



**Министерство образования и науки РФ
Рубцовский индустриальный институт
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

О.П. Балашов

Электроснабжение

Методическое пособие к практическим занятиям
для студентов, обучающихся по направлению 140400
«Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения

Рубцовск 2013

УДК 621.31

Балашов О.П. Электроснабжение: Методическое пособие к практическим занятиям для студентов, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения /Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2013. - 53 с.

В методическом пособии приведено содержание практических занятий по дисциплине «Электроснабжение» для студентов, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника». Приведены варианты типовых задач для самостоятельного решения.

Рассмотрено и одобрено
на заседании НМС РИИ.
Протокол № 4 от 23.05.2013г.

Рецензенты: к.т.н., доцент

Э.С. Маршалов

© Рубцовский индустриальный институт, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1 Расчет электрических нагрузок | 4 |
| 1.1 Расчет электрических нагрузок для узла питания | 4 |
| 1.2 Расчет нагрузки по цехам | 7 |
| 2 Картограмма электрических нагрузок и определение условного центра электрических нагрузок | 9 |
| 3 Выбор напряжения внешнего электроснабжения..... | 12 |
| 4 Выбор количества и мощности трансформаторов..... | 14 |
| 5 Компенсация реактивной мощности на предприятии..... | 18 |
| 6 Выбор сечений проводников распределительных сетей | 21 |
| 7 Выбор аппаратов защиты, проводов и кабелей низкого напряжения для питания электроприемников и распределительных узлов..... | 23 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 29 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 33 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В | 39 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г | 40 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д | 42 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е..... | 44 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Ж | 48 |

1 Расчет электрических нагрузок

Расчет нагрузок должен выполняться согласно действующим «Указаниям по расчету электрических нагрузок» РТМ 36.18.32.4-92, изложенным в [1].

1.1 Расчет электрических нагрузок для узла питания

Расчет электрических нагрузок для узла питания (распределительного шкафа, распределительного и магистрального шинопроводов) осуществляется в следующей последовательности.

1) Вначале необходимо расставить распределительные шкафы и распределительные шинопроводы и присоединить к ним электроприемники, ориентируясь на их взаимное расположение на плане участка или цеха. На один шкаф рекомендуется присоединять до 8-10 электроприемников, на шинопроводы - до 20-25, суммарной установленной мощностью не более 250-300 *кВт*, электроприемники мощностью свыше 100 - 120 *кВт* рекомендуется присоединять к магистральному шинопроводу или низковольтному щиту трансформаторной подстанции.

Питание подъемно-транспортных устройств (мостовых кранов, кран-балок и т. п.) должно осуществляться от внутренних питающих электрических сетей общего назначения напряжением 380/220 В переменного тока через открытые главные троллеи, троллейные шинопроводы или с помощью гибких кабельных токопроводов. Питание главных троллеев, троллейных шинопроводов с расчетным током порядка 100 А и более рекомендуется осуществлять радиальными кабельными линиями от цеховых трансформаторных подстанций или магистральных шинопроводов, а при меньших токах - от распределительных шкафов или распределительных шинопроводов.

2) Для всех ЭП, присоединенных к узлу, определяется коэффициент использования $k_{И}$ и коэффициент мощности $\cos\varphi$, которые принимаются по справочным данным, приложения Б1. По величине $\cos\varphi$ определяют $tg\varphi$.

Исходные данные для расчета (графы 1-4) заполняются на основании полученного задания и согласно справочным материалам (графы 5, 6), в которых приведены значения коэффициентов использования и реактивной мощности для индивидуальных ЭП. При наличии в справочных материалах интервальных значений $k_{И}$ для расчета следует принимать наибольшее значение.

Для ЭП с повторно-кратковременным режимом работы их номинальные мощности не приводятся к длительному режиму (ПВ=100%), а записываются паспортными значениями.

При включении однофазного ЭП он учитывается как эквивалентный трехфазный ЭП номинальной мощностью [1, 2].

3) Заносится в графу 2 количество ЭП по каждой группе n и определяется в целом по узлу присоединения Σn ;

4) Для каждой группы однородных ЭП (станки, сварочные установки, вентиляторы и т.п.) определяется суммарная номинальная мощность ΣP_H . В графах 7 и 8 соответственно записываются построчно промежуточные средние величины активной и реактивной нагрузки:

$$P_{CP} = P_H \cdot K_{II}, \text{ кВт}; \quad (1)$$

$$Q_{CP} = P_H \cdot K_{II} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ квар.} \quad (2)$$

5) В итоговой строке для узла присоединения (ШС, ШР и т.п.) определяются суммы этих величин $\Sigma P_H, \Sigma P_{CP}, \Sigma Q_{CP}$.

6) Для узла определяется групповой коэффициент использования K_{II} и групповой тангенс $\operatorname{tg} \varphi$ по формулам:

$$K_{II} = \frac{\Sigma P_{CP}}{\Sigma P_H}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\Sigma Q_{CP}}{\Sigma P_{CP}}. \quad (3)$$

Значения найденных величин заносятся в графы 5 и 6 итоговой строки.

7) Для определения эффективного числа ЭП $n_{Э}$ в графе 9 построчно определяются для каждой характерной группы ЭП одинаковой мощности величины $n \cdot P_H^2$, а в итоговой строке – их суммарное значение $\Sigma n \cdot P_H^2$. Как правило, $n_{Э}$ для итоговой строки определяется по выражению:

$$n_{Э} = \frac{(\Sigma P_H)^2}{\Sigma n P_H^2}. \quad (4)$$

При отсутствии полных данных о ЭП (магистральный шинопровод, распределительное устройство (РУ) цеховой ТП) $n_{Э}$ определяют по упрощенной формуле:

$$n_{Э} = \frac{2 \Sigma P_H}{P_{H.MAX}}. \quad (5)$$

Найденное значение $n_{Э}$ округляется до ближайшего меньшего целого числа и не может быть больше фактического значения n . Если получается, что $n_{Э} > n$, то принимают $n_{Э} = n$.

8) В зависимости от средневзвешенного (группового) коэффициента использования K_{II} и эффективного числа ЭП $n_{Э}$ определяется и заносится в графу 11 итоговой строки расчетный коэффициент K_P , который для ШС или ШР принимается по приложению А1.

Для магистрального шинопровода, РУ цеховых ТП и т.п. K_P принимается по приложению А2, если $\Sigma P_{CP} > 250 \text{ кВт}$, и по приложению А1, если $\Sigma P_{CP} \leq 250 \text{ кВт}$.

9) Расчетная активная мощность подключенных к узлу питания ЭП (графа 12) определяется с учетом K_P по выражению:

$$P_P = K_P \cdot \Sigma P_{CP} = K_P \cdot \Sigma K_{II} \cdot P_H. \quad (6)$$

В случаях, когда расчетная мощность окажется меньше номинальной мощности наибольшего ЭП, следует принимать $P_P = P_{H.MAX}$.

10) Расчетная реактивная мощность (графа 13) для групп ЭП (ШР, ШС) определяется:

$$Q_P = 1,1 \cdot \Sigma Q_{CP} \quad \text{при } n_{\Sigma} \leq 10; \quad (7)$$

$$Q_P = \Sigma Q_{CP} \quad \text{при } n_{\Sigma} > 10; \quad (8)$$

Для магистральных шинопроводов и РУ ТП:

$$Q_P = P_P \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (9)$$

11) Расчетная полная мощность (графа 14) и расчетный ток (графа 15) находятся:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}, \quad (10)$$

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (11)$$

Пример расчета приведен в приложении А4.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Для группы электроприемников с указанными ниже паспортными данными определить средние и расчетные нагрузки:

- сварочная машина стыковой сварки: 125 кВА, $\cos \varphi = 0,95$, $\kappa_u = 0,55$;
- 14 механизмов с асинхронными двигателями мощностью по 22 кВт, $\cos \varphi = 0,75$, $\kappa_u = 0,3$;
- три электроприемника мощностью по 40 кВт, $\cos \varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,45$;
- семь электроприемников мощностью по 8 кВт, $\cos \varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,4$.

2. Для группы электроприемников с указанными ниже паспортными данными определить средние и расчетные нагрузки:

- асинхронный двигатель поворота ванны сталеплавильной печи: $P_{ном} = 125$ кВт, $\cos \varphi = 0,95$, $\kappa_u = 0,63$;
- 18 асинхронных двигателей приводов механизмов мощностью по 25 кВт, $\cos \varphi = 0,65$, $\kappa_u = 0,22$;
- три электроприемника мощностью по 40 кВт·А, один - 50 кВт, $\cos \varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,4$;
- семь электроприемников мощностью по 15 кВт, $\cos \varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,65$.

3. Определить средние и расчетные нагрузки группы электроприемников с указанными ниже данными:

- 2 сушильных шкафа с номинальной мощностью по 95 кВт, $\cos \varphi = 0,95$, $\kappa_u = 0,55$;
- 11 асинхронных двигателей металлорежущих станков мощностью по 17 кВт, $\cos \varphi = 0,65$, $\kappa_u = 0,2$;
- десять электроприемников мощностью по 33 кВт, кузнечный молот с приводом от асинхронного двигателя мощностью 50 кВт·А, у каждого $\cos \varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,25$;
- четыре электроприемника мощностью по 18 кВт, $\cos \varphi = 0,85$, $\kappa_u = 0,35$.

4. Рассчитать средние и расчетные нагрузки для группы электроприемников с указанными ниже паспортными данными:

- асинхронный двигатель наклона ванны сталеплавильной печи: $P_{нам} = 110$ кВт, $\cos\varphi = 0,95$, $ПВ_{насн} = 25\%$, $\kappa_u = 0,65$;
- 24 асинхронных двигателей приводов различных механизмов номинальной мощностью по 12кВт, $\cos\varphi = 0,65$, $\kappa_u = 0,18$;
- семь электроприемников мощностью по 45 кВт, $\cos\varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,3$;
- девять электроприемников мощностью по 32 кВт, $\cos\varphi = 0,8$, $\kappa_u = 0,4$.

5. Для группы электроприемников с указанными ниже паспортными данными определить средние и расчетные нагрузки:

- сварочная машина стыковой сварки: 125 кВА, $\cos\varphi = 0,95$, $\kappa_u = 0,55$;
- 14 механизмов с асинхронными двигателями мощностью по 22 кВт, $\cos\varphi = 0,65$, $\kappa_u = 0,25$;
- три электроприемника мощностью по 40 кВт, $\cos\varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,3$;
- семь электроприемников мощностью по 8 кВт, $\cos\varphi = 0,7$, $\kappa_u = 0,45$.

1.2 Расчет нагрузки по цехам

Так как расчетная нагрузка каждого цеха состоит из осветительной и силовой, которые определяются по разным методикам, то вначале рассчитывают осветительную нагрузку, а затем силовую.

Расчет осветительной нагрузки может быть выполнен методом удельной мощности и коэффициента спроса. Для этого намечают тип источника света и в зависимости от предполагаемого разряда зрительных работ на объекте принимают удельную мощность осветительной нагрузки $p_{уд.о}$ ($Вт/м^2$). Так, для работ высокой точности следует принять 18-21, для средней 15-17 и для малой точности 10-14 $Вт/м^2$. Рекомендуемые значения $p_{уд.о}$ для некоторых объектов приведены в приложении В1.

Установленная мощность освещения цеха определяется по формуле:

$$P_{y.o} = p_{уд.о} \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

где F - площадь рассчитываемого цеха, $м^2$.

В зависимости от назначения и площади цеха, объекта, по таблице приложения В2 принимают коэффициент спроса, K_c . Расчетная мощность осветительной нагрузки определяется по формулам:

$$P_{p.o} = P_{y.o} \cdot K_c; \quad (13)$$

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot tg\varphi. \quad (14)$$

При расчете реактивной мощности осветительной установки следует учитывать, что установки с люминесцентными и энергосберегающими лампами имеют коэффициент мощности, равный 0,8 ($tg\varphi = 0,75$), с лампами ДРИ, ДРЛ – 0,5 ($tg\varphi = 1,73$).

Полученные значения $P_{y.o}$, $P_{p.o}$ и $Q_{p.o}$ вносят в таблицу расчета нагрузок по цехам завода в колонки 4, 7 и 8, 11 и 12 (приложение А5).

Расчет нагрузок по цехам и объектам предприятия начинают с определения по справочным материалам коэффициента мощности и коэффициента использования установленной мощности электроприемников цеха. Значения коэффициентов приведены в приложении Б2. Для цехов и подразделений, не указанных в приложении, коэффициент использования может быть принят по аналогичным производствам других отраслей хозяйства.

В отличие от расчета нагрузок по силовым шкафам и шинопроводам данная методика имеет некоторые особенности.

Эффективное число электроприемников в целом по цеху, объекту определяется по упрощенной формуле (когда нет возможности использовать точную формулу 4):

$$n_3 = \frac{2 \sum P_n}{P_{n.\max}}, \quad (15)$$

при этом n_3 не может быть больше фактического n . Если получается больше, то принимают n_3 равным n .

По найденным значениям K_u и n_3 находят значение расчетного коэффициента K_p , который определяется по таблице А1 при $P_{cp} \leq 250 \text{ кВт}$ и по таблице А2 при $P_{cp} > 250 \text{ кВт}$. Это связано с тем, что при указанных мощностях в цехах наиболее экономичной является установка распределительных шкафов и шинопроводов, а не трансформаторных подстанций.

Нагрузки от высоковольтных электроприемников (ЭП) в цехах определяются с учетом следующих моментов:

а) при количестве высоковольтных ЭП $n \leq 2$ их средние и расчетные мощности приравниваются к номинальным, т.е.

$$P_p = P_{c.p} = P_n; \quad (16)$$

$$Q_p = Q_{c.p} = P_n \cdot \text{tg}\varphi_n; \quad (17)$$

б) при количестве $n > 2$ для высоковольтных ЭП, имеющих длительный режим работы, т.е. $K_u \geq 0,6$, и коэффициент включения, близкий к единице (вентиляторы, насосы, компрессоры и т.п.), расчетные мощности равны средним и для них n_3 равно n , а $K_p = 1$.

$$P_p = P_{c.p} = K_u \cdot P_n; \quad (18)$$

$$Q_p = Q_{c.p} = K_u \cdot P_n \cdot \text{tg}\varphi_n = P_{c.p} \cdot \text{tg}\varphi_n. \quad (19)$$

Следует заметить, что дуговые сталеплавильные печи (ДСП) хотя и имеют резкопеременный график нагрузки, но их коэффициент использования близок к длительному режиму $K_u \geq 0,6 - 0,75$. Расчет нагрузки от ДСП производится также с учетом вышеприведенных уточнений. Аналогично производится расчет и для индукционных плавильных установок. При расчете нагрузок высоковольтных электроустановок реактивная мощность определяется не по средневзвешенному $\text{tg}\varphi$, а по номинальному значению

$tg\varphi_n$, соответствующему $\cos\varphi_n$. При этом значения $Q_p = Q_{c.p}$ в расчете нагрузок от синхронных двигателей приводов механизмов в графы 8 и 12 заносятся со знаком «минус» (таблица А5), так как синхронные двигатели являются источниками реактивной мощности.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить расчетную нагрузку деревообрабатывающего цеха, суммарная установленная мощность которого составляет 750 кВт. Мощность силовых электроприемников цеха колеблется от 3 до 45 кВт, $K_u = 0,2-0,32$, $\cos\varphi = 0,65-0,7$. При расчете осветительной нагрузки следует принять $p_{уд.о} = 16 \text{ Вт/м}^2$, $S=2100\text{м}^2$, $\kappa_c = 0,85$.

