

УДК 51.001.57:656.25

Технология исследования надёжности системы ДЦ «Нёман» с использованием ПТК «СМ-ДЭС»

Д.Н.ШЕВЧЕНКО

1. Введение

Анализ и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики (СЖАТ) включает в себя пять основных этапов [1]. Однако наиболее распространёнными способами исследования надёжности и безопасности СЖАТ являются экспертно-расчётные методы и стендовые испытания опытного образца. Вместе с тем экспертно-расчётные методы имеют существенные ограничения, связанные с упрощением сложных моделей и необходимостью введения дополнительных допущений. Испытания опытного образца системы ограничиваются, как правило, исследованием его помехоустойчивости и корректности реализованных технологических алгоритмов.

Одним из наиболее эффективных способов анализа надёжности и безопасности СЖАТ является имитационное моделирование [1]. Поскольку имитационное моделирование является ресурсоёмким, то для исследования надёжности сложных технических систем разрабатываются специализированные программно-технологические комплексы (ПТК) моделирования, которые автоматизируют процедуры построения (включая верификацию) и исследования машинных моделей систем.

Для анализа надёжности системы диспетчерской централизации (ДЦ) «Нёман» предлагается ПТК «СМ-ДЭС» [2]. Комплекс «СМ-ДЭС» позволяет оценить среднее время наработки на отказ, вероятность безотказной работы в течение заданной наработки, нестационарный коэффициент готовности и некоторые другие характеристики дискретных систем, а также аналоговых систем, в которых события, связанные с отказами и восстановлением компонентов происходят мгновенно. В общем случае исследуемые системы могут быть реконфигурируемыми, а их компоненты восстанавливаемыми. Отказы и восстановления компонентов систем могут быть зависимыми, а время наработки компонентов на отказ и восстановление может иметь произвольный закон распределения.

2. Структура ДЦ «Нёман»

Система диспетчерской централизации (ДЦ) «Нёман» разработана дорожным конструкторско-технологическим бюро Белорусской железной дороги [3]. ДЦ «Нёман» содержит центральный пост (ЦП), выполняющий функции автоматизированного диспетчерского управления, а также линейные устройства на отдельных пунктах (ЛП), связанные с устройствами централизации, автоблокировки, энергоснабжения и другими системами. Центральный пост ДЦ «Нёман» состоит из резервированных автоматизированных рабочих мест (АРМ) поездного диспетчера (ДНЦ), АРМ энергодиспетчера и АРМ механика ДЦ. Все АРМ построены на базе промышленных компьютеров и включены в локальную сеть, которая имеет топологию «звезда». Подсистема отображения информации резервного АРМ ДНЦ помимо монитора включает в себя выносное табло. Передача и прием информации между рабочими местами и объектами управления и контроля осуществляется при помощи двукратно резервированного сервера (основного и резервного).

Линейный комплект (ЛП) аппаратуры ДЦ «Нёман» состоит из модемов, системного блока компьютера с платой устройства сопряжения Ц32, нескольких 16-ти канальных блоков телеуправления исполнительными устройствами (ТУ16) и нескольких 32-х канальных бло-

ков телесигнализации (ТС32) для фиксации информации о состоянии контролируемых объектов. Модемы линейного пункта обеспечивают связь данного ЛП с ЦП и передачу транзитной информации между ЦП и другими ЛП. Каждый блок ТУ16 представляет собой устройство, состоящее из 16 аналоговых ключей, управляемых микроконтроллером, которые коммутируют электрические цепи исполнительных устройств СЖАТ. Блок ТС32 представляет собой 32 датчика, информация о состоянии которых считывается и кодируется микроконтроллером. Для связи микроконтроллеров блоков ТУ16 и ТС32 с платой устройства сопряжения Ц32 используются специальные интерфейсные схемы.

3. Критерий отказа ДЦ «Нёман»

В соответствии со стандартом [4] отказом системы диспетчерской централизации является невозможность выполнения хотя бы одной из функций системы. Поскольку согласно [3] функции управления и контроля объектами электроснабжения, а также информационные функции и функции самодиагностики ДЦ «Нёман» являются вспомогательными, то отказ компонентов, отвечающих за выполнение указанных функций (АРМ) энергодиспетчера, АРМ механика; ключи и датчики, связанные с объектами энергоснабжения), не должны учитываться в модели безотказности ДЦ «Нёман».

Под отказом компонента системы будем понимать постоянное нарушение процесса его функционирования, восстановление которого невозможно без участия человека. Так как ДЦ «Нёман» использует циклический способ передачи информации [4], то нарушение нормального функционирования компонентов ДЦ длительностью не более нескольких периодов обновления информации не приводит к отказу системы. Кроме того, все основные подсистемы ДЦ «Нёман» имеют встроенные средства технической диагностики и автоматической инициализации.

Сформулируем критерий отказа ДЦ «Нёман» как невозможность управления хотя бы одним из устройств или получение ложной информации о состоянии хотя бы одного устройства централизации и автоблокировки диспетчерского круга. При этом для компонентов с программируемой логикой (микроконтроллеров, компьютеров АРМов и ЛП) будем отождествлять отказы аппаратных и программных средств.

Очевидно, что для отказа ДЦ достаточно отказа хотя бы одного из резервированных компонентов или одновременного отказа сразу всех резервированных компонентов системы.

