

УДК 621.313:681.3

В.К. Маригодов, профессор, д-р техн. наук,**Г.А. Тихонов, доцент, канд. техн. наук***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ КАК СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С АБСОЛЮТНЫМИ ПРИОРИТЕТАМИ И ПРЕРЫВАНИЕМ**

Рассматривается использование цифровой управляющей системы с абсолютными приоритетами и прерыванием обслуживания для распределения электроэнергии между потребителями одного региона. Определены основные параметры системы и проведено сравнение с системой, в которой применяются относительные приоритеты.

Представляет интерес рассмотреть процесс управления распределением электроэнергии в отдельном регионе с позиций системы массового обслуживания (СМО). Такая задача была решена для системы с относительными приоритетами без прерывания обслуживания [1]. Известно, что СМО с абсолютными приоритетами и прерыванием обслуживания может иметь большую эффективность, которая выражается в сокращении времени обслуживания высокоприоритетных требований (заявок на потребление электроэнергии) [2].

Целью статьи является определение основных параметров работы цифровой управляющей системы (ЦУС), которая обеспечивает режим с абсолютными приоритетами и прерыванием. Представляется также целесообразным провести сравнение основных показателей такой системы с ЦУС, в которой используются относительные приоритеты без прерывания обслуживания.

Схема энергоснабжения региона изображена на рисунке 1. Поставщик электроэнергии связан с коммутатором, который транспортирует электроэнергию в соответствии с *требованиями* (заявками) потребителей. Устройство прерывания является частью процессора, который управляется ЦУС с помощью блока программ. Фактически процессор может выполнять только одну определенную программу. Таким образом, ЦУС управляет работой поставщика электроэнергии, блока программ, процессора, прерывателя и коммутатора. Требования от потребителей поступают к ЦУС и поставщику электроэнергии через общую магистральную шину.

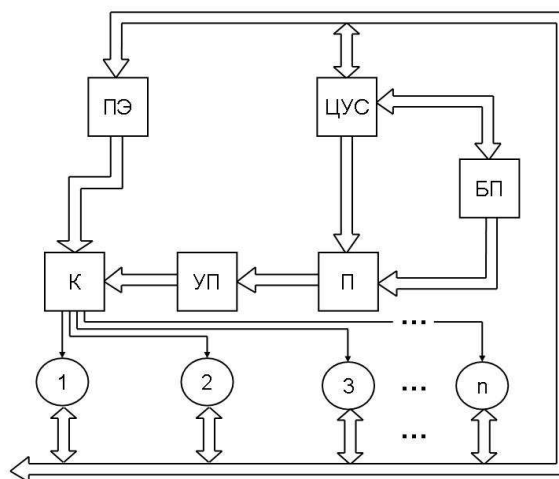


Рисунок 1 – Схема энергоснабжения региона: ПЭ – поставщик электроэнергии; ЦУС – цифровая управляющая система; БП – блок программ; К – коммутатор; УП – устройство прерывания; П – процессор; 1, 2, ..., n – потребители

Схема организации обработки требований в ЦУС, работающей в режиме с абсолютными приоритетами и с прерыванием обслуживания, показана на рисунке 2. В таком режиме высокоприоритетное требование (заявка потребителя электроэнергии) прерывает обслуживание требования с низким приоритетом. Обслуживание прерванных требований можно проводить в следующих режимах: 1) *от начала обслуживания* каждого требования; 2) *от момента прерывания*, т.е. в режиме дообслуживания. Наиболее перспективным в большинстве практических ситуаций является второй режим функционирования СМО.

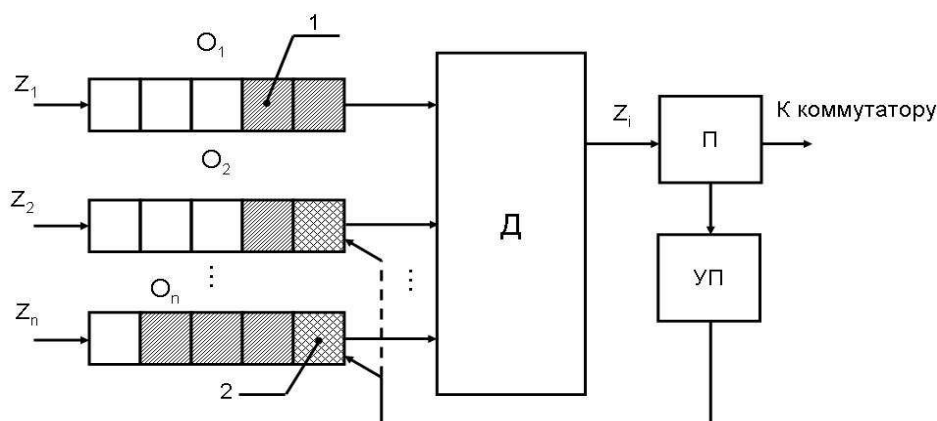


Рисунок 2 – Организация обработки требований: Z_1, Z_n – требования различных приоритетов; O_1, O_n – очереди на обслуживание; Д – диспетчер; П – процессор; УП – устройство прерывания; 1 – требование, ожидающее обслуживания; 2 – прерванное требование