2. Определить расчетную нагрузку ремонтно-механического цеха, суммарная установленная мощность которого составляет 820 кВт. Мощность силовых электроприемников РМЦ колеблется от 3 до 63 кВт, $K_u = 0,2-0,35$, $\cos\varphi = 0,65-0,8$. При расчете осветительной нагрузки следует принять $p_{уд.о} = 20\text{Вт/м}^2$, $S=2200\text{м}^2$, $\kappa_c = 0,95$.

3. Определить расчетную нагрузку цеха цветных металлов, суммарная установленная мощность которого составляет 2600 кВт. Мощность силовых электроприемников цеха колеблется от 2,2 до 120 кВт, $K_u = 0,5-0,75$, $\cos\varphi = 0,75-0,85$. При расчете осветительной нагрузки следует принять $p_{уд.о} = 18\text{Вт/м}^2$, $S=4200\text{м}^2$, $\kappa_c = 0,95$.

4. Определить расчетную нагрузку автоматного цеха, суммарная установленная мощность которой составляет 1620 кВт. Мощность силовых электроприемников колеблется от 2,2 до 63 кВт, $K_u = 0,5-0,7$, $\cos\varphi = 0,75-0,85$. При расчете осветительной нагрузки следует принять $p_{уд.о} = 20 \text{ Вт/м}^2$, $S=2800\text{м}^2$, $\kappa_c = 0,9$.

5. Определить расчетную нагрузку цеха метизов, суммарная установленная мощность которого составляет 950 кВт. Мощность силовых электроприемников цеха колеблется от 2,1 до 55 кВт, $K_u = 0,4-0,65$, $\cos\varphi = 0,65-0,7$. При расчете осветительной нагрузки следует принять $p_{уд.о} = 18 \text{ Вт/м}^2$, $S=2400\text{м}^2$, $\kappa_c = 0,9$.

2 Картограмма электрических нагрузок и определение условного центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой нанесенные на генплан окружности, площади которых в принятом масштабе равны расчетным активным нагрузкам цехов. Каждому цеху, объекту, участку соответствует своя окружность, центр которой совмещают с центром нагрузок цеха, т.е. условной

точкой потребления электроэнергии. Каждый круг может быть разделен на секторы, соответствующие силовой низковольтной, осветительной, высоковольтной нагрузке.

Картограмма нагрузок дает представление о величине расчетной нагрузки и о ее составе.

Нагрузки по характеру размещения на генплане предприятия могут быть сосредоточенными (насосные, компрессорные) и распределенными (цеха металлообработки, текстильные и т.п.).

Поскольку площадь окружности в принятом масштабе соответствует нагрузке

$$P_{pi} = \pi r_i^2 m, \quad (20)$$

то из этого выражения радиус окружности определяется как

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi m}}, \quad (21)$$

где P_{pi} – суммарная расчетная мощность i -го цеха, участка;

m – масштаб $кВт/мм^2, кВт/см^2$.

Величину масштаба m подбирают экспериментально, ориентируясь на чертеж генплана предприятия и максимальную и минимальную нагрузку цехов и зданий.

На основании построенной картограммы определяют координаты центра электрических нагрузок (ЦЭН) предприятия, цеха:

$$X_o = \frac{\sum_1^n P_{pi} \cdot X_i}{\sum_1^n P_{pi}}, \quad Y_o = \frac{\sum_1^n P_{pi} \cdot Y_i}{\sum_1^n P_{pi}}, \quad (22)$$

где n – число цехов или участков;

X_i и Y_i – координаты i -го цеха или участка (в см или мм измеряют по чертежу).

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить параметры картограммы для каждого из цехов и ЦЭН для группы (данные см. таблица):

| Наименование цеха | Расчетные нагрузки | | | Координаты центра цеха | |
|-------------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------------|--------------|
| | $P_{p0,4}$ кВт | $P_{p.осв}$ кВт | P_{p10} кВт | $x_{ib}, см$ | $y_{ib}, см$ |
| Компрессорная | 345 | 32 | 2250 | 135 | 200 |
| Конденсатная | 275 | 24 | 0 | 222 | 200 |
| Заводоуправление | 162 | 42 | 0 | 168 | 342 |
| Механический | 920 | 40 | 0 | 263 | 280 |

2. Определить параметры картограммы для каждого из цехов и ЦЭН для группы (данные см. таблица):

| Наименование цеха | Расчетные нагрузки | | | Координаты цеха | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------------|----------|
| | $P_{p0,4}$ кВт | $P_{p.осв}$ кВт | $P_{p10.}$ кВт | $x_i, м$ | $y_i, м$ |
| Литейный | 3160 | 52 | 0 | 184 | 182 |
| Энергосиловой | 376 | 32 | 0 | 146 | 52 |
| Ремонтно-механический | 456 | 43 | 0 | 95 | 52 |
| Насосная | 267 | 10,2 | 1500 | 162 | 30 |

3. Определить параметры картограммы для каждого из цехов и ЦЭН для группы (данные см. таблица):

| Наименование цеха | Расчетные нагрузки | | | Координаты цеха | |
|--------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------|
| | $P_{p0,4}$ кВт | $P_{p.осв}$ кВт | $P_{p10.}$ кВт | $x_i, м$ | $y_i, м$ |
| Механосборочный | 72 | 36 | 0 | 256 | 192 |
| Цех стального литья | 3180 | 54 | 0 | 120 | 210 |
| Сварочно-заготовительный | 2100 | 50 | 0 | 300 | 192 |
| Цех оснастки | 520 | 46 | 1400 | 316 | 180 |

4. Определить параметры картограммы для каждого из цехов и ЦЭН для группы (данные см. таблица):

| Наименование цеха | Расчетные нагрузки | | | Координаты центра цеха | |
|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| | $P_{p0,4}$ кВт | $P_{p.осв}$ кВт | $P_{p10.}$ кВт | $x_i, см$ | $y_i, см$ |
| Приборно-сборочный | 1520 | 62 | 0 | 82 | 90 |
| Цех точного литья | 840 | 45 | 0 | 162 | 135 |
| Термический | 1210 | 54 | 0 | 180 | 90 |
| РМЦ | 302 | 32 | 0 | 100 | 100 |

5. Определить параметры картограммы для каждого из цехов и ЦЭН для группы (данные см. таблица):

| Наименование цеха | Расчетные нагрузки | | | Координаты центра цеха | |
|-------------------|--------------------|-----------------|----------------|------------------------|-----------|
| | $P_{p0,4}$ кВт | $P_{p.осв}$ кВт | $P_{p10.}$ кВт | $x_i, см$ | $y_i, см$ |
| Насосная | 220 | 32 | 1500 | 135 | 200 |
| Главный корпус | 2075 | 64 | 0 | 222 | 200 |
| Сборочный | 730 | 42 | 0 | 168 | 342 |
| Автоматный | 920 | 40 | 0 | 263 | 280 |

3 Выбор напряжения внешнего электроснабжения

Выбор напряжения питания, т.е. внешнего электроснабжения, зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения, имеющегося на источнике питания.

При возможности получения электроэнергии от двух и более источников питания напряжение следует выбирать на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Для приближенного определения рационального напряжения $U_{рац}, кВ$, можно воспользоваться эмпирическими формулами:

1) Илларионова

$$U_{рац} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{l} + \frac{2500}{P}}}; \quad (23)$$

2) Стилла

$$U_{рац} = 4,34\sqrt{l + 16P}; \quad (24)$$

3) Никогосова

$$U_{рац} = 16\sqrt[4]{P \cdot l}; \quad (25)$$

4) Вейкерта

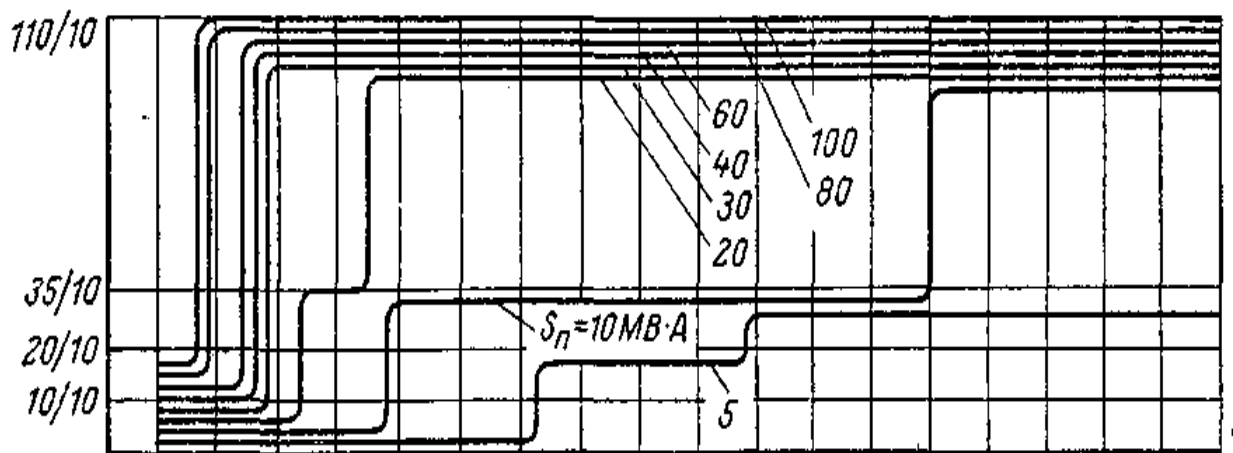
$$U_{рац} = 3\sqrt{S} + 0,5l, \quad (26)$$

где P и S - передаваемая активная и полная мощность предприятия, $МВт$ или $МВ \cdot А$;

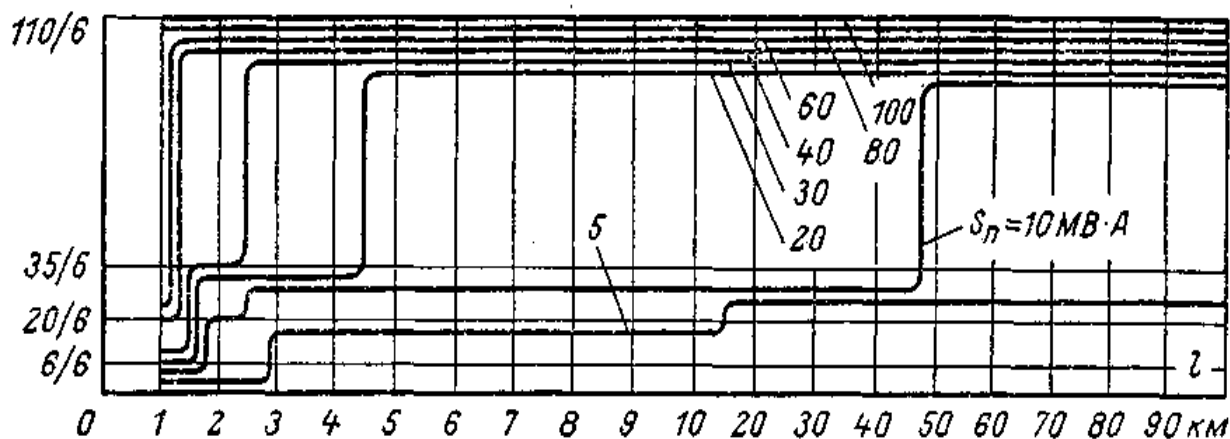
l - расстояние от ГПП (ПГВ, ЦРП) предприятия до источника питания, км.

Рекомендуется использовать формулы Илларионова, Стилла и Никогосова для предприятий, у которых расчетная нагрузка составляет более 5 тыс. $кВ \cdot А$, а формулу Вейкерта при электрических нагрузках до 5 тыс. $кВ \cdot А$ включительно.

Эмпирические формулы учитывают только передаваемую мощность и длину питающей линии, но не учитывают стоимость потерь электроэнергии и наличие трансформации на напряжения 6 или 10 кВ, поэтому более точную величину напряжения внешнего электроснабжения можно получить, воспользовавшись номограммами, приведенными в [3, 4] или рисунке 1.



а)



б)

Рисунок 1 - Номограммы для приблизительного определения рационального напряжения электроснабжения в зависимости от передаваемой мощности S_p и длины питающей линии l :

а) с трансформацией на 10 кВ; б) с трансформацией на 6 кВ

Несмотря на значительную неопределенность задачи выбора напряжения внешнего электроснабжения, опыт выполнения технико-экономических расчетов (ТЭР) в проектной практике позволяет дать ряд общих рекомендаций:

1) напряжения 10 и 6 кВ в питающих сетях могут применяться для предприятий небольшой мощности (до 5 МВ·А) при удаленности от источника питания до 1,5-2 километров. Напряжение 10 кВ предпочтительнее, как более экономичное, если оно имеется у источника питания;

2) напряжение 20 кВ пока не получило распространения из-за отсутствия массового выпуска оборудования на это напряжение (трансформаторы, выключатели и др.). Но его можно рассматривать в случае распределения по территории предприятия к цеховым подстанциям 20/6-10 кВ;

3) напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества для предприятий средней мощности при передаваемой мощности 5-15 МВ·А на расстояние до 10-15 км. На этом напряжении можно и распределять электроэнергию к подстанциям 35/0,4-0,66 или 35/6-10 кВ с помощью магистралей глубоких вводов, когда отсутствуют электродвигатели высокого напряжения;

4) напряжение 110 кВ целесообразно применять для питания предприятий средней и большой мощности порядка до 150 МВ·А. Для предприятий большей мощности целесообразно рассматривать напряжение питания 220 кВ при наличии его на источнике питания.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выбрать напряжение внешнего электроснабжения для промышленного предприятия с расчетной нагрузкой $P_p = 11420$ кВт, $Q_p = 6200$ квар и удаленной от источника питания на 16 км.

2. Выбрать напряжение внешнего электроснабжения для промышленного предприятия с расчетной нагрузкой $P_p = 27100$ кВт, $Q_p = 15560$ квар и удаленной от источника питания на 22 км.

3. Выбрать напряжение внешнего электроснабжения для промышленного предприятия с расчетной нагрузкой $P_p = 1370$ кВт, $Q_p = 8560$ квар и удаленной от источника питания на 45 км.

4. Выбрать напряжение внешнего электроснабжения для промышленного предприятия с расчетной нагрузкой $P_p = 12500$ кВт, $Q_p = 9600$ квар и удаленной от источника питания на 25 км.

5. Выбрать напряжение внешнего электроснабжения для промышленного предприятия с расчетной нагрузкой $P_p = 13420$ кВт, $Q_p = 7200$ квар и удаленной от источника питания на 38 км.

4 Выбор количества и мощности трансформаторов

Количество трансформаторов на цеховых подстанциях определяется категорией надежности электроснабжения питаемых ЭП.

Число трансформаторов на подстанциях обычно принимают 1 или 2, трехтрансформаторные подстанции принимают как исключение, в случае питания значительных сосредоточенных нагрузок при $S_{y\partial} > 1,0 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2$ и $S_m \geq 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. На подстанции рекомендуется устанавливать трансформаторы одинаковой мощности.

Однотрансформаторные подстанции предусматривают:

а) для питания ЭП III категории, допускающих перерыв электроснабжения на время замены или ремонта оборудования;

б) для питания ЭП II категории в случае сооружения в цехе нескольких однотрансформаторных подстанций, питаемых от разных линий, и устройства между ними соединительных перемычек по шинпроводам или кабелям на низшем напряжении;

в) для питания ЭП I-II категории, если мощность ЭП I категории не превышает 15-20% мощности трансформатора и возможно резервирование на вторичном напряжении от других подстанций с устройством АВР.

