

Система построена таким образом, что основные функции по обеспечению безопасности возлагаются на средний и нижний уровни системы, что позволяет расширять ее возможности путем подключения новых информационных подсистем или независимых систем без проведения дополнительных испытаний на безопасность функционирования. Таким образом осуществляется подключение системы поддержки принятия решений (СППР), съем и передача информации в систему ДЦ «Неман».

Безопасность технических средств ядра системы обеспечивается двухканальной обработкой информации, независимостью дублированных частей каналов, регулярным сравнением всех релевантных по безопасности данных, обнаружением неисправностей за короткий промежуток времени, что позволяет переключиться на резерв, не нарушая условий безопасности, специальным регламентом восстановления системы после перехода на резерв, специальными мерами по обнаружению недетектированных (не проявляющихся) неисправностей, тестированием аппаратных средств в каждом цикле программного обеспечения.

Безопасность программного обеспечения обеспечивается диверсифицированным программным обеспечением каждого канала ядра, постоянным обновлением (отдельно в каждом канале) и периодической проверкой целостности наборов данных, программной синхронизацией алгоритмов, хранением программных данных таким образом, что искажение любого бита или байта при адресации не приводит к наложению одних данных на другие.

Безопасность подключения устройств сопряжения с объектами (локальная сеть нижнего уровня) обеспечивается использованием отдельных физических каналов для подключения блоков УСО к ядрам МПЦ, привязкой блока к колодке и невозможностью передачи информации на блок ТУ-ТС, подключённый к другой колодке.

Безопасность устройств согласования с объектами (блоков ТУ-ТС) обеспечивается параллельной обработкой информации в двух каналах, постоянным программным сравнением идентичности работы каналов, ограничением по времени актуальности команд, использованием безопасных схем для формирования управляющего воздействия и ввода информации.

Безопасность релейных схем увязки подтверждается использованием специальных железнодорожных реле I класса надежности, экспертизой схемных решений, проведенной специалистами Службы Ш и КТЦ Белорусской железной дороги.

Выполненные расчеты показателей надежности и безопасности подтвердили их соответствие установленным нормам: коэффициент готовности системы составил 0,9999998, а интенсивность опасных отказов – 10^{-13} 1/ч.

Система соответствует всем требованиям технического задания, прошла полный цикл приемочных испытаний, что подтверждено соответствующими протоколами. В мае 2007 г. система «ИПуть» введена в опытную эксплуатацию на станции Ипуть Гомельского отделения Белорусской железной дороги. При этом в качестве резерва была сохранена существующая релейная система ЭЦ.

Результаты опытной эксплуатации подтвердили высокую надежность и безопасность системы. За время опытной эксплуатации не было зафиксировано ни одного опасного отказа системы, а также отказов, вызвавших выключение системы и переключение на резервную релейную систему ЭЦ. В настоящее время выполняются работы по демонтажу резервной релейной системы ЭЦ. При дальнейшем система МПЦ «ИПуть» будет проектироваться с полной заменой существующих релейных систем ЭЦ.

УДК 519.21

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ СЛУЧАЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Д. Н. ШЕВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Анализ дерева отказов (АДО) один из распространенных методов моделирования надежности технических систем и технологических процессов на стадии проектирования. Он состоит в построении и анализе логико-вероятностной модели причинно-следственных связей отказов системы с отказами его элементов, другими событиями и воздействиями. Традиционно АДО применяется для качественного анализа надежности восстанавливаемых систем с независимыми отказами элементов, в некоторых случаях – для количественного анализа с определением вероятности отказа системы.

Вместе с тем возможно использование АДО для определения показателей надежности систем с восстанавливаемыми элементами; а также с учетом: последовательности отказов (актуальным при анализе безопасности функционирования систем); зависимости между отказами (и другими событиями); частичных и множественных отказов. Для этого необходимо рассмотрение случайных величин времени до наступления каждого из базовых, промежуточных и результирующего события дерева отказов. Такой подход, кроме прочего, позволит определять среднюю и гамма-процентную наработку системы до отказа и другие показатели надежности. В частном случае, задаваясь некоторой наработкой, можно прийти к традиционному подходу определения вероятности отказа.

