

$$I_{\alpha}(t) = 2 \operatorname{Re} \operatorname{Sp} \left(\int_{t_0}^t dt_1 G_{CC}^{\leq}(t, t_1) \Sigma_{em, \alpha}^A(t_1, t) + \int_{t_0}^t dt_1 G_{CC}^R(t, t_1) \Sigma_{em, \alpha}^{\leq}(t_1, t) - \int_{t_0}^t d\tau_1 G_{CC}^{\square}(t, \tau) \Sigma_{em, \alpha}^{\square}(\tau, t) \right).$$

Here $G_{CC}^{\square}(t, \tau) = G(t_{\pm}, t_0 - i\tau)$ and $\Sigma_{em, \alpha}^{\square}(\tau, t) = \Sigma_{em, \alpha}(t_0 - i\tau, t)$. The first two terms in this equation contain integration over early times from t_0 to t and take into account the nontrivial memory effects arising from the time-nonlocality of the embedding self-energy and Green's functions. As anticipated the last term in this equation explicitly accounts for the effects of initial correlations and initial-state dependence. If one assumes that both dependences are washed out in the long-time limit $t \rightarrow \infty$, then the last term vanishes and we can safely take the limit $t_0 \rightarrow -\infty$.

1. *Evers, F. Weigend, Koentopp M. Phys. Rev. B* **69**, 235411 (2004).
2. *Koentopp M., Burke K., Evers F. Phys. Rev. B* **73**, 121403R (2006).
3. *Meir Y., Wingreen N. S. Phys. Rev. Lett.* **68** 2512 (1992).
4. *Jauho A. P., Wingreen N. S., Meir Y. Phys. Rev. B* **50** 5528 (1994).
5. *Baym G., Kadanoff L.P. Phys. Rev.* **124**, 287 (1961).
6. *Leeuwen R., Dahlen N. E., Stan A. Phys. Rev. B* **74** 195105 (2006).
7. *Kurth S. Kurth., Stefanucci G, Almbladh C.-O., Rubio A., Gross E. K. U. Phys. Rev. B* **72**, 035308 (2005).

Поступила 30.08.2010г.

УДК 51-74:62-192

Н.А. Котенко, Г.А. Оборский, О.С. Савельева

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Резюме. Предложена морфологическая модель надежности, основанная на корреляции показателей работоспособности сложных технических объектов с избыточной структурой (резервированием) и структурно (морфологически) подобных им сложных информационных систем. В качестве информационной системы предложено использовать топологически подобные нейронные сети. Описан алгоритм построения и работы с такой моделью.

Отказоустойчивость сложных технических систем закладывается, в

основном, на этапе проектирования, а ее уровень определяется технико-экономическими последствиями возможных отказов. Особенно актуальна эффективная и достоверная оценка отказоустойчивости при проектировании таких уникальных по последствиям аварий систем, как система безопасности АЭС.

Поэтому в соответствии с рекомендациями *Tacis* оборудование АЭС подлежит специальной квалификации, т.е. процедуре подтверждения (свидетельствования) того, что оборудование будет надежно выполнять свои функции (будет работоспособным) при заданных условиях.

Процессы автоматизированного проектирования и управления современным экологически опасным энергетическим оборудованием все больше нуждаются в адекватных и достаточно точных моделях их надежности [1]. В этом случае большую услугу могут оказать морфологические модели надежности (ММН), позволяющие с достаточной степенью точности свести длительные исследования жизненного цикла сложных, дорогих и небезопасных систем к сравнительно быстрому компьютерному моделированию их информационных топологических аналогов [2].

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных границах значения всех параметров, которые характеризуют способность выполнять необходимые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки [3].

Моделированию с помощью ММН может быть подвергнут любой объект физического мира. Для этого на начальных стадиях исследования его необходимо рассмотреть в виде черного ящика: некоторого преобразователя «вход → выход», имеющего собственную внутреннюю структуру в виде связанных определенным образом элементов, а также параметры последних.

Построим математическую модель такого преобразования. Для этого рассмотрим объект анализа в виде операторного уравнения, превращающего вектор входных переменных X в вектор исходных Y с помощью некоторого оператора \mathcal{R} :

$$Y \rightarrow \mathcal{R}(X). \quad (1)$$

Правила преобразования, которые содержатся в операторе \mathcal{R} , зависят, как указывалось выше, от структуры последнего \mathcal{R}_s и параметров его элементов \mathcal{R}_p :

$$\mathcal{R} = \{\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_p\}. \quad (2)$$

Например, операторы «умножить на 5» и «поделить на 5» отличаются структурой, а «умножить на 5» и «умножить на 10» – параметром.