Следует заметить, что в большинстве случаев нагрузка трансформаторов в производственных цехах неоднородна по надежности электроснабжения, и, даже если указаны потребители I-II категории, всегда присутствуют потребители III категории (10-20%), которые в аварийных случаях можно отключить без ущерба для производства.

Двухтрансформаторные подстанции применяют при преобладании ЭП I-II категорий, для питания ЭП II-III категорий в энергоемких цехах с удельной плотностью нагрузки более $0,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2$, а также удаленных потребителей III категории.

Число и мощность трансформаторов взаимосвязаны между собой, поскольку при одной нагрузке цеха, S_p число трансформаторов будет меняться в зависимости от их единичной мощности. Мощности цеховых трансформаторов принимают по следующей шкале: 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500 $\text{кВ}\cdot\text{А}$ (приложение Г2).

В литературе [5] даются рекомендации о целесообразности применения трансформаторов определенной мощности $S_{н\text{тр}}$ в зависимости от удельной плотности нагрузки цеха:

$$\text{при } S_{y\partial} < 0,2 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2 \quad S_{н\text{тр}} = 630, 1000, 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$\text{при } S_{y\partial} \geq 0,2-0,5 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2 \quad S_{н\text{тр}} = 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$\text{при } S_{y\partial} > 0,5 \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2 \quad S_{н\text{тр}} = 2500, 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Эти рекомендации справедливы при электрической нагрузке цеха свыше 2500-3000 $\text{кВ}\cdot\text{А}$.

В случаях, когда нагрузка не распределена, а сосредоточена на отдельных участках цеха, выбор единичной мощности трансформаторов цеховых ТП не следует производить по критерию удельной плотности нагрузки.

При меньших нагрузках нужно ориентироваться на количество трансформаторов, необходимых по надежности электроснабжения, и расчетную нагрузку. При этом расчетную мощность $S_{p.m}$ или количество

трансформаторов N с учетом коэффициента загрузки K_3 можно определить по формулам:

$$S_{p.m} \geq \frac{S_p}{N \cdot K_3}, \text{ или } N \geq \frac{S_p}{S_{нтр} \cdot K_3}. \quad (27)$$

Полученные значения округляют до ближайшей стандартной величины.

Проверку выбранной мощности трансформаторов с учетом требований взаимного резервирования и допустимой аварийной перегрузки производят по формуле:

$$S_{ном.т} \geq \frac{S_p K_{1,2}}{(N-1) K_{3.a}}, \quad (28)$$

где $K_{1,2}$ - доля электроприемников I и II категорий в расчетной нагрузке.

$K_{3.a}$ - допустимый коэффициент загрузки трансформаторов в аварийном режиме, для трансформаторов с масляным охлаждением $K_{3.a}=1,3$, для трансформаторов с сухим диэлектриком $K_{3.a}=1,2$.

При отсутствии данных можно принимать $K_{1,2} = 0,8$ для двухтрансформаторных подстанций, питающих потребители I и II категории надежности.

В одном цехе, корпусе могут размещаться несколько подстанций с трансформаторами одинаковой мощности.

Коэффициент загрузки K_3 принимается:

- 1) для двухтрансформаторных подстанций при преобладании нагрузок I категории 0,65-0,75, при преобладании нагрузок II категории 0,7-0,8;
- 2) для однотрансформаторных подстанций с учетом взаимного резервирования нагрузок II категории $K_3 = 0,7-0,85$, а при нагрузках III категории 0,85-0,95.

Указанные коэффициенты загрузки в нормальном и аварийном режимах должны находиться в указанных пределах после проведения мер по компенсации реактивной мощности. Поэтому выбор количества и мощности трансформаторов осуществляется в два этапа.

На первом этапе выбирают количество и мощность трансформаторов на подстанциях согласно приведенным выше рекомендациям. Мощности же трансформаторов для цехов со значительным потреблением реактивной мощности ($Q_{с.р} \geq 500-700$ квар), там где предполагается проведение компенсации реактивной мощности, намечают по наибольшей величине коэффициента загрузки.

На втором этапе, после проведения расчетов по компенсации реактивной мощности по цехам и предприятию, следует уточнить величины электрических нагрузок и повторно определить коэффициенты загрузки трансформаторов в нормальном и аварийном режимах, а затем скорректировать мощности и количество трансформаторов в цехах, где была проведена компенсация реактивной мощности.

При решении вопроса электроснабжения объектов с небольшими нагрузками (до 250 кВт, склады, гаражи и т. п.), чтобы не проектировать

подстанции с трансформаторами малой мощности, допускается присоединять эти нагрузки к подстанции близлежащего цеха. Оценить целесообразность присоединения указанных нагрузок к подстанции с учетом расстояния L между подстанцией и вводным распределительным шкафом цеха присоединенной нагрузкой S_p можно по приближенной эмпирической формуле:

$$S_p \cdot L \leq 15000 \text{ кВ} \cdot \text{А} \cdot \text{м}.$$

В случае объединения нагрузок нескольких объектов их расчетные активные и реактивные мощности складываются.

Выбор количества, мощность и тип трансформаторов для ГПП производится аналогично цеховым ТП. Технические характеристики трансформаторов приведены в приложении Г2.

При выборе места размещения цеховых подстанций необходимо руководствоваться следующими соображениями:

1) с целью наибольшего приближения к ЭП до 1 кВ и сокращения длины низковольтных сетей подстанции следует располагать внутри цеха или же встраивать в него вблизи центра нагрузок с некоторым смещением в сторону источника питания. Если же для цеха запроектировано несколько подстанций, их необходимо распределить по площади цеха пропорционально нагрузкам. Конструктивно эти трансформаторные подстанции в большинстве случаев выполняются комплектными (КТП);

2) отдельно стоящие закрытые ТП 6-10/ 0,4 - 0,66 кВ проектируют тогда, когда по условиям пожаро-, взрывоопасности производства или по требованиям технологии невозможно разместить ТП внутри цеха или даже пристроить их у наружных стен.

Отдельно стоящие ТП целесообразны также и для питания небольших объектов с рассредоточенными по нескольким направлениям небольшими нагрузками.

В связи с тем, что в большинстве случаев на ТП используются трансформаторы с масляным охлаждением, их нельзя встраивать в жилые и общественно-административные здания.

3) В цехах с пыльной и химически активной средой, но не пожаро- и взрывоопасной, ТП выполняются встроенными в виде отдельных закрытых помещений. Внутри цеха, состоящего из нескольких пролетов, КТП размещают у колонн здания или у каких-либо постоянных помещений цеха. При наличии мостовых кранов в многопролетном цехе подстанции необходимо размещать в мертвой зоне работы кранов.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выбрать количество, мощность и тип трансформаторов подстанции для электроснабжения двух цехов промышленного предприятия. Расчетные нагрузки первого цеха $P_p = 2250 \text{ кВт}$, $Q_p = 2600 \text{ квар}$, категория надежности электроснабжения электроприемников цеха I - II, расчетные нагрузки второго

цеха $P_p = 270 \text{ кВт}$, $Q_p = 120 \text{ квар}$, категория надежности электроснабжения электроприемников цеха III. Расстояние между цехами 32 м.

2. Выбрать количество, мощность и тип трансформаторов подстанции для электроснабжения двух цехов промышленного предприятия. Расчетные нагрузки первого цеха $P_p = 5420 \text{ кВт}$, $Q_p = 3150 \text{ квар}$, удельная плотность нагрузки в цехе – $0,4 \text{ кВА/м}^2$, расчетные нагрузки второго цеха $P_p = 268 \text{ кВт}$, $Q_p = 111 \text{ квар}$, удельная плотность нагрузки в цехе – $0,05 \text{ кВА/м}^2$. Расстояние между цехами 50 м.

3. Выбрать количество, мощность и тип трансформаторов ГПП 110/10 промышленного предприятия с нагрузкой: $I_{\text{кат}} - 5200 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, $II_{\text{кат}} - 9800 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, $III_{\text{кат}} - 3450 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

4. Выбрать количество, мощность и тип трансформаторов подстанции для электроснабжения двух цехов промышленного предприятия. Расчетные нагрузки первого цеха $P_p = 1420 \text{ кВт}$, $Q_p = 2150 \text{ квар}$, удельная плотность нагрузки в цехе – $0,15 \text{ кВА/м}^2$, расчетные нагрузки второго цеха $P_p = 216 \text{ кВт}$, $Q_p = 240 \text{ квар}$, удельная плотность нагрузки в цехе – $0,04 \text{ кВА/м}^2$. Расстояние между цехами 51 м.

5. Выбрать количество, мощность и тип трансформаторов подстанции для электроснабжения двух цехов промышленного предприятия. Расчетные нагрузки первого цеха $P_p = 6100 \text{ кВт}$, $Q_p = 5200 \text{ квар}$, категория надежности электроснабжения электроприемников цеха I - II, расчетные нагрузки второго цеха $P_p = 250 \text{ кВт}$, $Q_p = 120 \text{ квар}$, категория надежности электроснабжения электроприемников цеха III. Расстояние между цехами 42 м.

6. Выбрать количество, мощность и тип трансформаторов ГПП 110/10 промышленного предприятия с нагрузкой 38000 кВ·А. Нагрузка включает в себя 12 МВ·А для ДСП.

7. Выбрать количество, мощность и тип трансформаторов ГПП 110/10 промышленного предприятия с нагрузкой: $I_{\text{кат}} - 7200 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, $II_{\text{кат}} - 10800 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, $III_{\text{кат}} - 2100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

5 Компенсация реактивной мощности на предприятии

В настоящее время, при заключении договоров на электроснабжение предприятий, энергоснабжающие компании устанавливают экономически обоснованную величину потребления реактивной мощности Q , в часы максимума в энергосистеме. Необходимость в компенсации реактивной мощности возникает тогда, когда величина потребления реактивной мощности предприятием превосходит значение экономически обоснованной величины

реактивной мощности $Q_э$. Величина $Q_э$ задается через нормативное значение коэффициента реактивной мощности $tg\varphi_{эн}$ с учетом уровня питающего напряжения предприятия.

В таблице 1 приведены значения коэффициентов реактивной мощности.

Таблица 1- Выбор нормативного значения коэффициента реактивной мощности¹

| Напряжение, кВ | Значение $tg\varphi_{эн}$ |
|----------------|---------------------------|
| 110 | 0,5 |
| 35 | 0,4 |
| 6-20 | 0,4 |
| 0,4 | 0,35 |

Перед расчетом мощности компенсирующих устройств на предприятии необходимо уточнить его расчетную мощность, то есть учесть потери в трансформаторах ГПП².

Для диапазона мощностей силовых трансформаторов ГПП от 4 до 40 МВ·А и коэффициента загрузки 0,7 величину потерь можно принять:

$$\Delta P_m = 0,007 \cdot S_p ; \quad (29)$$

$$\Delta Q_m = 0,09 \cdot S_p . \quad (30)$$

Тогда расчетная электрическая нагрузка предприятия с учетом потерь в трансформаторах ГПП может быть определена:

$$P_{py} = P_p + \Delta P_m ; \quad (31)$$

$$Q_{py} = Q_p + \Delta Q_m . \quad (32)$$

Экономически обоснованная величина реактивной мощности составит:

$$Q_э = P_{py} \cdot tg\varphi_{э.н} , \quad (33)$$

где P_{py} – расчетная уточненная активная нагрузка предприятия с учетом потерь в трансформаторах ГПП;

$tg\varphi_{э.н}$ - нормативное значение коэффициента реактивной мощности предприятия, задаваемое энергосистемой (таблица 1).

Необходимая мощность компенсирующих устройств определяется как:

$$Q_{ку} = Q_{py} - Q_э . \quad (34)$$

Найденная величина мощности компенсирующих устройств распределяется в сетях до и выше 1000 В.

¹ Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 22 февраля 2007г. №49 «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)»

² При отсутствии ГПП в расчете потерь нет необходимости

Для нахождения мощности компенсирующих устройств, подключаемых к шинам 6-10 кВ, определяется коэффициент реактивной мощности высоковольтной нагрузки $tg\varphi_в$:

$$tg\varphi_в = \frac{\sum Q_{pв} + \Delta Q_m}{\sum P_{pв} + \Delta P_m}, \quad (35)$$

где $\sum Q_{pв}$ и $\sum P_{pв}$ - суммарные расчетные реактивные и активные высоковольтные нагрузки предприятия;

ΔQ_m и ΔP_m - потери в трансформаторах ГПП.

Если $tg\varphi_в \leq tg\varphi_{эн}$, то размещать компенсирующие устройства на шинах 6-10 кВ нецелесообразно. Если $tg\varphi_в > tg\varphi_{эн}$, то мощность компенсирующих устройств, подключаемых к шинам 6-10 кВ, находят как:

$$Q_{кув} = (tg\varphi_в - tg\varphi_{эн}) \cdot (\sum P_{pв}). \quad (36)$$

Мощность конденсаторных установок должна быть не менее 450 квар. При получении меньшего значения конденсаторные установки на высоком напряжении не устанавливают $Q_{кув} = 0$, а реактивную мощность перераспределяют на низком напряжении.

Оставшуюся часть компенсирующих устройств размещают на стороне низкого напряжения цеховых подстанций

$$Q_{кун} = Q_{ку} - Q_{кув}. \quad (37)$$

Компенсирующие устройства на низком напряжении между подстанциями распределяют пропорционально расчетным реактивным нагрузкам подстанций (цехов).

$$Q_{кун i} = \frac{Q_{кун} \cdot Q_{pi}}{\sum Q_{pi}}, \quad (38)$$

где $Q_{кун i}$ - необходимая мощность низковольтных конденсаторных установок i -го цеха (подстанции);

Q_{pi} - расчетная реактивная мощность i -го цеха (подстанции);

$\sum Q_{pi}$ - суммарная расчетная реактивная мощность потребителей предприятия на низком напряжении.

Полученные расчетные мощности $Q_{кун i}$ распределяют между трансформаторами цеха и округляют до ближайших стандартных значений комплектных конденсаторных установок (приложение Г1).

После расчета и выбора всех компенсирующих устройств проверяют баланс реактивной мощности на границе раздела:

$$Q_{ку} \leq \sum Q_{кув факт} + \sum Q_{кун факт} = Q_{ку факт}, \quad (39)$$

где $\sum Q_{кув факт}$ и $\sum Q_{кун факт}$ - суммарная фактическая мощность высоковольтных и низковольтных компенсирующих устройств соответственно.

После распределения компенсирующих устройств между подстанциями необходимо определить фактические коэффициенты загрузки трансформаторов подстанций. Если они значительно отличаются от рекомендуемых, необходимо

произвести корректировку числа или мощности трансформаторов в каждом цехе.

Задание на расчетную работу по теме «Выбор количества и мощности трансформаторов для группы цехов. Расчет мощности компенсирующих устройств и выбор места их размещения» приведено в приложении Д.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выбрать количество, мощность и место установки конденсаторных установок для трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ при передаваемой мощности $P_p = 1850$ кВт, $Q_p = 2430$ квар.

2. Выбрать количество, мощность и место установки конденсаторных установок для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ при передаваемой мощности $P_p = 2850$ кВт, $Q_p = 2520$ квар.

3. Выбрать количество, мощность и место установки конденсаторных установок для трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ при передаваемой мощности $P_p = 3120$ кВт, $Q_p = 2560$ квар.

