

УДК 621.313:681.3

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***РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СО СМЕШАННЫМИ ПРИОРИТЕТАМИ**

Рассматривается система энергоснабжения региона при ее моделировании системой массового обслуживания (СМО) со смешанными приоритетами (относительными, абсолютными и при их отсутствии). Определены основные параметры СМО для трех классов приоритетов.

Представляет интерес рассмотреть процесс управления энергоснабжением в отдельном регионе с позиций СМО. Такая задача ранее была решена для системы с относительными приоритетами без прерывания [1].

Для уменьшения времени обслуживания высокоприоритетных требований (заявок от потребителей) применяют СМО с абсолютными приоритетами и прерыванием обслуживания [2].

В некоторых системах энергоснабжения необходимо выполнить жесткие ограничения на время ожидания отдельных требований, что обуславливает для них целесообразность введения режима работы с абсолютными приоритетами и прерыванием. Однако при этом среднее время ожидания у низкоприоритетных требований может оказаться недопустимо большим. Для выполнения указанного ограничения, можно наряду с абсолютными приоритетами некоторым требованиям присваивать относительные приоритеты. При этом остальные требования обслуживаются без приоритетов. Такой режим работы СМО (или дисциплина обслуживания) называется *смешанным*.

Целью статьи является определение основных параметров работы цифровой управляющей системы (ЦУС), которая обеспечивает режим со смешанными приоритетами. При этом целесообразно провести сравнительный анализ всех трех классов функционирования системы.

Схема энергоснабжения региона изображена на рисунке 1. Она работает следующим образом. Требования (заявки на потребление электроэнергии) поступают от потребителей через магистральную шину в ЦУС и к поставщику электроэнергии ПЭ. ЦУС связана с блоком программ БП, процессором П и устройством управления УУ. Процессор в соответствии с заданной программой управляет устройством выбора режима УВР, которое определяет нужный класс приоритетности (с относительными, абсолютными приоритетами или без приоритетов). В режиме с абсолютными приоритетами УВР также обеспечивает заданный программой режим прерывания обслуживания при работе с абсолютными приоритетами. В некоторых случаях УВР при работе с абсолютными приоритетами может для требования наивысшего приоритета обеспечивать «нулевой» режим, т.е. мгновенное подключение требования без дообслуживания. Коммутатор КОМ, управляемый процессором через УВР, подключает поставщика электроэнергии к соответствующим потребителям $1, 2, \dots, m$.

Определим основные параметры СМО для рассматриваемых трех классов приоритетов, которые в совокупности обуславливают работу системы со смешанными приоритетами. В качестве параметра, характеризующего эффективность работы СМО, целесообразно выбрать среднее время ожидания требований различных приоритетов W_k для каждого из классов [1, 2].

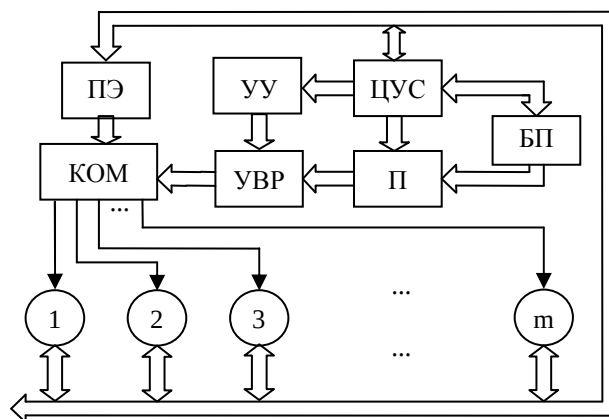


Рисунок 1 – Схема энергоснабжения региона:

ПЭ – поставщик электроэнергии; УУ – устройство управления; ЦУС – цифровая управляющая система; КОМ – коммутатор; УВР – устройство выбора режима; П – процессор; БП – блок программ; 1, 2, ..., m – потребители электроэнергии

Для режима работы СМО с абсолютными приоритетами и прерыванием обслуживания можно записать [2]:

$$W_k = \frac{R_{k-1}T_k}{1-R_{k-1}} + \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{(1-R_{k-1})(1-R_k)}. \quad (1)$$

Здесь $R_{k-1} = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{k-1}$ – суммарный коэффициент нагрузки СМО потоками требований с приоритетами не ниже, чем $k-1$, где k – номер приоритета; R_k – то же для приоритетов не ниже, чем k ; ρ_i – коэффициент нагрузки для соответствующих более высоких приоритетов $i = \overline{1, k}$; $\lambda_i = \rho_i \mu_i$ – интенсивность поступления в СМО i -го требования; μ_i – скорость обслуживания требований в системе; T_k – время обслуживания требования k -го приоритета.

Здесь рассматривается СМО типа $M/M/m$ [1], поэтому все расчетные параметры справедливы лишь для этого типа системы. Для такой СМО можно определить T_k следующим образом:

$$T_k = \frac{1}{\mu_k} + W_k. \quad (2)$$

Для требований в системе с относительными приоритетами и режиме без приоритетов справедливо следующее [2]

$$W_k = W_k^0 + W_k^{\Pi}, \quad (3)$$

где W_k^0 – среднее время ожидания без учета прерываний со стороны требований, имеющих абсолютный приоритет; W_k^{Π} – среднее время ожидания, вызванное прерыванием требований с абсолютным приоритетом.

