

УДК 621. 313:681.3

Э.Ф. Бабуров, профессор, д-р техн. наук,

В.К. Маригодов, профессор, д-р техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕТЯХ ЭНЕРГОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Произведено имитационное моделирование работы многоканальной системы массового обслуживания (СМО), которая используется в управлении режимом распределения электроэнергии в отдельном регионе.

Ключевые слова: системы массового обслуживания, имитация функционирования, требование, длительность обслуживания, подсистема, модель, матрица передач, очередь, коэффициенты простоя.

Постановка проблемы и её связь с научно-техническими задачами. В современных системах энергоснабжения широкое применение получили СМО с различными режимами функционирования [1]. При этом особый интерес представляет имитационное моделирование разомкнутых и замкнутых многоканальных СМО. В известных моделях считается, что в систему поступает однородный поток требований (заявок на обслуживание потребителей электроэнергии). Будем считать, что число реализаций (имитационных экспериментов) задано. Под реализацией понимается процесс обработки одного требования. В результате моделирования необходимо оценить вероятность отказа в процессе обслуживания потребителей. Длительность обслуживания является случайной величиной с заданным законом распределения. Наибольший интерес представляет моделирование замкнутой многоканальной СМО, алгоритм функционирования которой необходимо повторить.

Обзор публикаций и анализ нерешенных задач. СМО, предназначенные для повышения эффективности передачи данных в различных сетях подробно рассмотрены в [2]. Работ, в которых исследуется возможность применения СМО для распределения электроэнергии между потребителями определенного региона, известно в значительно меньшей степени. К ним можно отнести, например, уже упомянутую публикацию [1], а также ряд следующих исследований [3–5]. Так, в [3] рассмотрена система с абсолютными приоритетами и прерыванием обслуживания, в [4] исследована СМО для распределения электроэнергии, в которой реализуется режим работы со смешанными приоритетами, а в [5] рассмотрена система централизованного управления распределением электроэнергии с повышенной эффективностью. К нерешенным научно-техническим задачам следует отнести разработку алгоритмов моделирования СМО в сетях энергоснабжения.

Цель исследований. Она состоит в том, чтобы рассмотреть имитационное моделирование многоканальной СМО с разработкой алгоритма её функционирования в случае использования замкнутых подсистем в такой модели.

Изложение основных результатов исследования. Пусть задана замкнутая многоканальная СМО со следующими основными параметрами: n – количество требований (заявок на потребление электроэнергии от потребителей); m – количество отдельных многоканальных СМО, входящих в систему. $P = (p_{ij})$ – матрица передачи, на основе которой требование после завершения обслуживания в i -той подсистеме СМО поступает для дальнейшей обработки в J -тую подсистему с вероятностью перехода p_{ij} . Длительность процесса обслуживания имеет экспоненциальное распределение с параметром μ_i ($i = 1, m$). Дисциплина обслуживания (правило обслуживания) выбрана в соответствии с режимом FIFO (первым требование вошло – первым вышло из системы). Структурная схема алгоритма моделирования замкнутой СМО изображена на рисунке 1.

Здесь введены следующие обозначения:

$M(i)$, $i = 1, 2, m$ – элементы массива значений абсолютных моментов наступления событий в группе процессов, причем, если $i = 1, m$, то этот элемент является моментом времени освобождения i -ой подсистемы СМО, если $i = m + 1, 2, m$, то $M(i)$ – момент времени поступления требования в подсистему с номером $(i - m)$;

T_C – момент системного времени;

$K(i)$ – количество требований, которые находятся в подсистеме СМО;

$D(i)$ – длительность обслуживания в i -ой подсистеме, формируемая по экспоненциальному закону;

$T_1(i)$ – время освобождения подсистем;

$T_2(i)$ – время ожидания обслуживающих приборов в подсистемах СМО;