6 Выбор сечений проводников распределительных сетей

Сечение жил высоковольтных кабелей выбираются по следующим условиям:

- 1) по экономической плотности тока;
- 2) по нагреву длительным расчетным током и током послеаварийного режима;
- 3) по нагреву от кратковременного выделения тепла током КЗ;

Выбор сечения по экономической плотности тока осуществляется:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}, \quad (40)$$

где I_p - расчетный длительный ток в линии;

$j_{\text{эк}}$ - экономическая плотность тока, принимается по таблице ПУЭ [7] или по приложению Е в зависимости от T_{max} для той отрасли промышленности, к которой принадлежит данное предприятие (приложения Е1, Е2).

Выбор сечения по нагреву током производится из условия:

$$I_{p \text{ max}} \leq I'_{\text{дон}}, \quad (41)$$

где $I_{p \text{ max}}$ - максимальный расчетный ток в линии в послеаварийном режиме.

При выборе сечения кабельной линии к допустимым токовым нагрузкам, приводимым в таблицах ПУЭ [7] или приложении Е3, необходимо вводить поправочные коэффициенты на реальные условия прокладки кабеля.

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (42)$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий количество параллельно проложенных кабелей в траншее (приложение Е4);

K_2 - температурный коэффициент, учитывающий тепловое сопротивление грунта (приложение Е5);

K_3 - коэффициент, учитывающий перегрузку кабельной линии.

В послеаварийном режиме для кабелей напряжением 6-10 кВ с бумажной изоляцией допускается перегрузка на 30% в течение 6 часов в сутки, не более чем в течение 5 суток, для кабелей с сшитого полиэтилена перегрузка допускается на 20%, для кабельных линий напряжением 35-110 кВ коэффициент перегрузки не учитывается ($K_3=1$).

По термической стойкости определяют минимальное сечение проводников по формуле:

$$F_{\text{min}} \geq \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_n}}{c}, \quad (43)$$

где I_{∞} - установившийся ток короткого замыкания в амперах, при $t_n \leq 2c$ можно принять $I_{\infty} = I_{\text{но}}$;

t_n - приведенное время действия тока короткого замыкания, оно складывается из времени действия релейной защиты и времени отключения выключателя;

$$t_n = t_{\text{рз}} + t_{\text{о.в}}, \quad (44)$$

t_n принять 0,5-0,7 с для линий к трансформаторам и двигателям и высоковольтным установкам, $t_n=1,0-1,2$ с для линий к РП и $t_n=1,5-2,0$ с для питающих линий к ГПП (ПГВ);

c - коэффициент теплового импульса, для кабелей до 10 кВ с медными жилами $c=140$, с алюминиевыми $c=90 \text{ A} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{мм}^2$.

Из всех сечений, выбранных по каждому из условий, принимается большее сечение, удовлетворяющее всем условиям.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выбрать сечение кабельной линии ААШв напряжением 10 кВ, проложенной совместно с двумя другими в траншее. Температура окружающей среды -5°C . Токи расчетные линии $I_p = 148 \text{ A}$ и $I_{p \text{ max}} = 186 \text{ A}$. Ток короткого замыкания $I_{\text{но}} = 5,4 \text{ кА}$.

2. Выбрать сечение кабельной линии АПвВнг напряжением 10 кВ, проложенной совместно с тремя другими в траншее. Температура окружающей

среды $+0^{\circ}\text{C}$. Токи расчетные линии $I_p = 268 \text{ A}$ и $I_{p \max} = 312 \text{ A}$. Ток короткого замыкания $I_{no} = 7,4 \text{ кА}$.

3. Выбрать сечение кабельной линии СБ напряжением 6 кВ , проложенной совместно с четырьмя другими в траншее. Температура окружающей среды $+5^{\circ}\text{C}$. Токи расчетные линии $I_p = 255 \text{ A}$ и $I_{p \max} = 405 \text{ A}$. Ток короткого замыкания $I_{no} = 8,0 \text{ кА}$.

4. Выбрать сечение кабельной линии ПвВнг напряжением 10 кВ , проложенной совместно с двумя другими открыто. Температура окружающей среды $+10^{\circ}\text{C}$. Токи расчетные линии $I_p = 325 \text{ A}$ и $I_{p \max} = 485 \text{ A}$. Ток короткого замыкания $I_{no} = 4,9 \text{ кА}$.

5. Выбрать сечение кабельной линии АСБ напряжением 6 кВ , проложенной совместно с двумя другими открыто. Температура окружающей среды $+5^{\circ}\text{C}$. Токи расчетные линии $I_p = 158 \text{ A}$ и $I_{p \max} = 202 \text{ A}$. Ток короткого замыкания $I_{no} = 4,8 \text{ кА}$.

7 Выбор аппаратов защиты, проводов и кабелей низкого напряжения для питания электроприемников и распределительных узлов

Основным методом выбора площади сечения проводников является выбор по нагреву длительным расчетным током и по условию соответствия, выбранному току аппарата защиты.

Сначала выбирается марка проводника в зависимости от характеристики среды помещения и способа прокладки сети (провода в трубе, кабель в воздухе, кабель в земле и т.д.). Затем определяются номинальные токи ЭП или расчетные токи групп ЭП и сравниваются с длительно допустимым током проводника принятой марки и условий прокладки.

В производственных помещениях наиболее распространенными способами является прокладка проводов марок АПВ, АПР в стальных тонкостенных или электросварных трубах и прокладка небронированных кабелей типа АВВГ, АВРГ, АНРГ по фермам, стенам зданий, а также на тросу внутри помещений с прокладкой и их размещением на высоте не менее $2,5 \text{ м}$ от пола, что снижает возможность механических повреждений.

Расчет и выбор сечения проводов заключается в определении номинальных токов ЭП или расчетных токов групп ЭП и сравнении их с допустимыми токами проводов или кабелей в зависимости от способа их прокладки (приложение Ж).

$$\begin{aligned} I_H &\leq I_{\text{Доп}}, \\ \text{или } I_p &\leq I_{\text{Доп}}. \end{aligned} \tag{45}$$

Допустимые токовые нагрузки на провода и кабели, а также выбор условного диаметра труб в зависимости от сечения и количества проводов приведены в приложениях Ж5, Ж6 и Ж7.

Проверка сечения проводников по потере напряжения для силовых электроприемников не требуется.

При определении номинальных или расчетных токов необходимо обратить внимание на то, в чем выражена мощность ЭП (в кВт или кВ·А), трехфазный или однофазный ЭП, а также подключен он на фазное или линейное напряжение.

Номинальный ток I_H , определяется по общей формуле для большинства трехфазных ЭП:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_{ном}}, \quad (46)$$

$$I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (47)$$

Для многодвигательного электропривода номинальный ток равен:

$$I_H = \frac{\sum P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_{ном}}. \quad (48)$$

Для однофазных ЭП, подключенных на фазное напряжение,

$$I_H = \frac{P_\phi}{U_{H.\phi} \cdot \cos \varphi_{ном}}, \quad (49)$$

где P_ϕ - активная мощность однофазного ЭП, кВт;

$U_{H.\phi}$ - номинальное фазное напряжение сети, кВ, например, 0,22 кВ в трехфазной сети 0,38/0,22 кВ и 0,38 кВ в трехфазной сети 0,66/0,38 кВ.

Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) в формулах (46 - 49) следует принимать номинальным, а не средневзвешенным, как при расчете нагрузок узла.

Для ЭП с двигательной нагрузкой - $\cos \varphi_{ном} = 0,8 - 0,85$;

для электронагревательных приборов и печей - $\cos \varphi_{ном} = 0,95 - 1,0$;

для сварочных машин и машин контактного нагрева - $\cos \varphi_{ном} = 0,5 - 0,6$;

для сварочных трансформаторов - $\cos \varphi_{ном} = 0,4 - 0,5$.

При повторно-кратковременном режиме работы ЭП ($ПВ \leq 40\%$) в соответствии с ПУЭ, а также для сечения медных проводов выше 6 мм² и алюминиевых сечением выше 10 мм² применяется условие:

$$I_{доп} \geq \frac{I_H \cdot \sqrt{ПВ}}{0,875}. \quad (50)$$

При сечении медных проводов менее 6 мм² и алюминиевых менее 10 мм² ПВ не учитывается.

При эксплуатации электрической сети возможны нарушения нормального режима ее работы: перегрузки, короткие замыкания, при которых ток в проводниках резко возрастает. Поэтому электрические сети должны быть надежно защищены от аварийный режимов. Согласно ПУЭ защита электрических сетей от токов КЗ должна быть предусмотрена во всех случаях.

От перегрузок необходимо защищать:

1) силовые и осветительные сети, выполненные внутри помещения открыто проложенными изолированными незащищенными проводниками с горючей изоляцией;

2) силовые сети при длительных технологических перегрузках;

3) сети в пожаро- или взрывоопасных помещениях.

Для защиты сетей до 1000 В применяют плавкие предохранители и автоматические выключатели с электромагнитными, полупроводниковыми, тепловыми или комбинированными расцепителями.

Плавкие предохранители применяются для защиты электрических сетей и установок от токов КЗ. Защита от перегрузок с помощью предохранителей возможна только при условии, что защищаемые элементы установки будут выбраны с запасом по току, превышающему примерно на 25% номинальный ток плавких вставок:

$$I_{\text{ДОП}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{Н. ПЛ. ВС}}. \quad (51)$$

Выбор плавкой вставки предохранителя для защиты сети к ЭП с пусковым током производится по условию:

$$I_{\text{Н. ПЛ. ВС}} \geq \frac{I_{\text{ПУСК}}}{\alpha}, \quad (52)$$

где $I_{\text{Н. ПЛ. ВС}}$ - ток плавкой вставки, принимается по шкале номинальных токов после расчета (приложение Е1);

$\alpha = 1,6 \div 2,5$ - коэффициент перегрузки, зависящий от длительности пуска электродвигателя.

При легком пуске ЭП или при пуске в течение ($t_{\text{ПУСК}} < 3\text{с}$) принимается $\alpha = 2-2,5$, при тяжелом пуске ЭП ($t_{\text{ПУСК}} \geq 3\text{с}$) принимается $\alpha = 1,6$.

Тяжелый пуск наблюдается у электроприемников, имеющих большой момент инерции или запуск которых осуществляется под нагрузкой. К таким ЭП можно отнести конвейеры, транспортеры, краны, лебедки и т.п.

Пусковой ток одного электродвигателя определяется по формуле:

$$I_{\text{ПУСК}} = K \cdot I_{\text{Н}}. \quad (53)$$

Для защиты линии предохранителями, питающей группу ЭП с пусковыми токами, вместо $I_{\text{ПУСК}}$ определяется пиковый ток $I_{\text{ПИК}}$:

$$I_{\text{ПИК}} = I_{\text{Р. ГР}} + I_{\text{Н. МАХ}}(K - 1), \quad (54)$$

где $I_{\text{Р. ГР}}$ - расчетный ток группы ЭП;

$I_{\text{Н. МАХ}}$ - номинальный ток наибольшего электроприемника (электродвигателя) в группе;

K - кратность пускового тока ($K = 5 \div 7$).

$$I_{\text{Н. ПЛ. ВС}} \geq \frac{I_{\text{ПИК}}}{\alpha}, \quad (55)$$

$\alpha = 1,6 \div 2,5$ - коэффициент перегрузки наибольшего электродвигателя.

Для одиночных ЭП, не имеющих пусковых токов, превышающих номинальный ток ЭП:

$$I_{\text{Н. ПЛ. ВС}} \geq I_{\text{Н}}. \quad (56)$$

Для одиночных сварочных трансформаторов:

$$I_{\text{Н. ПЛ. ВС}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{Н}} \sqrt{ПВ}, \quad (57)$$

где I_H - номинальный ток сварочного трансформатора;
 $PВ$ – продолжительность включения в относительных единицах.

Для одиночных электропечей:

$$I_{H. ПЛ. ВС} \geq I_{H. ПЕЧИ}. \quad (58)$$

Для линии к группе ЭП без пусковых токов:

$$I_{H. ПЛ. ВС} \geq I_P, \quad (59)$$

где I_P - расчетный ток группы ЭП.

Автоматические воздушные выключатели предназначены для автоматического размыкания электрических цепей при КЗ и перегрузках, для редких оперативных переключений при нормальных режимах.

При выборе номинальных токов расцепителей автоматических выключателей необходимо учитывать следующие требования:

- номинальное напряжение выключателя не должно быть ниже напряжения сети;

- отключающая способность должна быть рассчитана на максимальные токи КЗ, протекающие по защищаемому элементу;

- номинальный ток расцепителя должен быть не меньше наибольшего расчетного тока нагрузки или номинального тока ЭП.

При защите сетей от перегрузки автоматическими выключателями номинальные токи тепловых, полупроводниковых или комбинированных расцепителей следует выбирать по условию:

$$I_{H. РАСЦ. Т(К)} \geq \kappa_H I_H, \\ \text{или } I_{H. РАСЦ. Т(К)} \geq \kappa_H I_P, \quad (60)$$

где κ_H – коэффициент надежности;

I_H – номинальный ток электроприемника;

I_P – расчетный ток группы электроприемников.

Значения коэффициентов κ_H принимаются:

$\kappa_H = 1,05$ – для ЭП без пусковых токов;

$\kappa_H = 1,2$ - для сварочного оборудования;

$\kappa_H = 1,2 \div 1,35$ – для ЭП с пусковыми токами в зависимости от типа автоматических выключателей (1,2 – для серий АЕ20, А3700; 1,25 – для А3100, АП50; 1,35 – для серии ВА).

При защите сетей от токов КЗ автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями не должны срабатывать при допустимых кратковременных перегрузках. Это достигается выбором тока уставки электромагнитного расцепителя мгновенного действия (тока отсечки) по условию:

$$I_{H. ЭЛ. РАСЦ(О)} \geq (1,25 \div 1,35) I_{ПУСК}, \\ \text{или } I_{H. ЭЛ. РАСЦ(О)} \geq 1,35 I_{ПИК}. \quad (61)$$

Меньшие значения уставок расцепителей принимают для электроприемников, имеющих меньшую длительность пуска и меньшую кратность пускового тока, большие - при больших.

В зависимости от вида защиты (от токов КЗ или от перегрузки) ПУЭ устанавливает соотношение между токами защитных аппаратов I_3 (предохранителей или выключателей) и допустимым током провода $I_{доп}$.

$$I_{доп} \geq K_{заш} I_3. \quad (62)$$

Для сетей, защищаемых только от токов КЗ, коэффициент защиты принимаются равными:

$K_3 = 0,33$ - для предохранителей с плавкими вставками;

$K_3 = 0,22$ - для автоматических выключателей с электромагнитными расцепителями.

Условие защиты сети от токов КЗ принимает вид:

$$I_{доп} \geq 0,33 I_{н. пл. вст}; \quad (63)$$

$$I_{доп} \geq 0,22 I_{н. эл. расц(о)}. \quad (64)$$

Для сетей, защищаемых от перегрузки выключателями с тепловыми или комбинированными расцепителями, коэффициент защиты принимается равным $K_3 = 1,0$.

Условие защиты сети выключателями от перегрузки принимает вид:

$$I_{доп} \geq I I_{н. расц. к(т)}. \quad (65)$$

Выбор аппаратов защиты осуществляется по справочным материалам приложений Ж1-Ж4, сечение жил проводов и кабелей по приложениям Ж5-Ж7.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выбрать предохранитель и сечение соответствующего проводника сварочного трансформатора с номинальной мощностью $S_H = 32 \text{кВ} \cdot \text{А}$ и номинальным напряжением $U_H = 220 \text{кВ}$ при $\text{ПВ} = 60\%$.

