

В. С. КУЗНЕЦОВ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ

Допущено Министерством народного образования БССР
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по специальности
"Коммунальное строительство и хозяйство"

ББК 31.279.1я73
К89
УДК 621.311+621.3.087.51] (075.8)

Рецензенты:

кафедра "Электроснабжение городов" Харьковского института инженеров коммунального строительства; д-р техн. наук, проф. Р.И. Борисов

Кузнецов В.С.

К89 Электроснабжение и электроосвещение городов: Учеб. пособие. —
Мн.: Выш. шк., 1989. — 136 с.: ил.
ISBN 5-339-00151-2.

Рассмотрены основные вопросы теории электроснабжения и электроосвещения городов, экономии электроэнергии, электробезопасности и молниезащиты зданий и сооружений. Приведен справочный материал для электротехнических и светотехнических расчетов.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности "Коммунальное строительство и хозяйство", будет полезно студентам других строительных специальностей при изучении курса "Электроснабжение строительства".

2202080000 — 163
К ----- 16 — 89
М304 (03) — 89

ББК 31.279.1я73+31.294я73

ISBN 5-339-00151-2

Издательство "Вышэйшая школа", 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с программой курса "Электроснабжение и электроосвещение городов" для студентов, обучающихся по специальности "Коммунальное строительство и хозяйство". Оно будет полезным и студентам других строительных специальностей при изучении курса "Электроснабжение строительства", введенного в учебные планы этих специальностей в 1983 г.

В последние годы в нашей стране произошли исторические события. В решениях XXVII съезда КПСС и последующих пленумов ЦК определены главные направления повышения эффективности и качества работы во всех звеньях народного хозяйства, в том числе и в электроэнергетике. В этой связи важное значение приобретает решение комплекса научно-технических задач, направленных на повышение надежности и экономичности работы систем электроснабжения городов, улучшение качества электрической энергии, снижение электропотребления за счет рационального использования электроэнергии. В решении этих задач необходимо участие и инженеров городского коммунального хозяйства, инженеров-градостроителей.

В книге изложены основные вопросы теории электроснабжения и электрического освещения, отражены вопросы экономии электрической энергии, электробезопасности, молниезащиты зданий и сооружений.

Одним из аспектов перестройки высшей школы является необходимость усиления роли самостоятельной работы студентов и обеспечения практической направленности обучения. С этой целью в учебном пособии в достаточном объеме приведены справочные материалы для электротехнических и светотехнических расчетов, числовые примеры.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам: коллективу кафедры "Электроснабжение городов" Харьковского института инженеров коммунального строительства, заведующему кафедрой "Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий" Ивано-Франковского института нефти и газа д-ру техн. наук, проф. Р.И. Борисову за тщательное рассмотрение рукописи и полезные замечания, способствовавшие улучшению книги.

Автор признателен проф. К.П. Власову, доц. Ю.М. Блажко за большой труд по рецензированию и ряд ценных советов по написанию учебного пособия.

Все замечания и рекомендации просим направлять по адресу: 220048, Минск, проспект Машерова, 11, издательство "Вышэйшая школа".

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Направления и темпы развития энергетики СССР определяет Энергетическая программа. В основу ее положены расчеты по основным показателям экономического и социального развития СССР на период до 2000 года. Энергетическая программа СССР призвана обеспечить осуществление перестройки нашей экономики с целью скорейшего перевода ее на интенсивный и энергосберегающий путь развития за счет применения достижений научно-технического прогресса. Программой предусматривается улучшение структуры энергетического баланса, ускоренное развитие атомной энергетики, в том числе за счет строительства реакторов на быстрых нейтронах, последовательный рост эффективности работы топливно-энергетического комплекса, создание действенной системы экономии энергоресурсов. Чтобы представить себе масштабы этого комплекса, достаточно отметить, что в данной отрасли работает каждый десятый человек, занятый в промышленности страны. На развитие топливно-энергетического комплекса в 12-й пятилетке ассигновано 180 млрд р., или около трети всех капиталовложений, направляемых в нашу индустрию.

Программой намечены меры по дальнейшему увеличению добычи нефти и газа в Западной Сибири и транспортировке их в европейскую часть страны. Новые мощности войдут в строй в крупнейших территориально-производственных комплексах, созданных на базе Экибастузского и Канско-Ачинского угольных бассейнов. В 12-й пятилетке намечено завершение строительства линий электропередачи постоянного тока напряжением 1500 кВ Экибастуз—Тамбов и переменного тока напряжением 1150 кВ Экибастуз—Урал. Это будет значительным вкладом в развитие Единой энергетической системы страны (ЕЭС).

