

УПРАВЛЕНИЕ РАЗГРУЗКОЙ ГЕНЕРАТОРОВ В СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Матвеев Ю.В.

Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

Ключевые слова: судовая электроэнергетическая система, разгрузка генераторов, теория массового обслуживания, цифровая система управления потребителями, перегрузочная способность генераторов, приоритетное отключение потребителей.

Аннотация. В статье рассматривается применение теории систем массового обслуживания в устройствах автоматического управления разгрузкой генераторов судовой электроэнергетической системы, как в нормальных условиях ее эксплуатации, так и возможных аварийных режимах ее работы. Это снижает риски техногенных аварий при мореплавании, обеспечивает высокую отказоустойчивость судовых электротехнических комплексов и систем, повышает уровень живучести судна и безопасности членов экипажа.

MANAGING THE UNLOADING OF GENERATORS IN THE SHIP'S ELECTRIC POWER SYSTEM WITH THE APPLICATION OF QUEUING THEORY

Matveev Yu.V.

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Keywords: marine electric power system, unloading of generators, queuing theory, digital consumer management system, overload capacity of generators, priority shutdown of consumers.

Abstract. The article considers the application of the theory of queuing systems in devices for automatic control of unloading generators of a ship's electric power system, both under normal operating conditions and possible emergency modes of its operation. This reduces the risks of man-made accidents during navigation, ensures high fault tolerance of ship's electrical complexes and systems, increases the level of survivability of the vessel and the safety of crew members.

Введение

Надежное и бесперебойное снабжение потребителей судна электроэнергией осуществляется судовой электроэнергетической системой (СЭЭС). Отличие работы СЭЭС от других автономных электроэнергетических систем заключается в том, что судовая нагрузка генераторов в системе не является постоянной, а перегрузочная их способность ограничена. Кроме того, только малоответственные потребители можно отключать на длительный период.

Одним из эффективных средств защиты генераторов от перегрузок является разгрузка генераторов путем отключения части потребителей. Однако такое устройство работает по заранее заданному алгоритму, не допуская более гибкого (или адаптивного) режима его работы.

Методы исследования

Для повышения надежности СЭЭС, решая задачу приоритетного отключения (подключения) потребителей предложено в схему СЭЭС включить цифровую систему управления потребителями (ЦСУП) с использованием элементов теории систем массового обслуживания (СМО).

Результаты и обсуждение

Назначение СМО состоит в обслуживании некоторого потока заявок (или требований), поступающих на вход системы большей частью в случайные моменты времени и не регулярно. В качестве примера рассмотрим структурную схему одноканальной СМО, изображенную на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема одноканальной СМО

Модель СМО включает в себя заявки, нуждающиеся в обслуживании и обслуживающих приборов [1]. Количество заявок, одновременное обслуживание которых допустимо одним обслуживающим прибором, определяет *число каналов* обслуживающего прибора [1]. В случае, если СМО позволяет обслужить одновременно n заявок, то такая СМО является n -канальной [2]. На этой схеме входящий поток заявок от потребителей поступает вначале на устройство памяти заявок, а затем – в обслуживающий прибор. Устройство памяти заявок позволяет процесс поступления заявок на обслуживание сделать синхронизированным и без потерь информации. В рассматриваемой системе транспортировка электроэнергии осуществляется в соответствии заявками (или требованиями) потребителей. Вследствие того, что число заявок, ожидающих обслуживания достаточно велико, создается очередь, в которой требования упорядочены по приоритету и времени поступления. Обслуживающим прибором является цифровая система управления потребителями (ЦСУП).

Заявки могут быть различных типов. Однако требуется, чтобы некоторые заявки имели меньшее время ожидания в очереди. В таком случае всем заявкам (требованиям) назначаются *приоритеты*, обозначаемые целым числом. *Требования (заявки)* называются *относительными*, в том случае, если приоритеты учитываются только в момент выбора *требования* [3]. В свою очередь, требования могут быть с абсолютными приоритетами. В последнем случае заявка, поступившая в очередь, прерывает обслуживание заявки с более низким приоритетом и поступает в обслуживающий прибор. В таких условиях заявка может потеряться. Поэтому, ввиду важности снабжения определенных групп потребителей СЭЭС, выберем для дальнейшего

рассмотрения СМО с относительными приоритетами. В качестве примера рассмотрим систему СМО с относительными приоритетами без прерывания обслуживания с моделью очереди типа $M/G/1$, когда обслуживаемому требованию позволяет без прерывания закончить обслуживание даже в случае появления требования с более высоким приоритетом. Однако при освобождении обслуживающего прибора, из очереди на обслуживание поступает требование с наивысшим приоритетом. К основным параметрам работы цифровой системы управления относится определение среднего времени ожидания требования k -го приоритета W_k и среднее время пребывания в СМО требований k -го приоритета T_k [4]. В этой модели очереди в теории массового обслуживания поступления модулируются пуассоновским процессом, время обслуживания имеет общее распределение и имеется один сервер. На основании математического аппарата СМО с относительными приоритетами, была разработана функциональная схема электроснабжения потребителей СЭЭС. На рисунке 2 изображена функциональная схема разгрузки генераторов СЭЭС с применением элементов СМО.

