

УДК 621.313:068.3

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

Р.В. Иванников, аспирант,

Г.А. Тихонов, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

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

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Рассматривается возможность применения цифровой управляющей системы с относительными приоритетами для распределения электроэнергии между рядом потребителей одного региона. Определены основные параметры функционирования системы.

В практических ситуациях энергоснабжения региона от одного поставщика электроэнергии возникают задачи приоритетного подключения потребителей на определенное время. Такие задачи целесообразно решать на основе систем массового обслуживания (СМО) [1]. Особый интерес для данных целей представляет СМО, в которой обработка требований производится цифровой управляющей системой (ЦУС), работающей в режиме с относительными приоритетами без прерывания обслуживания. Подобные системы находят широкое применение для управления технологическими процессами в различных отраслях, но в электроэнергетике, по мнению авторов статьи, еще не исследованы. Последнее представляет несомненный интерес.

Целью статьи является определение основных параметров работы ЦУС, выполняющей режим заданного приоритетного распределения электроэнергии между потребителями.

Функциональная схема энергоснабжения региона изображена на рисунке 1. Система, моделирующая работу ЦУС, основана на использовании СМО типа $M/M/m$, которая функционирует в режиме с относительными приоритетами без прерывания обслуживания.

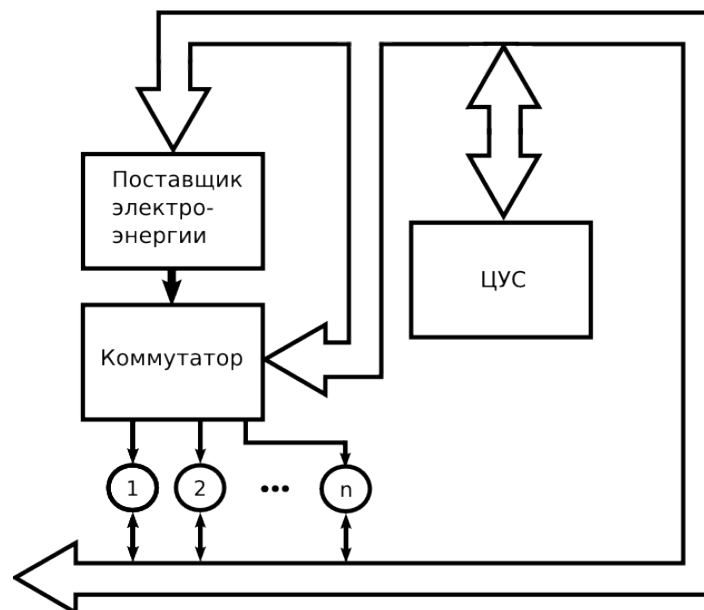


Рисунок 1 – Схема энергоснабжения региона

На рисунке 1 в кружках изображены потребители электроэнергии. ЦУС связывает потребителей с поставщиком и коммутатором. Последний предназначен для транспортировки электроэнергии в соответствии с запросами (заявками) потребителей. В СМО такие запросы обычно называются *требованиями*. Приоритеты требований характеризуются целыми положительными числами $\overline{1, k}$, причем более высокому приоритету соответствует меньшее число. Если приоритеты учитываются только в момент выбора требования на энергоснабжение, то они называются *относительными*. При использовании относительных приоритетов обработка требований потребителей организуется по схеме (рисунок 2), характеризующей режим работы ЦУС. Требования $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ от потребителей поступают на вход блока, называемого диспетчером Д1, который формирует очереди $O_1, O_2, \dots, O_n$. Требованиям

присваиваются заданные поставщиком относительные приоритеты. В очереди требования упорядочены по времени поступления и по приоритету.

