
ВВЕДЕНИЕ

Комплексное развитие сельских территорий, их коммунально-бытовой и агропромышленной инфраструктуры напрямую связано с увеличением энергопотребления этих районов. Растущее энергопотребление ставит задачу развития энергетической системы сельской местности в целом и та-кой ее части, как электроэнергетическая, в частности.

Для наиболее полного удовлетворения потребностей различных подотраслей сельского хозяйства в качественной электрической энергии возникает прямая необходимость в модернизации имеющихся в эксплуатации и возведении новых распределительных пунктов, узловых и проходных трансформаторных подстанций, магистральных линий электропередачи.

С учетом непрерывного роста электрических нагрузок и возрастающих требований потребителей к качеству электрической энергии становится важным проведение реконструкции существующих и строительство новых распределительных электрических сетей.

Не менее важным фактором, обеспечивающим решение задачи развития электроэнергетической системы в сельской местности, является повышение уровня профессиональной подготовки эксплуатационного персонала, что включает в себя глубокую теоретическую подготовку, а также всестороннее развитие практических навыков и умений. Это позволяет оперативно и эффективно решать задачи, возникающие в процессе эксплуатации электрических сетей и установок.

Особое место в достижении поставленных целей отводится специалистам в области проектирования систем электроснабжения, а именно их умению с учетом конкретных условий и возможностей заказчика технически грамотно и в сжатые сроки произвести проекционные расчеты и обоснования.

Электроэнергетика в нашей стране по существу получила мощный импульс к развитию после принятия Государственного плана электрификации России (ГОЭЛРО) в 1920 г.

В России и СССР разработкой вопросов проектирования систем электроснабжения на протяжении XX столетия занимались Г. М. Кржижановский, В. А. Веников, Д. А. Арзамазцев, И. В. Будзко, Г. Е. Поспелов, Н. А. Мельников, А. А. Федоров, А. А. Васильев, С. С. Рокотян, Р. Салливан, В. К. Хлебников, И. М. Шапиро. В настоящее время работы в этой области проводятся Т. Б. Лещинской, В. И. Сукмановым и рядом других ученых.

В современных условиях все большее внимание уделяется автоматизации процессов проектирования. Это позволяет значительно сократить временные затраты и улучшить качество проектирования.

Однако при создании систем электроснабжения полный отказ от участия человека в проектировании практически невозможен. Связано это с тем, что при постановке и выполнении технического задания обычно имеется много субъективных моментов и особенностей, которые не поддаются формализации.

Поэтому наиболее эффективным подходом к созданию систем электроснабжения является подход, основанный на тесном взаимодействии человека и ЭВМ, получивший название автоматизированного проектирования. В этом случае методы проектирования претерпевают существенные изменения.

Вместе с тем сохраняются многие положения и принципы традиционного подхода, такие как:

- деление проектирования на стадии (научно-исследовательская работа, опытно-конструкторская работа, создание проектной документации);

- деление процесса создания проектной документации на этапы (эскизный проект, технический проект, рабочий проект, испытания опытного образца);
- блочно-иерархическая структура процесса проектирования (т. е. разделение описаний существенных свойств объекта в соответствии с иерархией уровней проектирования по степени подробности).

Из вышеизложенного видно, что традиционное проектирование в современных условиях так же актуально, как и прежде. При этом оно служит основой, фундаментом развития более сложных систем проектирования (автоматизированной и автоматической). Вот почему изучение основных приемов и подходов, используемых в традиционном проектировании, является важным и необходимым этапом в профессиональной подготовке специалистов в области проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

1.1. ЗАДАНИЕ НА РАСЧЕТ ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЯ

В качестве исходных данных для расчета внутреннего электроосвещения объекта необходимы следующие материалы:

- 1) план здания в масштабе 1:50, 1:100 или 1:200, на котором имеются габаритные размеры и основные строительные детали — двери, окна, колонны, а также контуры технологического оборудования — станки, конвейеры и т. п.;
- 2) нормативная освещенность помещений;
- 3) характеристика помещений по ПУЭ [8] (сырое, влажное, с химически активной средой, его пожаро- и взрывоопасность).