Однако рассмотрение последовательности наступления событий дерева отказов (в частности, с использованием операции «запрет» или «приоритетное И») приводит к анализу нового класса случайных явлений, речь о котором пойдет ниже. Пусть:

- ξ_1 – время до наступления события-причины 1, описываемое функцией распределения $F_1(x)$;
- ξ_2 – время до наступления события-причины 2, описываемое функцией $F_2(x)$;
- η – время до наступления события-следствия, которое происходит лишь при наступлении событий-причин в строго определенной последовательности (сначала событие-причина 1, затем событие-причина 2), описываемое функцией распределения $F(x)$.

Очевидно, что если

1) событие-причина 1 предшествует событию-причине 2 (происходит событие $\{\xi_1 < \xi_2\}$), то событие-следствие происходит в момент времени $\eta = \xi_2$;

2) происходит событие $\{\xi_1 \geq \xi_2\}$, то событие-следствие не происходит никогда.

При выполнении события $\{\xi_1 \geq \xi_2\}$ величина η – время до наступления события-следствия – не принимает действительного значения (т. к. событие-следствие не происходит). Следовательно, величина η не является суть случайной величиной, а представляет иное случайное явление.

Для допущения о том, что время до наступления события-следствия в случае $\{\xi_1 \geq \xi_2\}$ тождественно бесконечности, было получено выражение, позволяющее определить функцию распределения $F(x)$ величины η по заданным функциям распределения $F_1(x)$ и $F_2(x)$ величин ξ_1 и ξ_2 . Полученное выражение $F(x)$ согласуется с результатами, полученными статистическим моделированием для аналогичных исходных функций $F_1(x)$ и $F_2(x)$. Однако

1) полученная функция $F(x)$ величины η ни асимптотически, ни по вероятности не стремится к единице при $x \rightarrow \infty$ (данная функция асимптотически стремится к теоретической вероятности события $\{\xi_1 < \xi_2\}$). Действительно, для любого действительного x вероятность события $\{\eta < x\}$ не может превысить вероятность события $\{\xi_1 < \xi_2\}$;

2) математическое ожидание величины η – времени до наступления события-следствия тождественно бесконечности.

Хотя полученная аналитически функция $F(x)$ не противоречит здравому смыслу и статистической трактовке событий дерева отказов (что подтверждают результаты, полученные другим методом – статистическим моделированием), вполне может использоваться для определения функций распределения времени до наступления событий следующего яруса дерева отказов (что также подтверждают результаты статистического моделирования), однако она не согласуется с некоторыми аксиоматическими положениями теории вероятностей.

Упоминания о классе случайных явлений, которому принадлежит величина η (время до наступления события-следствия, которое происходит лишь при наступлении событий-причин в определенной последовательности), а также о способах их описания и методах исследований в литературе и практике автору пока не встречались.

УДК 656.254.16: 656.2.08

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТЕЙ РАДИОСВЯЗИ НА БЕЛОРУССКОЙ И РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

В. Г. ШЕВЧУК, Ю. О. МИРОНЕНКО, А. М. ЖЕЛУДОК
Белорусский государственный университет транспорта

Ю. О. МЕЛЬНИЧЕНКО
Белорусская железная дорога

Подвижную радиосвязь в современных условиях следует рассматривать как один из элементов технологии железнодорожного транспорта, непосредственно влияющего на безопасность движения поездов, производительность труда работников различных служб, достоверность и надежность передачи данных автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом. Становление и развитие радиосвязи на разных железных дорогах стран СНГ происходили достаточно сложно.

Анализ неисправностей радиосистем по разным дистанциям сигнализации и связи дороги показал, что на разных дистанциях количество отказов составляет от 1,28 до 19,87%.

Работа Российских железных дорог оценивается с учетом оснащенности, эксплуатационной длины, развертывания определенных видов работ. Мотивационным инструментом объективной оценки деятельности дирекций