Пусть для начального состояния операторного уравнения (1) некоторое значение X с помощью начального \mathcal{R} переводится в Y , принадлежащее к множеству M (рис. 1).

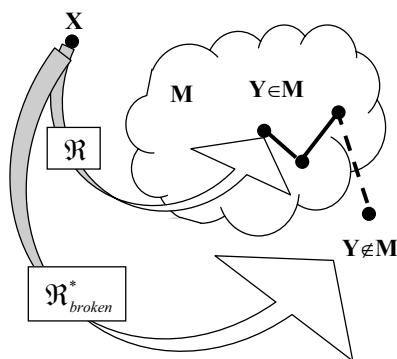


Рис. 1. Схема изменения значения выходного вектора Y операторного преобразования при «разрушении» оператора \mathcal{R} .

Пусть теперь структура \mathcal{R}_s начального оператора \mathcal{R} изменена (разрушена) путем изъятия отдельных элементов или связей так, что оператор \mathcal{R} превращается в оператор \mathcal{R}_{broken} (рис. 1). Можно утверждать, что по мере разрушения начального оператора \mathcal{R} (дискретный процесс) значение Y будет сдвигаться с начальной позиции в множестве M и за несколько итераций разрушения выйдет за пределы этого множества.

Если множество M содержит лишь элементы «объект трудоспособный», а за пределами M расположены только элементы множества «объект нетрудоспособный», то выход Y за границы множества M означает достижение на последней итерации такой степени разрушения \mathcal{R}_{broken}^* , при котором объект в дальнейшем не может выполнять заданную функцию, то есть отказ объекта.

Очевидно также, что если отказ не наступает после первой же итерации разрушения, то речь идет об объектах с избыточной структурой (ОИС) или о резервированных объектах. Резервирование – тип обеспечения надежности за счет использования дополнительных средств и (или) возможностей, избыточных относительно минимально необходимых для выполнения объектом необходимых функций [3].

Основные характеристики резервирования выглядят так: кратность резерва – отношение количества резервных элементов к количеству резервируемых ими элементов, выраженное несокращенной дробью; нагруженный резерв – резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в режиме основного элемента; постоянное резервирование – при котором используется нагруженный резерв и при отказе любого элемента в резервированной группе выполнение объектом необходимых функций обеспечивается оставшимися элементами без переключений и, наконец, резервирование с восстановлением – при

котором восстановление основных и (или) резервных отказавших элементов технически возможно без нарушения работоспособности объекта в целом и предусмотрено эксплуатационной документацией.

Дальше под ОИС будем понимать лишь объекты с *постоянным резервированием*.

Теперь рассмотрим, как можно количественно оценить такой параметр надежности, как работоспособность – состояние объекта, при котором он способен выполнять заданную функцию с параметрами, установленными требованиями технической документации, на протяжении расчетного срока службы [4].

Работоспособность объекта прекращается с его отказом. Отказ – событие, которое состоит в нарушении исправного состояния объекта. Критерии отказа – признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Очевидно, что, так как работоспособность ОИС – это вероятностная характеристика, экспериментальная статистическая оценка которой существенно зависит от методики исследования, оценить ее аналитически невозможно. Аналитические расчеты численных характеристик работоспособности существенно затрудняются и в условиях постоянных повреждений, которые ОИС получает во время своей эксплуатации.

Если отнести ОИС к двум типам: технические (технологии, конструкции, вещества) и информационные (системы, сети), то главными назначениями расчетов работоспособности являются, с одной стороны, создание возможности сравнивать разные варианты *однотипных* ОИС во время их проектирования, а с другой, – возможности сравнивать ОИС *разного типа* с целью моделирования.

Существующие современные методы идентификации отказа сложных систем основаны на морфологическом моделировании жизненного цикла последних с помощью топологически подобных нейронных сетей. При этом технический объект и его морфологическая модель имеют только общую структуру и выполняют каждый «свою» работу: технический объект решает производственную задачу, а нейронная сеть, например, распознает образы. Единственная проблема – постоянно поддерживать изоморфизм объекта и его модели.

