УДК 519.2

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ С ЧАСТИЧНЫМИ ОТКАЗАМИ И ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

А. Н. СТАРОВОЙТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В данной работе исследуется модель системы с частичными отказами и восстановлением. Под частичным отказом будем понимать отказ, после возникновения которого использование системы по назначению возможно, но при этом значение одного или нескольких основных параметров находятся вне допустимых пределов [1].

Описание модели. Рассмотрим работу системы, в которую поступает простейший поток требований (заявок) с интенсивностью λ. Заявки, поступающие в систему, требуют обслуживания. В системе функционирует единственный прибор, который может работать в $r+1$ режимах. Состояние системы характеризуется парой чисел $x=(i,j)$, где i – число требований в системе, j – номер режима, в котором работает прибор, $i=0,1,\ldots;j=0,1,\ldots,r$. Назовем 0 основным режимом работы. Количество работы, которую необходимо выполнить для перехода прибора из основного режима в режим 1 является случайной величиной с произвольной функцией распределения $\Phi(0,z)$ и математическим ожиданием $\eta(0)$, при этом, если в момент времени t в системе находится i требований, то выполнение указанной работы происходит со скоростью $\nu(i,0)$. Для состояния (i,j), у которого $1\le j\le r-1$, количество работы, необходимое для изменения режима (на $j-1$ или $j+1$) также является случайной величиной с функцией распределения $\Phi(j,z)$ и математическим ожиданием $\eta(j)$. Выполнение работы происходит со скоростью $\nu(i,j)+\varphi(i,j)$, при этом с вероятностью $\nu(i,j)/(\nu(i,j)+\varphi(i,j))$ прибор переходит в режим $j+1$, а с вероятностью $\varphi(i,j)/(\nu(i,j)+\varphi(i,j))$ – в режим $j-1$. И аналогично, количество работы, необходимое для перехода прибора из режима r в $r-1$, имеет функцию распределения $\Phi(r,z)$ и математическое ожидание $\eta(r)$, при этом работа выполняется со скоростью $\varphi(i,r)$. Во время переключения прибора с одного режима работы на другой число требований в системе не меняется и $\eta(j)<+\infty$, $j=\overline{0;r}$.

Количество работы, которую необходимо выполнить для обслуживания требования, поступающего в систему, является случайной величиной с функцией распределения $B(z)$ и математическим ожиданием $\tau<+\infty$. Дисциплину обслуживания требований в системе зададим параметрическим образом. А именно, если в момент времени t состояние системы есть (i,j) и сразу после указанного момента в систему поступает требование, то оно с вероятностью $\delta^n(i+1,j)$ занимает n-ю позицию в очереди ($n=1,2,\ldots,i+1$), при этом требования, занимающие позиции $n,n+1,\ldots,i$, перемещаются на позиции $n+1,n+2,\ldots,i+1$. Требование, занимающее n-ю позицию в очереди, обслуживается со скоростью $\alpha(i,j)\gamma^n(i,j)$, при этом по завершению обслуживания данной заявки требования, занимающие позиции $n+1,n+2,\ldots,i$, перемещаются на позиции $n,n+1,\ldots,i-1$.

Здесь $0\le\gamma^n(i,j)\le1$, $\sum_{n=1}^{i}\gamma^n(i,j)=1$, $\sum_{n=1}^{i+1}\delta^n(i+1,j)=1$.

Варьируя параметры $(\alpha(i,j),\gamma^n(i,j),\delta^n(i,j))$ можно получить многие известные дисциплины обслуживания, например, FCFS, LCFS, PS, а также случай, когда в системе работает N приборов, и случай бесконечного числа приборов, т.е. такой дисциплины обслуживания как IS.

Переход прибором из режима 0 в режим 1 можно трактовать как наступление частичного отказа, влекущее уменьшение мощности прибора с величины $\alpha(i,0)$ на $\alpha(i,1)$. Аналогично, переход из режима j в режим $j+1$ означает переход прибора в более щадящий режим обслуживания. Переход прибора из режима j в режим $j-1$ означает восстановление тех функциональных возможностей, которые были утеряны прибором при переходе из режима $j-1$ в режим j.

