

УДК 621.311.21
С 289

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *В. И. Пантелев*
д-р техн. наук, профессор *Н. Л. Новиков*

Секретарев Ю. А.

С 289 Применение теории возможностей для многоцелевого ситуационного управления составом гидроагрегатов на ГЭС : монография / Ю. А. Секретарев, Я. В. Федорова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022. – 199 с. (Монографии НГТУ).

ISBN 978-5-7782-4820-5

В монографии рассмотрен ситуационный подход к управлению нормальными режимами работы гидроэлектростанций. Отличительными особенностями такого процесса управления являются многокритериальность, адаптивность, необходимость принятия решений в условиях неопределенности. В качестве методологии построения систем ситуационного управления предложена теория возможностей – математический инструмент, позволяющий интерпретировать неточную, расплывчатую информацию об объекте.

Процесс принятия решений рассматривается как крайне важный и ответственный этап управления, нуждающийся в дополнительной информационной поддержке. Для решения этой задачи, а также задачи многокритериальной оптимизации состава работающих агрегатов были сформулированы основные принципы подсистем СППР и РУСА.

Предложенные в работе математические модели и алгоритмы ориентированы на ГЭС разного уровня мощности и служат идеологической основой для реализации современных человеко-машинных систем управления.

УДК 621.311.21

DOI 10.17212 / 978-5-7782-4820-5
ISBN 978-5-7782-4820-5

© Секретарев Ю. А., Федорова Я. В., 2022
© Новосибирский государственный
технический университет, 2022

УДК 621.311.21
C 289

Reviewers

Professor V. I. Panteleev, D.Sc. (Eng.)

Professor N. L. Novikov, D.Sc. (Eng.)

Sekretarev Yu. A.

C 289 Application of the possibility theory for multi-purpose situational control of the composition of hydroelectric units at hydroelectric power plants: monograph / Yu. A. Sekretarev, Ya. V. Fedorova. – Novosibirsk : NSTU Publisher, 2022. – 199 p. (NSTU Monographs).

ISBN 978-5-7782-4820-5

The monograph considers a situational approach to managing the normal operation modes of hydroelectric power plants. Distinctive features of such a management process are multicriteria, adaptability, and the need for decision-making under conditions of uncertainty. As a methodology for constructing situational control systems, the theory of possibilities is proposed – a mathematical tool that allows you to interpret inaccurate, vague information about an object.

The decision-making process is considered as an extremely important and responsible stage of management that needs additional information support. To solve this problem, as well as the problem of multicriteria optimization of the composition of operating units, the main principles of the DSS and RUSA subsystems were formulated.

The mathematical models and algorithms proposed in the paper are focused on HPPs of various power levels and serve as an ideological basis for the implementation of modern human-machine control systems.

УДК 621.311.21

DOI 10.17212 / 978-5-7782-4820-5
ISBN 978-5-7782-4820-5

© Sekretarev Yu. A., Fedorova Ya. V., 2022
© Novosibirsk State Technical University, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
1. Многоцелевой подход к управлению гидроагрегатами ГЭС.....	11
1.1. Основные способы многоцелевого управления	11
1.2. Использование теории возможностей для многоцелевого управления	14
1.3. Разработка и использование процедуры идентификации целей для управления составом агрегатов ГЭС	22
1.4. Теоретические основы получения экспертных управленческих оценок	25
Выводы.....	38
2. Основные принципы и особенности управления гидроагрегатами на ГЭС	39
2.1. Управление объектами электроэнергетики	39
2.2. Технологическое управление режимами работы гидроагрегатов ГЭС.....	42
2.3. Оперативное управление составом работающего оборудования на ГЭС	45
2.4. Ситуационное управление составом работающего оборудования на ГЭС	49
Выводы.....	60
3. Оценивание эксплуатационного состояния гидроагрегатов методами теории возможностей	61
3.1. Анализ и оценка эксплуатационного состояния оборудования ГЭС	61
3.2. Основные понятия теории нечетких множеств и теории возможностей	63
3.3. Контроль эксплуатационного состояния оборудования с представлением его параметров в виде нечетких интервалов	65
3.4. Относительные показатели: их роль и типология.....	68
3.5. Масштабирование параметров нечеткого интервала в относительных единицах	71
3.6. Получение функций принадлежности для параметров гидроагрегата.....	73
3.7. Получение оценок эксплуатационного состояния гидроагрегата	79

