

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Т.Б.ЛЕЩИНСКАЯ, И.В.НАУМОВ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по сельскому, лесному и рыбному хозяйству в качестве учебника для студентов, осваивающих образовательные программы бакалавриата по направлению подготовки «Агроинженерия»

Москва
2015

УДК 631.172:621.31(075.8)
ББК 31.27я73:40.76я73
Л54

Редакторы *Г. М. Микая, Г. В. Лихачева*

Рецензенты: доктор технических наук, профессор **Б. И. Кудрин** (ВПО НИУ «МЭИ»), кандидат технических наук, доцент **И. С. Растворов** (НОУ ВПО «МИЭЭ»)

Лещинская Т. Б., Наумов И. В.
Л54 Электроснабжение сельского хозяйства: учебник / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. — М.: БИБКМ, ТРАНСЛОГ, 2015. — 656 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).

ISBN 978-5-905563-41-6

Рассмотрены задачи электроснабжения сельского хозяйства, электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей, сельские электрические сети и методы их расчета, трансформаторные подстанции, резервные электростанции, монтаж, эксплуатация и ремонт установок сельского электроснабжения.

Для студентов, осваивающих образовательные программы бакалавриата по направлению подготовки «Агроинженерия».

УДК 631.172:621.31(075.8)
ББК 31.27я73:40.76я73

ISBN 978-5-905563-41-6

© Лещинская Т. Б., Наумов И. В., 2015
© ОАО «Центральный коллектор библиотек
«БИБКМ», 2015
© ООО «ТРАНСЛОГ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие (<i>Т. Б. Лещинская</i>)	3
Введение (<i>Т. Б. Лещинская</i>)	6
Глава 1. Задачи сельского электроснабжения (<i>Т. Б. Лещинская</i>)	14
1.1. Качество электрической энергии	14
1.1.1. Показатели качества электрической энергии	14
1.1.2. Влияние качества электрической энергии на работу электроприемников.....	28
1.1.3. Мероприятия по улучшению качества электрической энергии	34
1.2. Надежность электроснабжения и средства для повышения ее уровня	36
1.2.1. Категории потребителей по степени надежности электроснабжения и нормативные уровни надежности	36
1.2.2. Оценка надежности схем электроснабжения	42
1.2.3. Выбор средств повышения надежности при проектировании	48
1.3. Техничко-экономическая оценка эффективности систем электроснабжения	53
1.3.1. Методика технико-экономических расчетов.....	53
1.3.2. Многокритериальный выбор лучшего решения	59
1.3.3. Затраты на производство и передачу электроэнергии.....	63
1.3.4. Пример выбора варианта развития системы электроснабжения по нескольким критериям	66
1.3.5. Техничко-экономическое обоснование мероприятий повышения надежности.....	70
1.3.6. Снижение потерь электроэнергии и ее рациональное использование	72
1.4. Схемы и режимы нейтрали электрических сетей	75
1.4.1. Схемы и классификация электрических сетей.....	75
1.4.2. Режимы нейтрали электрических сетей	79
Глава 2. Устройство наружных электрических сетей (<i>Т. Б. Лещинская</i>)	83
2.1. Провода и кабели	83

2.2. Изоляторы воздушных линий.....	94
2.3. Опоры воздушных линий.....	99
2.4. Особенности выполнения воздушных линий.....	108
2.5. Активное и индуктивное сопротивления проводов.....	110
2.6. Строительство воздушных линий.....	111
Глава 3. Внутренние электропроводки (Т. Б. Лещинская).....	117
3.1. Вводы в здания.....	117
3.2. Классификация помещений, виды и особенности электропроводок, выбор марок проводов и кабелей.....	118
3.3. Конструкция и монтаж внутренних проводов.....	128
3.4. Прокладка кабелей.....	139
Глава 4. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей (Т. Б. Лещинская).....	144
4.1. Общие сведения.....	144
4.2. Простейшие вероятностно-статистические модели определения расчетных нагрузок.....	149
4.3. Расчет нагрузок по вероятностным характеристикам.....	152
4.4. Определение расчетных нагрузок в электрических сетях с помощью коэффициентов одновременности.....	163
4.5. Прогнозирование электропотребления и коэффициента роста нагрузок.....	181
4.6. Нагрузки комплексов по промышленному производству сельскохозяйственной продукции.....	185
Глава 5. Электрический расчет радиальных сельских сетей (Т. Б. Лещинская).....	189
5.1. Нормативные методы выбора площади поперечного сечения проводов в сельских линиях электропередачи.....	189
5.1.1. Общие сведения.....	189
5.1.2. Расчет электрических сетей по экономической плотности тока.....	191
5.1.3. Метод экономических интервалов.....	195
5.1.4. Магистральный метод.....	197
5.2. Потери энергии в электрических сетях.....	197
5.3. Расчет внутренних проводов.....	203
5.4. Методы выбора проводов по потере напряжения.....	213
5.4.1. Расчет линий постоянного тока.....	213
5.4.2. Расчет магистралей трехфазного тока.....	216
5.4.3. Расчет сетей трехфазного тока по условию наименьшего расхода цветного металла.....	218
Глава 6. Расчет замкнутых сетей (Т. Б. Лещинская).....	222
6.1. Радиальные и замкнутые сети.....	222
6.2. Линии с двусторонним питанием.....	224
6.3. Сложные замкнутые сети.....	229