Проект разрабатывается в виде пояснительной записи и чертежей.

Строительная часть и оборудование вычерчиваются тонкими линиями, без подробностей, на каждом помещении пишется непосредственно его назначение, либо помещения нумеруются и составляется их экспликация. Части осветительной установки: питающая сеть или сеть по группам, светильники, щиты, выключатели — показываются на плане более толстыми линиями.

На каждом участке групповой сети должны быть указаны марка, число и сечение проводов, способ и место прокладки.

Светильники в производственных помещениях располагают равномерно рядами.

1.2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЯ

Рассчитаем освещение трех производственных помещений методом коэффициента использования светового потока. На рисунке 1.1 приведен план производственных помещений в масштабе 1:100.

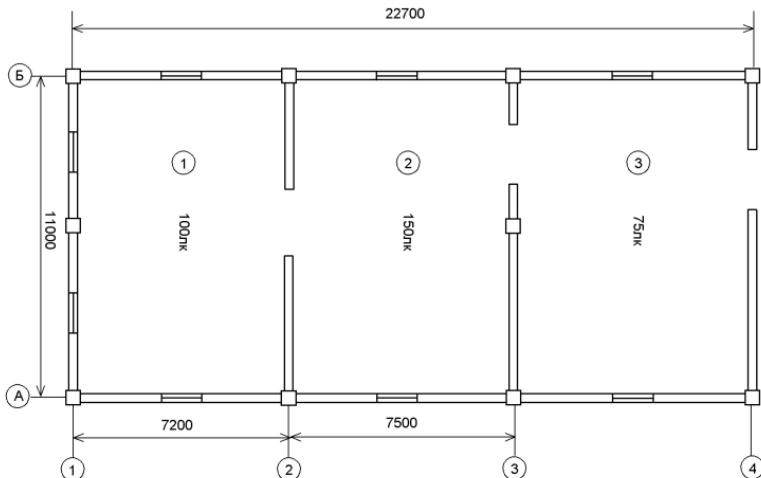


Рис. 1.1
План производственных помещений

ДЛЯ ПЕРВОГО ПОМЕЩЕНИЯ

В помещении площадью $F = A \cdot B = 7,2 \cdot 11 = 79,2 \text{ м}^2$ требуется обеспечить нормируемую освещенность $E_n = 100 \text{ лк}$ светильниками типа НСП 11-100-214.

Коэффициент запаса K_3 , учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации светильника примем равным 1,5, коэффициент неравномерности освещенности Z (отношение средней освещенности к минимальной) для ламп накаливания равен 1,5, коэффициенты отражения от пола, стен и рабочей поверхности $\rho_p = 0,5$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,1$.

Расчетная высота от условной рабочей поверхности до светильника $H_p = 3 \text{ м}$.

Определим необходимое количество светильников.

Данный тип светильника имеет кривую силы света КСС типа М (приложение Д, табл. 2).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i_{\pi} = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}. \quad (1.2.1)$$

Для первого помещения:

$$i_{\pi} = \frac{7,2 \cdot 11}{3,0 \cdot (7,2 + 11)} = 1,45.$$

Для КСС М и $i_{\pi} = 1,45$ при заданных коэффициентах отражения находим из таблицы 3.1 приложения Д коэффициент использования светового потока методом линейной интерполяции:

$$\frac{\eta_{oy} - 53}{1,45 - 1,25} = \frac{63 - 53}{2 - 1,25},$$

отсюда $\eta_{oy} = 55,7\%$.

В светильнике применена лампа накаливания Б215-225-100 со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 1380$ лм (приложение Д, табл. 4).

Находим необходимое число светильников по формуле

$$N = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot F \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta_{oy}}, \quad (1.2.2)$$

для первого помещения число светильников равно:

$$N = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 79,2 \cdot 1,15}{1380 \cdot 0,557} = 17,7 \approx 18.$$

Принимаем 3 ряда светильников по 6 шт. в ряду.

