

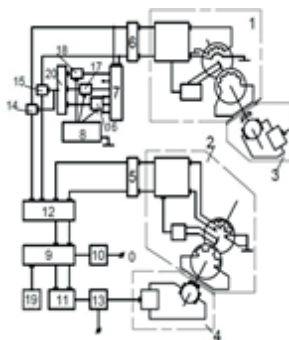


СТРОИТЕЛЬСТВО

М.А. Гордеев-Бургвиц

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Учебное пособие



ISBN 978-5-7264-1602-1

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017
© Оформление.
ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2017

Москва 2017

УДК 621.3(075.8)
ББК 31.21
Г67

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *К.Я. Вильданов*,
член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ,
профессор кафедры автоматизации и электроснабжения НИУ МГСУ;
доктор технических наук, профессор *Л.А. Широков*,
член-корреспондент Российской академии естественных наук (РАЕН),
действительный член Международной академии информатизации

Гордеев-Бургвиц, Михаил Алексеевич.

Г67 Общая электротехника и электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (12 Мб). — Москва : Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2017. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-1602-1 (сетевое)

ISBN 978-5-7264-1601-4 (локальное)

Содержатся основные положения теории электрических цепей, основы промышленной электроники, электрических измерений, электроснабжения строительных площадок. Дано описание электромагнитных устройств и электрических машин. Приведены сведения об электроприводе, электрооборудовании и электротехнологиях в строительстве, системах электроснабжения. Рассмотрены примеры математического моделирования и синтеза САУ электроприводами, способы и системы их управления.

Для обучающихся по направлениям 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, 08.03.01 Строительство, 07.03.04 Градостроительство, 20.03.01 Техносферная безопасность, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 27.03.04 Управление в технических системах.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017
© Оформление.
ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2017

Редактор *Е.А. Копылова*
Технический редактор *А.В. Кузнецова*
Корректор *И.В. Шаталина*
Компьютерная верстка *С.С. Сизумовой*
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2007, приложение pdf2swf из ПО Swftools, ПО IPRbooks Reader,
разработанное на основе Adobe Air

Подписано к использованию 15.05.2017 г. Объем данных 12 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.

ООО «Ай Пи Эр Медиа».
Тел. 8-800-555-22-35, (8452) 24-77-97, вн. 208,
E-mail: izdat@iprmedia.ru, mail@iprbookshop.ru.
www.iprbookshop.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	10
Введение.....	11
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	25
1.1. Общие сведения.....	25
1.2. Резистивные элементы	26
1.3. Индуктивный и емкостный элементы	28
1.4. Источники постоянного напряжения.....	29
2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	31
2.1. Общие сведения.....	31
2.2. Законы Кирхгофа.....	32
2.2.1. Первый закон Кирхгофа.....	32
2.2.2. Второй закон Кирхгофа.....	33
2.3. Распределение потенциала вдоль электрической цепи.....	34
2.4. Последовательное и параллельное соединения резистивных элементов.....	35
2.4.1. Последовательное соединение	35
2.4.2. Параллельное соединение	36
2.5. Соединение резисторов треугольником и звездой	38
2.6. Электрическая энергия и мощность	39
2.7. Номинальные величины источников и приемников. Режимы работы электрических цепей	41
2.8. Нелинейные электрические цепи постоянного тока	42
2.9. Магнитные цепи	47
3. ЛИНЕЙНЫЕ ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	58
3.1. Основные величины, характеризующие синусоидальный ток, напряжение и ЭДС.....	58
3.1.1. Мгновенное значение	58
3.1.2. Действующее и среднее значения синусоидальных токов и напряжений.....	61
3.1.3. Изображение синусоидальных токов, напряжений и ЭДС комплексными числами и векторами	63
3.2. Элементы электрических цепей синусоидального тока	65
3.2.1. Резистивный элемент (РЭ).....	65

3.2.2. Индуктивный элемент	67
3.2.3. Емкостный элемент	69
3.3. Расчет неразветвленной электрической цепи синусоидального тока.....	72
3.4. Мощность в линейных цепях синусоидального тока.....	76
3.5. Переходные процессы в электрических цепях	77
 4. ТРЕХФАЗНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	87
4.1. Трехфазный источник электрической энергии	87
4.2. Анализ электрических цепей при соединении трехфазного источника и приемника по схеме «звезда» с нулевым проводом	89
4.3. Соединение приемника по схеме «треугольник»	92
4.4. Мощность трехфазной цепи	94
 5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСТРОЙСТВА	96
5.1. Выключатели, кнопки и клавиши	96
5.2. Электрические контакты	98
5.3. Электромагниты	99
5.4. Контакторы	101
5.5. Электромагнитные реле	103
 6. ТРАНСФОРМАТОРЫ	105
6.1. Общие сведения	105
6.2. Принцип действия трансформатора	106
6.3. Работа трансформатора в режиме холостого хода	108
6.4. Опыт короткого замыкания	111
6.5. Мощность потерь в трансформаторе	113
6.6. Автотрансформаторы	114
 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ	117
7.1. Общие сведения	117
7.2. Вращающееся магнитное поле	118
7.3. Асинхронные машины	119
7.3.1. Принцип действия асинхронного двигателя (АД)	119
7.3.2. Устройство асинхронного двигателя	121
7.3.3. Характеристики асинхронного двигателя	122
7.3.4. Контактное управление асинхронными электродвигателями.....	124
7.4. Синхронные машины	126
7.4.1. Назначение и устройство синхронных машин	126
7.4.2. Принципы действия синхронных машин	128
7.4.3. Основные характеристики синхронных генераторов	129
8. ЭЛЕКТРОНИКА.....	130
8.1. Общие сведения	130

8.2. Полупроводниковые диоды	132
8.2.1. Полупроводниковые фотоэлектрические приборы	133
8.2.2. Транзисторы	138
8.2.3. Оптоэлектронные приборы	139
8.2.4. Тиристоры	144
8.3. Выпрямители на полупроводниковых диодах	148
8.3.1. Однополупериодное выпрямление	149
8.3.2. Двухполупериодное выпрямление	151
8.3.3. Трехфазные выпрямители	152
8.3.4. Управляемые выпрямители	155
8.3.5. Стабилизаторы напряжения	158
8.4. Усилители на транзисторах	168
9. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ	178
9.1. Системы электрических измерительных приборов	178
9.2. Основные характеристики электрических измерительных приборов	182
9.2.1. Статическая характеристика	182
9.2.2. Погрешность	183
9.2.3. Класс точности	184
9.2.4. Вариация	185
9.2.5. Цена деления	185
9.2.6. Предел измерения	185
9.2.7. Чувствительность	186
9.3. Измерение тока, напряжения и мощности	186
9.3.1. Измерение тока	186
9.3.2. Трансформатор тока (ТТ)	188
9.3.3. Измерение напряжения	191
9.3.4. Измерение мощности электрического тока	192
9.3.5. Электронно-лучевые осциллографы	194
9.3.6. Цифровые измерительные приборы (ЦИП)	199
9.3.7. Технические характеристики ЦИП	203
9.3.8. Цифровые вольтметры	204
9.3.9. Использование ЦИП для измерения переменных напряжений	208
10. ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД	211
10.1. Методы частотного регулирования	212
10.2. Краткие сведения о преобразователях частоты	215
10.3. Принцип действия однофазного ПЧ	218
11. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	221
11.1. Трансформаторные подстанции и распределительные устройства	221
11.2. Релейная защита и защита от атмосферных перенапряжений	222

12. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	226
12.1. Электротермия	226
12.2. Электрохимия	228
12.3. Электронно-ионная технология	229
12.3.1. Общие сведения	229
12.3.2. Принцип действия электрофильтра	231
13. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	233
14. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ	236
14.1. Общие сведения	236
14.2. Защитное заземление	237
14.3. Зануление	239
14.4. Конструкция заземлителя	240
15. ДИНАМИКА, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИНТЕЗ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	242
15.1. Математическое описание в обобщенных производных электротехнических систем управления электроприводами	243
15.2. Упрощение системы управления методом декомпозиции и нахождение передаточной функции	251
15.3. Нахождение области устойчивости системы управления методом <i>D</i> -разбиения	256
15.4. Вывод аналитического выражения верхней границы зоны выбора варьируемых параметров	261
15.5. Методика определения варьируемых параметров управляющего устройства и построение переходных процессов	263
15.6. Анализ системы управления методом логарифмических амплитудно-частотных характеристик	266
15.7. Синтез и коррекция систем автоматического управления при их полевых испытаниях	270
16. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ	276
16.1. Повышение безопасной работы мощных шагающих экскаваторов-драглайнов МК «Уралмаш» применением устройства для автоматического управления приводом тяги	277
16.2. Цифро-аналоговая система автоматического управления электроприводами шагающего драглайна	283
16.3. Способ взаимосвязанного управления электроприводами подъема и тяги драглайна в функции нагрузок приводов	287

16.4. Способ автоматического управления электроприводом тяги драглайна по отклонениям подъемного и тягового канатов от заданной точки разгрузки	291
16.5. Позиционная система автоматического управления электроприводом экскаватора для защиты головных блоков от удара упряжью ковша.....	294
16.6. Автоматическая система управления подъемом и опусканием ковша мощных шагающих драглайнов МК «Уралмаш» на операционном усилителе	296
16.7. Исследования системы защиты стрелы от растяжки ковша на действующих мощных драглайнах МК «Уралмаш»	299
17. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК	304
17.1. Определения и понятия	304
17.2. Электростанции электроснабжения	305
17.3. Строительные работы	309
17.4. Объекты строительства и электроснабжение	309
17.5. Электроприемники	310
18. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ	311
18.1. Определение электрической нагрузки	311
18.2. Графики электрических нагрузок	312
18.3. Показатели графиков нагрузки	315
18.4. Электрические нагрузки и их расчет	320
18.5. Расчет электрических нагрузок от однофазных электроприемников в трехфазной сети	336
18.6. Пиковые нагрузки.....	338
19. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ	339
19.1. Классификация электрических линий и сетей	339
19.2. Схемы питающих и распределительных сетей строительных площадок	339
19.3. Исполнение электрических сетей	343
19.4. Электрические сети и проводки внутренние на напряжение до 1 кВ	351
19.5. Выбор проводов и кабелей в распределительных сетях	356
20. РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЕЕ КОМПЕНСАЦИЯ	366
20.1 Понятие реактивной мощности и ее компенсации	366
20.2. Влияние на работу электроприемников и электрических сетей реактивной нагрузки	369
20.3. Мероприятия, снижающие потребление реактивной мощности	373
20.4. Компенсации реактивной мощности, конденсаторы и конденсаторные установки.....	374

21. АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	378
21.1. Переходный и установившийся режим при КЗ	378
21.2. Расчет токов короткого замыкания при напряжении выше 1 кВ.....	381
21.3. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением до 1000 В	388
22. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ	394
22.1. Физические процессы в электрических аппаратах.....	394
22.2. Коммутационные аппараты высокого напряжения.....	399
22.3. Высоковольтные предохранители и разрядник.....	410
22.4. Измерительные трансформаторы.....	415
22.5. Выбор аппаратов высокого напряжения	421
22.7. Выбор электрических аппаратов низкого напряжения	423
23. АВТОМАТИКА И РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ	428
23.1. Назначение автоматики и релейной защиты.....	428
23.2. Аппаратура автоматики и релейной защиты	430
Приложение	448
Библиографический список.....	450