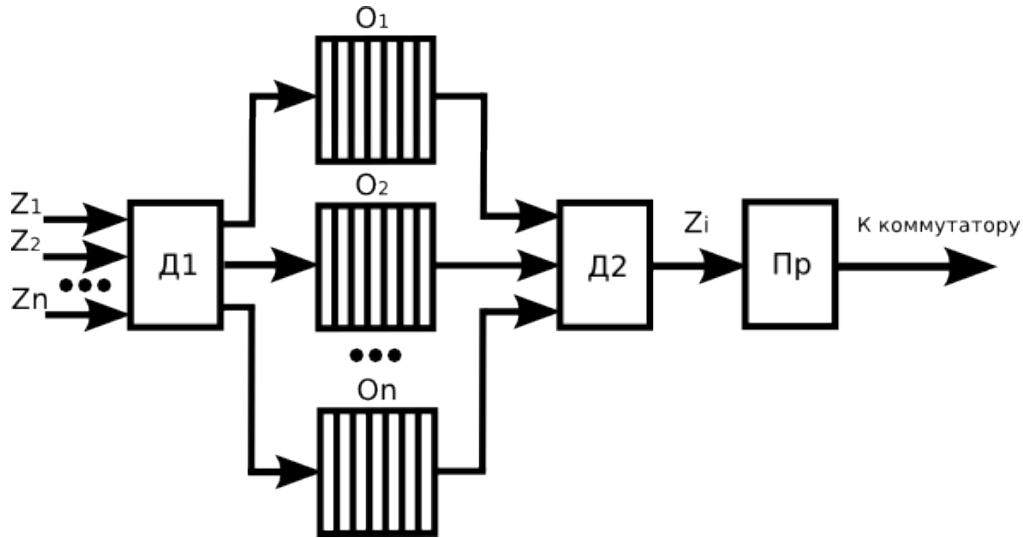


Рисунок 2 – Схема обработки требований в ЦУС

В том случае, когда процессор (Пр) заканчивает ранее начатое обслуживание по энергоснабжению, управление передается программе, формируемой диспетчером Д2. Последний выбирает на обслуживание требование с наивысшим приоритетом, например Z_i , если очереди $O_1, O_2, \dots, O_{i-1}$ не содержат требований. Выбранное требование «захватывает» процессор Пр на все время обслуживания.

Рассмотрим момент поступления требования k -го приоритета. Время ожидания этого требования можно определить как

$$W_k = T_o + \sum_{j=1}^k T_j + \sum_{j=1}^{k-1} T'_j, \quad (1)$$

где T_o – время дообслуживания процессором требования; второе слагаемое в (1) – длительность обслуживания всех поступивших требований данного и более высоких приоритетов; третье слагаемое – длительность обслуживания требований с более высоким приоритетом, которые дополнительно поступили в СМО.

Если учесть математические ожидания времен в (1), то можно получить следующее выражение:

$$W_k = \frac{\overline{M}[T_o] + \sum_{j=1}^k \rho_j W_j}{1 - R_{k-1}}. \quad (2)$$

Здесь ρ_i – коэффициент нагрузки или коэффициент использования системы потоками требований с приоритетами не ниже i ; W_j – время ожидания j -го приоритета; R_{k-1} – суммарный коэффициент нагрузки системы потоками требований с приоритетами не ниже $k-1$; $\overline{M}$ – символ математического ожидания.

Суммарный (резльтирующий) коэффициент нагрузки СМО определяется как

$$R_{k-1} = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{k-1}, \quad (3)$$

где ρ_i – коэффициенты нагрузки для соответствующих более высоких приоритетов $i = 1, 2, 3, \dots$

С учетом (3), а также, полагая, что система работает в режиме FIFO и имеет место закон сохранения времени ожидания требования, т.е.

$$RW = \frac{\overline{M}[T_o] \varphi R}{1 - R} = const, \quad (4)$$

получаем следующее:

$$\sum_{j=1}^k \rho_j W_j = \frac{\overline{M}[T_o] R_k}{1 - R_k}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (2), находим:

$$W_k = \frac{\overline{M}[T_o]}{(1 - R_k)(1 - R_{k-1})}. \quad (6)$$

Числитель (6) можно представить в виде [2]

$$\overline{M}[T_o] = 0,5 \mathbf{e}^{\sum_{i=1}^n \lambda_i \overline{X_i^2}},$$

где $\lambda_i = \rho_i \mu_i$ – интенсивность поступления в СМО i -го требования; μ_i – скорость обслуживания (величина, обратная среднему времени обслуживания); $\overline{X_i^2}$ – второй начальный момент длительности обслуживания i -го требования.

