

УПРАВЛЕНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРИОРИТЕТНЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Матвеев Ю.В.

Ключевые слова: электроснабжение, распределение, электроэнергия, потребители.

Аннотация. В ряде случаев при питании потребителей от автономной системой электроснабжения возникает задача приоритетного их подключения к источникам электроэнергии. Такие задачи могут решаться на основе системы массового обслуживания, работающей в режиме с приоритетами без прерывания. С этой целью рассматривается возможность применения цифровой управляющей системы с оценкой основных параметров функционирования системы.

MANAGEMENT OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM WITH PRIORITY CONNECTION OF CONSUMERS

Matveev Yu. V.

Keywords: power supply, distribution, electricity, consumers.

Abstract. In some cases, when consumers are powered by an autonomous power supply system, the problem arises of their priority connection to electric power sources. Such tasks can be solved on the basis of a queuing system operating in priority mode without interruption. To this end, the possibility of using a digital control system with an assessment of the main parameters of the system's functioning is being considered.

В отдельных и удаленных регионах страны, находящихся в условиях отсутствия централизованного электроснабжения может возникнуть потребность использовать автономные системы электроснабжения, включающие: дизель-генераторы, ветроэлектрические и солнечные фотоэлектрические станции. Вместе с тем, воздействие различных факторов, приводящих к снижению вырабатываемой электроэнергии, может привести к отключению объектов, от которых может зависеть жизнь и безопасность людей. В таких условиях для реализации оптимального управления системой электроснабжения представляется целесообразным применить цифровую систему управления, которая может моделироваться системой массового обслуживания (СМО) типа $M/M/n$, работающей в режиме с относительными приоритетами без прерывания обслуживания. Для определения характеристик такой системы воспользуемся алгоритмом анализа Марковских цепей. При таком обозначении, согласно теории СМО, первый символ означает, что процесс поступления требований (заявок) на обслуживание является пуассоновским потоком, при котором интервалы времени между поступлениями требований распределены экспоненциально. Второй символ в таком обозначении указывает на экспоненциальное распределение длительности обслуживания, а третий – количество обслуживающих приборов.

СМО состоит из объектов, нуждающихся в обслуживании, включающих потребителей электрической энергии и автономной системы электроснабжения. Согласно теории СМО в данном случае потребители

формируют запросы (или заявки) поставщику электрической энергии, которые называются *требованиями*, причем более высокому приоритету соответствует меньшее число. Приоритеты называются относительными в случае, когда приоритеты учитываются только в момент выбора *требования*. Как следствие — требованиям присваиваются заданные относительные приоритеты. Все требования от потребителей энергии, упорядоченные по времени поступления и по приоритету находятся в так называемых “очередях”. При этом количество заявок, которое одновременно допустимо с помощью одной системы электроснабжения определяет каналность обслуживания. На рисунке 1 изображена схема автономной системы электроснабжения с приоритетным подключением потребителей.



Рис. 1. Схема автономной системы электроснабжения с приоритетным подключением потребителей

Схема работает следующим образом. На цифровую систему управления (ЦСУ) поступают данные о мощности, вырабатываемой электроэнергией, а также данные с главного распределительного щита о состоянии подключенных потребителей. Получая эти данные, ЦСУ управляет работой главного распределительного щита (ГРЩ), который с помощью коммутаторов, управляет подключением потребителей к системе электроснабжения по принципу приоритетности. При этом самый высокий ранговый приоритет соответствует наибольшей значимости подключаемого потребителя среди остальных потребителей. *Приоритеты требований* характеризуются целыми положительными числами $\bar{1}, \bar{k}$, причем более высокому приоритету соответствует меньшее число. Информационные данные с блоков ЦСУ по существу являются в соответствии с терминологией теории СМО *требованиями* или заявками на обслуживание. Представляет интерес произвести оценку основных параметров работы ЦСУ, работающей в качестве СМО. Для этого рассмотрим момент поступления требования k -го приоритета в ЦСУ и определим время ожидания этого требования [1]

$$W_k = \frac{R_\Sigma}{2(1-\rho_1 - \dots - \rho_{k-1})(1-\rho_1 - \dots - \rho_k)},$$

где $R_\Sigma = \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{X}_i^2$ — суммарный (результатирующий) коэффициент нагрузки СМО; ρ_i — коэффициенты нагрузки (или коэффициенты использования) для соответствующих более высоких приоритетов $i = 1, 2, 3, \dots$; $\lambda_i = \rho_i \mu_i$ — интенсивность поступления в СМО i -го требования (величина, обратная среднему интервалу времени между моментами поступления); μ_i — скорость обслуживания (величина, обратная среднему времени обслуживания); X_i — математическое ожидание длительности обслуживания i -го требования (среднее время обслуживания); \bar{X}_i^2 — второй начальный момент времени обслуживания i -го требования.

Для определения результирующего коэффициента нагрузки следует задаться значением коэффициента вариации и определить значение \bar{X}_i^2

$$\bar{X}_i^2 = X_i^2(1 + v_i^2),$$

где $v_i = \frac{\sigma_i}{X_i}$ — коэффициент вариации; σ_i — среднеквадратичное отклонение длительности обслуживания.

Еще одним важным параметром является среднее время пребывания в системе требований k -го приоритета, которое можно найти из выражения [8]

$$T_k = \frac{1}{\mu_k} + W_k.$$

Рассмотрим пример расчета основных параметров работы ЦСУ, работающей в качестве СМО. Пусть СМО обслуживает 10 потребителей электроэнергии, т.е. $n=10$, а право на относительный приоритет имеют пять из десяти потребителей, т.е. $k=5$. Далее приняв для расчета $X_i = v_i = 1$, получим $\bar{X}_i^2 = 2$. Тогда значение результирующего коэффициента нагрузки будет определяться по выражению

$$R_\Sigma = 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

Затем следует задаться значениями интенсивности поступления i -го требования в СМО $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = 100$ бит/с, а также скорости обслуживания — $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n = 100$ бит/с. На заключительном этапе следует проверить обеспечение стационарности режима работы СМО. С этой целью для выбранных пяти приоритетных потребителей находим, что $\rho_\Sigma = 0,228 < 1$, что подтверждает стационарность работы СМО. В результате коэффициенты нагрузки будут следующие

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

Окончательные результаты расчета основных параметров СМО приведены в таблице 1.

Табл. 1. Основные результаты расчета параметров СМО

Номер приоритета	Коэффициент нагрузки ρ_i	Среднее время ожидания в очереди W_k , 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. Предложена цифровая система управления автономной системой электроснабжения с подключением потребителей по приоритету. Система работает в режиме СМО с относительными приоритетами без прерывания обслуживания. Кроме того, приведен пример расчета параметров СМО для выбранных приоритетов, из которого следует, что времена ожидания и пребывания требований возрастают с уменьшением ранга приоритета. Задачами дальнейших исследований следует считать рассмотрение СМО с дообслуживанием.

Список литературы

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

References

1. Bertsekas D. Data Networks: Trans.; Edited by B.S. Tsybakov / D. Bertsekas, R. Gallagher. – M.: Mir, 1989. – 544 p.

Матвеев Юрий Валентинович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры “Судовое электрооборудование” Севастопольского государственного университета, г.Севастополь, Россия, yuriy-radio@mail.ru	Matveev Yuri Valentinovich – candidate of technical sciences, associate Professor, associate Professor of “Ship electrical equipment” of Sevastopol state University, Sevastopol, Russia, yuriy-radio@mail.ru
---	--

Received 21.12.2019