для ВТОРОГО ПОМЕЩЕНИЯ

В помещении площадью $F = A \cdot B = 7,5 \cdot 11 = 82,5 \text{ м}^2$ предполагается установить светильники типа ЛСП 02 с люминесцентными лампами ЛД-40. Требуется обеспечить нормируемую освещенность $E_{\text{н}} = 150$ лк. Примем коэффициент запаса $K_3 = 1,5$, коэффициент неравномерности освещенности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$, коэффициенты отражения от пола, стен и рабочей поверхности $\rho_{\pi} = 0,7$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,3$. Расчетная высота от условной рабочей поверхности до светильника $H_p = 3 \text{ м}$.

Определим необходимое количество светильников.

Данный тип светильника имеет КСС типа Д-2 (приложение Д, табл. 5). Индекс помещения находим по формуле (1.2.1).

$$i_{\text{пп}} = \frac{7,5 \cdot 11}{3,0 \cdot (7,5 + 11)} = 1,48.$$

Для КСС Д-2 и $i_{\text{пп}} = 1,48$ при заданных коэффициентах отражения находим из таблицы 3.2 приложения Д коэффициент использования светового потока методом линейной интерполяции:

$$\frac{\eta_{\text{oy}} - 68}{1,48 - 1,25} = \frac{84 - 68}{2 - 1,25}.$$

Отсюда $\eta_{\text{oy}} = 72,9\%$.

Находим число рядов светильников R .

Рекомендуемое значение отношения L/H для светильника с кривой силы света Д2 равно $1,4 \div 1,6$.

По условию $H_p = 3$ м.

Тогда расстояние между светильниками

$$L = 3 \cdot 1,4 = 4,2 \text{ м.}$$

Расстояние от стены до ближайшего ряда светильников l находится из соотношения (1.2.3):

$$l = (0,3 \div 0,5) \cdot L_M. \quad (1.2.3)$$

Отсюда:

$$l = 0,3 \cdot 4,2 = 1,26 \text{ м.}$$

Число рядов находим из формулы (1.2.4):

$$R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1; \quad (1.2.4)$$

$$R = \frac{7,5 - 2 \cdot 1,26}{4,2} + 1 = 2,15 \approx 2.$$

Определяем требуемый световой поток одного ряда из формулы (1.2.5), лм:

$$\Phi_{RP} = \frac{E_h \cdot K_3 \cdot F \cdot Z}{R \cdot \eta}, \quad (1.2.5)$$

$$\Phi_{RP} = \frac{150 \cdot 1,5 \cdot 82,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,729} = 20\ 418,75 \text{ лм.}$$

При использовании светильников с лампами мощностью 2×40 (с общим световым потоком 5200 лм (приложение Д, табл. 6), длина светильника $l_c = 1234$ мм), в ряду необходимо установить следующее количество светильников:

$$N_p = \frac{\Phi_p}{\Phi_l}, \quad (1.2.6)$$

где Φ_p — световой поток ряда, лм; Φ_l — световой поток лампы, лм.

$$N_p = \frac{20\ 418,76}{5200} = 4.$$

Расстояние между светильниками в ряду определяется по формуле (1.2.7), м:

$$L_A = \frac{B - 2 \cdot l - N_R \cdot l_c}{N_R - 1}, \quad (1.2.7)$$

$$L_A = \frac{11 - 2 \cdot 1,26 - 4 \cdot 1,234}{4 - 1} = 1,18 \text{ м.}$$

Данные светильники умещаются в ряд, и расстояние между соседними светильниками не превышает значения

$$0,5 \cdot H_p = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ м.}$$

Таким образом, принимаем 2 ряда светильников по 4 шт. в ряду.

для третьего помещения

В помещении площадью $F = A \cdot B = 8 \cdot 11 = 88 \text{ м}^2$ требуется обеспечить нормируемую освещенность $E_n = 75 \text{ лк}$ светильниками типа НСП 11-100-231. Примем коэффициент запаса $K_3 = 1,5$, коэффициент неравномерности освещенности для ламп накаливания $Z = 1,15$, коэффициенты отражения от пола, стен и рабочей поверхности $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$.