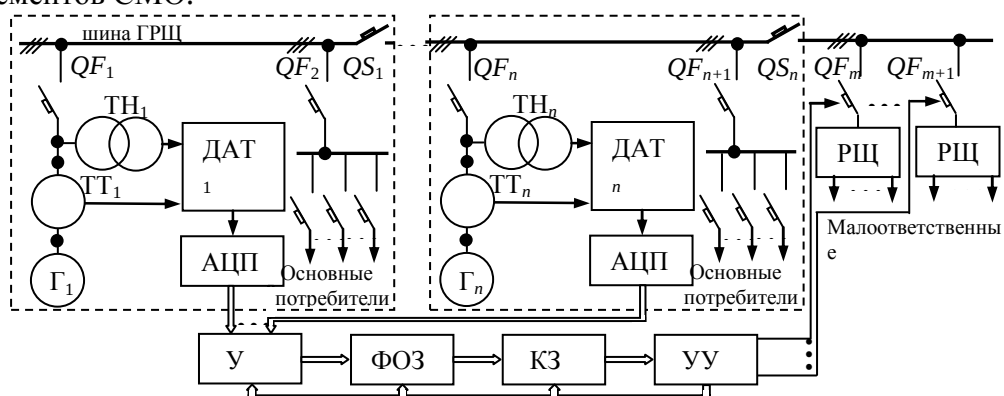


Рис. 2. Функциональная схема разгрузки генераторов СЭЭС с применением элементов СМО

Работа данного устройства основана на использовании СМО с относительными приоритетами без прерываний типа $M/G/1$. Функциональная схема электроснабжения потребителей СЭЭС с цифровой системой управления потребителями содержит: генераторы ($\Gamma_1 - \Gamma_n$); измерительные трансформаторы тока ($ТТ_1 - ТТ_n$) и напряжения ($ТН_1 - ТН_n$); датчики активного тока ($ДАТ_1 - ДАТ_n$); аналого-цифровые преобразователи ($АЦП_1 - АЦП_n$); усреднитель цифровых кодов ($У$); распределительные щиты ($РЩ$) с ответственными и малоответственными потребителями; формирователь очередей заявок ($ФОЗ$); координатор заявок ($КЗ$); устройство управления ($УУ$). Генераторы, а также потребители каждой ступени (или группы потребителей) отключаются от шины Ш с помощью автоматических выключателей QF и переключателей секций генераторных агрегатов (QS). Данная схема работает следующим образом. Для того чтобы определить

перегрузку, в каждом генераторном агрегате СЭЭС имеются устройства ДАТ, производящие измерение активного или полного тока генератора. Подключение ДАТ к шине генератора осуществляется с помощью измерительных трансформаторов тока и напряжения. Далее постоянное напряжение с выхода датчика с помощью АЦП преобразуется в цифровой код.

Затем, вследствие небольшой разности напряжений с генераторов, вызванных, в том числе, разбросом коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов, цифровые коды выходных напряжений с АЦП усредняются. На следующем этапе цифровой поток из кодов (или заявок) поступает в цифровую систему управления потребителями (ЦСУП), включающую в себя: формирователь очередей заявок, координатор заявок и управляющее устройство.

Алгоритм работы ЦСУП СЭСС заключается в следующем. В случае появления на судне нештатных ситуаций ЦСУП организует подключение (отключение) потребителей на определенное время.

Система, моделирующая работу ЦСУП, основана на использовании СМО типа *M/G/1*, которая функционирует в режиме с *относительными приоритетами без прерывания обслуживания*. Заявки от потребителей в цифровом виде поступают на вход формирователя очередей заявок (ФОЗ). В последнем устройстве происходит диспетчеризация или формирование очередей заявок в блоках «эластичной» памяти, позволяющей синхронизировать процесс поступления заявок на обслуживание без потерь информации.

По окончании формирования заявок им присваиваются заданные ЦСУП относительные приоритеты. Таким образом, заявки в очереди оказываются упорядоченными по времени поступления и по приоритету. Далее управление над очередями передается программе, формируемой координатором заявок (КЗ), который выбирает на обслуживание заявку с наивысшим приоритетом. При этом заявка предшествующая следующей поступающей заявке не устраняется до окончания своей реализации, даже если ее приоритет выше.

На следующем шаге выбранная заявка попадает в управляющее устройство, где формируются команды ЦСУП, по которым происходит отключение определенной группы потребителей.

Выводы

В статье предложена цифровая система управления разгрузкой генераторов СЭЭС, предназначенная для управления процессом распределения электроэнергии между потребителями, работающая в режиме СМО с относительными приоритетами без прерывания обслуживания. Кроме того, в статье рассмотрена функциональная схема обработки заявок на энергоснабжение с блоками формирования очередей и координатора заявок в ЦСУ.

Это позволит оптимизировать и сократить время отключения потребителей и выбрать относительные приоритеты.

Ввиду сложности и значимости системы распределения энергии потребителям на судне, в дальнейшем представляет несомненный интерес рассмотрение вопроса применения в алгоритмах работы СЭЭС элементов теории СМО с многоканальным обслуживанием.

Список литературы

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Изд-во ЛКИ, 2011. – 400 с.
2. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. – М.: Книжный Дом «Либроком», 2010. – 520 с.
3. Климов Г.П. Теория массового обслуживания. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – 312 с.
4. Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания. – М.: Книжный Дом «Либроком», 2012. – 304 с.

References

1. Gnedenko B.V., Kovalenko I.N. Introduction to the theory of Queuing. – M.: Publ. house of LKI, 2011. – 400 p.
2. Saati T.L. Elements of Queuing theory and its applications. – M.: Book House “Librocom”, 2010. – 520 p.
3. Klimov G.P. Theory of mass service. – M.: Publ. house of MSU. 2011. – 312 p.
4. Ivchenko G.I., Kashtanov V.A., Kovalenko I.N. Theory of mass service. – M.: Book House “Librocom”. 2012. –304 p.

Матвеев Юрий Валентинович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры “Судовое электрооборудование”	Matveev Yuri Valentinovich – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of “Ship electrical equipment”
yuriy-radio@mail.ru	

Received 19.12.2024