

Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru
24/50, M, Nagibina street, Rostov-on-Don, 344037, Russia

Chukarin Andrey Vitalievich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru

Phedorenko Sergey Vladimirovich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru

Timopheenko Igor Pavlovich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: sahabudinov@mail.ru

УДК 510.22

В.Ф. Золотухин, А.А. Захаров, В.Ю. Рева

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕРАЗЛИЧИМОСТИ

В работе рассматриваются вопросы неразличимости состояний объектов, их возможной обработки и использования для мониторинга. Приводится пример определения большего и меньшего возможного времени нахождения объекта в состояниях, которые представляют собой неразличимую информацию, а также их степеней возможности.

Неразличимость; степень большей возможности; большее возможное время.

V.F. Zolotukhin, A.A.Zakharov, V.Yu Reva

CHARACTERISTICS OF THE TECHNOGENETIC SAFETY UNDER THE CONDITIONS OF INDISTINGUISHABILITY

In the work we treat the questions of indistinguishability of the object states, their feasible processing and using for the monitoring. We give an example of defining the most possible long – and short – term period of the object existence in the states which are of indistinguishable information and their degrees of feasibility as well.

Indistinguishability; the degree of greater feasibility; the most possible long term period.

На практике очень часто резко контрастирующие по вызываемым последствиям технические состояния эрготических систем в течение длительного времени являются неразличимыми из-за сложности и дороговизны контроля. Примером неразличимости состояний могут служить недостаточно безопасные системы военного назначения других государств из-за их недоступности.

Частично свойство неразличимости состояний учитывается в теоретико-игровых моделях выбора оптимальных стратегий контроля и восстановления технических систем [1].

Как правило, средства моделирования, количественного описания и учета влияния свойства неразличимости состояний на безопасность при принятии решений как при производстве, так и при эксплуатации эрготических систем отсутствуют.

Предлагаем рассмотреть полученные нами такого рода средства, которые базируются на строгом количественном представлении свойства неразличимости. При этом неразличимость характеризуется в терминах теории возможностей, развивающейся на базе теории нечётких множеств [2, 3]. На этой основе построены простые числовые характеристики возможности пребывания технической системы в различных состояниях, позволяющих объективно оценивать влияние их неразличимости на показатели безопасности.

Полученные результаты позволяют посмотреть по-новому (с количественным учетом объективных обстоятельств) на важнейшую для практики дилемму: стоит ли знание более узких интервалов, в которых находятся значения показателей безопасности сложных систем, затрат на более четкое различение их технических состояний.

Смысл характеристик возможности, связанных с неразличимостью состояний системы, удобно описать применительно к совокупности из пяти состояний: 1) исправное; 2) неисправное; 3) безопасный отказ; 4) предаварийное; 5) угроза катастрофы. Предположим, что в течение годового периода эксплуатации имели место случаи, когда достоверно выявлялись состояния 1, 2, 3, 4, а также случаи, когда не удавалось различить состояния в группах {2, 3}, {3, 4, 5} и {4, 5}.

При этом, например, для группы {2, 3} тот факт, что имело место либо состояние 2, либо состояние 3 достоверен, однако, какое именно из них было присуще системе, неизвестно. Аналогичная неразличимость характерна для остальных групп состояний. Эти исходные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

{...}	{1}	{2}	{3}	{4}	{1,2}	{2,3}	{3,4,5}	{4,5}
j	1	2	3	4	5	6	7	8
τ_j	150	120	9	10	40	6	20	10

С точки зрения безопасности наибольший интерес представляют суммарные доли времени, в течение которого имеет место то или иное техническое состояние. Обозначим такую произвольную долю через t_i , $i=1 \div 5$. В ситуациях неразличимости определение t_i для некоторых i , может быть, для всех i принципиально невозможно. Могут быть определены лишь суммарные доли τ_j времени, в течение которого регистрируется j -й член совокупности типа той, что представлена в верхней строке табл. 1; для нее $j = 1 \div 8$. Пусть зарегистрированы конкретные величины τ_j в сутках (см. табл.1). При этом их сумма $t = 365$ суток, так как регистрационный период составляет год.

Располагая значением τ_j для каждого состояния i , можно найти большее и меньшее возможные значения времени, в течение которых система могла пребывать в состоянии i . Пусть $t_i^{\bar{}}$, $t_i^{\underline{}}$ – такие значения. Сформулируем правило их вычисления.

Правило 1. Вычисления $t_i^{\bar{}}$, $t_i^{\underline{}}$ для всех i . Величина $t_i^{\bar{}}$ представляет сумму, включающую долю времени, в течение которого состояние i регистрировалось само по себе, и все доли времени, в течение которых регистрировались группы неразличимых состояний, включающие состояние i . Величина $t_i^{\underline{}}$ равна либо доле времени, в течение которого непосредственно регистрировалось состояние i , либо 0, если оно регистрировалось только в составе групп неразличимых состояний.

На основании этого правила, используя табл. 1, например, найдем

$$t_1^{\bar{}} = \tau_1 + \tau_5 = 190; t_1^M = \tau_1 = 150; t_2^{\bar{}} = \tau_2 + \tau_5 + \tau_6 = 166;$$

$$t_2^M = \tau_2 = 120; t_5^{\bar{}} = \tau_7 + \tau_8 = 30; t_5^M = 0.$$

Полностью результаты определения $t_i^{\bar{}}$ и t_i^M представлены в табл.2.

Таблица 2

i	1	2	3	4	5
$t_i^{\bar{}}$	190	150	35	40	10
$v_i^{\bar{}}$	0,52	0,41	0,10	0,11	0,03
t_i^M	150	120	9	10	0
v_i^M	0,42	0,33	0,02	0,03	0

Отметим, что в течение t_i^M в состоянии i система пребывала обязательно. Поэтому будем называть его не только меньшим возможным, но и *необходимым временем* состояния i . Время $t_i^{\bar{}}$ – наибольшее из возможных длительностей состояния i . Будем называть его *большим возможным временем* такого состояния.

Большая и меньшая частоты (вероятности) технических состояний и их практическое значение

Определим, используя $t_i^{\bar{}}$, t_i^M , для всех i частные $v_i^{\bar{}}$, v_i^M , количественно выражающие предельные наибольшую и наименьшую степени возможности состояний:

$$v_i^{\bar{}} = t_i^{\bar{}} / t; v_i^M = t_i^M / t, \quad (1)$$

где $t = 365$ суток.

Полученные согласно (1) значения представлены в табл. 2.

Рассмотрим неизвестные для всех i (в связи с неразличимостью величины) $s_i = t_i / t$, где s_i – частота состояния i , t_i – фактическая суммарная доля пребывания системы в этом состоянии.

При наблюдении за системой в течение ряда лет и статистическом учете s_i стремится в стохастическом смысле к вероятности i -го состояния p_i [4].

Принципиально важно, что поскольку $t_i^M \leq s_i \leq t_i^{\bar{}}$, то

$$v_i^M \leq s_i \leq v_i^{\bar{}}. \quad (2)$$

Следовательно, $v_i^{\bar{}}$, v_i^M соответственно наибольшее и наименьшее эмпирически возможные значения частоты s_i .

В условиях неразличимости технических состояний степень большей возможности (СБВ) или степень меньшей возможности (СМВ) содержат информацию об уровне надежности и качества системы. Существенно, что только их можно определить количественно без дополнительных затрат материальных ресурсов и времени. Чем меньше эти характеристики для нежелательных состояний, например, для четвертого и, особенно, пятого, тем выше надежность и качество системы.

Степени возможности обобщенных состояний как характеристики безопасности

Наиболее очевидными характеристиками, по которым в условиях неразличимости можно судить о безопасности, являются СБВ и СМВ обобщенных состояний системы. Типичный пример обобщенного состояния – безопасное состояние, когда система находится в каком-либо из двух первых состояний: исправном или неисправном. Опасное состояние, будучи обобщенным, проявляется в виде одного из состояний 3, 4, 5. Под СБВ обобщенного состояния будем понимать частное от деления большего эмпирически возможного времени пребывания системы в этом состоянии в течение периода t на величину этого периода.