Определим основные параметры СМО. Среднее время ожидания требований k -го приоритета W_k определяется как

$$W_k = W_{kH} + W_{kП}, \quad (1)$$

где W_{kH} – среднее время ожидания требований k -го приоритета; $W_{kП}$ – среднее время ожидания в прерванном состоянии, обусловленном прерыванием данного требования требованиями более высокого приоритета.

Первое слагаемое в (1) можно рассматривать как время ожидания требования самого низкого приоритета в СМО, в которую поступает k потоков требований с относительными приоритетами [1], т.е.

$$W_{kH} = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i \cdot \overline{X_i^2}}{2(1 - R_{k-1})(1 - R_k)}, \quad (2)$$

где $\lambda_i = \rho_i \cdot \mu_i$ – интенсивность поступления в СМО i -го требования; ρ_i – коэффициент нагрузки для соответствующих более высоких приоритетов $i = \overline{1, k}$; μ_i – скорость обслуживания требований $i = \overline{1, k}$; второй начальный момент распределения времени обслуживания требований $i = \overline{1, k}$; $R_{k-1} = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{k-1}$ – суммарный (результатирующий) коэффициент нагрузки СМО потоками требований с приоритетами не ниже $k-1$; R_k – то же для приоритетов не ниже k .

Следует отметить, что (2) не учитывает прерываний со стороны требований более высокого приоритета $1, \dots, k-1$.

За время обслуживания T_k требования k -го приоритета в СМО поступает в среднем

$$r_i^{(1)} = \lambda_i \cdot T_k \quad (3)$$

требований типа i , имеющих более высокий приоритет ($i = \overline{1, k-1}$), которые будут обслуживаться ранее рассматриваемого требования в течение среднего времени, равного

$$\tau_i^{(1)} = T_i \cdot r_i^{(1)} = \rho_i \cdot T_k. \quad (4)$$

В (3), (4) цифры в скобках в верхних индексах указывают порядковый шаг работы СМО.

Среднее время обслуживания всех требований с более высоким приоритетом, чем k , запишется в виде:

$$T^{(1)} = \sum_{i=1}^{k-1} \tau_i^{(1)} = \sum_{i=1}^{k-1} \rho_i T_k = R_{k-1} \cdot T_k. \quad (5)$$

За это время в ЦУС поступит еще $r_i^{(2)}$ требований с более высоким приоритетом i ($i = \overline{1, k-1}$), чем k , т.е.

$$r_i^{(2)} = \lambda_i \cdot T^{(1)} = \lambda_i \cdot R_{k-1} \cdot T_k, \quad (6)$$

которые обслуживаются в СМО за время

$$\tau_i^{(2)} = T_i \cdot r_i^{(2)} = \rho_i R_{k-1} T_k, \quad (7)$$

и среднее время обслуживания всех типов с более высоким приоритетом, чем k , определяется как

$$T^{(2)} = \sum_{i=1}^{k-1} \tau_i^{(2)} = \sum_{i=1}^{k-1} \rho_i \cdot R_{k-1} \cdot T_k = R_{k-1}^2 \cdot T_k.$$

Далее этот процесс продолжается и для j -го шага работы системы можно записать:

$$T^{(j)} = R_{k-1}^{(j)} \cdot T_k, \quad (j = 1, 2, \dots). \quad (8)$$

Таким образом, с учетом (5) – (8) среднее время обслуживания всех требований с приоритетом выше, чем k , поступивших в СМО за время обслуживания требования k -го приоритета, равно:

$$T = \sum_{j=1}^{\infty} T^{(j)} = \sum_{j=1}^{\infty} R_{k-1}^{(j)} \cdot T_k = R_{k-1} \cdot T_k / (1 - R_{k-1}). \quad (9)$$

