

ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ И НОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭМС МЕТОДОМ ФУНКЦИИ ГРИНА

К. А. БОЧКОВ, Н. В. РЯЗАНЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта

Микроэлектронные системы обеспечения безопасности выполняют очень ответственные функции и поэтому требуют строгого решения проблемы их электромагнитной совместимости с окружающей реальной электромагнитной обстановкой. Авторами рассмотрены статические модели определения и контроля параметров ЭМС микроэлектронных устройств в сечениях случайных процессов уровней помех $X_M(t)$ и степени помехозащищенности $X_R(t)$. Такие модели соответствуют случаю наиболее неблагоприятных сечений случайных процессов $X_M(t)$, $X_R(t)$, и определяемые по ним параметры ЭМС являются верхними пределами этих оценок, исходя из позиций наихудших условий. На начальных этапах разработки и эксплуатации микроэлектронных устройств, когда нет возможности детального изучения свойств случайного процесса помехозащищенности, модели в сечении случайных процессов являются единственно возможными. Для случайных процессов деградации параметров элементов характерны жесткие связи этих значений в последовательные моменты времени. Причем функциональные зависимости изменений параметров компонентов могут быть самыми разнообразными, но чаще всего их можно аппроксимировать линейными или экспоненциальными функциями. До настоящего времени не накоплено необходимого количества данных исследований, чтобы с достаточной точностью определить вид случайного процесса степени помехозащищенности микроэлектронных систем обеспечения безопасности (СОБ). Многочисленные исследования параметров электромагнитной обстановки (ЭМО) проводимые на объектах систем железнодорожной автоматики и телемеханики, а также анализ данных позволяют констатировать, что в большинстве случаев уровни помех обладают свойством стационарности. То есть случайные величины уровней помех во времени можно представить как стационарный случайный процесс.

Следует отметить, что по мере возрастания единичной мощности исполнительных электромеханических устройств, использования нового электроподвижного состава и систем его управления случайный процесс уровней помех изменяется, однако каждый раз происходит лишь скачкообразное или незначительное изменение его параметров при сохранении его стационарности.

Значение вероятности сбоя устройств является одной из основных характеристик $P_{сб}(t)$ в теории надежности. Как ранее было показано авторами, ее значение определяется из формулы

$$P_{сб}(t) = \int_0^{\infty} f_R(X) \left[\int_{x_R \varphi(t)}^{\infty} f_N(x) dx \right] dx, \quad (1)$$

а значение времени наработки на сбой $T_{ср}$ – из выражения

$$T_{ср} = \int_0^{\infty} P_{сб}(t) dt. \quad (2)$$

В случаях, когда интегрирование в (2) не вызывает затруднений, например, при сочетании логарифмически нормального и нормального законов распределения в сечениях случайных процессов $X_M(t)$ и $X_R(t)$, в применении специальных методов нет необходимости. Если же не удастся получить выражения (1) и (2) в аналитическом виде, следует использовать специальные методы. Одним из таких методов является метод функций Грина. Авторами проведен анализ возможности использования этого метода для построения соответствующих динамических моделей. Метод функций Грина, используемый для решения стохастических краевых задач, дает возможность получить математическое ожидание выходного процесса линейной детерминистической системы, связанное с математическим ожиданием входного процесса той же зависимостью, что и соответствующие реализации. Также имеется возможность получить выражения, связывающие моментные функции второго порядка для входного и выходного процессов, центральные моментные функции второго порядка, т. е. моментные функции второго порядка от центрированных случайных процессов. Эти функции называются корреляционными.

Особый интерес представляют стационарные системы. Для таких систем функция Грина $h(t, \tau)$ зависит явно только от разности $t - \tau$. Таким образом, $h(t, \tau) = h(t - \tau)$. Тогда

$$\langle u(t_1)u(t_2) \rangle = \int_{-\infty}^{t_1} \int_{-\infty}^{t_2} h(t - \tau_1)h(t - \tau_2) \langle q(\tau_1)q(\tau_2) \rangle d\tau_1 d\tau_2. \quad (3)$$

Если система является стационарной, то приходим к формуле

$$K_u(t_1, t_2) = \int_{-\infty}^{t_1} \int_{-\infty}^{t_2} h(t_1 - \tau_1) h(t_2 - \tau_2) K_q(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2. \quad (4)$$

Если внешнее воздействие является стационарным случайным процессом, то поведение стационарной системы также будет стационарным случайным процессом. Корреляционные функции инвариантны относительно сдвига начального момента времени:

$$K_u(\tau) = \int_0^\infty \int_0^\infty h(\theta_1) h(\theta_2) K_q(\tau + \theta_1 - \theta_2) d\theta_1 d\theta_2. \quad (5)$$

Авторами проведен анализ применимости метода для построения динамической математической модели контроля и нормирования параметров ЭМС. К сожалению, этот метод можно использовать только для ограниченного класса моделей, когда количество входных параметров ограничено. Однако в остальных случаях расчет динамики поведения системы с использованием метода значительно упрощается. И тогда анализ полученных значений $P_{сб}(t)$ и $T_{ср}$, их сравнение с нормированными значениями позволяют сделать заключение о степени решения проблемы ЭМС и необходимости разработки мер по обеспечению ЭМС микроэлектронных СОБ.

УДК 621.396

СИСТЕМА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ «ПУТЬ» С ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОБЛОКИРОВКОЙ И СИСТЕМОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Н. В. РЯЗАНЦЕВА, А. А. КОВРИГА,
А. В. ЛОГВИНЕНКО, С. М. ЗОБОВ, М. Н. КУЗЬМИЧ, А. В. ЕРМОЛЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта*

Эксплуатирующиеся в настоящее время релейные системы железнодорожной автоматики (ЖАТ) (ЭЦ, автоблокировка, переездная сигнализация и т. п.) традиционно исполняются как независимые системы. Однако данные системы интенсивно взаимодействуют друг с другом при реализации технологических алгоритмов. Поэтому одним из перспективных направлений развития современных микроэлектронных и компьютерных систем является интеграция функций различных ЖАТ в едином аппаратно-программном комплексе.

Разработанная в БелГУТе система микропроцессорной централизации стрелок и сигналов (МПЦ) «ИПуть» представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих установку, замыкание, размыкание маршрутов на станции и проверку выполнения требуемых взаимозависимостей. При внедрении системы МПЦ на соседних станциях (ст. ИПуть и ст. Сож) рационально интегрировать функции автоблокировки (АБ) перегона ИПуть – Сож в системы МПЦ. При этом сохраняются перегонные напольные устройства централизованной автоблокировки, а станционная аппаратура объединяется с аппаратурой МПЦ, что позволяет значительно снизить затраты на оборудование, не требует выделения дополнительного места под размещение станционной аппаратуры АБ, упрощает организацию взаимодействия между системами, т. к. в этом случае взаимодействие будет осуществляться на программном уровне.

Вторым по важности перспективным направлением совершенствования системы МПЦ «ИПуть» является создание системы поддержки принятия решений оперативным персоналом при штатных и нештатных ситуациях (СППР). Данная система осуществляет сбор и систематизацию данных об отказах и сбоях в работе МПЦ «ИПуть», идентификацию возникающих штатных и нештатных ситуаций и предоставление порядка действий персонала в данной ситуации. Внедрение такой системы позволяет повысить безопасность движения поездов за счет снижения влияния «человеческого фактора» при эксплуатации системы.

После совершенствования система сохранила иерархическую структуру с выделением трех основных уровней. *Верхний уровень* включает в себя автоматизированные рабочие места дежурного по станции (АРМ ДСП) и электромеханика СЦБ (АРМ ШН), средства организации передачи информации между элементами верхнего и среднего уровней ПРЦ посредством локальной сети Ethernet (локальная сеть верхнего уровня), средства организации передачи информации между ПРЦ и другими информационными системами (сервер ДЦ). Система СППР интегрируется в верхний уровень и подключается к МПЦ через АРМ ШН. Это сделано для исключения влияния системы СППР на безопасность функционирования МПЦ.

Средний уровень (уровень реализации логических зависимостей) включает в себя два резервированных двухканальных ядра (сервера) централизации, каждое из которых включает в себя два промышленных компьютера с технологическим прикладным программным обеспечением для данной станции и интегрированно-го перегона, реализующих функции центральных зависимостей и блокировок ЭЦ и автоблокировки.