С учетом (2) – (6) получаем следующую формулу для расчета времени ожидания требования k -го приоритета

$$W_k = \frac{R_e}{2(1 - \rho_1 - \dots - \rho_{k-1})(1 - \rho_1 - \dots - \rho_k)}, \quad (7)$$

$$R_e = \mathbf{e}^{\sum_{i=1}^n \lambda_i \overline{X_i^2}}. \quad (8)$$

Рассмотрим пример расчета W_k с помощью (7). Пусть СМО обслуживает 10 потребителей электроэнергии, т.е. $n=10$. Предположим также, что право на относительный приоритет имеют пять потребителей ($k=5$). Выразим $\overline{X_i^2}$ через коэффициент вариации v_i , который равен [3]

$$v_i = \frac{\sigma_i}{X_i}, \quad (9)$$

где σ_i – среднее квадратичное отклонение длительности обслуживания; X_i – математическое ожидание длительности обслуживания i -го требования.

Учитывая (9), получаем

$$\overline{X_i^2} = \overline{M_i^2} (1 + v_i^2) = X_i^2 (1 + v_i^2). \quad (10)$$

Если для расчета принять в (10) $X_i = 1$ и $v_i = 1$, то получим, что $\overline{X_i^2} = 2$. При этом из (8) находим $R_e = 2 \mathbf{e}^{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$.

Примем, что $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = 10$ бит/с, а также, что $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n = 100$ бит/с. Последнее обеспечивает стационарный режим работы СМО, при котором $\rho_e < 1$. При этом получаем следующее:

$$\rho_1 = \lambda_1 / \mu_1, \rho_2 = \lambda_2 / 2\mu_2, \dots, \rho_n = \lambda_n / n\mu_n.$$

Для выбранных пяти приоритетов находим, что $\rho_e = 0,198 < 1$.

Представляет также интерес определить среднее время пребывания в системе требования k -го приоритета, которое находится как [1]

$$T_k = \frac{1}{\mu_k} + W_k. \quad (11)$$

результаты расчета основных параметров СМО на основе использования (7) – (11) для пяти приоритетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Основные расчетные параметры СМО

Номер приоритета	Коэффициент нагрузки ρ_i	Среднее время ожидания в очереди W_i , с	Среднее время пребывания в СМО требований k -го приоритета T_k , с
1	0,100	0,220	0,230
2	0,050	0,259	0,269
3	0,033	0,285	0,295
4	0,025	0,303	0,313
5	0,020	0,320	0,330

Выводы

1. Предложена цифровая управляющая система для управления процессом распределения электроэнергии между потребителями, работающая в режиме СМО с относительными приоритетами без прерывания обслуживания.

2. Рассмотрена схема обработки требований на энергоснабжение с двумя блоками диспетчирования и процессором в составе ЦУС.

3. Приведен пример расчета основных параметров СМО для выбранных пяти приоритетов, из которого следует, что средние времена ожидания и пребывания требований возрастают с уменьшением ранга приоритета.

Задачами дальнейших исследований следует считать рассмотрение СМО с абсолютными приоритетами, а также с приоритетами, с прерыванием и дообслуживанием.

Библиографический список

1. Бертсекас Д. Сети передачи данных: пер. с англ.; Под ред. Б.С. Цыбакова /Д. Бертсекас, Р. Галлагер. — М.: Мир, 1989. — 544 с.

2. Ивченко Г.И. Математическая статистика: учеб. пособие для втузов / Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. — М.: Высш. шк., 1984. — 248 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 12.12.2007 г.