Можно также как и при получении формулы (1), показать, что

$$W_k^{\Pi} = R_{n1}T_k / (1 - R_{n1}), \quad (4)$$

где T_k – среднее время обслуживания требования $k = \overline{n1+1, n}$; $R_{n1} = \rho_1 + \dots + \rho_{n1}$ – коэффициент нагрузки для требований, имеющих абсолютный приоритет.

Среднее время ожидания требований с относительным приоритетом находится как [1]

$$W_k^0 = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{(1-R_{k-1})(1-R_k)}. \quad (5)$$

Для бесприоритетного обслуживания аналогичный параметр определяется выражением

$$W_k^0 = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{(1-R_{n1+n2})(1-R)}, \quad (6)$$

где $R_{n1+n2} = \sum_{i=1}^{n1+n2} \rho_i$; $R = \sum_{i=1}^n \rho_i$.

С учетом (1) – (6) для трех классов приоритетов окончательно получаем:

$$W_k = \begin{cases} \frac{R_{k-1}T_k}{1-R_{k-1}} + \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{(1-R_{k-1})(1-R_k)}, & k = \overline{1, n1}; \\ \frac{R_{n1}T_k}{1-R_{n1}} + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{(1-R_{k-1})(1-R_k)}, & k = \overline{n1+1, n1+n2}; \\ \frac{R_{n1}T_k}{1-R_{n1}} + \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{(1-R_{n1+n2})(1-R)}, & k = \overline{n1+n2+1, n}. \end{cases} \quad (7)$$

Для получения (7) согласно [1], использовалось представление второго начального момента длительности обслуживания i -го требования через коэффициент вариации и СКО длительности обслуживания [3].

Если для всех трех классов приоритетов принять $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_k = 1$ бит/с, $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = 100$ бит/с, а также считать, что система обслуживает 100 потребителей электроэнергии ($m = 100$), то для $n = 10$ с помощью (7) можно построить зависимость $W_k = F(k)$ (рисунок 2).

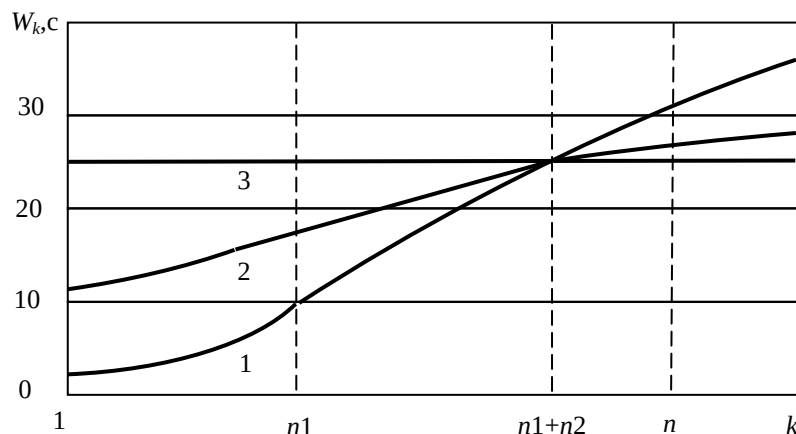


Рисунок 2 – Графики зависимости $W_k = F(k)$: $n_1 = 4$; $n_2 = 4$; $n = 10$; кривая 1 – для абсолютных приоритетов; кривая 2 – для относительных; прямая 3 – бесприоритетный режим (FIFO)

Следует также заметить, что для бесприоритетного обслуживания реализуется режим FIFO (первым зашел, первым вышел), для которого справедлив закон сохранения времени ожидания требований [2].

Выводы

1. Рассмотрена в качестве модели системы энергоснабжения СМО со смешанными приоритетами. Приведены соотношения, позволяющие рассчитать среднее время ожидания требований для всех трех классов приоритетов (абсолютные, относительные и бесприоритетный режим).
2. В качестве примера для конкретных значений параметров построены графики зависимости среднего времени ожидания от номера приоритета для всех рассматриваемых классов.
3. Из графиков следует, что СМО с абсолютными приоритетами обладает существенным преимуществом по сравнению с системой, в которой реализуется режим с относительными приоритетами (для выбранных данных – до восьми приоритетов).
4. Начиная с восьмого приоритета ($k = 8$), преимущество в экономии среднего времени ожидания требований имеет бесприоритетный режим работы СМО.

Задачей дальнейших исследований в данном направлении следует считать рассмотрение ЦУС с неограниченным временем пребывания требований, а также с относительными ограничениями на время пребывания требований в очереди.

Библиографический список

1. Маригодов В.К. Управление распределением электроэнергии как системы массового обслуживания / В.К. Маригодов, Р.В. Иванников, Г.А. Тихонов // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — Севастополь, 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. Прохоров Ю.В. Теория вероятностей (Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы) / Ю.В. Прохоров, Ю.А. Розанов. — М.: Наука, 1973. — 494 с.

Поступила в редакцию 29.09.2008 г.