2. Выбрать предохранитель и сечение проводника к токарному станку номинальной мощностью 21 кВт.

3. Выбрать аппарат защиты и сечение кабеля, проложенного открыто, для подключения двигателя вентиляционной установки номинальной мощностью 15 кВт.

4. Выбрать аппараты защиты КЗ и соответствующие сечения проводников, для подключения однофазной сварочной машины номинальной мощностью 55 кВт·А, $\text{ПВ} = 20\%$, $U_H = 380 \text{В}$.

5. Выбрать аппарат защиты от токов КЗ и перегрузки и сечение провода в трубе для подключения двигателя насоса номинальной мощностью 3 кВт.

6. Выбрать аппарат защиты и сечение медного кабеля, проложенного открыто для подключения сварочной машины, включенной на линейное напряжение номинальной мощностью $S_H = 45 \text{кВ} \cdot \text{А}$, $\text{ПВ} = 30\%$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок ВНИИПКИ «ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ», 1992 г. №7-8.
2. Парфенова Н.А., Балашов О.П. Электроэнергетика. Часть II: Задания и методические указания к выполнению контрольных работ для студентов специальности 140211 всех форм обучения /Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2010, 105 с.
3. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. - М.: Энергия, 1987.
4. Балашов О.П., Бурдочкин Ю.С. Системы электроснабжения: Учебное пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 140211 всех форм обучения /Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2009. – 113 с.
5. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. Нормы технологического проектирования. НТП ЭПП-94. АОТ ВНИПКИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ, 1994.
6. Проектирование силовых электроустановок промышленных предприятий. Нормы технологического проектирования. ОАО ВНИПКИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ, 1997.
7. Правила устройства электроустановок [Текст]: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7, с изм. и доп., по состоянию на 1 января 2006 г. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2006.-854 с., ил.
8. Балашов О.П., Парфенова Н.А. Электроэнергетика: Основы электроснабжения. Перенапряжения в электроэнергетических системах и защита от них: Учебное пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение» всех форм обучения (2-е издание) /Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2011. 133 с.
9. Гужов Н.П., Ольховский В.Я., Павлюченко Д.А. Системы электроснабжения.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 258 с.
10. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учебное пособие.- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006.-480 с.
11. Бурдочкин Ю.С. Системы электроснабжения: Учебное пособие для студентов специальности 140211 всех форм обучения/Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2007. – 92 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Справочный материал по расчету электрических нагрузок

Таблица А1 - Значения коэффициентов расчетной нагрузки K_P для питающих сетей напряжением до 1000 В (сети к ШР, ШС, ПР и т.п.)

| Эффективное число ЭП $n_э$ | Коэффициент использования K_u | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 1 | 8,00 | 5,33 | 4,00 | 2,67 | 2,00 | 1,60 | 1,33 | 1,14 | 1,0 |
| 2 | 6,22 | 4,33 | 3,39 | 2,45 | 1,98 | 1,60 | 1,33 | 1,14 | 1,0 |
| 3 | 4,05 | 2,89 | 2,31 | 1,74 | 1,45 | 1,34 | 1,22 | 1,14 | 1,0 |
| 4 | 3,24 | 2,35 | 1,91 | 1,47 | 1,25 | 1,21 | 1,12 | 1,06 | 1,0 |
| 5 | 2,84 | 2,09 | 1,72 | 1,35 | 1,16 | 1,16 | 1,08 | 1,03 | 1,0 |
| 6 | 2,64 | 1,96 | 1,62 | 1,28 | 1,11 | 1,13 | 1,06 | 1,01 | 1,0 |
| 7 | 2,49 | 1,86 | 1,54 | 1,23 | 1,12 | 1,10 | 1,04 | 1,0 | 1,0 |
| 8 | 2,37 | 1,78 | 1,48 | 1,19 | 1,10 | 1,08 | 1,02 | 1,0 | 1,0 |
| 9 | 2,27 | 1,71 | 1,43 | 1,16 | 1,09 | 1,07 | 1,01 | 1,0 | 1,0 |
| 10 | 2,18 | 1,65 | 1,39 | 1,13 | 1,07 | 1,05 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 11 | 2,11 | 1,61 | 1,35 | 1,1 | 1,06 | 1,04 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 12 | 2,04 | 1,56 | 1,32 | 1,08 | 1,05 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 13 | 1,99 | 1,52 | 1,29 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 14 | 1,94 | 1,49 | 1,27 | 1,05 | 1,02 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 15 | 1,89 | 1,46 | 1,25 | 1,03 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 16 | 1,85 | 1,43 | 1,23 | 1,02 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 17 | 1,81 | 1,41 | 1,21 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 18 | 1,78 | 1,39 | 1,19 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 19 | 1,75 | 1,36 | 1,17 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 20 | 1,72 | 1,35 | 1,16 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 21 | 1,69 | 1,33 | 1,15 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 22 | 1,67 | 1,31 | 1,13 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 23 | 1,64 | 1,3 | 1,12 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 24 | 1,62 | 1,28 | 1,11 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 25 | 1,6 | 1,27 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 30 | 1,51 | 1,21 | 1,05 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 40 | 1,4 | 1,13 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 50 | 1,3 | 1,07 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 70 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 100 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Таблица А2 - Значения коэффициентов расчетной нагрузки K_p на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

| Эффективное число ЭП, n_3 | Коэффициент использования K_u | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------------|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | $\geq 0,7$ |
| 1 | 8,00 | 5,33 | 4,00 | 2,67 | 2,00 | 1,60 | 1,33 | 1,14 |
| 2 | 5,01 | 3,44 | 2,69 | 1,9 | 1,52 | 1,24 | 1,11 | 1,0 |
| 3 | 2,94 | 2,17 | 1,8 | 1,42 | 1,23 | 1,14 | 1,08 | 1,0 |
| 4 | 2,28 | 1,73 | 1,46 | 1,19 | 1,06 | 1,04 | 1,0 | 0,97 |
| 5 | 1,31 | 1,12 | 1,02 | 1,0 | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,93 |
| 6-8 | 1,2 | 1,0 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 |
| 9-10 | 1,1 | 0,97 | 0,91 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| 10-25 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,9 | 0,9 |
| 25-50 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,85 |
| более 50 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,7 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,8 |

Таблица А3 - Значение коэффициента одновременности K_o для определения расчетной нагрузки на шинах 6 (10) кВ РП и ГПП

| Средневзвешенный коэффициент использования | Число присоединений 6 (10) кВ на сборных шинах F_n , ГПП | | | |
|--|--|------|------|----------|
| | 2-4 | 5-8 | 9-25 | Более 25 |
| $K_u < 0,3$ | 0,9 | 0,8 | 0,75 | 0,7 |
| $0,3 \leq K_u < 0,5$ | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 |
| $0,5 \leq K_u \leq 0,8$ | 1,0 | 0,95 | 0,9 | 0,85 |
| $K_u > 0,8$ | 1,0 | 1,0 | 0,95 | 0,9 |

Таблица А4 – Расчет электрических нагрузок участка (форма 636-92)

| Наименование электроприемников | Количество ЭП, n | Установленная мощность, $кВт$ | | Коэффициент использования K_u | $\cos\varphi$ | $tg\varphi$ | Расчетные величины | | | Эффективное число ЭП n_3 | Расчетный коэффициент K_p | Расчетная мощность | | | Расчетный ток I_p, A |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------|---------------|-------------|-------------------------------|--|----------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|-------------------|------------------------|
| | | одного ЭП, $P_n, кВт$ | Общая $P_n, кВт$ | | | | $P_{cp} = K_u \cdot P_n, кВт$ | $Q_{cp} = P_{cp} \cdot tg\varphi_{ср}, квар$ | $\sum P_n^2 \cdot n$ | | | $P_p = K_p \cdot P_{cp}, кВт$ | $Q_p = Q_{cp}$ при $n_3 > 10$, $Q_p = 1,1 \cdot Q_{cp}$ при $n_3 \leq 10$, квар | $S_p, кВ \cdot А$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| ШС1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Электроэрозийный станок поз.1-8 | 8 | 25 | 200 | 0,3 | 0,7 | 1,02 | 60,00 | 61,21 | 5000 | | | | | | |
| Токарный станок поз.9-18 | 10 | 10 | 100 | 0,14 | 0,5 | 1,73 | 14,00 | 24,25 | 1000 | | | | | | |
| Горизонтально-фрезерный станок | 3 | 15 | 45 | 0,14 | 0,5 | 1,73 | 6,30 | 10,91 | 675 | | | | | | |
| Итого по ШС1: | 21 | 15-25 | 345 | 0,23 | 0,64 | 1,20 | 80,3 | 96,4 | 6675 | 17 | 1,17 | 94 | 96,4 | 134 | 205 |
| ШС2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Гидравлический пресс поз.21-25 | 5 | 52 | 260 | 0,24 | 0,65 | 1,17 | 62,40 | 72,95 | 13520 | | | | | | |
| Внутришлифовальный станок поз.26-30 | 5 | 7,2 | 36 | 0,12 | 0,5 | 1,73 | 4,32 | 7,48 | 259 | | | | | | |
| Плоскошлифовальный станок поз.31-36 | 6 | 15 | 90 | 0,14 | 0,5 | 1,73 | 12,60 | 21,82 | 1350 | | | | | | |
| Вентилятор поз.37 | 1 | 22 | 22 | 0,8 | 0,8 | 0,62 | 17,0 | 10,91 | 484 | | | | | | |
| Итого по ШС2: | 17 | 7,2-52 | 408 | 0,24 | 0,65 | 1,17 | 96,3 | 113,2 | 15613 | 10 | 1,27 | 123 | 124,5 | 175 | 266,4 |
| Итого по участку: | 38 | 7,2-52 | 753 | 0,23 | 0,65 | 1,18 | 176,6 | 209,6 | 22288 | 25 | 1,07 | 189 | 223 | 292 | 444 |

Таблица А5 – Расчет электрических нагрузок по цехам (форма 636-92)

| Исходные данные | | | | | | | Расчетные величины | | $n_{эф}$ | K_p | Расчетные величины | | |
|---------------------------|------------------|------------------|--------|-------|---------------|-------------|--------------------|------------------|----------|-------|--------------------|---------------|--------------|
| Наименование цеха | Количество ЭП | Мощность, кВт | | K_u | $\cos\varphi$ | $tg\varphi$ | $P_{ср}$ кВт | $Q_{ср}$ квар | | | P_p кВт | Q_p квар | S_p кВА |
| | | P_n | P_n | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Транспортный цех | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая 0,4 кВ | 35 | 1-59 | 500 | 0,4 | 0,75 | 0,88 | 200 | 176 | 16 | 1 | 200 | 176 | |
| б) освещение | | | 35,63 | 0,95 | 0,5 | 1,73 | 33,85 | 58,56 | | | 33,85 | 58,56 | |
| Итого | | | 535,63 | | | | 233,8 | 234,6 | | | 233,8 | 234,6 | 331,21 |
| Насосная | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая 0,4 кВ | 25 | 1-25 | 320 | 0,65 | 0,85 | 0,62 | 208 | 129 | 25 | 1 | 208 | 129 | |
| б) освещение | | | 45 | 0,95 | 0,5 | 1,73 | 42,75 | 73,96 | | | 42,75 | 73,96 | |
| Итого | | | 365 | | | | 250,8 | 202,9 | | | 250,8 | 202,9 | 322,57 |
| С.Д. 10 кВ | 2 | 750 | 1500 | 1 | 0,9 | 0,48 | 1500 | -720 | 2 | 1 | 1500 | -720 | |
| Механический цех | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая 0,4 кВ | 68 | 2-50 | 1080 | 0,3 | 0,75 | 0,88 | 324 | 285,1 | 43 | 0,75 | 243 | 213,8 | |
| б) освещение | | | 76 | 0,95 | 0,5 | 1,73 | 72,2 | 124,9 | | | 72,2 | 124,9 | |
| Итого | | | 1156 | | | | 396,2 | 410 | | | 315,2 | 338,7 | 462,71 |
| Трубопрокатный цех | | | | | | | | | | | | | |
| а) силовая 0,4 кВ | 45 | 5-80 | 800 | 0,5 | 0,8 | 0,75 | 400 | 300 | 20 | 0,85 | 340 | 255 | |
| б) освещение | | | 80,75 | 0,95 | 0,5 | 1,73 | 76,71 | 132,7 | | | 76,71 | 132,7 | |
| Итого | | | 880,75 | | | | 476,7 | 432,7 | | | 416,7 | 387,7 | 569,18 |
| Наружное освещение | | | 230,1 | 1 | 0,5 | 1,73 | 230,1 | 398,1 | | | 230,1 | 398,1 | 459,79 |
| Итого по заводу | | | 4667,5 | 0,66 | 0,96 | 0,31 | 3088 | 958,3 | | 0,9 | 2779 | 862,5 | 2909,6 |
| Потери в тр-рах | | | | | | | 29,92 | 149,6 | | | 29,92 | 149,6 | |
| Итого с потерями | | | | | | | 3118 | 1108 | | | 2809 | 1012 | 2985,5 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Коэффициенты использования и мощности потребителей электроэнергии

Приложение Б1 - Коэффициенты использования и мощности некоторых приемников и потребителей электроэнергии промышленных предприятий

| Потребитель электроэнергии | Коэффициент | |
|--|-----------------------------|---------------------------|
| | исполь- зования K_u | мощности $\cos\varphi$ |
| 1 | 2 | 3 |
| Металлорежущие станки с нормальным режимом работы | 0,14 | 0,6 |
| То же при крупносерийном производстве | 0,16 | 0,65 |
| То же при тяжелом режиме работы | 0,2-0,25 | 0,65 |
| Поточные линии, станки с ЧПУ | 0,6 | 0,7 |
| Переносной электроинструмент | 0,06 | 0,65 |
| Вентиляторы, санитарно-техническая вентиляция, эксгаустеры | 0,6-0,7 | 0,8-0,85 |
| Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы | 0,7-0,8 | 0,8-0,85 |
| Краны, тельферы, кран-балки при ПВ=25% | 0,06 | 0,5 |
| То же при ПВ=40% | 0,1 | 0,5 |
| Транспортеры, конвейеры | 0,5-0,6 | 0,7-0,8 |
| Сварочные трансформаторы дуговой сварки | 0,25-0,3 | 0,35-0,4 |
| Приводы молотов, ковочных машин, прессов, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др. | 0,25-0,3 | 0,65 |
| Элеваторы, шнеки, несблокированные конвейеры мощностью до 10 кВт | 0,4-0,5 | 0,6-0,7 |
| То же мощностью выше 10 кВт | 0,55-0,75 | 0,7-0,8 |
| Однопостовые сварочные двигатель-генераторы | 0,3 | 0,6 |
| То же многопостовые | 0,5 | 0,7 |
| Сварочные машины шовные | 0,25 | 0,7 |
| То же стыковые и точечные | 0,3-0,35 | 0,6 |
| Сварочные дуговые автоматы | 0,35 | 0,5 |
| Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий | 0,75-0,8 | 0,95 |
| Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий | 0,5 | 0,95 |
| Вакуум-насосы | 0,95 | 0,85 |