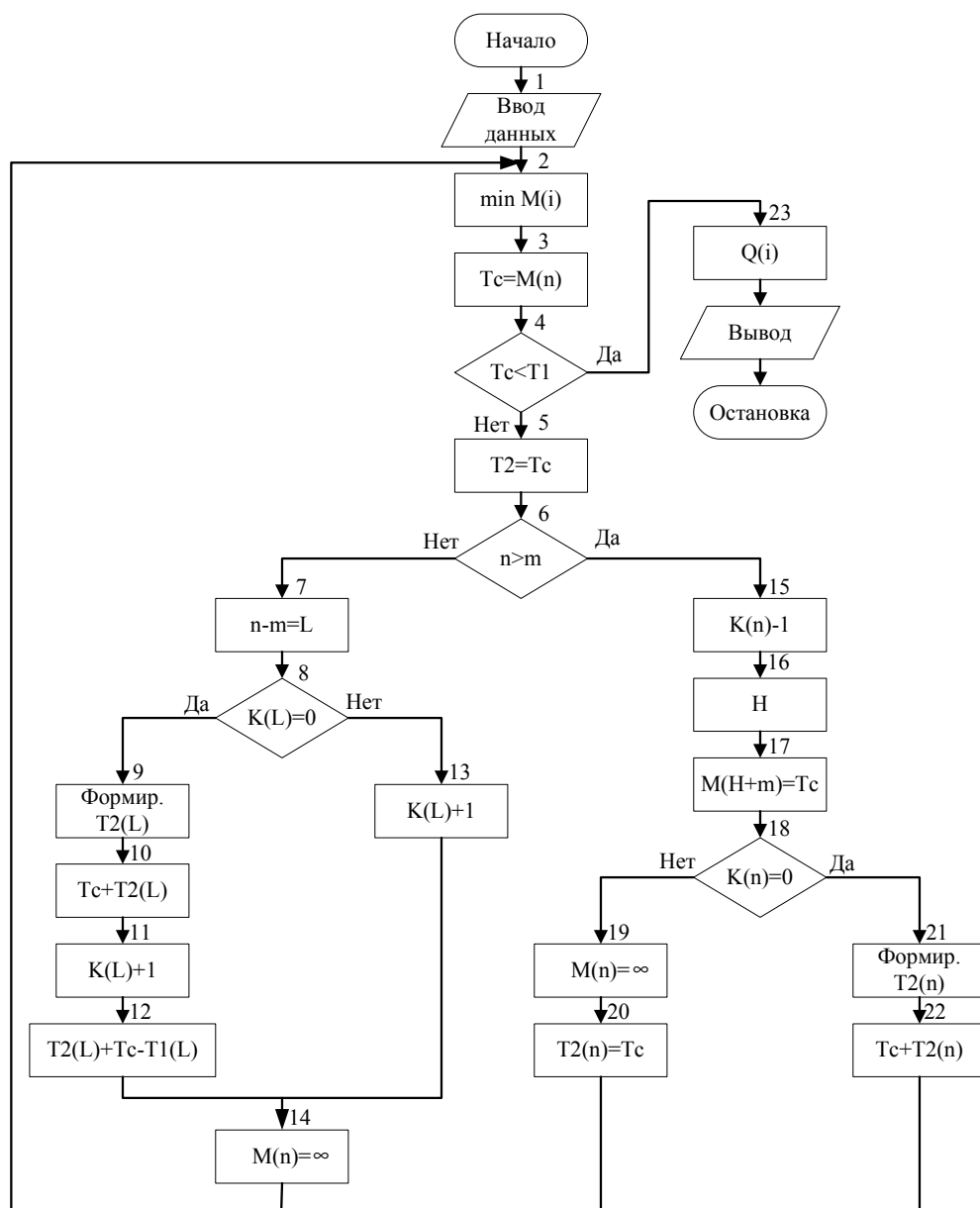


Рисунок 1 – Алгоритм моделирования СМО

$T1$ – необходимое время имитации для накопления требуемой статистики;

$T2$ – конечный момент системного времени, который не превышает $T1$;

$Q(i)$ – коэффициент простоя;

H – определение направления передачи требований.