Определим необходимое количество светильников.

Данный тип светильника имеет КСС типа Д (приложение Д, табл. 2). Индекс помещения находим по формуле (1.2.1):

$$i_{\text{п}} = \frac{8 \cdot 11}{3 \cdot (8 + 11)} = 1,54.$$

Для КСС Д-2 и $i_{\text{п}} = 1,54$ при заданных коэффициентах отражения находим из таблицы 3.1 приложения Д коэффициент использования светового потока методом линейной интерполяции:

$$\frac{\eta_{\text{OY}} - 52}{1,54 - 1,25} = \frac{69 - 52}{2 - 1,25}.$$

Отсюда $\eta_{\text{OY}} = 58,6\%$.

В светильнике применена лампа БК215-225-100 со световым потоком $\Phi_{\text{L}} = 1500$ лм (приложение Д, табл. 4).

Находим необходимое число светильников по формуле (1.2.2):

$$N = \frac{75 \cdot 1,5 \cdot 88 \cdot 1,15}{1500 \cdot 0,558} = 12,95 \approx 13.$$

Принимаем 3 ряда по 4 светильника в ряду.

РАСЧЕТ НАГРУЗКИ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Расчет нагрузки осветительной сети производится по следующей формуле:

$$P_{\text{p}} = K_c \cdot \sum_{i=1}^N K_{\text{па}i} \cdot P_{\text{ном}i}, \quad (1.2.8)$$

где K_c — коэффициент спроса осветительной нагрузки; $K_{\text{па}i}$ — коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре i -й газоразрядной лампы; $P_{\text{ном}i}$ — номинальная мощность i -й лампы, Вт; N — количество ламп, установленных в помещении.

Коэффициент спроса для расчета нагрузки осветительной сети производственных помещений принимают следующим:

1) 1,0 — для мелких зданий и линий, питающих отдельные групповые щиты освещения;

- 2) 0,95 — для зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;
- 3) 0,85 — для зданий, состоящих из многих отдельных помещений;
- 4) 0,8 — для лечебных, административных и лабораторных помещений;
- 5) 0,6 — для складских зданий, состоящих из многих отдельных помещений, а также для электрических подстанций.

В данном примере принимаем коэффициент спроса для зданий, состоящих из многих отдельных помещений, т. е. 0,85.

Значение $K_{\text{пai}}$ принимаем [6]:

- для ламп накаливания — 1;
- для ламп типа ДРЛ, ДРИ — 1;
- для люминесцентных ламп со стартерной схемой пуска — 1,2;
- для люминесцентных ламп с бесстартерной схемой пуска — 1,3.

Для последующего выбора плавкой вставки предохранителей осветительного щита определим суммарную мощность всех потребителей по формуле (1.2.8)

$$P_p = 0,85 \cdot (18 \cdot 1 \cdot 0,1 + 8 \cdot 1,3 \cdot 0,08 + 12 \cdot 1 \cdot 0,1) = \\ = 3,832 \text{ кВт.}$$

Определим рабочий ток щита освещения по формуле, А:

$$I = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi}, \quad (1.2.9)$$

где U_n — номинальное напряжение щита освещения, В; $\cos\varphi$ — коэффициент мощности, соответствующий осветительной нагрузке.

$$I = \frac{3,832}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 5,83 \text{ А.}$$

План осветительной сети приведен на рисунке 1.2.

Условные обозначения приняты в соответствии с ГОСТ 21.608-84.