Продолжение приложения Б1

| 1 | 2 | 3 |
|---|----------|----------|
| Вентиляторы высокого давления | 0,75 | 0,85 |
| Вентиляторы к дробилкам | 0,4-0,5 | 0,75 |
| Газодувки (аглоэкстаустеры) при синхронных двигателях | 0,6 | 0,8-0,9 |
| То же при асинхронных двигателях | 0,8 | 0,8 |
| Молотковые дробилки | 0,8 | 0,85 |
| Шаровые мельницы | 0,8 | 0,8 |
| Смесительные барабаны | 0,6-0,7 | 0,8 |
| Чашевые охладители | 0,7 | 0,85 |
| Сушительные барабаны и сепараторы | 0,6 | 0,7 |
| Электрофильтры | 0,4 | 0,85 |
| Сушильные шкафы | 0,75-0,8 | 1,0 |
| Вагоноопрокидыватели | 0,6 | 0,5 |
| Грейферные краны | 0,2 | 0,6 |
| Выпрямители для гальванических ванн | 0,8 | 0,8 |
| Установки ВЧ нагрева (ТВЧ) | 0,65 | 0,7 |
| Пресс с электрообогревателем | 0,25 | 0,95 |
| Станок для обработки пластмасс | 0,2 | 0,65 |
| Термопластавтомат | 0,5 | 0,95 |
| Сталеплавильные печи | 0,7 | 0,85 |
| Лабораторное оборудование | 0,25 | 0,75 |
| Прокатные станы | 0,4 | 0,85 |
| Сварочная машина 1ф. ПВ=20% | 0,35 | 0,6 |
| Сварочная машина 1ф. ПВ=50% | 0,25 | 0,7 |
| Сварочные трансформаторы. ПВ=65% | 0,3 | 0,35 |
| Муфельная печь 1ф | 0,7 | 1,0 |
| Соляная печь | 0,7 | 0,95 |
| Термобарокамера | 0,7 | 0,8 |
| Вибрационная машина | 0,3 | 0,8 |
| Литейная машина | 0,3 | 0,8 |
| Молот | 0,4 | 0,7 |
| Заточный, расточный станок | 0,17 | 0,65 |
| Ножницы роликовые | 0,45 | 0,65 |
| Индукционные установки | 0,7 | 0,8 |
| Электродвигатели высокого напряжения | | |
| а) асинхронные | 0,7-0,8 | 0,8-0,9 |
| б) синхронные | 0,7-0,8 | 0,85-0,9 |

Продолжение приложения Б1

| 1 | 2 | 3 |
|--|----------|---------|
| Дуговые сталеплавильные печи | 0,6-0,75 | 0,9 |
| Литейные установки | | |
| а) черных металлов | 0,5-0,7 | 0,7-0,8 |
| б) цветных металлов | 0,6-0,7 | 0,8-0,9 |
| Рудно-термические печи | 0,8-0,9 | 0,9 |
| Индукционные установки высокого напряжения | 0,6-0,7 | 0,9 |

Приложение Б2 - Коэффициенты использования и коэффициенты мощности для различных отраслей промышленности

| Наименование | K_u | $\cos \varphi$ |
|---|----------|----------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1) Корпуса, цехи, установки общепромышленного назначения | | |
| Ремонтно-механические | 0,2-0,3 | 0,65-0,75 |
| Электроремонтные | 0,3-0,4 | 0,7-0,8 |
| Насосные, кислородные и компрессорные станции с электродвигателями низкого напряжения | 0,6-0,65 | 0,7-0,85 |
| То же, но с электродвигателями высокого напряжения: | | |
| а) асинхронными | 0,7-0,8 | 0,8-0,85 |
| б) синхронными | 0,7-0,8 | 0,85-0,9 |
| Вентиляционные установки и отопление | 0,6-0,7 | 0,8 |
| Газогенераторные станции | 0,4-0,5 | 0,7-0,8 |
| Литейные цехи черных металлов | 0,5-0,7 | 0,7-0,8 |
| Литейные цехи цветных металлов | 0,6-0,7 | 0,8-0,9 |
| Блоки основных механосборочных цехов | 0,4 | 0,7 |
| Блоки вспомогательных цехов | 0,3 | 0,7 |
| Штампомеханические и токарные | 0,2-0,25 | 0,65-0,8 |
| Инструментальные | 0,2-0,25 | 0,65-0,8 |
| Механические и заготовительные | 0,2-0,3 | 0,65-0,75 |
| Металлоконструкций | 0,4-0,6 | 0,6 |
| Закалочные с индукционными установками | 0,6 | 0,75 |
| Кузнечно-прессовые | 0,4-0,5 | 0,65-0,7 |
| Ремонтно-литейные | 0,55-0,6 | 0,8 |
| Кузнечно-сварочные | 0,5 | 0,65 |

Продолжение приложения Б2

| 1 | 2 | 3 |
|---|----------|----------|
| Металлопрокатный | 0,5 | 0,8 |
| Транспортный | 0,4 | 0,75 |
| Заготовительно-сварочный | 0,5 | 0,6 |
| Модельный | 0,25 | 0,65 |
| Энергоцехи | 0,3 | 0,7 |
| Термические и термообрубные | 0,7-0,8 | 0,85-0,9 |
| Деревообделочные, столярные | 0,28-0,3 | 0,6-0,8 |
| Малярные, модельные | 0,4-0,5 | 0,5-0,6 |
| Гальванические | 0,6-0,7 | 0,75-0,8 |
| Лаборатории | 0,5-0,6 | 0,7-0,9 |
| Заводоуправление, КБ, проходные, конторы | 0,7-0,8 | 0,8-0,9 |
| Депо (железнодорожные, паровозные, пожарные) | 0,3-0,5 | 0,6-0,8 |
| Гаражи | 0,3-0,5 | 0,65-0,8 |
| Котельные | 0,5-0,7 | 0,7-0,8 |
| Склады открытые | 0,2-0,3 | 0,6-0,7 |
| Склады закрытые, готовой продукции и магазины | 0,5-0,7 | 0,8-0,9 |
| Столовые | 0,5-0,7 | 0,9 |
| Лесозаводы | 0,3-0,5 | 0,7 |
| Лесосушки | 0,7 | 0,75-0,8 |
| 2) Заводы цветной металлургии | | |
| Цех электролиза | 0,7 | 0,85 |
| Отдел регенерации | 0,5 | 0,8 |
| Разливочная | 0,4 | 0,7 |
| Лаборатория | 0,25 | 0,7 |
| 3) Химические заводы и комбинаты | | |
| Цех полимеризации | 0,5 | 0,9 |
| Цех грануляции | 0,65 | 0,8 |
| Цех катализации | 0,8 | 0,65 |
| Цех химпрепаратов | 0,7 | 0,75 |
| Газовый цех | 0,6 | 0,8 |
| Цех защитных покрытий | 0,5 | 0,8 |

Продолжение приложения Б2

| 1 | 2 | 3 |
|--|----------|----------|
| Сушильное отделение | 0,7 | 0,8 |
| Химлаборатория | 0,3 | 0,8 |
| 4) Текстильные, меланжевые фабрики и комбинаты | | |
| Прядильное отделение | 0,6-0,7 | 0,75 |
| Ткацкое отделение | 0,7-0,8 | 0,8 |
| Красильное отделение | 0,7-0,75 | 0,8 |
| Отбеливательное отделение | 0,7 | 0,7 |
| Швейное производство | 0,5-0,6 | 0,65-0,7 |
| Отделочные цеха | 0,7 | 0,75 |
| Сушильные отделы | 0,85 | 0,8 |
| Котельная | 0,6 | 0,8 |
| Насосная | 0,65 | 0,85 |
| 5) Авиационный завод | | |
| Цех обработки блоков двигателей | 0,3 | 0,65 |
| Цех обработки поршней, шатунов и прочих деталей двигателей | 0,2 | 0,6 |
| Цех сборки и испытания двигателей | 0,5 | 0,8 |
| Штамповочный цех деталей корпуса самолета | 0,4 | 0,6 |
| Штамповочный цех деталей покрытия самолета | 0,3 | 0,8 |
| Цех производства мелких деталей | 0,3 | 0,7 |
| 6) Цементные заводы | | |
| Цех дробления | 0,5 | 0,75 |
| Сырьевой цех | 0,6 | 0,75 |
| Отделение сырьевых мельниц | 0,7 | 0,8 |
| Отделение цементных мельниц | 0,8 | 0,85 |
| Угольные мельницы | 0,7 | 0,8 |
| Отделение обжига (печное) | 0,7 | 0,8 |
| Сушильное отделение | 0,6 | 0,75 |
| Упаковочная | 0,4 | 0,7 |
| Электрофильтры | 0,6 | 0,85 |

Продолжение приложения Б2

| 1 | 2 | 3 |
|---|-----------|----------|
| 7) Деревообрабатывающая промышленность | | |
| Лесопильное отделение | 0,5-0,55 | 0,75 |
| Обработка древесины | 0,4-0,5 | 0,7 |
| Блок сушильных камер | 0,6 | 0,7 |
| Проклейное отделение | 0,6 | 0,7 |
| Производство мебели | 0,22-0,3 | 0,6 |
| Малярный цех | 0,5 | 0,6 |
| 8) Пищевая и мясомолочная промышленность | | |
| Склады сырья и продукции | 0,4-0,45 | 0,8 |
| Первичная обработка продукции | 0,5 | 0,7 |
| Сушильно-очистительные отделения | 0,65-0,75 | 0,75 |
| Производства сахара | 0,5 | 0,75 |
| Холодильные станции | 0,75 | 0,8 |
| Мельницы | 0,8 | 0,75-0,8 |
| Консервные комбинаты | 0,35 | 0,7 |
| Переработка вторичного сырья | 0,45 | 0,75 |
| Маслосырзаводы | 0,4 | 0,75 |
| Колбасное производство | 0,35 | 0,8 |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Удельные мощности и коэффициенты спроса осветительных установок

Приложение В1 - Удельные мощности нагрузок освещения
производственных зданий

| Наименование цеха, корпуса | Плотность нагрузки, $Вт/м^2$ | Рекомендуемый источник света |
|--|---------------------------------|------------------------------|
| 1) Литейные и плавильные | 15-17 | ДРЛ, ДРИ |
| 2) Механические и сборочные | 14-16 | ДРЛ, ДРИ |
| 3) Сварочные, термические и металлопрокатные | 15-17 | ДРЛ, ДРИ |
| 4) Инструментальные | 19-21 | ДРИ, ДРЛ |
| 5) Деревообрабатывающие и модельные | 17-19 | ДРЛ, ДРИ |
| 6) Блоки вспомогательных цехов | 13-15 | ДРЛ, ДРИ |
| 7) Заводоуправление, инженерные корпуса, лаборатории | 17-19 | ЛЛ, энего-сберегающие |
| 8) Насосные, компрессорные, котельные | 12-15 | ДРЛ, ЛЛ |
| 9) Склады | 8-10 | ДРЛ, ЛЛ |
| 10) Наружное освещение | 0,5-1,0 | ДНаТ |

Приложение В2 - Коэффициенты спроса осветительных нагрузок

| Наименование объекта | K_c |
|---|-------|
| 1) Мелкие производственные здания $F \leq 500 м^2$ | 1,0 |
| 2) Производственные здания, состоящие из отдельных больших пролетов $F \geq 1000 м^2$ | 0,95 |
| 3) Административные здания, библиотеки и предприятия общественного питания | 0,9 |
| 4) Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений $F > 500 м^2$, но $< 1000 м^2$ | 0,85 |
| 5) Лабораторные и конторско-бытовые здания, детские и учебные учреждения | 0,8 |
| 6) Складские здания, распределительные устройства и подстанции | 0,6 |
| 7) Наружное и аварийное освещение | 1,0 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Технические данные элементов системы электроснабжения

Приложение Г1 - Технические данные конденсаторных установок

| Наименование | Мощность, кВАр | Количество ступеней | Конденсаторные батареи (модули), кВАр |
|--------------------------|-------------------|------------------------|--|
| Напряжение 0,4кВ | | | |
| КРМ-0,4-32,4-3,6 У3 | 32,4 | 10 | 3,6-2x7,2-14,4 |
| КРМ-0,4-39,6-3,6 У3 | 39,6 | 11 | 3,6-7,2-2x14,4 |
| КРМ-0,4-46,8-3,6 У3 | 46,8 | 13 | 3,6-2x7,2-2x14,4 |
| КРМ-0,4-54-3,6 У3 | 54 | 15 | 3,6-7,2-3x14,4 |
| КРМ-0,4-64,8-7,2 У3 | 64,8 | 9 | 7,2-4x14,4 |
| КРМ-0,4-75-7,5 У3 | 75 | 10 | 7,5-15-22,5-30 |
| КРМ-0,4-105-7,5 У3 | 105 | 14 | 7,5-15-22,5-2x30 |
| КРМ-0,4-125-7,5 У3 | 125 | 17 | 7,5-15-22,5-30-52,5 |
| КРМ-0,4-150-15 У3 | 150 | 10 | 15-30-45-60 |
| КРМ-0,4-180-15 У3 | 180 | 12 | 15-30-60-75 |
| КРМ-0,4-200-15 У3 | 200 | 13 | 15-30-60-90 |
| КРМ-0,4-225-15 У3 | 225 | 15 | 15-30-60-120 |
| КРМ-0,4-240-30 У3 | 240 | 8 | 2x30-3x60 |
| КРМ-0,4-300-30 У3 | 300 | 10 | 2x30-2x60-120 |
| КРМ-0,4-360-30 У3 | 360 | 12 | 30-2x60-90-120 |
| КРМ-0,4-375-37,5 У3 | 375 | 10 | 37,5-37,5-4x75 |
| КРМ-0,4-420-30 У3 | 420 | 14 | 30-60-90-2x120 |
| КРМ-0,4-450-45 У3 | 450 | 10 | 45-45-4x90 |
| КРМ-0,4-525-52,5 У3 | 525 | 10 | 52,5-52,5-4x105 |
| КРМ-0,4-600-60 У3 | 600 | 10 | 60-60-4x120 |
| КРМ-0,4-675-67,5 У3 | 675 | 10 | 67,5-67,5-4x135 |
| КРМ-0,4-750-75 У3 | 750 | 10 | 75-75-4x150 |
| КРМ-0,4-825-82,5 У3 | 825 | 10 | 82,5-82,5-4x165 |
| КРМ-0,4-900-90 У3 | 900 | 10 | 90-90-4x180 |
| КРМ-0,4-975-97,5 У3 | 975 | 10 | 97,5-97,5-4x195 |
| КРМ-0,4-1050-105 У3 | 1050 | 10 | 105-105-4x210 |
| Напряжение 6,3 и 10,5 кВ | | | |
| УКМ-6,3-450 | 450 | | нерегулируемая |
| УКМ-6,3-900 | 900 | | нерегулируемая |
| УКМ-10,5-450 | 450 | | нерегулируемая |
| УКМ-10,5-900 | 900 | | нерегулируемая |
| УКМ-10,5-1350 | 1350 | | нерегулируемая |
| УКМ-10,5-1800 | 1800 | | нерегулируемая |

