

1. Соболев В.С., Шкарлет Ю.М. Накладные и экранные датчики. - Новосибирск: Наука, 1967.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ

В.А. Зеленский

Самарский государственный аэрокосмический университет,
г. Самара

При разработке информационно-измерительных систем сложных технических объектов необходимо учитывать такие свойства последних, как открытость (связь объекта с внешней средой), стохастичность (случайность происходящих процессов), цикличность (повторяемость операций, показаний датчиков), асинхронность (отсутствие привязки к конкретным временным моментам срабатывания датчиков) и параллельность (одновременное выполнение нескольких независимых или слабозависимых технологических процессов). Применение классических информационно-измерительных систем, учитывающих данную специфику объекта, чревато большими затратами материальных и временных ресурсов, а также серьезными рисками невыполнения технического задания. В данном случае представляется перспективным использование волоконно-оптических информационно-измерительных систем (ВОИИС), в которых организован множественный доступ к каналу передачи измерительной информации с применением интеллектуальной обработки полученных данных [1, 2].

При исследовании поведения сложных систем возникают объективные трудности с построением аналитических математических моделей [3]. Решение задачи анализа подобных систем возможно только на основе имитационного моделирования. Для имитационного моделирования процессов в ВОИИС предлагается использовать сети Петри [4].

Количественные компоненты и функции сети Петри (называемые также структурой сети) можно представить четверкой $\{P, T, I, O\}$, в которой $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ – множество мест (позиций);

$T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$ – множество переходов;

I – входная функция сети;

O – выходная функция сети.

Входная и выходная функция сети могут быть заданы в виде матриц инцидентности, строками которых являются номера переходов, а столбцами – номера мест. Если переход i инцидентен месту j – значением элемента матрицы с индексами ij будет «1», в противном случае – «0». Таким образом,

матрицы входной и выходной функции сети являются булевыми матрицами, что упрощает операции с ними.

Начальная маркировка (разметка) сети определяется количеством и расположением меток (называемых также фишками) и выбирается случайно с равной степенью вероятности относительно множества мест P . Функция сети определяется тремя правилами. Правило разрешения переходов гласит, что переход разрешен, если каждое его входное место содержит не менее одной метки. Правило выполнения переходов состоит в том, что сработать может только разрешенный переход, при этом выбор выполняемого перехода производится равновероятно относительно общего количества разрешенных переходов. При выполнении перехода из каждого его входного места изымается по одной метке, а в каждое выходное место добавляется по одной. Будем считать, что все переходы примитивны, т.е. выполняются мгновенно. Изменение состояния сети (эволюция сети) происходит пошагово, в дискретные промежутки времени, а длительность самих временных промежутков неизвестна. Данные упрощения позволяют нам абстрагироваться от воздействия временных факторов функционирования системы, которые в общем случае определяются полумарковскими процессами, и сосредоточиться на влиянии структуры объекта на возможность работы ВОИИС с множественным доступом к каналу передачи данных.

Принцип определения вероятности сбоя в ВОИИС с множественным доступом к каналу передачи данных показан на примере (рис. 1). Сеть Петри содержит семь мест, десять переходов и две метки, перемещающиеся в сети согласно сформулированным выше правилам. Места моделируют состояния объекта, некоторые из которых являются контролируруемыми. Переходы моделируют направление и порядок изменения состояний, а метки, расположенные на местах – текущее состояние объекта.

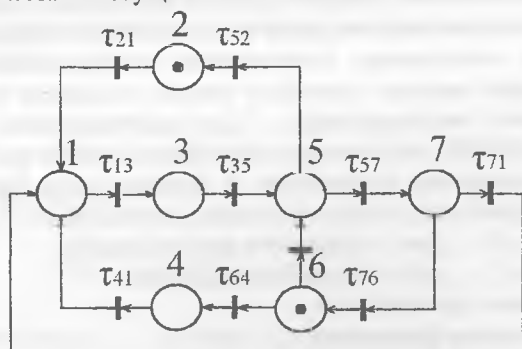


Рис. 1. Моделирование процессов в ВОИИС с множественным доступом к каналу передачи данных

Входная функция сети I определяется матрицей инцидентности. Строки матрицы I соответствуют номерам переходов, а столбцы – местам, которые являются входными для данных переходов:

$$I = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Выходная функция O также определяется матрицей инцидентности. В этом случае номерам переходов соответствуют номера мест, которые являются для них выходными:

$$O = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Номера мест содержатся также в обозначении индексов переходов τ_{io} , где i – входное место перехода, o – выходное. На рис. 1 показан случай со случайным исходным расположением меток на местах 2, 6. По результатам каждого шага заполняется матрица смежности мест с ненулевой главной диагональю (метки могут принадлежать одному и тому же месту). Поскольку сеть Петри не является детерминированной, одному начальному состоянию могут соответствовать разные эволюции сети. Кроме того, выбор начального состояния также является случайным. Однако, как показывает анализ, после определенного числа шагов распределение мест по частотам не зависит от случайных флуктуаций меток и стремится к дискретной функции распределения плотности вероятности.

Минимальное количество шагов, после которого эмпирическая функция распределения отличается от функции плотности вероятности не более чем на 1% по критерию Колмогорова, определяется выражением:

$$S_{\min} = m(n - m + 1)^2,$$

где m – число мест, n – число переходов.

Для сети, представленной на рис.1. стохастическая матрица смежности парных мест S после 112 шагов выглядит следующим образом:

$$S = \begin{pmatrix} 7 & 7 & 12 & 3 & 12 & 3 & 4 \\ x & 0 & 4 & 1 & 5 & 2 & 2 \\ x & x & 4 & 4 & 6 & 2 & 3 \\ x & x & x & 1 & 4 & 1 & 3 \\ x & x & x & x & 3 & 2 & 3 \\ x & x & x & x & x & 0 & 1 \\ x & x & x & x & x & x & 1 \end{pmatrix}.$$

Матрица имеет размерность m на m , минимальное число шагов выбрано согласно формуле для $S_{\min}$, знаком x отмечены повторяющиеся сочетания размеченных мест. Общее количество значимых элементов матрицы определяется согласно формуле:

$$M = (m^2 - m) / 2 + m.$$

Строки и столбцы матрицы соответствуют номерам мест, а элементы матрицы – процентные вероятности расположения меток в процессе эволюции сети. Так, например, вероятность того, что две метки будут расположены на местах 1, 3 равна 12 %, а на местах 4, 6 – 1%. Анализ стохастической матрицы смежности показывает, что одновременный контроль ряда состояний объекта (например, 1,3 или 1,5) чреват большой вероятностью сбоя ($P_c=0,12$), вызванного наложением сигналов датчиков. В то же время, в случае одновременного контроля, например, состояний 2, 5; 4, 6; 7 вероятность сбоя минимальна ($P_c=0,01$).

Таким образом, моделирование состояния и динамики процессов в ВОИИС с помощью сетей Петри позволяет определить возможность организации множественного доступа к единому каналу передачи данных и оценить достоверность измерительной информации.

Список использованных источников

1. Зеленский В.А. Повышение надежности системы управления с помощью интеллектуальных методов обработки информации// Надежность и качество: Материалы Международного симпозиума «Надежность и качество» - Пенза, 26 мая – 1 июня, 2008.- С. 42 - 43.

2. Зеленский В.А., Пиганов М.Н. Интеллектуальная система управления объектами жилищно-коммунального хозяйства// Интеллектуальные системы: Труды Восьмого международного симпозиума «Интеллектуальные системы» - Нижний Новгород, 30 июня – 4 июля 2008.- С. 591 – 595.

3. Зеленский А.В., Ляченков Н.В. Моделирование процессов при проектировании РЭС. – М.:Машиностроение, 2000.- 252 с.

4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ.- М.: Мир, 1984. -264 с.

СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГИДРОСИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

М.А. Ковалёв, Л.М. Логвинов, Г.В. Бородин

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара

Повышение числа летных происшествий в последний период времени, а также высокая конкуренция в сфере авиаперевозок определяют рост требований к надежности авиационной техники. Значительная доля отказов оборудования воздушных судов (ВС) приходится на элементы гидросистемы (ГС). Это объясняется сложными условиями их функционирования (высокое рабочее давление, большой расход жидкости и др.), а также большим количеством силовых механизмов, приводимых в действие ГС ВС. Отказы многих из функциональных подсистем ГС ВС могут создать предпосылки к катастрофам и авариям. Поэтому задача повышения надежности ГС ВС является актуальной научно-технической задачей.

Важной тенденцией в развитии ГС ВС является увеличение в них рабочего давления, что позволяет при малых массово - габаритных характеристиках элементов ГС достичь высокой мощности и производительности. Так в ГС современных ВС наиболее широко используется рабочее давление величиной 21...28 МПа, при которой зазоры в узлах трения гидроагрегатов имеют величину 10...15 мкм. Однако, согласно расчетам, оптимальным является значение давления жидкости близкое к 50 МПа. Так, в некоторых перспективных разработках (США) предусмотрено рабочее давление в ГС ВС 56 МПа. При этом зазоры в узлах трения составляют величину 1...3 мкм.

Известно, что в нормальных условиях эксплуатации распределение дисперсного состава частиц загрязнения в рабочей жидкости ГС подчиняется логнормальному закону с максимумом в области 2...5 мкм. Ввиду того, что для работы гидроагрегатов наиболее опасными являются частицы, размеры которых соизмеримы с размером зазоров, то при неизменном общем количестве частиц загрязнений с увеличением давления в ГС ВС значительно возрастает число таких «опасных» частиц.