

УДК 621.311(075)  
ББК 31.28я73  
Р24

Авторы:

*П. В. Рысев, Д. В. Рысев, В. К. Федоров, А. О. Шепелев*

Рецензенты:

*А. С. Никишкин*, к.т.н., заместитель директора по среднему профессиональному образованию Омского института водного транспорта – филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»;

*Д. В. Зирнит*, начальник электротехнического сектора ООО «Омскпроект»

**Расчеты надежности при проектировании и эксплуатации объектов электроэнергетики** : учеб. пособие / П. В. Рысев, Д. В. Рысев, В. К. Федоров, А. О. Шепелев ; Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022. – 1 CD-ROM (4,97 Мб). – Систем. требования: процессор с частотой 1,3 ГГц и выше ; 256 Мб RAM и более ; свободное место на жестком диске 300 Мб и более ; Windows XP и выше ; разрешение экрана 1024×768 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше. – Загл. с титул. экрана. – ISBN 978-5-8149-3560-1.

Изложены основные сведения по теории надежности систем электроснабжения; рассмотрены вопросы практического применения теории надежности при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения, основные показатели надёжности работы электрооборудования систем электроснабжения.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлению «Электроэнергетика и электротехника» (13.03.02, 13.04.02) и специальности «Тепло- и электрообеспечение специальных технических систем и объектов» (13.05.01).

Редактор *М. А. Болдырева*

Компьютерная верстка *Е. В. Макаревиной*

*Для дизайна этикетки использованы материалы  
из открытых интернет-источников*

---

Сводный темплан 2022 г.  
Подписано к использованию 28.11.22.  
Объем 4,97 Мб.

© ОмГТУ, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....	5
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ.....	9
2. ПРИЧИНЫ И ХАРАКТЕР ПОВРЕЖДЕНИЙ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....	13
2.1. Воздушные линии электропередачи.....	13
2.2. Кабельные линии электропередачи .....	15
2.3. Силовые трансформаторы .....	16
2.4. Электрические двигатели .....	18
2.5. Коммутационные электрические аппараты.....	19
2.6. Релейная защита и автоматика.....	21
3. ОТКАЗЫ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	22
3.1. Классификация отказов.....	22
3.2. Типы отказов .....	25
4. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ.....	27
4.1. Изменение интенсивности отказов во времени.....	30
4.2. Определение показателей надежности с помощью экспоненциального закона .....	32
5. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ .....	37
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ ВХОДЯЩИХ В НИХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	45
6.1. Теорема сложения вероятностей.....	45
6.2. Теорема умножения вероятностей.....	46
6.3. Надежность систем с последовательным соединением элементов.....	47
6.4. Надежность систем с параллельным соединением элементов .....	51

6.5. Резервирование в задачах надежности.....	52
6.5.1. Надежность систем при постоянном общем резервировании.....	57
6.5.2. Надежность систем при постоянном раздельном резервировании .....	62
6.6. Надежность систем со смешанным соединением элементов .....	64
6.6.1. Метод свертки .....	66
6.6.2. Приближенный метод преобразования треугольника в звезду и обратно .....	68
6.6.3. Приближенный метод исключения элементов .....	71
6.7. Расчет надежности систем электроснабжения логико-вероятностными методами.....	75
6.7.1. Логические функции работоспособности и неработоспособности .....	77
6.7.2. Вероятность работоспособного и неработоспособного состояния.....	79
6.7.3. Метод минимальных путей и сечений.....	80
6.7.4. Марковские случайные процессы .....	85
7. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	90
7.1. Учет преднамеренных отключений.....	90
7.2. Преднамеренные отключения при последовательном соединении элементов .....	91
7.3. Преднамеренные отключения при параллельном соединении элементов .....	95
7.4. Влияние организации обслуживания на надежность схем.....	97
7.5. Влияние надежности коммутационной аппаратуры и устройств релейной защиты и автоматики на надежность схем.....	99
7.6. Порядок расчета показателей надежности схем электроснабжения .....	105
7.7. Расчет показателей надежности электроустановок .....	109
8. УЩЕРБ ПРИ ПЕРЕРЫВАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	112
8.1. Недоотпуск электроэнергии при перерывах электроснабжения.....	113
8.2. Прямой и дополнительный ущерб.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	118
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	119
Приложение. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ....	121