Среднее время ожидания требования k -го приоритета в прерванном состоянии определится как

$$W_{kII} = T = R_{k-1} \cdot T_k / (1 - R_{k-1}). \quad (10)$$

Если подставить (2) и (10) в (1), то получим

$$W_k = \frac{R_{k-1} \cdot T_k}{1 - R_{k-1}} + \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i \cdot \overline{X_i^2}}{2 \cdot (1 - R_{k-1}) \cdot (1 - R_k)}, \quad (11)$$

$$k = \overline{1, n}.$$

Среднее время пребывания в СМО требований k -го приоритета в режиме с прерыванием и дообслуживанием находится из выражения [2]

$$T_k = \frac{(1/\mu_k) \cdot (1 - \rho_1 - \rho_2 - \dots - \rho_k) + R_k}{(1 - \rho_1 - \rho_2 - \dots - \rho_{k-1}) \cdot (1 - \rho_1 - \rho_2 - \dots - \rho_k)}, \quad (12)$$

где $R_k = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \lambda_i \cdot \overline{X_i^2}$.

Второй начальный момент $\overline{X_i^2}$ можно выразить через коэффициенты вариации v_i как

$$v_i = \sigma_i / X_i, \quad (13)$$

где σ_i – СКО длительности обслуживания; X_i – математическое ожидание длительности обслуживания i -го требования.

С учетом (13) можно написать, что

$$\overline{X_i^2} = X_i^2 + \sigma_i^2 = X_i^2 \cdot (1 + v_i^2). \quad (14)$$

Если принять $X_i = 1$, $v_i = 1$, то получим, что $\overline{X_i^2} = 2$ [1]. Тогда (11) примет вид:

$$W_k = \frac{R_{k-1} \cdot T_k}{1 - R_{k-1}} + \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{(1 - R_{k-1}) \cdot (1 - R_k)}. \quad (15)$$

Представляет интерес провести сравнение эффективности СМО с абсолютными и относительными приоритетами. Для последней системы среднее время ожидания требования k -го приоритета определяется как [1]

$$W_k^1 = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{(1 - R_{k-1}) \cdot (1 - R_k)}, \quad k = \overline{1, n}. \quad (16)$$

Приведем пример расчета W_k и W_k^1 на основе (15), (16). Пусть СМО обслуживает 100 потребителей электроэнергии, т.е. $n = 100$. Предположим также, что абсолютный и относительный приоритеты получили только первые 10 потребителей ($k = 10$). Примем $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_k = 1$ бит/с,

$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n = 100 \text{ бум/с}$. Для выбранных 10 приоритетов должен обеспечиваться стационарный режим, при котором $\rho_\Sigma < 1$, где $\rho_\Sigma = \lambda_1/\mu_1 + \lambda_2/2\mu_2 + \dots + \lambda_k/k\mu_k$. При этом получаем, что $\rho_\Sigma = 0,315$; $R_{k-1} = 0,3$; $R_k = 0,315$.

Подставляя в (12) полученные значения найденных параметров, получаем $T_k = 0,672 \text{ с}$.

Результаты расчетов W_k и W_k^1 сведены в таблицу 1. Заметим, что в ЦУС может быть программно реализован такой режим работы, при котором первоприоритетное требование обслуживается мгновенно, т.е. время ожидания такого требования $W_k \approx 0$.

Таблица 1 – Основные расчетные параметры СМО

Номер приоритета	$W_k, \text{ с}$	$W_k^1, \text{ с}$
1	10,77	101
2	18,8	106,4
3	35,2	117,3
4	50,0	125,0
5	65,86	131,6
6	80,52	137,17
7	100,12	142,2
8	117,6	143,0
9	136,54	151,5
10	158,93	155,52

Выводы

1. Рассмотрена возможность использования цифровой управляющей системы для приоритетного обслуживания электроэнергией ряда потребителей. Для этой цели применяется СМО, работающая с абсолютными приоритетами и прерыванием.

2. Приведен пример расчета основных параметров СМО для выбранных 10 приоритетов.

3. Проведено сравнение параметров рассматриваемой системы и СМО с относительными приоритетами без прерывания. При этом показано, что для первых семи приоритетов систем СМО с абсолютными приоритетами и прерыванием обладает существенным преимуществом в экономии среднего времени ожидания требований по сравнению со СМО, где реализуется режим работы с относительными приоритетами (таблица 1). Как следует из таблицы 1, только для десятого приоритета рассматриваемая система имеет незначительный проигрыш по сравнению со СМО, в которой используются относительные приоритеты.

Задачей дальнейших исследований в данном направлении можно считать рассмотрение СМО, которая функционирует в режиме со смешанными приоритетами (абсолютными, относительными и без приоритетов).

Библиографический список

1. Маригодов В.К. Управление распределением электроэнергии как системы массового обслуживания / В.К. Маригодов, Р.В. Иванников, Г.А. Тихонов // Вестн. 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.

Поступила в редакцию 23.06.2008 г.