В настоящее время электростанциями ЕЭС вырабатывается 88 % всей производимой в стране электроэнергии. В 12-й пятилетке намечено присоединение к ЕЭС энергообъединения Средней Азии, после чего ЕЭС будет охватывать 95 % общесоюзного производства электроэнергии. Это позволит обеспечить оперативное маневрирование ею из единого центра, оснащенного средствами современной вычислительной техники, повысить надежность электроснабжения.

В завершающем году 11-й пятилетки в стране произведено более 1540 млрд кВт·ч электроэнергии. Доля СССР в мировом производстве поднялась с 9,2 в 1952 г. до 16,1 % в 1984 г. Электровооруженность труда с 1970 по 1984 г. в промышленности возросла на 53 %, в сельском хозяйстве — в 4,2 раза. В соответствии с Энергетической программой СССР в 11-й пятилетке опережающими темпами развивалась атомная энергетика. В 1984 г. в нашей стране насчитывалось 13 действующих атомных электростанций (АЭС) общей мощностью 22 млн кВт. В 1985 г. на АЭС было произведено более 220 млрд кВт·ч. Это позволило сберечь около 80 млн т органического топлива (условного). Возможности экономии топлива есть и на тепловых электростан-

циях. В среднем по стране на каждый выработанный киловатт-час расходуется на 2,4 г топлива (условного) больше определенной нормы. Только из-за этого энергосистемы ежегодно пережигают более 2,5 млн т топлива (условного). Но особенно велики технологические расходы в электрических сетях, неизбежные при передаче электроэнергии и составляющие 9 % общего объема, тогда как в некоторых странах они снижены до 4,5–5,5 %. Заметим, что 4 % – это половина годовой выработки всей атомной энергетики страны.

Самая дешевая электроэнергия производится на гидроэлектростанциях (ГЭС). Общая мощность их в 1985 г. превысила 60 млн кВт, что составляет пятую часть всей мощности электростанций страны. В 12-й пятилетке выработку электроэнергии на ГЭС намечено увеличить в 1,2 раза.

Ограниченность мировых запасов ископаемых горючих материалов (каменный и бурый уголь, нефть, природный газ, сланцы, торф) и проблема загрязнения окружающей среды, вызванная сжиганием этих материалов, поставили человечество перед необходимостью поиска нетрадиционных источников энергии. Это прежде всего солнечное излучение. Мощность солнечного излучения, поступающего на Землю, составляет примерно $1,7 \cdot 10^{14}$ кВт, тогда как общая мощность энергии, производимой в настоящее время на планете, составляет около 10^{10} кВт. В южных районах нашей страны солнечная энергия уже используется для отопления и горячего водоснабжения жилых зданий, в опреснительных установках. Завершено строительство экспериментальной солнечной электростанции в Крыму, создаются гелиокомплексы в Каракумах.

Намечено более интенсивное использование так называемых восполняемых источников энергии. Начнется строительство Кольской опытно-промышленной приливной электростанции, использующей энергию морских приливов, геотермальной станции мощностью 200 тыс. кВт на Камчатке, установок по использованию глубинной теплоты в Ставропольском крае и Дагестане. Рассматриваются вопросы использования ветровой энергии.

Города являются основными потребителями электрической энергии в стране. По переписи 1981 г. доля городского населения составляла 63 %. В стране насчитывался 21 город с населением более миллиона человек. В городах размещена большая часть промышленных предприятий. Процесс повышения роли городов в развитии общества (урбанизация) продолжается и в наше время. Предпосылки урбанизации – рост индустрии, развитие культурных и политических функций городов, углубление территориального разделения труда, приток в города сельского населения.

Территория города по назначению подразделяется на следующие зоны: *промышленную* – для размещения производственных предприятий; *коммунально-складскую* – для размещения транспортных предприятий (автобаз, трамвайных и троллейбусных парков), складов; *внешнего транспорта* – для размещения транспортных сооружений, вокзалов, портов, станций; *селитебную* – для размещения жилых районов, микрорайонов, общественных зданий и сооружений; *мест отдыха населения* – для размещения парков, скверов, лесопарков.

В зависимости от размеров городов, их промышленного потенциала и перспектив развития принципы построения системы электроснабжения городов различны. В крупных (население более 250 тыс. чел.) и больших (более 100 тыс. чел.) городах современные системы электроснабжения, как правило,

выполняются общими для потребителей электрической энергии как промышленной, так и селитебной зон. Для средних (до 100 тыс. чел.) и малых (до 50 тыс. чел.) городов характерно подключение потребителей селитебной зоны к электрическим сетям прилегающих промышленных предприятий, имеющих связь по линиям электропередачи напряжением 35–110 кВ с энергетической системой.

