

при этих данных находим $G_{11} = 139 \text{ кг/с}$. По результатам расчетов выполненных по (11), построены кривые изменения давления вдоль газопровода с подкачками (сплошные линии) и отборами (пунктирные линии) в точках x_1, x_2 (рис. 2) и кривые изменения давления во времени в фиксированных сечениях газопровода (рис. 3).

Из рис. 2 видно, что при нестационарном процессе давление в местах подкачек и отборов значительно отклоняется от параболического закона и по истечении некоторого промежутка времени, которое легко можно определить с требуемой точностью, стабилизируется. Кривые рис. 3 показывают, что наибольшее отклонение давления от стационарного наблюдается в середине газопровода. При этом процесс стабилизации давления в газопровode при подкачках и отборах протекает на его концах быстрее, чем в середине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобровский С. А., Щербаков С. Г., Гудин-заде М. А. Движение газа в газопроводах с путевым отбором. — М.: Наука, 1972 — 192 с.
2. Бобровский С. А., Щербаков С. Г., Гудин-заде М. А. Транспорт и хранение нефти и газа // Тр. МИИХиГП. — М.: Недра, 1971 — Вып. 97 — С. 158.
3. Цатурян С. И., Маркелов С. С. К задаче о нестационарных движениях газа в магистральных газопроводах // Изв. вузов. Нефть и газ. — 1972. — № 10 — С. 77—82.
4. Цатурян С. И., Маркелов С. С. Движение газа в резко суживающихся газопроводах при сосредоточенных отборах и подкачках // Изв. вузов. Машиностроение. — 1980 — № 11. — С. 135—149.
5. Константинов Н. Н., Тугунов П. И. Транспорт и хранение нефти и газа. — М.: Наука, 1975. — 245 с.

Тульский политехн. ин-т

10. V 1987

Изв. АН АрмССР (сер. ГН), т. XLII, № 3, 1989, с. 125—129

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.37.38.681.325.67

А. М. КАРАПЕТЯН, С. Х. ОГАНЕСЯН, И. С. ХАЧАТРЯН

АНАЛИЗ И ВЫБОР ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ СОСТОЯНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Рост сложности радиоэлектронной аппаратуры приводит к необходимости увеличения метрологических и надежности характеристик контролируемых систем, что приводит к их чрезвычайному усложнению, необходимости как контролируемых, так и контролирующих систем в целом.

Предлагается вероятностная модель перехода состояний системы на основании марковской модели, как наиболее удобная для описания переходов элементов системы из одного состояния в другое. Представлен граф переходов состояний, опре-

деляющий взаимное состояние контролируемых и контролируемых систем, что позволяет перейти к более полной и объективной оценке переходов состояний при контроле работоспособности сложных систем.

Ил. 1 Табл. Библиогр. 3 назв.

Մարդկային-տեխնիկական սարքավորման բարդացման պատճառով զգալիորեն ավելանում է նվազ համակարգերի չափարանական և նուսափության բնութագրերը: Քննականաբար, նվազ է նվազ համակարգերի աշխատունակության պահանջումը դառնում է առաջնահերթ հարցերի մեկը: Առկարգվում է համակարգի մի գիծակից մյուսին անցման հավանական մարկովյան մոդել, որը իրեն կարող է համարվել ամենանպաստակահարմարը նման համակարգերի նկարագրման համար:

Ներկայացված է մի գիծակից մյուսին անցնելու գրաֆը, որը նկարագրում է նվազ և նվազ համակարգերի փոխադարձ գիծակիցը: Այն նարավորություն է տալիս ստույգ և լիարժեք դեմատյան համակարգի գիծակից գիծակից անցումը բարդ համակարգերի աշխատունակության հսկման ժամանակ:

При рассмотрении модели контроля работоспособности сложной системы (СС), т. е. объекта контроля (ОК) и системы контроля (СК), один или несколько её элементов на каждом q -ом этапе для произвольно выбранного интервала времени Δt контроля могут находиться в ряде взаимонесключающих состояний в результате работы и метрологических возможностей системы контроля. Наиболее удобной моделью для описания перехода элементов системы из одного состояния в другое является марковская модель [1], при которой необходимо знать условные вероятности переходов состояний. Эти состояния следующие: x_0 — ОК находится в неработоспособном состоянии (НРС) с вероятностью $Q(1)$; x_1 — ОК находится в работоспособном состоянии (РС) с вероятностью $P(1)$; x_2 — ОК находится в НРС, а в результате контроля на предыдущем этапе как РС (вероятностью P_{10}^* (P_{10}^* — вероятность необнаружения отказавших модулей СС); x_3 — ОК находится в НРС и в результате контроля принят как неработоспособный с вероятностью $(1 - P_{10}^*)$; x_4 — ОК находится в РС, а в результате контроля считается находящимся в НРС с вероятностью P_{00}^* (P_{00}^* — вероятность появления ложного отказа); x_5 — объект после контроля и восстановления считается работоспособным с вероятностью P_1 (P_1 — вероятность восстановления модуля из заданное время); x_6 — объект после контроля и восстановления принят как неработоспособный с вероятностью $(1 - P_1)$; x_7 — ОК после состояния x_2 заменяется работоспособным модулем из состава ЗИП СС с вероятностью $P_{1\infty}$ ($P_{1\infty}$ — вероятность замены невосстановленного модуля из состава ЗИП); x_8 — СК находится в РС с вероятностью P_{10}^c (P_{10}^c — вероятность принятия исправного объекта контроля за исправный и неисправного за неисправный); x_9 — СК находится в неисправном состоянии с вероятностью P_{00}^c (P_{00}^c — вероятность события, когда СК независимо от состояния ОК принимает решение „ОК находится в НРС“); x_{10} — СК находится в РС с вероятностью P_{10}^c (P_{10}^c — вероятность события, когда СК независимо от состояния ОК принимает решение „ОК находится в РС“).

