



СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Нижний Новгород 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	10
ВВЕДЕНИЕ	16
ЧАСТЬ I. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ	19
ГЛАВА 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ, ГРАФИКИ НАГРУЗОК И ИХ РАСЧЕТ	19
1.1. Краткая характеристика систем электроснабжения и электроприемников ...	19
1.2. Графики электрических нагрузок	22
1.3. Расчет электрических нагрузок	25
1.3.1. Основные определения	25
1.3.2. Определение расчетных нагрузок жилых зданий	26
1.3.3. Определение расчетных нагрузок служебных зданий	32
ГЛАВА 2. СУЩЕСТВУЮЩИЕ СХЕМЫ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	44
2.1. Общие подходы	44
2.2. Схемы городских электрических сетей среднего и низкого напряжения	50
2.3. Схемы глубоких вводов 110-220 кВ	57
2.4. Автоматизация управления городских распределительных сетей	58
2.4.1. Цели автоматизации систем электроснабжения городов	58
2.4.2. Применение систем телемеханики для управления системами электроснабжения городов	59
2.4.3. Иерархия систем управления электроснабжения городов	71
ГЛАВА 3. ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	76
3.1. Выбор сечения электрических сетей	76
3.2. Выбор количества и мощности трансформаторов	80
3.3. Учет высших гармоник тока при выборе сечения электрических сетей и мощности трансформаторов	80
ГЛАВА 4. КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ	86
4.1. Стандартизация показателей качества электрической энергии в России	86
4.2. Стандартизация качества электрической энергии и электромагнитной совместимости в международной практике	91
4.3. Влияние электроприемников городских зданий на показатели качества электрической энергии	94
4.4. Высшие гармоники тока, генерируемые электроприемниками городских зданий	99
4.5. Влияние отклонений напряжения на эффективность функционирования электроприемников городских зданий	111
4.6. Определение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока и напряжения в точках передачи электроэнергии на компьютерных моделях сети	123
4.7. Средства повышения качества электроэнергии в СЭГ	129
ГЛАВА 5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ	144
5.1. Основные подходы	144
5.2. Перспективы применения напряжения 20 кВ для распределительных сетей	149
5.3. Принципы построения интеллектуальных распределительных сетей	152
5.4. Интеллектуальная система управления узлов нагрузки (ИСУУ)	155
5.5. Основные технические средства реализации интеллектуальных электрических сетей	160

5.6. Интеллектуальные (цифровые) трансформаторные подстанции	165
5.7. Применение автоматизированных информационно-измерительных систем ..	177
5.8. Применение беспроводных технологий для передачи информации	185
5.9. Интеллектуальный трансформатор с тиристорным переключением регулировочной обмотки	203
5.10. Применение распределительной электрической сети с использованием напряжения 0,95 кВ	211
5.11. Применение реклоузеров для построения умных сетей	215
5.11.1. Технические характеристики и описание реклоузера	215
5.11.2. Основные функции реклоузера <i>PBA/TEL</i>	219
5.11.3. Использование реклоузеров в стандартных схемах	221
5.11.4. Определение количества реклоузеров и мест их установки	226
5.11.5. Варианты автоматизации городских электрических сетей 0,4-10(6) кВ с применением реклоузеров	228

ЧАСТЬ II. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

236

ГЛАВА 6. ПОТРЕБИТЕЛИ И ПРИЕМНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В

ПРОМЫШЛЕННОСТИ

236

6.1. Основные характеристики потребителей и приемников электроэнергии	236
6.2. Краткая характеристика электроприемников в различных отраслях промышленности	240
6.2.1. Предприятия черной металлургии	240
6.2.2. Предприятия машиностроения	243
6.2.3. Предприятия цветной металлургии	245
6.2.4. Предприятия химической и нефтехимической промышленности	245
6.2.5. Нефтеперерабатывающая промышленность	245
6.2.6. Газовая промышленность	246
6.2.7. Целлюлозно-бумажная промышленность	246
6.2.8. Строительная промышленность	246
6.2.9. Пищевая промышленность	247
6.2.10. Текстильная и легкая промышленность	247

ГЛАВА 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И ГРАФИКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

249

7.1. Индивидуальные графики нагрузки	249
7.2. Групповые графики нагрузки	251
7.3. Основные физические величины, используемые при расчете электрических нагрузок	253
7.4. Показатели графиков электрических нагрузок	254
7.5. Точность расчета электрических нагрузок по нагреву	255
7.6. Анализ методов расчета электрических нагрузок по нагреву	255
7.7. Аналитические методы расчета электрических нагрузок по нагреву	257
7.8. Расчет пиковых нагрузок от электроприемников с импульсным графиком нагрузки	262
7.9. Расчет электрических нагрузок на ЭВМ	263
7.10. Эмпирические методы расчета электрических нагрузок по нагреву	264
7.11. Расчет общезаводских нагрузок по нагреву	265
7.12. Суточные и годовые графики нагрузки	265
7.13. Определение годовых расходов и потерь электроэнергии	267