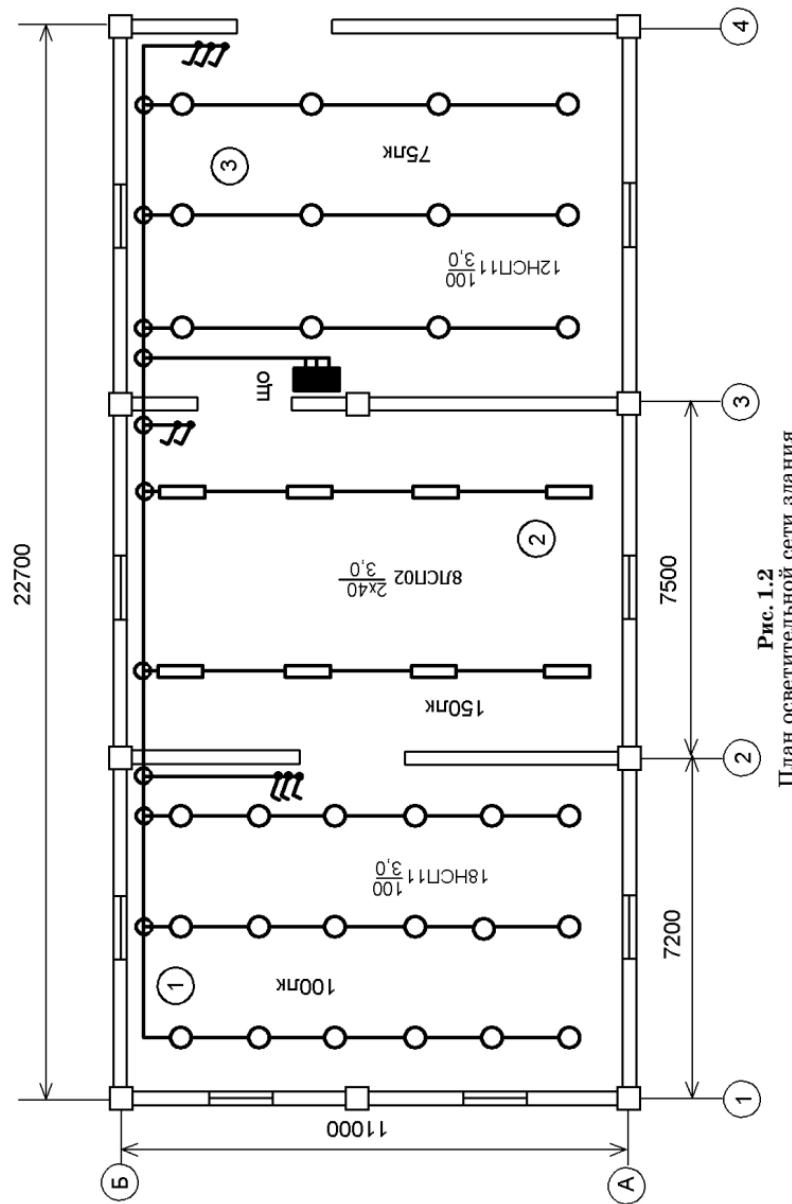


Рис. 1.2
План осветительной сети здания

1.3. ЗАДАНИЕ НА РАСЧЕТ СИЛОВОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38 кВ

В качестве исходных данных для расчета силовой сети напряжением 0,38 кВ необходимы следующие материалы:

- план здания в масштабе 1:50, 1:100 или 1:200 с нанесенным электрифицируемым технологическим оборудованием;
- перечень всех электроприемников здания с указанием типа, мощности, марки и назначения машин (механизмов);
- основные параметры электропотребителей.

Проект разрабатывается в виде пояснительной записи и чертежей.

Строительная часть и оборудование вычерчиваются тонкими линиями, без подробностей, на плане каждого помещения указывается его назначение, либо помещения нумеруются и составляется их экспликация. Части силовой сети и пускозащитной аппаратуры показываются на плане более толстыми линиями.

На каждом участке групповой сети должны быть указаны марка, число и сечение проводов, способ и место прокладки.

1.4. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ СЕТИ 0,38 кВ

Для защиты электрооборудования и силовой сети от токов короткого замыкания и перегрузок служит пускозащитная аппаратура. К ней относятся:

- автоматические выключатели (защищают от токов короткого замыкания и перегрузок или снижения напряжения);
- плавкие предохранители (защищают от токов короткого замыкания и перегрузок);
- устройства и реле, защищающие от перегрузок.