Промышленными предприятиями потребляется около 70 % всей вырабатываемой в стране электрической энергии. Большая часть предприятий получает ее от энергосистемы. Ряд крупных предприятий имеет собственные теплоэлектростанции (ТЭС). Селитебные зоны городов также являются мощными потребителями тепловой и электрической энергии. Более третьей части вырабатываемой в стране тепловой энергии расходуется на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию жилых и общественных зданий. Электропотребление селитебных зон города на коммунально-бытовые нужды в 1985 г. составило 230 млрд кВт·ч. Только на наружное электроосвещение и рекламу в городах ежегодно затрачивается до 200 млн кВт·ч.

Повышение эффективности работы систем электроснабжения городов достигается не только силами энергетиков. Во многом эффективность определяется режимами электропотребления в различных сферах городского хозяйства. Поэтому вопросы рационального использования электрической энергии должны постоянно находиться в поле зрения инженеров коммунального хозяйства и инженеров-градостроителей.

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ГОРОДОВ

1.1. ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ГОРОДАХ

Общие сведения. Жилищно-коммунальное хозяйство представляет сегодня одно из крупнейших звеньев нашей экономики. Городской обобществленный жилищный фонд достиг почти 2 млрд м². Ежегодно на строительство жилья ассигнуется более 20 млрд р.

Жилищно-коммунальное хозяйство потребляет ежегодно для нужд электроснабжения около 230 млрд кВт · ч. Потребление электрической энергии электроприемниками жилищно-коммунального хозяйства распределяется следующим образом: жилые здания и общежития – 50 %; предприятия торговли и общественного питания – 20; школы и детские учреждения – 15; предприятия бытового обслуживания – 10; городской электрифицированный транспорт, наружное электроосвещение, установки теплоснабжения, водоснабжения и канализации – 5 %.

Все электроприемники по назначению и характерным признакам могут быть классифицированы следующим образом.

Силовые электроустановки общепромышленного назначения. Эта группа включает насосные, вентиляционные и компрессорные установки, подъемно-транспортные устройства. Электродвигатели насосов, вентиляторов, компрессоров работают в длительном режиме с неизменяющейся или малоизменяющейся во времени нагрузкой. Для электрической сети они создают равномерно распределенную по фазам нагрузку. Толчки последней имеют место только при пусках электродвигателей. Коэффициент мощности при номинальной нагрузке составляет 0,8–0,88. Напряжение электроснабжения этой группы электроприемников жилищно-коммунального хозяйства, как правило, 380/220 В.

Электродвигатели подъемно-транспортных устройств работают в повторно-кратковременном режиме, характеризующемся частыми пусками и остановками. Нагрузка их во времени может резко колебаться от холостого хода до максимальной. Поэтому и значение коэффициента мощности изменяется от 0,3 при холостом ходе до 0,85 при номинальной нагрузке. Нагрузку от подъемно-транспортных устройств можно считать равномерно распределенной по фазам сети.

Осветительные электроустановки. Применяемые в светильниках электрические лампы (накаливания, люминесцентные, ртутные и др.) являются однофазными электроприемниками. Симметричность осветительной нагрузки в трехфазной сети достигается за счет равномерного распределения светильников по фазам на стадии проектирования и в процессе эксплуатации. Как правило, единичная мощность источников света невелика. Однако в последние годы стали выпускаться ксеноновые лампы мощностью до 50 кВт. Осветитель-

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Козлов В.А. Электроснабжение городов. – Л.: Энергия, 1977. – 279 с.
2. Карпов Ф.Ф. Расчет городских распределительных сетей. – М.: Энергия, 1968. – 223 с.
3. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
4. Чукаев Д.С. Электрификация городского хозяйства. – М.: Высш. шк., 1974. – 214 с.
5. Глушков Г.Н. Электроснабжение строительного-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1982. – 231 с.
6. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях. – М.: Энергия, 1977. – 126 с.
7. Епанешников М.М. Электрическое освещение. – М.: Энергия, 1973. – 352 с.
8. Маркушевич Н.С. Регулирование напряжения и экономия электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 101 с.
9. Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Энергетические системы. – Мн.: Выш. шк., 1974. – 271 с.
10. СН 543–82. Инструкция по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства. – М.: Стройиздат. – 56 с.
11. СН 544–82. Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий. – М.: Стройиздат. – 32 с.
12. СН 541–82. Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов. – М.: Стройиздат. – 28 с.
13. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 304 с.