Состояние системы в момент времени t будет характеризоваться случайным вектором $x(t)=(i(t),j(t))$, где в соответствии с вышесказанным $i(t)$ – число требований в системе в момент времени t, $j(t)$ – номер режима, в котором работает прибор в момент времени t.

Стационарное распределение вероятностей состояний системы. Если выполняются соотношения

$$\nu(i,j-1)\alpha(i,j)\varphi(i-1,j)=\nu(i-1,j-1)\alpha(i,j-1)\varphi(i,j),\quad i\ge1,1\le j\le r,$$

$$\gamma^n(i,j)=\delta^n(i,j),\quad 1\le n\le i,$$

то стационарное распределение вероятностей состояний системы определяется по формулам

$$p(i,j)=(\lambda\tau)^i\prod_{k=1}^{j}\nu(0,k-1)\varphi^{-1}(0,k)\prod_{s=1}^{i}\alpha^{-1}(s,j)p(0,0),$$

$$p(0,0)=\left(\sum_{i=0}^{+\infty}\sum_{j=0}^{r}(\lambda\tau)^i\prod_{k=1}^{j}\nu(0,k-1)\varphi^{-1}(0,k)\prod_{s=1}^{i}\alpha^{-1}(s,j)\right)^{-1}.$$

Стационарное распределение количества требований в системе

$$p(i)=(\lambda\tau)^i\sum_{j=0}^{r}\prod_{k=1}^{j}\nu(0,k-1)\varphi^{-1}(0,k)\prod_{s=1}^{i}\alpha^{-1}(s,j)p(0,0).$$

Стационарное распределение режимов работы прибора

$$p(j)=\prod_{k=1}^{j}\nu(0,k-1)\varphi^{-1}(0,k)\sum_{i=0}^{+\infty}\left((\lambda\tau)^i\prod_{s=1}^{i}\alpha^{-1}(s,j)\right)p(0,0).$$

Зная указанные стационарные вероятности, по известным формулам можно определить и другие стационарные характеристики функционирования данной системы.

В работах [2, 3] рассматривались сети, состоящие из систем подобного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Козлов, Б. А.* Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. – М. : Советское радио, 1975. – 472 с.

2 *Старовойтов, А. Н.* Инвариантность стационарного распределения состояний сетей с многорежимными стратегиями обслуживания / А. Н. Старовойтов // Проблемы передачи информации – 2006. – Т. 42. – № 4. – С. 121–128.

3 *Старовойтов, А. Н.* Кусочно-линейные сети с многорежимными стратегиями обслуживания / А. Н. Старовойтов // Автоматика и телемеханика – 2008. – № 6. – С. 107–116.

УДК 621.382

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МПЦ-И

И. Г. ТИЛЬК

НПЦ «Электроника» г. Екатеринбург, Российская Федерация

В современных микропроцессорных системах железнодорожной автоматики и телемеханики требуемые уровни безопасности и экономичности обеспечиваются путем оптимизации затрат благодаря:

– высокой степени интеграции различных систем безопасности в единых аппаратно-программных комплексах, позволяющих периодически проводить малозатратную модернизацию и, таким образом, продлевать период эксплуатации;

– оптимизации технических решений под конкретные участки дорог;

– применению необслуживаемых и малообслуживаемых систем со встроенными средствами диагностики и удалённого мониторинга;

– сосредоточению ответственности за все процессы жизненного цикла систем в руках одного предприятия, способного выполнять разработку, производство, проектирование, строительство и сервисное обслуживание систем ЖАТ.

Данные подходы реализуются комплексом технических средств и технологий НПЦ «Промэлектроника». Рассмотрим их эффективности применительно к базовой системе, объединяющей все остальные технические средства на участке дороги, – микропроцессорной централизации стрелок и сигналов МПЦ-И. Она предназначена для реконструкции действующих и строительства новых станций любого класса и со всеми видами поездной и маневровой работы. МПЦ-И обладает развитыми коммуникационными средствами и гибкой архитектурой. Это позволяет интегрировать в МПЦ-И смежные системы железнодорожной автоматики (например, переездную сигнализацию, полуавтоматическую и автоматическую блокировки, линейные пункты ДЦ, центры радиоблокиров-