Состояния x_0 и x_2 для СК неразличимы, поэтому их можно объединить в одно укрупненное состояние x_2 . Граф переходов состояний представлен на рисунке. Тогда матрица $\|P_{ij}\|$ представляет собой вероятности сохранения или перехода состояний модулей СС, заложенных на $(q-1)$ -ом этапе контроля, где P_{ij} — вероятности сохранения модулей СС и СК на q -ом этапе в состояниях i , заложенных на $(q-1)$ этапе; P_{ji} — вероятности перехода СК и модулей СС на q -ом этапе из состояний j , заложенных на $(q-1)$ -ом этапе в состояние i .

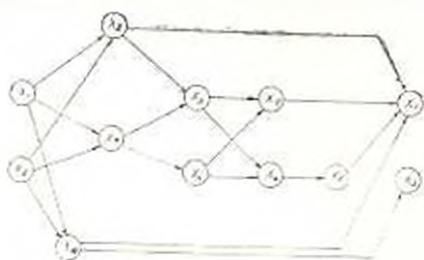


Рис. 1. Граф переходов объединенных состояний.

Для определения эффективности СК необходимо оценить P_{ij} и определить вероятность $P(x_j)$ в силу нижеприведенных утверждений.

Утверждение 1. Если на $(q-1)$ этапе контроля модуль СС находится в состоянии x_1 , то он не может оказаться в состоянии x_2 на q -ом этапе контроля. Это объясняется тем, что при любых состояниях системы контроля x_8, x_9, x_{10} исключается возможность его перехода в состояние x_1 на следующем этапе.

Утверждение 2. Если на $(q-1)$ этапе контроля модуль СС находится в состоянии x_2 , то он может оказаться в состоянии x_2 на следующем этапе только в том случае, если СК находится в состоянии x_{10} .

Тогда эти переходы являются стационарным марковским процессом и вероятности переходов P_{ij} соответственно, постоянны и в процессе контроля отказ в ОК не появляется. (Это допущение справедливо, поскольку длительность контроля $\tau_k \ll \tau_{p10}$).

Заметим, что не все переходы P_{ij} могут оказаться разрешенными, т. е. всегда часть вероятностей переходов равна нулю.

Тогда матрицу $\|p_{ij}\|$ можно представить в виде

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} P_{11} & 0 & 0 & P_{14} & P_{15} & P_{16} & P_{17} & P_{18} & P_{19} & P_{110} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & 0 & P_{24} & P_{25} & P_{26} & P_{27} & P_{28} & P_{210} \\ P_{31} & 0 & 0 & 0 & P_{34} & P_{35} & P_{36} & 0 & 0 & 0 \\ P_{41} & 0 & 0 & 0 & P_{44} & P_{45} & P_{46} & 0 & 0 & 0 \\ P_{51} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{61} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{67} & 0 & 0 & 0 \\ P_{71} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{88} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{99} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1010} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

В этом случае вероятность перехода из РС x_1 в РС после i -го процесса контроля может произойти с вероятностью P_{1i} , определяемой как

$$P_{1i} = P_1 P_n^c + P_1 P_{10}^c + P_1 I_{10}^c P_n^c P_1 + P_n^c P_1, \quad (2)$$

где P_n^c, P_n — условные вероятности нахождения модуля ОК в состояниях x_n и x_0 , если до этого они находились в состоянии x_1 .

Аналогично, вероятность перехода P_{21} из неработоспособного состояния x_2 в рабочее x_1 может произойти с вероятностью, определяемой как

$$\begin{aligned} P_{21} &= P_n P_n^c P_3 (P_n + P_n^c P_3) + P_n P_{10}^c P_3 (P_n + P_n^c P_3) = \\ &= P_n P_3 (P_n^c + P_n^c) (P_n + P_n^c P_3), \end{aligned} \quad (3)$$

где P_n, P_n^c — условные вероятности нахождения модулей в состояниях x_n и x_0 , если до этого они находились в состоянии x_1 .