Пусть сравниваются два объекта – I и II, которые принадлежат к ОИС разных типов. Построим для них, соответственно, два операторных уравнения типа (1), которые совпадают друг с другом лишь структурой операторов \mathfrak{R}_I и \mathfrak{R}_{II} :

$$Y_I \rightarrow \mathfrak{R}_I(X_I); \quad (3)$$

$$Y_{II} \rightarrow \mathfrak{R}_{II}(X_{II}); \quad (4)$$

$$\mathfrak{R}_{IS} \equiv \mathfrak{R}_{IIS}. \quad (5)$$

Совпадение (5) может быть естественным или искусственно созданным. Поскольку показатели надежности – количественные характеристики одного или нескольких свойств, определяющих надежность объекта, сформулируем такое **Утверждение**.

Если между двумя начальными состояниями объектов с избыточной структурой существует изоморфизм, то при изоморфном разрушении этих объектов будет наблюдаться близость между статистическими оценками их работоспособности, независимо от типа объектов и задач, которые эти объекты решают.

Под близостью будем понимать корреляционную связь или совпадение некоторых оценок в том смысле, что разность между ними не выходит за пределы установленного допуска.

Доказательство Утверждения с учетом вероятностно-статистического характера объекта было осуществлено в соответствии со следующим алгоритмом.

Шаг 1. Построить математическую модель работоспособности ОИС.

Шаг 2. Принять методику внесения повреждений в структуру ОИС, моделирующую ее жизненный цикл.

Шаг 3. Выполнить моделирование работоспособности ОИС и нейронной сети по мере внесения повреждений в ее структуру.

Шаг 4. Выполнить расчеты корреляционной зависимости между полученными компьютерным экспериментом трендами работоспособностей ОИС и нейронной сети по мере внесения повреждений в их структуру.

Шаг 5. Выполнить расчеты параметров аналитических зависимостей, аппроксимирующих упомянутые тренды.

Шаг 6. Сравнить полученные результаты с заданным порогом.

Шаг 7. Повторить шаги 3 – 6 N раз.

Предложенные модели использованы при квалификации систем, конструкций, компонентов и элементов АЭС [5]. При этом определяли:

- какое оборудование квалифицировать;
- на какие условия работы;
- каким образом создавать и удерживать (актуализировать)

подтверждение о квалификации.

Была создана Программа квалификации, которая включает следующие основные элементы:

- подготовка программы и исходные данные;
- классификация – разделение оборудования АЭС на классы по различным критериям (признакам): по классам безопасности, по выполняемым функциям, по сейсмостойкости и т.п.
- реализация программы квалификации;
- удерживание (актуализация) данных программы квалификации.

1. Безопасность атомных станций: Информационные и управляющие системы [текст] / М.А. Ястребенецкий, В.Н. Васильченко, С.В. Виноградская и др. – К.: Техніка, 2004.

– 472 с.

2. Моделирование отказоустойчивости в САПР сложных технических систем [текст] / *А.Л. Становский, В.М. Тонконогий, О.С. Савельева* и др. // Современные технологии в машиностроении. Сборник научных статей. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – С. 445 – 450.

3. ГОСТ 27103-83. Надежность в технике. Критерии отказов и предельных состояний. Основные положения [текст].

4. *Бобров В.И.* Надежность технических систем [текст]. – Москва: МГУП, 2004. – 236 с.

5. *Становский А.Л.* Квалификация оборудования АЭС на работоспособность [текст] / *А.Л. Становский, О.С. Савельева, Т.В. Бибик* // Материалы XV семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 9 – 10 января 2008. – С. 54.

Поступила 1.09.2010р.

УДК 51-74

А. Л. Ковбаса, аспирант

Институт геохимии окружающей среды НАН и МЧС Украины

ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Abstract. In this paper a special approach monitoring data of hydraulic structures. These benefits approach, as well as shortcomings of the classical method of data processing for monitoring hydraulic structures. Displaying results of model experiments.

1. Введение. Гидротехническое сооружение (ГТС) — искусственная структура (постройка) промышленного, гражданского, военного или др. назначения, установленная (построенная) на искусственном или естественном водном объекте, либо в непосредственной близости от него, либо сама по себе являющаяся искусственным водным объектом. К гидротехническим сооружениям относятся плотины, дамбы, гидроэлектростанции, водохранилища и др.

В Украине эксплуатируются 7 крупных ГЭС и ГАЭС, 49 малых ГЭС суммарной мощностью около 93 МВт, предполагается дальнейшее строительство ГЭС и ГАЭС, больше 100 малых и мини-ГЭС требуют восстановления и реконструкции.

Социально-экономическое развитие общества, требующие в частности увеличение производства электроэнергии, объемов использования водных ресурсов, захоронение жидких отходов, обуславливает строительство соответствующих гидротехнических объектов.