Для выбора и расчета пускозащитной аппаратуры используют следующие данные:

- тип электродвигателя, его номинальное напряжение U_n , активная мощность P_n и коэффициент загрузки K_3 (сообщаются технологом проектировщику);
- коэффициент полезного действия η , коэффициент мощности $\cos\phi$, кратность пускового тока K_p (выбираются проектировщиком из соответствующих каталогов).

Номинальный ток электродвигателя определяем по формуле

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos\phi}. \quad (1.4.1)$$

Пусковой (максимальный) ток I_p будет равен

$$I_p = I_{\max} = I_n \cdot K_p. \quad (1.4.2)$$

Рабочий ток I_p рассчитывается как

$$I_p = I_n \cdot K_3. \quad (1.4.3)$$

Для трансформаторов номинальный ток определяем следующим образом:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (1.4.4)$$

где S_n — полная номинальная мощность трансформатора, ВА.

Условия выбора автоматических воздушных выключателей сводятся к следующему:

- номинальное напряжение выключателя должно соответствовать напряжению сети, т. е.

$$U_{n, \text{авт}} \geq U_c; \quad (1.4.5)$$

- номинальный ток автомата должен быть равен рабочему или превышать его

$$I_{n, \text{авт}} \geq I_p; \quad (1.4.6)$$

- номинальный ток расцепителя автомата должен быть равен рабочему току электроприемника или превышать его

$$I_{n, p} \geq I_p; \quad (1.4.7)$$

- расчетный ток теплового расцепителя автомата определяется из условия:

$$I_{t,p} = (1,15 \div 1,2) \cdot I_p; \quad (1.4.8)$$

- правильность срабатывания электромагнитного расцепителя автомата проверяют из условия

$$I_{\text{эмр}} \geq 1,25 \cdot I_{\max}. \quad (1.4.9)$$

Выбираем автоматический выключатель для ввода в распределительный шкаф исходя из двух условий:

$$I_{\text{н. авт}} \geq \Sigma I_{pi}; \quad (1.4.10)$$

$$I_{\text{эмр}} = (1,5 \div 1,8) \cdot [\Sigma I_{pi} + (I_{\text{п. нб}} - I_{\text{н. нб}})]. \quad (1.4.11)$$

Для выбора сечения проводов в соответствии с [4] находим $I_{\text{доп}}$.

Сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными проводами с горючей оболочкой или изоляцией, должны быть защищены от перегрузок так, чтобы

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{н. расц}}. \quad (1.4.12)$$

Также от перегрузок защищают осветительные сети в жилых и общественных зданиях и в пожароопасных зонах.

При защищенной проводке в помещениях нормально-го типа необходимо выполнить защиту от коротких замыканий. Так, для автоматов с тепловыми расцепителями $I_{\text{т. р}}$

$$I_{\text{доп}} \geq 0,67 \cdot I_{\text{т. р}}$$

или

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{т. р}} / 1,5, \quad (1.4.13)$$

а для автоматов с электромагнитными расцепителями $I_{\text{эмр}}$

$$I_{\text{доп}} \geq 0,22 \cdot I_{\text{эмр}} \quad \text{или} \quad I_{\text{доп}} \geq I_{\text{эмр}} / 4,5. \quad (1.4.14)$$

При этом всегда

$$I_{\text{доп}} \geq I_p. \quad (1.4.15)$$

Для внутренних электропроводок допустимая потеря напряжения в соответствии с [7] не должна превышать 2,5%. Проверку сечения кабеля по потере напряжения производим по формуле (%)

$$\Delta U = P_{\text{расч}} \cdot L / (C \cdot F), \quad (1.4.16)$$

где $P_{\text{расч}}$ — мощность, передаваемая по участку, кВт; L — длина линии (участка), м; F — сечение провода, мм^2 ; C —

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru