

ние экономики таково, что необходимо всемерно снижать затраты, но разумеется не в ущерб техническим показателям, с целью получения выгод в конкурентной борьбе производителей. Для количественной оценки эффективности затрат на ЭМС необходима методика экономического анализа, которая до настоящего времени практически отсутствует. В докладе предлагается такая методика, основанная на результатах монографии А. Д. Фролова.

Для оценки эффективности мероприятий по обеспечению ЭМС может применяться частный показатель эффективности, зависящий от особенностей проектируемой системы как системы обеспечения безопасности. Его расчет осуществляется следующим образом.

Количественная оценка полезного выхода $Y = NW$, где Y – оценка, бит·Вт; N – число состояний энергии сигналов аппаратуры в одну секунду, бит; W – энергия выходных сигналов, Вт.

Число состояний энергии в 1 секунду

$$N = F \lg_2 \left(1 + \frac{W_c}{W_n} \right), \quad (1)$$

где F – полоса частот аппаратуры, Гц; W_c – энергия сигнала, Вт; W_n – энергия помех, Вт.

Если энергия помех значительно больше энергии сигнала, то выражение в скобках практически равно 1, а логарифм равен нулю. Следовательно, соотношение (1) верно описывает воздействие помех.

На основании работ по оценке воздействия помех на микроэлектронную аппаратуру можно принять, что энергия полезного сигнала снижается с ростом энергии помех. Тогда для описания этого эффекта можно принять зависимость между энергиями в виде логистической кривой

$$W_c = \frac{W_{c,ном}}{0,5 + 05 \exp(bW_n)}, \quad (2)$$

где $W_{c,ном}$ – номинальная энергия сигнала, Вт; b – расчетный коэффициент.

Из формулы (2) следует, что при малой энергии помех энергия сигнала равна номинальной, а при очень высокой энергии помех энергия сигнала равна практически нулю. Таким образом, формула (2) правильно отражает процесс воздействия помех.

За T часов эксплуатации оценка полезного выхода

$$Y = \left[F \lg_2 \left(1 + \frac{W_c}{W_n} \right) \right] \left[\frac{W_{c,ном}}{0,5 + 05 \exp(bW_n)} \right] \cdot 3600T^2. \quad (3)$$

Суммарная наработка Y_Σ есть сумма оценок полезного выхода отдельных элементов аппаратуры. Тогда эффективность E может быть определена по формуле $E = \frac{Y_\Sigma}{C}$, где C – суммарные затраты на обеспечение ЭМС, ден. ед.

Предлагаемая методика анализа экономической эффективности адекватно отражает взаимосвязь в денежном выражении между затратами и уровнем ЭМС и может использоваться на практике.

УДК 004.021

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗОВ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОСТИ АДРЕСНЫХ ДАННЫХ

К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные железнодорожные аппаратно-программные комплексы относятся к системам, критичным по безопасности (СКБ), и к ним предъявляются соответствующие требования. Для обеспечения надлежащего уровня безопасности во время проектирования задействуется комплекс методов и средств, в которые входит решение проблемы обнаружения аппаратных отказов, и это регламентируется стандартом ИЕС 61508. Часть работ во время проектирования и реализации может

быть автоматизирована, что не только уменьшает затраты во время разработки и верификации, но и снижает влияние человеческого фактора.

Одним из способов обнаружения отказов микропроцессорных систем является метод обнаружения отказов на основе доступности адресных данных, при применении которого происходит выбор определённого набора адресов, зависящего от того множества отказов, наличие которых требуется проверить. Ключевая идея метода состоит в том, что в случае отказа один из адресов становится недоступным, и на этом основании система может перейти в безопасное состояние или запустить процедуры самовосстановления. Данный метод предоставляет способы для быстрого определения требуемого набора адресов, которые применяются вручную.

Задачу автоматического поиска адресов можно решить с помощью программных средств. На практике требуется на основании множества проверяемых отказов и разрешенных адресных диапазонов вычислить возможные наборы адресов и определить оптимальные согласно заданным критериям. Целью данной автоматизации является уменьшение ошибок во время поиска адресов, нахождение оптимального из возможных наборов и уменьшение затрат. Разработанный алгоритм может применяться на стадии компиляции, когда становятся известными доступные свободные адресные диапазоны и автоматически на их основании определяются адреса по рассматриваемому методу.

Множество проверяемых отказов для СКБ, как правило, регламентируется стандартом IEC 61508, где описаны наиболее часто проявляющиеся на практике отказы константного нуля или единицы (*stack-at faults, SA*) и отказы короткого замыкания (*bridge faults, B*). Рассмотрение данных моделей в контексте автоматизации показало, что решение для *SA*-отказов не является сложным, так как каждая из проверок маскирует по биту один или два адреса. Для *B*-отказов проверка короткого замыкания потребуется между любыми двумя битами, и для решения необходим перебор $n!$ вариантов (где n – размер рассматриваемого регистра). Если существует решение для одного адреса, то данная задача становится эквивалентной задаче о раскраске графа двумя цветами, которая если имеет решение, то оно находится за линейное время. Если решения нет, то задача становится *NP*-сложной.

На практике метод обнаружения отказов на основе доступности адресных данных в основном применяется для небольшого числа *B*-отказов и соответственно решением является малое число адресов. В данной ситуации было принято решение, что программное обеспечение должно хорошо решать задачу для одновременно рассматриваемых обоих типов отказов и предоставлять удобные параметры поиска и критерии выбора. При рассмотрении большого числа *B*-отказов могут быть эффективно применены вероятностные алгоритмы, решающие задачу поиска максимального разреза графа.

Разработанное программное обеспечение *Address Detection* позволяет определять возможные решения для 1 и 2 адресов, при этом задается произвольное множество *SA*- и *B*-отказов, имеется возможность указания запрещённых диапазонов (где располагается программа, данные и др.). При обнаружении решения из 1 адреса программа предоставляет максимальный и минимальный адреса из возможных, а для 2 адресов в решении выбираются пары по двум критериям: минимальное расстояние между адресами и выбор таких пар, где минимальный адрес максимален (в этом случае весь диапазон до минимального остается свободным для использования). Имеется возможность определения всех решений при указанных условиях.

Критерии и настраиваемые параметры выбраны и реализованы исходя из практического опыта применения для СКБ.

Программное обеспечение *Address Detection* опробовано в лаборатории «БЭМС ТС» БелГУТа и зарегистрировано в 2017 году в Национальном центре интеллектуальной собственности, г. Минск.

УДК 656.2.08

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

П. М. БУЙ, С. Г. КУЛЬГАВИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На Белорусской железной дороге активно внедряются и используются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), содержащие в своем составе или ис-