Приложение Г2 – Технические данные трехфазных двухобмоточных трансформаторов 6-10 - 35-110 кВ

| Тип трансформатора | Мощность, кВ·А | Напряжение обмоток, кВ | | U_{κ} % | $P_{\text{х}}$ кВт | P_{κ} кВт | $I_{\text{х}}$ % |
|--------------------|----------------|------------------------|--------|----------------|--------------------|------------------|------------------|
| | | В | Н | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ТМ-400/10 | 400 | 6,3-10,5 | 0,4 | 5,5 | 1,1 | 5,9 | 2,5 |
| ТМ-630/10 | 630 | 6,3-10,5 | 0,4 | 5,5 | 1,7 | 8,5 | 2 |
| ТМ-1000/10 | 1000 | 6,3-10,5 | 0,4 | 5,5 | 2,45 | 11 | 1,4 |
| ТМ-1600/10 | 1600 | 6,3-10,5 | 0,4 | 5,5 | 3,3 | 16,5 | 1,3 |
| ТМ-2500/10 | 2500 | 6,3-10,5 | 0,4 | 5,5 | 3,85 | 23,5 | 1,0 |
| ТМН-6300/110 | 6300 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 13 | 50 | 1,0 |
| ТДН-10000/110 | 10000 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 18 | 60 | 0,9 |
| ТДН-16000/110 | 16000 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 26 | 85 | 0,85 |
| ТРДН-25000/110 | 25000 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 36 | 120 | 0,8 |
| ТРДН-32000/110 | 32000 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 44 | 145 | 0,75 |
| ТРДН-40000/110 | 40000 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 52 | 175 | 0,7 |
| ТРДЦН-63000/110 | 63000 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 73 | 260 | 0,65 |
| ТРДЦН-80000/110 | 80000 | 115 | 6,3-11 | 10,5 | 89 | 315 | 0,6 |
| ТМН-1000/35 | 1000 | 35 | 0,4 | 6,5 | 2,1 | 12,2 | 1,4 |
| ТМН-1600/35 | 1600 | 35 | 0,4 | 6,5 | 2,9 | 18 | 1,3 |
| ТМН-1600/35 | 1600 | 35 | 6,3-11 | 6,5 | 2,9 | 16,5 | 13 |
| ТМН-2500/35 | 2500 | 35 | 6,3-11 | 6,5 | 4,1 | 23,5 | 1,0 |
| ТМН-4000/35 | 4000 | 35 | 6,3-11 | 7,5 | 5,3 | 33,5 | 0,9 |
| ТМН-6300/35 | 6300 | 35 | 6,3-11 | 7,5 | 8,0 | 46,5 | 0,8 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Выбор количества, мощности и тип трансформаторов для группы цехов. Расчет мощности компенсирующих устройств и выбор места их размещения

Согласно шифру своего варианта, выданного преподавателем (таблица Д1) и данным расчетных нагрузок (таблица Д2) необходимо для группы цехов с нагрузкой 0,4 и 10 кВ:

1. Определить полную мощность каждого из трех цехов на напряжении 0,4 кВ и всю нагрузку группы цехов в целом.
2. Выбрать количество, определить мощность и тип трансформаторов для каждого цеха.
3. Определить необходимость компенсации реактивной мощности, выбрать места установки и мощность компенсирующих устройств.
4. Рассчитать и выбрать мощность компенсирующих устройств, необходимых для установки на напряжении 0,4 кВ, для каждого цеха и каждого трансформатора.
5. Определить фактические коэффициенты загрузки трансформаторов после проведенной компенсации и уточнить их мощности и количество.

Таблица Д1 - Шифры вариантов задания

| № варианта | Шифр | № варианта | Шифр | № варианта | Шифр | № варианта | Шифр | № варианта | Шифр |
|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
| 1 | 111 | 21 | 291 | 41 | 471 | 61 | 651 | 81 | 831 |
| 2 | 120 | 22 | 300 | 42 | 480 | 62 | 658 | 82 | 840 |
| 3 | 129 | 23 | 309 | 43 | 489 | 63 | 670 | 83 | 849 |
| 4 | 138 | 24 | 318 | 44 | 498 | 64 | 678 | 84 | 858 |
| 5 | 147 | 25 | 327 | 45 | 507 | 65 | 687 | 85 | 867 |
| 6 | 156 | 26 | 333 | 46 | 516 | 66 | 696 | 86 | 876 |
| 7 | 165 | 27 | 345 | 47 | 525 | 67 | 705 | 87 | 888 |
| 8 | 174 | 28 | 354 | 48 | 534 | 68 | 714 | 88 | 894 |
| 9 | 183 | 29 | 363 | 49 | 543 | 69 | 723 | 89 | 903 |
| 10 | 192 | 30 | 372 | 50 | 555 | 70 | 732 | 90 | 912 |
| 11 | 201 | 31 | 381 | 51 | 561 | 71 | 741 | 91 | 921 |
| 12 | 210 | 32 | 390 | 52 | 570 | 72 | 750 | 92 | 930 |
| 13 | 219 | 33 | 399 | 53 | 579 | 73 | 759 | 93 | 939 |
| 14 | 222 | 34 | 408 | 54 | 588 | 74 | 768 | 94 | 948 |
| 15 | 237 | 35 | 417 | 55 | 597 | 75 | 777 | 95 | 957 |
| 16 | 246 | 36 | 426 | 56 | 606 | 76 | 786 | 96 | 966 |
| 17 | 255 | 37 | 435 | 57 | 615 | 77 | 795 | 97 | 975 |
| 18 | 264 | 38 | 444 | 58 | 624 | 78 | 804 | 98 | 984 |
| 19 | 273 | 39 | 453 | 59 | 633 | 79 | 813 | 99 | 993 |
| 20 | 282 | 40 | 462 | 60 | 642 | 80 | 822 | 100 | 000 |

Примечание – Цифры в шифре указывают номер строки каждого из трех расчетных цехов (пример: шифр 234, 1 цех – 2-я строка, 2 – третья, 3 – четвертая).

Таблица Д2 - Расчетные нагрузки цехов 0,4 и 10 кВ и напряжение питания ГПП

| № строки | Цех 1 | | | Цех 2 | | | Цех 3 | | |
|----------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|
| | P_{p1} , кВт | Q_{p1} , квар | $K_{ат}$, ЭС | P_{p2} , кВт | Q_{p2} , квар | $K_{ат}$, ЭС | P_{p3} , кВт | Q_{p3} , квар | $K_{ат}$, ЭС |
| 1 | 1910 | 1630 | II-III | 780 | 520 | III | 2300 | 2050 | II-III |
| 2 | 3600 | 3100 | II | 1850 | 1500 | II-III | 1180 | 880 | III |
| 3 | 1660 | 1640 | II-III | 1100 | 880 | II-III | 870 | 980 | II-III |
| 4 | 7600 | 5100 | I-II | 720 | 430 | III | 1130 | 810 | II-III |
| 5 | 1150 | 1250 | II-III | 630 | 500 | III | 980 | 860 | II-III |
| 6 | 880 | 850 | II | 1260 | 1710 | I-II | 1690 | 1000 | II-III |
| 7 | 3200 | 2300 | II-III | 3300 | 2100 | II-III | 1160 | 850 | III |
| 8 | 1220 | 870 | I-II | 1130 | 960 | II-III | 1960 | 1750 | II-III |
| 9 | 1990 | 1450 | II-III | 1590 | 1180 | I-II | 1100 | 840 | II |
| 0 | 440 | 350 | III | 860 | 750 | II-III | 1350 | 980 | I-II |

Для вариантов 1-5, 11-15, 21-25, 31-35, 41-45, 51-55, 61-65, 71-75, 81-85, 91-95 напряжение питания ГПП-110 кВ, высоковольтные нагрузки 10 кВ, $\Sigma P_{p.в} = 3200 \text{ кВт}$, $\Sigma Q_{p.в} = 2300 \text{ квар}$; для вариантов 6-10, 16-20, 26-30, 36-40, 46-50, 56-60, 66-70, 76-80, 86-90, 96-100 напряжение питания – 35 кВ, $\Sigma P_{p.в} = 2300 \text{ кВт}$, $\Sigma Q_{p.в} = 2000 \text{ квар}$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Справочный материал для выбора сечений высоковольтных кабельных линий

Приложение Е1 - Годовое число часов использования максимума нагрузки по отраслям

| Предприятие | $T_m, ч$ | $T_{mp}, ч$ |
|--|----------|-------------|
| Анилокрасочные заводы | 7100 | - |
| Нефтеперегонные заводы | 7100 | - |
| Заводы тяжелого машиностроения | 3370 | 4840 |
| Заводы станкостроения | 4345 | 4750 |
| Инструментальные заводы | 4140 | 4960 |
| Заводы шарикоподшипников | 5300 | 6130 |
| Заводы подъемно-транспортного оборудования | 3330 | 3880 |
| Автотракторные заводы | 4960 | 5240 |
| Сельскохозяйственное машиностроение | 5330 | 4220 |
| Приборостроение | 3080 | 3180 |
| Авторемонтные заводы | 4370 | 3200 |
| Вагоноремонтные заводы | 3560 | 3660 |
| Электротехнические заводы | 4280 | 6420 |
| Азотно-туковые заводы | 7000 | - |
| Разные металлообрабатывающие заводы | 4355 | 5880 |

Приложение Е2 - Экономическая плотность тока

| Проводники | Экономическая плотность тока, A/mm^2 , при числе часов использования максимума нагрузки в год | | |
|---------------------------------|---|-----------------------|------------|
| | более 1000 до 3000 | более 3000 до 5000 | более 5000 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Неизолированные провода и шины: | | | |
| медные | 2,5 | 2,1 | 1,8 |
| алюминиевые | 1,3 | 1,1 | 1,0 |

Продолжение приложения Е2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-----|-----|-----|
| Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией и жилами: | | | |
| медными | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| алюминиевыми | 1,6 | 1,4 | 1,2 |
| Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами: | | | |
| медными | 3,5 | 3,1 | 2,7 |
| алюминиевыми | 1,9 | 1,7 | 1,6 |

Приложение Е3 - Допустимый длительный ток кабелей

| Сечение токопроводящей жилы, мм ² | Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ | | | |
|---|---|-----|--------------------------------|-----|
| | сшитого полиэтилена | | бумажной пропитанной изоляцией | |
| | 6 | 10 | 6 | 10 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| кабели с медными жилами, прокладываемые в земле | | | | |
| 16 | | | 105 | 95 |
| 25 | | | 135 | 120 |
| 35 | 164 | | 160 | 150 |
| 50 | 192 | 207 | 200 | 180 |
| 70 | 233 | 253 | 245 | 215 |
| 95 | 279 | 300 | 295 | 265 |
| 120 | 316 | 340 | 340 | 310 |
| 150 | 352 | 384 | 390 | 355 |
| 185 | 396 | 433 | 440 | 400 |
| 240 | 457 | 500 | 510 | 460 |
| кабели с медными жилами, прокладываемые в воздухе | | | | |
| 16 | | | 65 | 60 |
| 25 | | | 90 | 85 |
| 35 | 179 | | 110 | 105 |
| 50 | 213 | 215 | 145 | 135 |
| 70 | 263 | 264 | 175 | 165 |
| 95 | 319 | 331 | 215 | 200 |
| 120 | 366 | 376 | 250 | 240 |

Продолжение приложения Е3

| | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 150 | 413 | 426 | 290 | 270 |
| 185 | 471 | 481 | 325 | 305 |
| 240 | 550 | 564 | 375 | 350 |
| кабели с алюминиевыми жилами, прокладываемые в земле | | | | |
| 16 | | | 80 | 75 |
| 25 | | | 105 | 90 |
| 35 | 126 | | 125 | 115 |
| 50 | 148 | 156 | 155 | 140 |
| 70 | 181 | 193 | 190 | 165 |
| 95 | 216 | 233 | 225 | 205 |
| 120 | 246 | 265 | 260 | 240 |
| 150 | 275 | 300 | 300 | 275 |
| 185 | 311 | 338 | 340 | 310 |
| 240 | 358 | 392 | 390 | 355 |
| кабели с алюминиевыми жилами, прокладываемые в воздухе | | | | |
| 16 | | | 50 | 46 |
| 25 | | | 70 | 65 |
| 35 | 138 | | 85 | 80 |
| 50 | 165 | 159 | 110 | 105 |
| 70 | 204 | 196 | 135 | 130 |
| 95 | 248 | 255 | 165 | 155 |
| 120 | 285 | 291 | 190 | 185 |
| 150 | 321 | 329 | 225 | 210 |
| 185 | 368 | 374 | 250 | 235 |
| 240 | 432 | 441 | 290 | 270 |

Приложение Е4 - Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

| Расстояние между кабелями в свету, мм | Коэффициент при количестве кабелей | | | | | |
|--|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 100 | 1,00 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,78 | 0,75 |
| 200 | 1,00 | 0,92 | 0,87 | 0,84 | 0,82 | 0,81 |
| 300 | 1,00 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |

Приложение Е5 - Поправочные коэффициенты на токи для кабелей в зависимости от температуры земли и воздуха

| Трехжильные кабели напряжением, кВ | Вид прокладки | Поправочные коэффициенты на токи для кабелей в зависимости от температуры земли и воздуха, °С | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | -5 и ниже | 0 | +5 | +10 | +15 | +20 | +25 | +30 | +35 | +40 | +45 | +50 |
| кабели с бумажной пропитанной изоляцией | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | в земле | 1,18 | 1,14 | 1,1 | 1,05 | 1,0 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,63 | 0,55 |
| | в воздухе | 1,32 | 1,27 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,06 | 1,0 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |
| 10 | в земле | 1,2 | 1,15 | 1,12 | 1,06 | 1,0 | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,75 | 0,67 | 0,57 | 0,47 |
| | в воздухе | 1,36 | 1,31 | 1,25 | 1,2 | 1,13 | 1,07 | 1,0 | 0,93 | 0,85 | 0,76 | 0,66 | 0,54 |
| кабели сшитого полиэтилена | | | | | | | | | | | | | |
| 6, 10 | в земле | 1,13 | 1,1 | 1,06 | 1,03 | 1,0 | 0,97 | 0,93 | 0,89 | 0,86 | 0,82 | 0,77 | 0,73 |
| | в воздухе | 1,21 | 1,18 | 1,14 | 1,11 | 1,07 | 1,04 | 1,0 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Справочный материал для выбора аппаратов защиты и проводников низкого напряжения

Таблица Ж1 - Технические данные предохранителей

| Тип предохранителя | Номинальный ток патрона I_H , А | Номинальный ток плавкой вставки $I_{H,ПЛВС}$, А | Предельный ток отключения, кА |
|--------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| НПН-60М | 60 | 20, 25, 35, 45, 60 | - |
| ПН2-100 | 100 | 30, 40, 50, 60, 80, 100 | 50 |
| ПН2-250 | 250 | 80, 100, 120, 200, 250 | 40 |
| ПН2-400 | 400 | 200, 250, 300, 350, 400 | 25 |
| ПН2-600 | 600 | 300, 400, 500, 600 | 25 |
| ПН2-1000 | 1000 | 500, 600, 750, 800, 1000 | 10 |

Таблица Ж2 – Технические данные автоматических выключателей серии АЕ2000

| Тип | Номинальный ток, I_H , А | Номинальный ток тепловых и комбинированных расцепителей, $I_{H,РАСЦ}$, А | Уставка срабатывания тока отсечки в кратности к $I_{H,РАСЦ}$ | Пределы регулирования по току срабатывания теплового расцепителя | Предельная коммутационная способность, кА |
|--|----------------------------|---|--|--|---|
| выключатели с комбинированными расцепителями | | | | | |
| АЕ2026 | 16 | 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 | 12 | 0,9 – 1,15 | 0,7 |
| | | 2; 2,5; 3,15; 4; 5, 6,3 | | | 1,0 |
| | | 8; 10; 12,5; 16 | | | 2 |
| АЕ2036 | 25 | 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4 | 12 | 0,9 – 1,15 | 0,8 |
| | | 5, 6,3; 8;10; 12,5 | | | 1,5 |
| | | 16; 20; 25 | | | 4,5 |
| АЕ2046 | 63 | 10; 12,5 | 12 | 0,9 – 1,15 | 2 |
| | | 16; 20; 25 | | | 2,5 - 3 |
| | | 31,5; 40; 50;63 | | | 6 |
| АЕ2056 | 100 | 16; 20; 25 | 12 | 0,9 – 1,15 | 3 |
| | | 31,5; 40; | | | 6 |
| | | 50; 63; 80; 100 | | | 9 |
| АЕ2066 | 160 | 16; 20; 25 | 12 | 0,9 – 1,15 | 3 - 6 |
| | | 31,5; 40;50,63 | | | |
| | | 80; 100; 125; 160 | | | |

Таблица ЖЗ – Технические данные серии ВА51, ВА52, ВА74 и др.

| Тип | Номинальный ток, I_H , А | Номинальный ток расцепителя с обратозависимой характеристикой, $I_{H.PACЦ}$, А | Уставка срабатывания тока отсечки в кратности к $I_{H.PACЦ}$ | Уставка по времени срабатывания в зоне КЗ, с | Предельная коммутационная способность, кА |
|--|----------------------------|---|--|--|---|
| выключатели с комбинированными расцепителями | | | | | |
| ВА51Г-25 | 25 | 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 | - | - | 3 |
| | | 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5 | - | - | 1,5 |
| ВА51-25 | | 6,3; 8,0; 10; 12,5 | 7; 10 | | 2 |
| | | 16; 20; 25 | | | 3,8 |
| ВА51-31 | 100 | 6,3; 8,0; | 3; 7; 10 | | 2 |
| | | 10; 12,5; | | | 2,5 |
| ВА51Г-31 | | 16; 20; 25; | | | 3,8 |
| | | 31,5; 40; 50; 63; | | | 6,0 |
| | | 80; 100 | | | 7,0 |
| ВА51-33 ВА51Г-33 | 160 | 80; 100; 125; 160 | 10 | | 12,5 |
| ВА51-35 | 250 | 80; | 12 | | 10 |
| | | 100; 125; | | | 8 |
| | | 160; 200; 250 | | | 6 |
| ВА51-37 | 400 | 250; 320; 400 | 10 | | 25 |
| ВА51-39 | 630 | 400; 500; 630 | 10 | | 35 |

Таблица Ж4 – Автоматические выключатели серии А3700

| Исполнение по расцепителю | Тип | Номинальный ток, А | | Номинальный ток полупроводникового расцепителя, А | Уставки по току срабатывания полупроводникового расцепителя в зоне КЗ кратные $I_{н.РАСЦ}$ | Уставки по току срабатывания, А | | |
|---|--------|--------------------|-----------------------|---|--|---------------------------------|-----------------------|-----|
| | | выключателя | теплового расцепителя | | | электромагнитного расцепителя | теплового расцепителя | |
| Токоограничивающие с электромагнитными и полупроводниковыми расцепителями | А3710Б | 160 | – | 20, 25, 32, 40 40, 50, 63, 80 80, 100, 125, 160 | 2, 3, 5, 7, 10 | 1600 | – | |
| | А3720Б | 250 | – | 160, 200, 250 | 3, 5, 7, 10 | 2500 | – | |
| Токоограничивающие с электромагнитными расцепителями | А3710Б | 160 | – | – | – | 400, 630, 1000, 1600 | – | |
| | А3720Б | 250 | – | – | – | 1600, 2000, 2500 | – | |
| Токоограничивающие с электромагнитными и тепловыми расцепителями | А3710Б | 160 | 16 | – | – | – | 630 | 18 |
| | | | 20 | | | | 630 | 23 |
| | | | 25 | | | | 630 | 29 |
| | | | 35 | | | | 630, 1600 | 37 |
| | | | 40 | | | | 630, 1600 | 46 |
| | | | 50 | | | | 630, 1600 | 57 |
| | | | 63 | | | | 630, 1600 | 72 |
| | | | 80 | | | | 630, 1600 | 92 |
| | | | 100 | | | | 630, 1600 | 115 |
| | | | 125 | | | | 630, 1600 | 145 |
| А3720Б | 250 | 160 | – | – | – | 2500 | 185 | |
| | | 200 | | | | 2500 | 230 | |
| | | 250 | | | | 2500 | 290 | |
| Селективное с полупроводниковым расцепителем | А3790С | 600 | 250 400 630 | 160, 200, 250 250, 320, 400 400, 500, 630 | 2, 3, 5, 7, 10 | – | 3000 | |
| Токоограничивающее с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями | А3790Б | 600 | 250 400 630 | 160, 200, 250 250, 320, 400 400, 500, 630 | 2, 3, 5, 7 | 4000 4000 6300 | 3000 | |

Таблица Ж5 - Длительно допустимый ток I_0 для проводов и кабелей на напряжение 1 кВ с алюминиевыми жилами при окружающей температуре воздуха 25°C и земли 15°C

| Группа проводников | Провода с резиновой и пластмассовой изоляцией | | | | | | Кабели и защищенные провода с резиновой и пластмассовой изоляцией | | | | | | Кабели с бумажной пропитанной изоляцией | | | | | | Голые провода | | |
|--------------------------|---|---------|---|----|-----|-----|---|-----|---|----------------|-----|-----|---|-----|-----|---------|-----|--------------|---------------|-----|---------|
| | | | | | | | АВРГ-АНРГ-АВВГ-АВРБГ-АНРБГ-АВВБГ-АПРФ | | | АВВБ-АНРБ-АВРБ | | | ААГ-АСГ-ААБГ-АСБГ | | | ААБ-АСБ | | | | А | |
| Сечение, мм ² | Способ прокладки | открыто | в стальных трубах | | | | в воздухе | | | в земле | | | в воздухе | | | в земле | | | открыто | | |
| | | | $I_{доп}$, А, при числе проводов, равном | | | | | | $I_{доп}$, А, при числе жил (одножильных проводов), равном | | | | | | | | | В помещениях | | | |
| | | | 2 | 3 | 4 | 5-6 | 7-9 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | | 3 | 4 | |
| 2,5 | | | 24 | 20 | 19 | 19 | 15 | 14 | 21 | 19 | 17 | 34 | 29 | 26 | 23 | 22 | - | 35 | 31 | - | - |
| 4 | | | 32 | 28 | 28 | 23 | 22 | 21 | 29 | 27 | 24 | 42 | 38 | 35 | 31 | 29 | 27 | 46 | 42 | 38 | - |
| 6 | | | 39 | 36 | 32 | 30 | 26 | 24 | 38 | 32 | 29 | 55 | 46 | 42 | 42 | 35 | 35 | 60 | 55 | 46 | - |
| 10 | | | 60 | 50 | 47 | 39 | 38 | 35 | 55 | 42 | 38 | 80 | 70 | 63 | 55 | 46 | 45 | 80 | 75 | 65 | - |
| 16 | | | 75 | 60 | 60 | 55 | 48 | 45 | 70 | 60 | 54 | 105 | 90 | 81 | 75 | 60 | 60 | 110 | 90 | 90 | 105/75 |
| 25 | | | 105 | 85 | 80 | 70 | 65 | 60 | 90 | 75 | 68 | 135 | 115 | 104 | 100 | 80 | 75 | 140 | 125 | 115 | 135/105 |
| 35 | | | 130 | 10 | 95 | 85 | 75 | 70 | 105 | 90 | 81 | 160 | 140 | 126 | 115 | 95 | 95 | 175 | 145 | 135 | 170/130 |
| 50 | | | 165 | 14 | 130 | 120 | 105 | 95 | 135 | 110 | 100 | 205 | 175 | 158 | 140 | 120 | 110 | 210 | 180 | 165 | 215/165 |
| 70 | | | 210 | 17 | 165 | 140 | 130 | 125 | 165 | 140 | 126 | 245 | 210 | 190 | 175 | 155 | 140 | 250 | 220 | 200 | 265/210 |
| 95 | | | 255 | 21 | 200 | 175 | - | - | 200 | 170 | 153 | 295 | 255 | 230 | 210 | 190 | 165 | 290 | 260 | 240 | 320/255 |
| 120 | | | 295 | 24 | 220 | 200 | - | - | 230 | 200 | 190 | 340 | 295 | 266 | 245 | 220 | 200 | 335 | 300 | 270 | 375/300 |
| 150 | | | 340 | 27 | 255 | - | - | - | 270 | 235 | 212 | 390 | 335 | 302 | 290 | 255 | 230 | 385 | 335 | 305 | 440/355 |
| 185 | | | 390 | - | - | - | - | - | 310 | 270 | 243 | 440 | 385 | 347 | - | 290 | 260 | - | 380 | 345 | 500/410 |

Таблица Ж6 - Длительно допустимый ток I_d для проводов и кабелей на напряжение 1кВ с медными жилами при окружающей температуре воздуха 25°С и земли 15°С

| Группа проводников | Провода с резиновой и пластмассовой изоляцией | | | | | | Кабели и защищенные провода с резиновой и пластмассовой изоляцией | | | | | | Кабели с бумажной пропитанной изоляцией | | | | | | Голые провода | | | | | |
|--------------------------|---|---|-----|-----|-----|-----|---|---|-----|-----------------|-----|-----|---|-----|-----|---------|-----|-----|------------------------|---|--|--|--|--|
| | ПР - ПРТО - ПРВ - ПВ | | | | | | ВРГ-НРГ-ВВГ-ВРБГ-НРБГ-ВВБГ-ПРФ | | | ВВБ – НРБ – ВРБ | | | АГ- СГ- АБГ- СБГ | | | АБ - СБ | | | | М | | | | |
| Способ прокладки | открыто | в стальных трубах | | | | | в воздухе | в земле | | | | | в воздухе | | | в земле | | | открыто / в помещениях | | | | | |
| | | $I_{доп}$, А | | | | | | $I_{доп}$, А, при числе жил (одножильных проводов), равном | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Сечение, мм ² | $I_{доп}$, А | $I_{доп}$, А, при числе проводов, равном | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | 3 | 4 | 5-6 | 7-9 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | | | | | | |
| 1,5 | 23 | 19 | 17 | 16 | 15 | 14 | 19 | 19 | 17 | 33 | 27 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| 2,5 | 30 | 27 | 25 | 25 | 20 | 19 | 27 | 25 | 22 | 44 | 38 | 34 | 30 | 28 | - | 45 | 40 | - | - | | | | | |
| 4 | 41 | 38 | 35 | 30 | 28 | 26 | 38 | 35 | 31 | 55 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 60 | 55 | 50 | 50/25 | | | | | |
| 6 | 50 | 46 | 42 | 40 | 34 | 31 | 50 | 42 | 38 | 70 | 60 | 54 | 55 | 45 | 45 | 80 | 70 | 60 | 70/35 | | | | | |
| 10 | 80 | 70 | 60 | 50 | 48 | 45 | 70 | 55 | 50 | 105 | 90 | 81 | 75 | 60 | 60 | 105 | 95 | 85 | 95/60 | | | | | |
| 16 | 100 | 85 | 80 | 75 | 64 | 60 | 90 | 75 | 68 | 135 | 115 | 103 | 95 | 80 | 80 | 140 | 120 | 115 | 130/100 | | | | | |
| 25 | 140 | 115 | 100 | 90 | 80 | 75 | 115 | 95 | 85 | 175 | 150 | 135 | 130 | 105 | 100 | 185 | 160 | 150 | 180/135 | | | | | |
| 35 | 170 | 135 | 125 | 115 | 100 | 95 | 140 | 120 | 108 | 210 | 180 | 162 | 150 | 125 | 120 | 225 | 190 | 175 | 220/170 | | | | | |
| 50 | 215 | 185 | 170 | 150 | 135 | 125 | 175 | 145 | 130 | 265 | 225 | 202 | 185 | 155 | 145 | 270 | 235 | 215 | 270/215 | | | | | |
| 70 | 270 | 225 | 210 | 185 | 165 | 155 | 215 | 180 | 162 | 320 | 275 | 247 | 225 | 200 | 185 | 325 | 285 | 265 | 340/270 | | | | | |
| 95 | 330 | 275 | 255 | 225 | - | - | 260 | 220 | 200 | 385 | 330 | 300 | 275 | 245 | 215 | 380 | 340 | 310 | 415/335 | | | | | |
| 120 | 385 | 315 | 290 | 260 | - | - | 300 | 260 | 234 | 445 | 385 | 347 | 320 | 285 | 260 | 435 | 390 | 350 | 485/395 | | | | | |
| 150 | 440 | 360 | 330 | 300 | - | - | 350 | 305 | 275 | 505 | 435 | 392 | 375 | 330 | 300 | 500 | 435 | 395 | 570/465 | | | | | |

Таблица Ж7 - Условный проход стальных и пластмассовых труб, мм, в зависимости от числа, маски и сечения проводников

| Сечение, мм ² | Одножильные провода ПРТО, АПРТО, ПВ, АПВ, ПР, АПР, ПРВ, АПРВ при числе проводов, равном | | | | | | | Кабели АВВГ с сечением жил 25 мм ² и выше при числе жил, равном | | | Кабели АВВБ с жилами 25 мм ² и выше при числе жил, равном 4 | Кабели АВВГ до 16 мм ³ и ВВГ при числе жил, равном | | | Кабели АВВБ до 15 мм ² и ВВБ при числе жил, равном 4 |
|--------------------------|---|----|-----|----|----|----|---|--|----|-----|--|---|----|----|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 2 | 3 | 4 | | 2 | 3 | 4 | |
| 1, | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 2 | | | | | | | | |
| 2, | 15 | 15 | 15+ | 20 | 20 | 20 | 2 | | | | | 25 | 25 | | |
| 4 | 15 | 15 | 15+ | 20 | 20 | 20 | 2 | | | | | 25 | 25 | 25 | 40+ |
| 6 | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 25 | 2 | | | | | 25 | 25 | 32 | 40+ |
| 10 | 20 | 20 | 25+ | 32 | 32 | 32 | 3 | | | | | 32 | 32 | 32 | 50- |
| 16 | 25 | 25 | 32- | 32 | 32 | 40 | 4 | | | | | 32 | 32 | 40 | 50+ |
| 25 | 32 | 32 | 32+ | 40 | 50 | 50 | 5 | 40+ | 50 | 70- | 70+ | 32 | 40 | 40 | 50+ |
| 35 | 32 | 32 | 40+ | 50 | 50 | 50 | 7 | 50- | 70 | 70- | 80+ | 32 | 40 | 40 | 70- |
| 50 | 40 | 40 | 50 | 50 | 70 | 70 | 7 | | | 70+ | 80+ | | | 50 | 70 |
| 70 | 50 | 50 | 70- | 70 | 70 | 80 | 8 | | | 70+ | 100 | | | 50 | 70+ |
| 95 | 70 | 70 | 70+ | | | | | | | 80+ | | | | 70 | 70+ |
| 12 | 70 | 70 | 80- | | | | | | | 100 | | | | 70 | 80+ |
| 15 | 70 | 70 | 80+ | | | | | | | | | | | 70 | 80+ |
| 18 | 80 | 80 | 100 | | | | | | | | | | | | |

Балашов Олег Петрович

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Методическое пособие к практическим занятиям для студентов, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано к печати 24.05.13. Формат 60x84 /16.

Усл. печ. л. 3,31. Тираж 100 экз. Заказ 131181. Рег. № 33.

Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.