Аналогично, переходы в неработоспособные состояния x_2 из состояний x_1 и x_2 будут

$$P_{12} = 0, \quad P_{22} = P_n P_{10}^c. \quad (4)$$

В принципе, из состояния x_1 модуль может переходить в состояние x_4 , но после восстановления или замены оно переходит в состояние x_1 . Остальные вероятности P_{ij} определяются аналогичным образом. Расчетные уравнения этих вероятностей представлены в таблице.

Таблица

P_{ij}	Значение P_{ij}	P_{ij}^c	Значение P_{ij}^c	P_{ij}^c	Значение P_{ij}^c	P_{ij}^c	Значение P_{ij}^c
P_{11}	$P_1 P_n^c P_1$	P_{11}^c	$P_n^c (1 - P_{10}) +$	P_{11}^c	$P_n (1 - P_{10}) P_{10}^c$	P_{11}^c	1
P_{10}	$P_1 P_{10}^c$		$- P_n^c P_{10}^c$	P_{10}^c	P_n	P_{10}^c	P_{10}^c
P_{1n}	$I_{1n} (1 - P_n)$	P_{1n}^c	$I_{1n} P_n$	P_{1n}^c	$1 - P_n$	P_{1n}^c	P_{1n}^c
P_{12}	$P_{12} (1 - P_n) P_{10}^c$	P_{12}^c	$P_{12} (1 - P_n)$	P_{12}^c	$(1 - P_n) P_{10}^c$	P_{12}^c	1
P_{14}	I_{14}^c	P_{14}^c	$P_{14}^c (1 - P_n) P_{10}^c$	P_{14}^c	$P_n - (1 - P_n) P_{10}^c$	P_{14}^c	P_{14}^c
P_{19}	I_{19}^c	P_{19}^c	I_{19}^c	P_{19}^c	P_n	P_{19}^c	P_{19}^c
P_{110}	I_{110}^c	P_{110}^c	I_{110}^c	P_{110}^c	$1 - P_n$	P_{110}^c	P_{110}^c
		P_{110}^c	P_{110}^c	P_{110}^c	$(1 - P_n) P_{10}^c$		

$$P_{11} = P_1 [P_n^c + P_{10}^c + P_{10}^c P_1 (P_n + (1 - P_n) P_3)], \quad (5)$$

$$P_{21} = P_n P_3 (P_n^c + P_{10}^c) [P_n + (1 - P_n) P_3], \quad (6)$$

где $P_n = 1 - P_{10}^c$, $P_n^c = P_{10}^c$, $P_3 = P_{10}^c$.

С другой стороны, вероятности P_1 , P_2 и P_c^c можно определить, исходя из предположения, что интенсивности отказов в СС распределены по экспоненциальному закону. Тогда P_1 , P_2 и P_c^c определяются как [1]

$$P_1 = \exp(-\Lambda t), \quad P_2 = 1 - \exp(-\Lambda t), \quad P_c^c = \exp(-\Lambda_c t), \quad (7)$$

где Λ — интенсивность отказа модуля ОК, Λ_c — суммарная интенсивность отказа СК.

Вероятности P_{no} и P_{sc} можно определить по известным соотношениям [3, 2]. На этой основе можно определить вероятность сохранения P_{11} , либо перехода P_{21} модулей ОК в работоспособное состояние. Остальные P_{ij} равны нулю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б. Р. Теория надежности радиотехнических систем.—М.: Сов. радио, 1978.—263 с.
2. Смирнов И. В., Боровков А. И. Таблицы для вычисления функции двумерного распределения.—М.: Изд-во АН СССР, 1962.—204 с.
3. Коротков В. П., Тайц Б. А. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств.—М.: Изд-во стандартов, 1978.—217 с.

БрНИИИ АСУГ

5. IX 1987

Изв. АН АрмССР (сер. Техн.), т. XLII, № 3, 1989, с. 129—132

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.317.7.62—52

С. Г. КЮРЕГЯН, Р. А. АКОПЯН, А. М. БАРХУДАРЯН

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ЖИДКОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ ПЬЗОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Определены составляющие относительной погрешности измерения массы жидкости пьезометрическим методом и зависимости от степени заполнения резервуара. Полученные результаты позволяют определять диапазон степени заполнения резервуара, при котором измерение массы жидкости производится с регламентированной погрешностью, и определить при этом допустимую погрешность измерения уровня жидкости окружающей температуры и избыточного давления пара жидкости в резервуаре.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

Արդյունք էն հնդուկի զանգվածի չափման հարարհրական սխալի բաղադրիչները պիեզոմետրիկ մեթոդով, կախված ջրամբարի լցման աստիճանից: Ստացված արդյունքները թույլ են տալիս որոշել ջրամբարի լցման աստիճանի սահմանները, որի զեպրում հնդուկի զանգվածի փոփոխությունը տեղի է ունենում կանոնակարգված սխալով և այդ զեպրում որոշել հնդուկի մակարդակի, շրջակա ջերմաստիճանի և հնդուկի զանգի հավելորդային անման փոփոխման սխալը: