

## МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИ- СТЕМ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Ю.Л. Поночовный  
(Полтавский военный институт связи)

*В статье на основе анализа существующих методов и принятых допущений усовершенствован метод комплексной оценки надежности распределенных информационно-управляющих систем с учетом проявления различных видов неисправностей, позволяющий уменьшить размерность графов состояний и переходов систем.*

***распределенные информационно-управляющие системы, различные виды неисправностей***

**Постановка проблемы.** Повышение требований к качеству информационных систем и сетей обуславливает функционирование их в режиме постоянной готовности, т.е. 24 часа в сутки и 7 дней в неделю. Характерными примерами систем постоянной готовности являются системы электронной коммерции, Web-сервера, телекоммуникационные системы и сети. Их надежное функционирование невозможно без совершенства систем, выполняющих функции управления. Для функционирования в режиме постоянной готовности такие информационно-управляющие системы (ИУС) строятся по типовому распределенному принципу с функциональной автономностью территориально разнесенных элементов. Например, ИУС высоконадежных Web-серверов часто строятся на основе кластерной структуры.

Для обеспечения повышенных требований к надежности ИУС необходимо учитывать все возможные факторы, которые увеличивают длительность простоя системы, и противодействовать им. Как известно, простой системы может быть обусловлен либо восстановлением системы после отказа, вызванного некоторым видом неисправностей, либо проведением мероприятий технического обслуживания (ТО), направленным на предотвращение различных неисправностей системы.

**Анализ литературных источников** [1] показал, что отказы ИУС принято рассматривать как проявление некоторого множества различных видов

неисправностей. Данное множество обобщает 31 вид неисправностей, что с одной стороны определяет высокую степень полноты описания, с другой – значительно усложняет комплексное моделирование функционирования системы с учетом всех видов неисправностей. Для уменьшения размерности моделей надежности некоторые некритичные виды неисправностей не учитываются и производится группировка видов неисправностей в условные группы (например на основе FMECA-анализа [2]).

Для комплексной оценки надежности ИУС с учетом нескольких видов неисправностей может использоваться модель PRISM [2], согласно которой вероятность безотказной работы ИУС с учетом отказов, вызванных физическими дефектами аппаратных средств (ДФ АС) и дефектами проектирования программных средств (ДП ПС) определяется по закону:

$$R(t) = e^{-\left(\sum \lambda_{\text{ДФ АС}_i} + \lambda_{\text{ДП ПС}}\right)t}, \quad (1)$$

где  $\lambda_{\text{ДФ АС}_i}$  – интенсивность проявления отказов, вызванных ДФ АС  $i$ -го элемента ИУС (рассматриваются последовательно соединенные элементы согласно структурной схеме надежности ИУС);  $\lambda_{\text{ДП ПС}}$  – интенсивность проявления отказов ИУС, вызванных ДП ПС.

Однако, согласно [3] для комплексной оценки надежности ИУС используются следующие показатели:

- для ИУС, в которых недопустимы простои, вызванные проведением операций ТО, или в которых такие операции не вызывают простоев системы в целом – коэффициент готовности (instantaneous availability);
- для ИУС, в которых допустимы простои, вызванные проведением операций ТО – коэффициент технического использования (steady state availability).

Для оценки указанных показателей ИУС с учетом проявления нескольких видов неисправностей в работах [4, 5] предложены модели, использующие математический аппарат марковских случайных процессов. Согласно этих моделей осуществляется построение размеченного графа состояний и переходов ИУС, которому ставится в соответствие система линейных дифференциальных уравнений Колмогорова (СДУ), после решения которой искомый показатель надежности определяется как вероятность нахождения системы во множестве работоспособных состояний. При этом размерность графа (и соответственно СДУ) прямо пропорционально зависит от степени распределения структуры ИУС и от количества учитываемых видов неисправностей. Кроме того, размерность графа возрастает при моделировании изменения входных параметров системы (например, параметра  $\lambda_{\text{ДП ПС}}$  при устранении ДП ПС в процессе сопровождения программ).

Рассмотренные модели надежности ИУС позволяют комплексно учитывать проявление нескольких видов неисправностей за счет увеличения раз-

мерности графа состояний и переходов. Такой подход усложняет оценку надежности распределенных ИУС с учетом проявления нескольких видов неисправностей и изменения входных параметров, так как размерность графа состояний и переходов в таких моделях составит несколько сотен состояний.

**Цель статьи.** В связи с этим необходимо усовершенствовать метод комплексной оценки надежности распределенных ИУС с учетом отказов, вызванных проявлением различных видов неисправностей, позволяющий снизить размерность графа состояний и переходов системы. Для этого необходимо:

- принять основные допущения метода комплексной оценки надежности для определения входных параметров;
- разработать последовательность определения комплексного показателя надежности ИУС с учетом отказов, вызванных проявлением различных видов неисправностей;
- провести анализ достоинств и недостатков метода комплексной оценки надежности распределенных ИУС и сделать выводы о перспективе дальнейших исследований в заданном направлении.

**1. Основные допущения, принимаемые для разработки метода комплексной оценки надежности распределенных ИУС.** Для моделирования функционирования ИУС с помощью аппарата марковских случайных процессов приняты следующие допущения:

- потоки событий, переводящие систему из одного функционального состояния в другое обладают свойствами стационарности, ординарности и отсутствием последействия;
- каждый элемент ИУС в произвольный момент времени может находиться либо в работоспособном, либо в неработоспособном состоянии.

В силу принятия допущения об идеальности функционирования средств диагностирования и контроля вероятностью проявления зависимых отказов (когда отказ одного из распределенных элементов может вызвать отказ другого элемента системы) можно пренебречь.

**2. Этапы комплексной оценки надежности распределенных ИУС.** На основании проведенного анализа и принятых допущений предложен усовершенствованный метод комплексной оценки надежности распределенных ИУС, который состоит из следующих этапов:

1. Декомпозиция неисправностей элементов распределенной ИУС по наиболее критичным видам неисправностей, которые могут вызвать отказ системы в целом (ДФ АС, ДП ПС и др. [1]).

2. Определение частных показателей надежности ИУС  $A_j(t)$  (комплексных показателей надежности системы с учетом проявления определенных видов неисправностей), например:

$A_{AC}(t)$  – коэффициент готовности (технического использования) ИУС с учетом проявления только ДФ АС;

$A_{PC}(t)$  – коэффициент готовности (технического использования) ИУС с учетом проявления только ДП ПС.

Для этого необходимо:

– определить входные параметры ИУС с учетом проявления определенного вида неисправностей (например,  $\lambda_{ДП\ ПС}$  и  $\mu_{ДП\ ПС}$  [2]);

– составить диаграмму состояний и переходов ИУС (размеченный граф состояний) на основании распределенной структуры ИУС и характера изменения параметров системы);

– составить СДУ для построенного графа состояний системы;

– решить СДУ численным методом [6] для конкретных параметров системы;

– определить частный комплексный показатель надежности  $A_j$  как сумму вероятностей нахождения системы в работоспособных состояниях.

3. Определение комплексного показателя надежности распределенной ИУС с учетом проявления различных видов неисправностей (ДФ АС, ДП ПС и др.):

$$A(t) = \prod A_j(t) = A_{AC}(t) \cdot \dots \cdot A_{PC}(t). \quad (2)$$

**3. Анализ достоинств и недостатков метода комплексной оценки надежности распределенных ИУС.** К достоинствам усовершенствованного метода следует отнести то, что при использовании метода уменьшается размерность графа состояний и переходов распределенных ИУС, что существенно при оценке надежности с учетом нескольких видов неисправностей и при моделировании изменяющихся параметров системы; а также то, что результаты оценки надежности ИУС с помощью данного метода, позволяют проводить дополнительный анализ критичности отдельных видов неисправностей по значениям частных показателей  $A_j$ .

Однако, усовершенствованный метод комплексной оценки надежности не учитывает состояния ИУС, в которых распределенные элементы системы находятся в состоянии отказов, вызванных различными видами неисправностей (например, когда у одного из элементов ИУС отказали АС, а у другого – ПС). Соответственно при моделировании надежности ИУС допускается некоторая погрешность, величина которой зависит от вероятности наложения временных интервалов неработоспособности различных элементов ИУС.

Представленный метод был апробирован при комплексной оценке надежности ИУС цифровой системы коммутации МТ-20 с учетом дефектов АС и ПС. Для значений параметров  $\lambda_{ДФ\ АС} = 5 \cdot 10^{-6}$  (1/час),  $\lambda_{ДП\ ПС} = 2,5 \cdot 10^{-3}$  (1/час),  $\mu_{ДФ\ АС} = 0,2$  (1/час) и  $\mu_{ДП\ ПС} = 4$  (1/час) полученные результаты пока-

зали удовлетворительную сходимость с результатами оценки надежности ИУС на основе статистики, собранной в процессе эксплуатации системы.

**Выводы.** 1. Усовершенствованный метод комплексной оценки надежности распределенных ИУС позволяет уменьшить размерность графа состояний и переходов ИУС при учете проявления различных видов неисправностей.

2. Область применения усовершенствованного метода ограничивается значениями входных параметров системы, которые определяют вероятность наложения временных интервалов неработоспособности распределенных элементов ИУС.

В соответствии с усовершенствованным методом комплексной оценки надежности распределенных ИУС, дальнейшие исследования следует направить на разработку и усовершенствование методов оценки частных показателей надежности распределенных ИУС ( $A_{AC}(t)$ ,  $A_{PC}(t)$  и др.) и разработку имитационной модели оценки надежности распределенных ИУС, позволяющей устранить погрешность, вносимую допущениями усовершенствованного метода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing* / A. Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell and C. Landwehr // *IEEE Transactions on dependable and secure computing*. – 2004. – vol. 1, № 1. – P. 11 – 33.
2. *Relex 7. Visual Reliability Software. Reference Manual*. – Relex Software Corporation. 1999. – 460 p.
3. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення Введ.01.01.96. – К.: Видавництво стандартів. Держстандарт України. 1995. – 35 с.
4. Харченко В.С., Тимонькин Г.Н., Сычев В.А. *Основы построения и проектирования АСУ техническим состоянием летательных комплексов: Учеб. пособие*. – Х.: ХВКИУ. – 1992. – 276 с.
5. *Оценка надежности программно-технических комплексов на основе многофрагментных марковских моделей* / Е.Б. Одарущенко, О.Н. Одарущенко, А.В. Сторожженко, П.Н. Гроза // *Системи обробки інформації*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип. 10 (38). – С. 110 – 116.
6. Одарущенко О.Н., Одарущенко Е.Б., Поночовный Ю. Л. *Применение численных методов для решения жестких систем линейных дифференциальных уравнений в задачах оценки надежности обслуживаемых систем* // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2002. – Вип. 3. – С. 187 – 191.

Поступила 19.08.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор В.С. Харченко,