Глава 7. Падение и потеря напряжения и его регулирование в сельских электрических сетях (Т. Б. Лещинская)	238
7.1. Падение и потеря напряжения в сетях переменного тока с симметричной нагрузкой фаз	238
7.2. Падение и потеря напряжения в трехфазных сетях с неравномерной нагрузкой фаз	241
7.2.1. Общие положения	241
7.2.2. Соединение однофазных нагрузок в треугольник	243
7.2.3. Соединение однофазных нагрузок в звезду	246
7.2.4. Трехфазно-однофазные сети	252
7.3. Определение допустимой потери напряжения в сети	256
7.4. Регулирование напряжения в сельских электрических сетях	273
Глава 8. Механический расчет воздушных линий (Т. Б. Лещинская)	280
8.1. Механические нагрузки на провода	280
8.2. Механический расчет проводов	286
8.3. Механический расчет опор	295
Глава 9. Токи короткого замыкания (Т. Б. Лещинская)	303
9.1. Общие сведения	303
9.2. Расчет токов короткого замыкания в именованных единицах	306
9.3. Метод относительных базисных единиц	308
9.4. Начальный период короткого замыкания	310
9.5. Расчет токов короткого замыкания вблизи шин генератора	314
9.6. Расчет токов короткого замыкания при питании от энергосистемы	321
9.7. Несимметричные короткие замыкания	322
9.8. Определение токов короткого замыкания в сельских сетях напряжением 380 в	325
9.9. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью	328
Глава 10. Электрическая аппаратура (Т. Б. Лещинская)	331
10.1. Электрические контакты	331
10.2. Электрическая дуга	338
10.3. Изоляторы электрических установок	342
10.4. Автоматические воздушные выключатели. Автоматы гашения поля	346
10.5. Предохранители с плавкой вставкой	354
10.6. Масляные выключатели	363
10.7. Безмасляные выключатели	370
10.8. Разъединители, короткозамыкатели и отделители	376
10.9. Приводы к коммутационной аппаратуре	383
10.10. Измерительные трансформаторы	387

10.11. Конденсаторы для повышения коэффициента мощности	397
10.12. Выбор электрической аппаратуры	400
Глава 11. Перенапряжения и защита от них (Т. Б. Лещинская)	406
11.1. Атмосферные перенапряжения защита от них	406
11.2. Защита электроустановок от прямых ударов молнии	412
11.3. Защита от набегающих волн перенапряжений	418
11.4. Защита линий и оборудования подстанций от перенапряжений	430
11.5. Грозозащитные и повторные заземления в воздушных линиях напряжением 380 в	434
Глава 12. Релейная защита и автоматизация систем сельского электроснабжения (И. В. Наумов)	438
12.1. Назначение и общая характеристика релейной защиты и автоматизации	438
12.2. Средства релейной защиты	442
12.2.1. Классификация реле	442
12.2.2. Параметры реле	443
12.2.3. Принципы выполнения реле с электромеханической элементной базой	444
12.2.4. Полупроводниковая база исполнения релейной защиты	459
12.3. Схемы защит в системах сельского электроснабжения	468
12.3.1. Общая характеристика защит	468
12.3.2. Схемы соединения трансформаторов тока с исполнительными органами защиты	480
12.3.2. Токовые защиты	484
12.4. Автоматизация систем сельского электроснабжения	515
12.4.1. Автоматическое повторное включение линий электропередачи	516
12.4.2. Автоматическое включение резервного питания	524
12.4.3. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных генераторов	530
12.4.4. Автоматическая форсировка возбуждения генераторов	533
12.4.5. Автоматическое гашение поля генераторов	535
12.4.6. Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу	536
12.4.7. Устройства для определения мест повреждения на воздушных электрических линиях	539
Глава 13. Сельские трансформаторные подстанции (Т. Б. Лещинская)	544
13.1. Общие сведения	544
13.2. Схемы соединений районных трансформаторных подстанций	545

13.3. Распределительные устройства трансформаторных подстанций.....	548
13.4. Принципиальная электрическая схема подстанции 110/10 кВ.....	552
13.5. Трансформаторные подстанции напряжением 6... 10/0,4 кВ.....	557
Глава 14. Сельские электрические станции (Т. Б. Лещинская)	562
14.1. Общие сведения	562
14.2. Дизельные электрические станции.....	563
14.3. Гидравлические электрические станции	571
14.4. Ветроэлектрические станции.....	575
Глава 15. Резервные электростанции (Т. Б. Лещинская)	580
15.1. Общие сведения	580
15.2. Передвижные и стационарные резервные электростанции.....	581
15.3. Электростанции с приводом от тракторов.....	590
15.4. Выбор мощности резервных электростанций.....	592
15.5. Обслуживание резервных дизельных электростанций.....	594
Глава 16. Проектирование систем сельского электроснабжения (Т. Б. Лещинская)	597
16.1. Общие сведения	597
16.2. Выбор схем электрических линий и трансформаторных подстанций.....	600
16.3. Проектирование электропроводок в производственных и общественных зданиях.....	603
Глава 17. Эксплуатация и ремонт установок сельского электроснабжения (Т. Б. Лещинская)	606
17.1. Основные задачи эксплуатации электрических сетей.....	606
17.2. Эксплуатация воздушных электрических сетей	607
17.3. Ремонт воздушных электрических сетей	614
Приложения	617