Применение известных аналитических методов расчёта показателей надёжности ДЦ «Нёман» ограничено, во-первых, сложностью системы и наличием большого числа компонентов. Во-вторых, некоторые подсистемы ДЦ образованы резервированием нескольких компонентов и поэтому закон распределения времени наработки таких подсистем на отказ отличается от показательного. В-третьих, многие компоненты ДЦ являются восстанавливаемыми, а законы распределения времени наработки компонентов на отказ и восстановления отличаются от показательного. Поэтому для оценки показателей надёжности ДЦ «Нёман» целесообразным является применение имитационного моделирования.

4. Детализация компонентов и подсистем ДЦ «Нёман»

Детализацию элементов и подсистем ДЦ «Нёман» предлагается проводить в соответствии со структурной схемой системы, а также в соответствии с возможностью задания надёжностных характеристик компонентов. Структура ДЦ «Нёман» представлена компонентами существенно различной сложности (например, промышленный компьютер и аналоговый ключ блока ТУ16). При этом дальнейшая детализация некоторых подсистем (например, промышленного компьютера) нерациональна ввиду сложности задания надёжностных характеристик внутренних компонентов и алгоритмов их взаимодействия. Для других компонентов, как правило, разработанных дорожным конструкторским бюро (аналоговый ключ, плата уст-

ройства сопряжения Ц32), напротив, целесообразно проводить исследование на более высоком схемном или вентильном уровне детализации [1].

Поскольку структура ДЦ «Нёман» включает в себя множество однотипных подсистем с одинаковой внутренней структурой и надёжностными характеристиками внутренних компонентов (ключи блоков ТУ16, блоки ТУ16, блоки ТС32, ЛП), то для автоматизации и наглядности построения имитационной модели системы ДЦ целесообразно использовать средства модульного построения моделей сложных систем.

ПТК «СМ-ДЭС» позволяет использовать макроопределения подсистем СЖАТ, которые описывают внутреннюю структуру, состояния, а также временные и надёжностные характеристики компонентов, образующих указанную подсистему. При использовании макроопределений значительно уменьшаются временные затраты на описание внутренней структуры и задание временных и надёжностных характеристик компонентов подсистем, т.к. процесс описания макроопределения выполняется только один раз. ПТК «СМ-ДЭС» допускает многократное число вложений макроопределений. В виде макроопределений предлагается описывать подмодели АРМов, линейных (ЛП) и центрального (ЦП) поста ДЦ «Нёман».

Другим способом модульного построения имитационных моделей сложных систем, реализуемым в ПТК «СМ-ДЭС», является замена некоторых подсистем «чёрными ящиками» – компонентами с аналогичными характеристиками надёжности, в частности, эмпирической функцией распределения времени наработки подсистемы отказ. При этом за счет пренебрежения внутренней структурой указанных компонентов сокращается количество компонентов в итоговой модели и, как следствие, многократно возрастает скорость исследования. Указанным способом предлагается описывать подмодели аналоговых ключей блоков ТУ16, собственно блоков ТУ16 и ТС32.

5. Технология моделирования дискретных и аналоговых подсистем

ПТК «СМ-ДЭС» позволяет проводить исследование надёжности как дискретных, так и аналоговых систем, в которых события, связанные с отказами и восстановлением компонентов, образуют процесс с дискретным фазовым пространством. Для этого необходимо указать логические условия отказа системы при отказе компонентов.

Модель дискретных устройств ДЦ «Нёман», заданных принципиальной электрической или функциональной схемой, может быть построена в ПТК «СМ-ДЭС» с помощью визуального конструктора [2]. При этом графическое изображение модели полностью совпадает с исходной схемой. Для устройств, заданных структурной схемой, построение модели заключается в задании логической структуры, соответствующей функции работоспособности устройства. Указанная логическая структура также может быть построена с помощью визуального конструктора. В наиболее сложных случаях логическая структура может быть получена методом минимальных путей и сечений [5].

Для аналоговых устройств ДЦ «Нёман» (аналоговый ключ блока ТУ16) в соответствии с принципиальной схемой составляется его логическая структура согласно методу минимальных путей или сечений [5]. Указанная структура является по существу функцией работоспособности аналогового устройства. Разыгрывая время наработки на отказ компонентов системы, с помощью статистического моделирования могут быть оценены все надёжностные характеристики системы. При этом в отличие от собственно метода минимальных путей и сечений могут быть найдены характеристики систем с восстанавливаемыми компонентами и зависимыми отказами.

Abstract

Technology of quantitative estimation of faultless of a railway control system "Neman" by software technological complex "SMDES" is presented.

Литература

1. Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики, Под редакцией Вл.В.Сапожникова, М.: Транспорт, 1997, 288 с.
2. D.N.Shevchenko, Program Technological Complex of a Research of Safety of Electronic Systems, Computer Data Analysis and Modeling: Robustness and Computer Intensive Methods Proc. 6-h International Conference, 2, Minsk: BSU, 2001.
3. С.Н.Харлап, В.И.Шумский, Испытания компьютерной системы диспетчерской централизации «Нёман» на безопасность, Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость: Труды Международного семинара, Гомель: БелГУТ, 2001, С. 50–56.
4. ОСТ 32.112-98, Системы железнодорожной автоматики и телемеханики, Эксплуатационно-технические требования к системам ДЦ, СПб.: ПГУПС, 1998, 31 с.
5. Надёжность и эффективность в технике, Справочник: В 10т, Т.2: Математические методы в теории надёжности и эффективности, Под ред. Б.В.Гнеденко, М.: Машиностроение, 1987.

Поступило 20.05.2002

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф.Скоринны