Получим зависимости по следующему правилу.

Правило 2. Большее возможное время $t_0^{\bar{}}$ обобщенного состояния равно сумме долей времени, в течение которых регистрируются представляющие его простые состояния сами по себе, и долей времени, в течение которых регистрируются группы неразличимых состояний, включающие все такие простые состояния. Меньшее возможное время $t_0^{\underline{}}$ равно сумме долей времени, в течение которого регистрируются представляющие его простые состояния и группы, в которых не различаются только такие простые состояния.

Используя табл. 1, найдем, что большие возможные доли времени (в днях) безопасного и опасного состояния равны

$$t_{\text{без}}^{\bar{}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_5 + \tau_6 = 316, \quad (3)$$

$$t_{\text{он}}^{\bar{}} = \tau_4 + \tau_7 + \tau_8 = 55. \quad (4)$$

Меньшие эмпирически возможные доли времени этих состояний:

$$t_{\text{без}}^{\underline{}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_5 = 310, \quad (5)$$

$$t_{\text{он}}^{\underline{}} = \tau_4 + \tau_8 = 49. \quad (6)$$

В соответствии с выражением (2) получим

$$0,85 \leq s_{\text{без}} \leq 0,87, \quad 0,13 \leq s_{\text{он}} \leq 0,15, \quad (7)$$

где $s_{\text{без}}$ и $s_{\text{он}}$ – неизвестные (по причине неразличимости) частоты безопасного и опасного состояний.

Таким образом, неравенства (7) могут задавать возможные пределы, в которых находятся эти важнейшие количественные характеристики надежности системы. Существенно, что полученные пределы – самое большее, на что можно рассчитывать без устранения неразличимости простых технических состояний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, ГРФМЛ, 1980.
2. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. – М.: Радио и связь, 1990.
3. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. Математика сегодня. – М.: Знание, 1974.
4. Ширяев А.И. Вероятность. – М.: Наука, ГРФМЛ, 1980.

Золотухин Владимир Филиппович
Ростовский военный институт ракетных войск
E-mail: chita1983@rambler.ru
344037, г. Ростов-на-Дону, пр. М.Нагибина, 24/50
Тел.: +7(9054392081)

Захаров Андрей Александрович

Ростовский военный институт ракетных войск
E-mail: chita1983@rambler.ru

Рева Василий Юрьевич
Ростовский военный институт ракетных войск
E-mail: vasja0108@mail.ru

Zolotukhin Vladimir Filippovich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: chita1983@rambler.ru
24/50, M, Nagibina street, Rostov-on-Don, 344037, Russia
Phone: +7(9054392081)

Zakharov Andrey Aleksandrovich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: chita1983@rambler.ru

Reva Vasiluy Yurievich
Rostov Military Institute of Rocket Troops
E-mail: vasja0108@mail.ru

УДК 681.586.773

А.В. Мартыненко

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИЗГИБНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Исследована конструкция пьезоэлектрического изгибного преобразователя. В результате расчетов методом конечных элементов найден наилучший конструкционный материал для преобразователя. Материал позволяет увеличить эффективность преобразователя. Критерием оптимизации является эффективный коэффициент электромеханической связи.

Пьезоэлектрический преобразователь.

A.V. Martynenko

RESEARCH OF EFFICIENCY BEND PIEZOELECTRIC CONVERTER

The design bend piezoelectric converter is researched. As a result of calculations by a method of final elements the best material for a design of the converter is found. The material allows increasing efficiency of the converter. Criterion of optimization is the effective factor of electromechanical connection.

Piezoelectric converter.

В настоящее время для контроля и прогнозирования состояния промышленного оборудования применяются пьезоэлектрические изгибные преобразователи. Такие преобразователи обладают хорошими эксплуатационными характеристиками, широкими динамическими и частотными диапазонами, относительно малыми размерами, высокой надежностью и не требуют источников питания [1]. Для достижения и улучшения существующих характеристик пьезоэлектрических преобразователей необходим комплексный подход к проектированию и разработке. Классический подход достаточно полно изложен в [2].

Современный подход должен содержать два основных момента:

1. Решение задач математического моделирования.