3.8. Математические модели получения текущей интегральной оценки эксплуатационного состояния гидроагрегата.....	84
3.9. Расчет оценок текущего эксплуатационного состояния гидроагрегатов при использовании различных моделей теории возможностей.....	106
Выводы.....	117
4. Оценка экономичности режима работы гидроагрегатов методами теории возможностей.....	119
4.1. Энергетические характеристики гидроагрегатов и ГЭС.....	119
4.2. Получение натурных энергетических характеристик гидроагрегатов.....	125
4.3. Использование теории возможностей для экономической оценки текущего режима работы гидроагрегатов	134
4.4. Модель получения оценки экономичности текущего режима работы гидроагрегата.....	135
4.5. Определение оптимального количества агрегатов на ГЭС с использованием оценки экономичности текущего режима работы	141
Выводы.....	144
5. Модели систем поддержки принятия решений и рационального управления составом агрегатов на ГЭС	145
5.1. Место подсистем СППР и РУСА в контуре ситуационного управления гидроэлектростанцией	145
5.2. Разработка подсистемы поддержки принятия решений на ГЭС	147
5.3. Разработка подсистемы рационального управления составом агрегатов на ГЭС.....	152
Выводы.....	165
Заключение	169
Список сокращений	170
Библиографический список	172
Приложение	179

CONTENTS

Introduction.....	7
2. Multi-purpose approach to the management of hydroelectric power plants.....	11
1.1. Basic methods of multipurpose control.....	11
1.2. The use of the possibility theory for multi-purpose management	14
1.2. The use of the possibility theory for multi-purpose management	14
1.3. Development and use of the procedure for identifying goals for the management of the composition of HPP units.....	22
1.4. Theoretical foundations for obtaining expert management assessments.....	25
Conclusions.....	38
2. Basic principles and features of the control of hydroelectric units at HPP.....	39
2.1. Control of electric facilities.....	39
2.2. Technological control of operating modes of HPP hydro-units	42
2.3. Operational control of the composition of operating equipment at HPP	45
2.4. Situational control of the composition of operating equipment at HPPs.....	49
Conclusions.....	60
3. Situational control of the composition of operating equipment at HPPs by methods of the possibility theory	61
3.1. Analysis and assessment of the operational state of HPP equipment.....	61
3.2. Basic concepts of the fuzzy set theory and possibility theory.....	63
3.3. Operational condition control of the equipment with the presentation of its parameters in the form of fuzzy intervals.....	65
3.4. Relative indicators: their role and typology	68
3.5. Scaling the parameters of the fuzzy interval in relative units.....	71
3.6. Obtaining membership functions for the parameters of the hydraulic unit	73
3.7. Obtaining assessments of the operational state of the hydraulic unit.....	79

3.8. Mathematical models for obtaining the current integral assessment of the operational state of the hydraulic unit.....	84
3.9. Calculation of estimates of the current operational condition of hydraulic units when using different models of the theory of possibilities	106
Conclusions.....	117
4. Estimation of the e operation mode efficiency of hydraulic units by methods of the theory of possibilities	119
4.1. Energy characteristics of hydraulic units and hydroelectric power plants	119
4.2. Obtaining full-scale energy characteristics of hydraulic units	125
4.3. The use of the theory of possibilities for the performance assessment of the current operation mode of hydraulic units	134
4.4. Model for obtaining an assessment of the efficiency of the current mode of operation of the hydraulic unit.....	135
4.5. Determining the optimal number of units at the HPP using estimates of the efficiency of the current operating mode	141
Conclusions.....	144
5. Models of support systems of decision making and rational control of the composition of units at HPPs.....	145
5.1. The place of the DSS and RUSA subsystems in the situational control loop of the hydroelectric power plant.....	145
5.2. Development of a subsystem for decision-making support at HPPs.....	147
5.3. Development of a subsystem for the rational control of the composition of units at HPPs	152
Conclusions.....	165
Conclusive statementt	169
Abbreviations	170
References.....	172
Appendix.....	179