Дополнительная

1. Лесман Е.А. Освещение административных зданий и помещений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 87 с.
2. Ефимкина В.Ф., Софронов Н.Н. Светильники с газоразрядными лампами. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 102 с.
3. СН 305–77. Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: Стройиздат. – 36 с.
4. Плетнев Л.Ф. Устройства автоматики в городских электросетях. – М.: Энергия, 1974. – 62 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
1. Электрические нагрузки городов	7
1.1. Потребление электрической энергии в городах	7
1.2. Графики электрических нагрузок. Характеристики электропотребления	10
1.3. Методы определения расчетных электрических нагрузок	13
1.4. Электрические нагрузки жилых зданий	14
1.5. Электрические нагрузки общественных зданий	17
1.6. Электрические нагрузки предприятий	19
1.7. Определение нагрузки трансформаторной подстанции	22
1.8. Прогнозирование электрических нагрузок	24
2. Надежность электроснабжения	26
2.1. Режимы работы электрических сетей	26
2.2. Понятие о надежности электроснабжения	28
2.3. Классификация электроприемников по надежности электроснабжения	29
2.4. Способы обеспечения надежности электроснабжения	30
3. Напряжения электрических сетей. Режим нейтрали	33
3.1. Номинальные напряжения	33
3.2. Выбор напряжения электрических сетей	34
3.3. Режим нейтрали	37
4. Распределение электрической энергии	38
4.1. Основные требования к схемам электроснабжения	38
4.2. Схемы электроснабжения	38
4.3. Распределительные пункты и трансформаторные подстанции	42
4.4. Выбор места расположения ТП и мощности трансформаторов	46
4.5. Вводные и вводно-распределительные устройства зданий	48
4.6. Внутренние электропроводки зданий	50
4.7. Системы электроснабжения городов	51
5. Устройство и расчет электрических сетей	54
5.1. Воздушные и кабельные линии электропередачи	54
5.2. Охрана линий электропередачи	57
5.3. Расчет электрических сетей по условию нагревания	58
5.4. Расчет электрических сетей на отклонение напряжения	62
5.5. Понятие о расчете электрических сетей на термическую стойкость, чувствительность защиты к однофазным КЗ и экономическую плотность тока	64
5.6. Понятие о расчете электрических сетей на ЭВМ. Номографические методы расчета	66
5.7. Защита электрических сетей	66
5.8. Магнитные пускатели	71
6. Качество электрической энергии	72
6.1. Показатели качества электрической энергии	72
6.2. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников	73
6.3. Обеспечение качества электрической энергии	76
7. Реактивная мощность в электрических сетях	78
7.1. Реактивная мощность. Ее потребители и источники	78
7.2. Повышение коэффициента мощности. Коэффициент реактивной мощности	79
7.3. Управление потреблением реактивной мощности	80

8. Электробезопасность. Молниезащита	83
8.1. Общие положения	83
8.2. Заземление и зануление	83
8.3. Молниезащита зданий и сооружений	87
9. Электрическое освещение	90
9.1. Оптическое излучение и светотехнические величины	90
9.2. Электрические источники света	93
9.3. Светильники и прожекторы	94
9.4. Виды и системы освещения. Нормы освещенности.	101
9.5. Светотехнические расчеты.	105
9.6. Световое оформление города.	111
9.7. Управление электрическим освещением	115
10. Экономия электрической энергии.	116
10.1. Нормирование электропотребления	116
10.2. Снижение электропотребления	116
10.3. Учет и тарификация электрической энергии	119
Приложения	122
Рекондуемая литература	139

Учебное издание

Кузнецов Вячеслав Сергеевич

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ

Заведующий редакцией *Л.Д. Духвалов*

Редактор *Г.В. Вагабова*

Младший редактор *И.В. Моховикова*

Художник *Ю.С. Сергачев*

Художественный редактор *Ю.С. Сергачев*

Технический редактор *Л.И. Счисленок*

Корректор *З.Б. Звонарева*

Оператор *А.И. Маль*

ИБ № 2755

Подписано в печать с оригинала-макета 25.07.88 г. АТ 12624. Формат 60x90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Пресс Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,5. Усл. кр.-отт. 8,5.

Уч.-изд. л. 10,2. Тираж 4300 экз. Заказ 6414. Цена 80 к.

Издательство "Вышэйшая школа" Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220048, Минск, проспект Машерова, 11.

Типография "Победа", 222310, Молодечно, ул. Тавляя, 11.