В качестве примера можно рассмотреть замкнутую трехканальную СМО (рисунок 2).

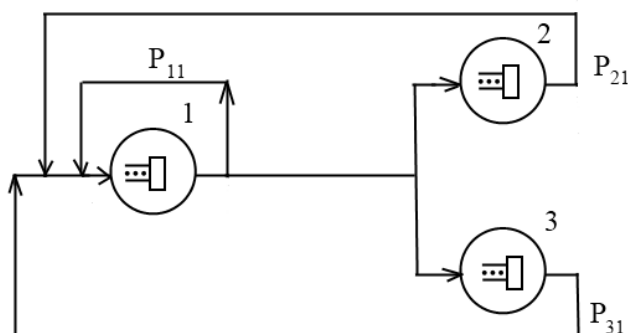


Рисунок 2 — Модель трехканальной СМО

Система (рисунок 2) работает в мультипрограммном режиме ($m = 3$). Структура сети отображает взаимодействие процессора 1 с двумя блоками внешней памяти 2,3. Все подсистемы являются одноканальными. Матрица передачи P равна

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Матрица (1) является стохастической, т.е. имеет место равенство $\sum_{j=1}^m P_{ij} = 1$.

В качестве примера примем, что

$$P = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,3 & 0,5 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Пусть длительность процесса обслуживания μ_i подчиняется экспоненциальному распределению. При этом необходимо найти вероятности простоя каждой из подсистем, т.е.

$$\begin{cases} P_1(n_1 = 0, n_2, n_3), \\ P_2(n_2 = 0, n_1, n_3), \\ P_3(n_3 = 0, n_1, n_2). \end{cases}$$

Коэффициенты загрузки подсистем определяются как

$$\begin{cases} \rho_1 = 1 - P_1, \\ \rho_2 = 1 - P_2, \\ \rho_3 = 1 - P_3. \end{cases}$$

При анализе модели (рисунок 2) целесообразно выделить две группы одновременных квазипараллельных процессов: 1) процессы завершения обслуживания требований в i -той подсистеме ($i = 1, m$); 2) процессы поступления требований в j -тую подсистему ($j = 1, m$) после завершения обслуживания в i -той подсистеме. Следует заметить, что моменты наступления событий первого процесса совпадают с моментами наступления событий второго процесса.

Представляет интерес рассмотреть динамику работы модели (рисунок 2). Оператор 1 осуществляет ввод исходных данных о параметрах СМО, а также установку их начальных значений. При этом допускается, что отсчет времени моделирования начинается с момента завершения обслуживания первого требования в подсистеме 1 (рисунок 2), т.е.

$$\begin{cases} M(1) = 0, M(i) = \infty, i = \overline{2, 2m}; \\ K(1) = n, K(i) = 0, i = \overline{2, m}; \\ T_2(i) = 0, i = \overline{1, m}. \end{cases}$$

Операторы 2, 3 (рисунок 1) определяют момент системного времени T_s и номер процесса n , в котором произошло событие в данный момент времени. Оператор 4 (рисунок 1) определяет момент времени окончания процесса моделирования и выдачи результатов оператору обработки 23, который определяет коэффициент простоя системы. Оператор 6 определяет вид события, наступившего в системе, т.е. освобождение СМО или поступление в нее требования, а также переключает работу алгоритма на соответствующий оператор реакции (левая или правая кнопки операторов на рисунке 2). В левую кнопку входят следующие алгоритмические процедуры, которые соответствуют перечисленным ниже номерам операторов:

- 7 — определяет номер подсистемы (L), в которую поступило требование;
- 8 — проверяет свободна $[K(h) = 0]$ или занята $[K(h) \neq 0]$ соответствующая подсистема;
- 9 — формирует необходимую длительность обслуживания;
- 10 — определяют абсолютный момент освобождения СМО;
- 11 — фиксирует новое количество требований в системе;
- 12 — вычисляет и накапливает статистику по суммарным простоям обслуживания СМО;
- 13 — формирует новое качество требований в системе в случае, если система занята и требование ставится в очередь;
- 14 — исключает данное требование из массива $M(n)$;

Операторы правой колонки рисунка 1 выполняют следующие алгоритмические действия:

- 15 — изменяет качество требований в системе с номером n ;
- 16 — определяет направление передачи требований, т.е. номер системы H , в которую поступит требование в соответствии с матрицей передачи P ;
- 17 — фиксирует момент поступления требования в подсистему;
- 18 — проверяет освобождение СМО от обслуживания;
- 19 — определяет момент завершения обслуживания всех требований, поступивших в систему;
- 20 — определяет момент системного времени;
- 21 — формирует время обслуживания системы в соответствии с заданным законом распределения;
- 22 — определяет новое значение абсолютного момента освобождения системы;

После выполнения своих алгоритмов операторы реакций передают процесс управления оператору 2. Оператор 23 реализует функции обработки результатов моделирования и вычисляет коэффициенты простоя соответствующих подсистем.

Алгоритм (рисунок 1) был использован при моделировании СМО в различных системах распределения электроэнергии, в которых количество потребителей составляло от 3 до 10. При этом также исследовались как замкнутые, так и разомкнутые СМО [5].

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Таким образом, предложена система имитационного моделирования замкнутой многоканальной СМО для распределения электроэнергии между потребителями. Определены основные алгоритмические процедуры для операторов СМО и соответствующих подсистем, которые вычисляют различные параметры в процессе моделирования.

Задачами перспективных исследований в данном направлении целесообразно считать, например, сравнения эффективности функционирования разомкнутых и замкнутых СМО в системах энергоснабжения и теоретико-игровой синтез адаптивных централизованных управляющих систем.

Библиографический список использованной литературы

1. Маригодов В.К. Управление распределением электроэнергии как система массового обслуживания / В.К. Маригодов, Г.А. Тихонов, Р.В. Иванников // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — 2008. — Вып. 88. — С. 113–116.
2. Бертсекас Д. Сети передачи данных: пер. с англ. под ред. Б.С. Цыбакова / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. — М.: Мир, 1989 — 544 с.
3. Маригодов В.К. Энергоснабжения как система массового обслуживания с абсолютными приоритетами и прерыванием / В.К. Маригодов, Г.А. Тихонов // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — 2009. — Вып. 97. — С. 62–65.
4. Маригодов В.К. Распределения электроэнергии как система массового обслуживания со смешанными приоритетами / В.К. Маригодов // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — 2009. — Вып. 97. — С. 66–68.
5. Маригодов В.К. Повышение эффективности ЦУС в системах энергосбережения / В.К. Маригодов, Г.А. Тихонов // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — 2010. — Вып. 106. — С. 124–127.

Поступила в редакцию 15.05.2012 г.

Бабуров Е.Ф., Маригодов В.К. Моделивання багатоканальної системи масового обслуговування в мережах енергорозподілу

Здійснено імітаційне моделювання роботи багатоканальної системи масового обслуговування (СМО), що використовується в керуванні режимом розподілу електроенергії в окремому регіоні.

Ключові слова: система масового обслуговування, імітація функціонування, вимогання, тривалість обслуговування, підсистем. модель, матриця передач, черга, коефіцієнт простою.

Baburov E.F., Marigodov V.K. The Multichannel System Mass Service in Electrical Energy Networks Modeling

The article describes the simulation modeling of the work system mass service (SMS) with use in controlling of regime distribution electrical energy in a separate region.

Keywords: system mass service, imitation of work, inquiry, duration of service, subsystem, model, transfer matrix, turn, coefficient of downtime.