

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 ущербы..... | 114 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 118 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 119 |
| Приложение. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ.... | 121 |