ГЛАВА 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА НАПРЯЖЕНИИ ДО 1000 В	269
8.1. Выбор напряжения для питания электроприемников	269
8.2. Классификация цеховых помещений по окружающей среде	270
8.3. Схема цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В	271
8.4. Цеховые сети в помещениях, не опасных по пожару и взрыву	272
8.5. Многоамперные сети	273
8.6. Сети для передвижных электроприемников	275
8.7. Электрооборудования и сети пожароопасных помещений	275
8.8. Электрооборудование сети взрывоопасных помещений	276
8.9. Выбор сечения сетей напряжением до 1000 В	278
8.10. Расчет токов короткого замыкания в цеховых сетях напряжением до 1000 В	279
8.11. Защита сетей и электроприемников напряжением до 1000 В	281
8.12. Построение карты селективности	282
ГЛАВА 9. ЦЕХОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ	285
9.1. Выбор места расположения	285
9.2. Выбор количества и мощности трансформаторов на цеховых ТП	286
9.3. Компоновки и схемы цеховых ТП	287
ГЛАВА 10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В	289
10.1. Общие принципы построения электрических сетей	289
10.2. Схемы распределения электроэнергии на напряжении выше 1000 В	290
10.3. Компоновки и схемы ГПП и ПГВ	296
10.4. Выбор места и мощности ГПП и РП	299
10.5. Выбор сечения сетей напряжением выше 1000 В	301
10.6. Способы канализации сетей напряжением выше 1000 В	302
ГЛАВА 11. КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	304
11.1. Потребители реактивной мощности на промышленных предприятиях	304
11.2. Технические и технико-экономические условия компенсации реактивной мощности	305
11.3. Компенсирующие устройства	306
11.4. Общие принципы компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях	307
11.5. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях напряжением до 1000 В	308
11.6. Компенсация реактивной мощности в сетях напряжением выше 1000 В	313
ГЛАВА 12. КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	316
12.1. Нормирование качества электрической энергии и электромагнитной совместимости в СЭС промышленных предприятий	316
12.2. Влияние электроприемников промышленных предприятий на качество электроэнергии	318
12.2.1. Электротермические установки	318
12.2.2. Электросварочные установки	331
12.2.3. Электрохимические установки	337
12.2.4. Электроприемники с электродвигателями	339
12.2.5. Преобразователи тока	348
12.2.6. Источники интергармоник	350
12.2.7. Дозы фликера в сетях напряжением 0,4 кВ	351
12.3. Влияние качества электроэнергии на электроприемники промышленных предприятий	352
12.3.1. Влияние ПКЭ на электротермические установки	352

12.3.2	Восприимчивость электроприемников с электродвигателями к ПКЭ ..	368
12.3.3	Влияние ПКЭ на электросварочные установки	373
12.3.4	Влияние ПКЭ на системы управления, защиты и ПЭВМ	384
12.3.5	Влияние высших гармоник на элементы систем электроснабжения ...	388
12.3.6	Ущерб от низкого качества электроэнергии	395
12.4	Методы расчета показателей качества электроэнергии	396
12.4.1	Исходные положения	396
12.4.2	Расчет отклонений напряжения	398
12.4.3	Расчет колебаний напряжения	400
12.4.4	Расчет несинусоидальности напряжения	405
12.4.5	Расчет несимметрии напряжения	409
ГЛАВА 13. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЭС ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ		412
13.1	Рекомендации по снижению уровней ЭМП, генерируемых электроприемниками промышленных предприятий	412
13.1.1	Машины контактной электросварки	412
13.1.2	Дуговые сталеплавильные печи	417
13.1.3	Индукционные печи	419
13.1.4	Прокатные станы	419
13.1.5	Крупные электролизные установки	420
13.2	Схемные пути обеспечения качества электроэнергии и ЭМС	420
13.3	Применение специальных устройств для повышения качества электроэнергии в СЭС промышленных предприятий	431
13.4	Компенсация реактивной мощности и повышение качества электрической энергии на металлургических предприятиях	434
ГЛАВА 14. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ		440
14.1	Системы управления технологическими процессами	440
14.2	Информационно-измерительные системы учета энергоресурсов	441
14.3	Управление электропотреблением систем электроснабжения с активными потребителями	448
14.3.1	Методы снижения максимумов нагрузки потребителей электроэнергии	448
14.3.2	Архитектура централизованной автоматической системы управления режимом систем электроснабжения с использованием производственных резервов активных потребителей	450
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК		454