**5 Литература:**

**Основная :**

1 Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учеб.пособие. М.: КНОРУС, 2011. 368 с.

2 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности)при эксплуатации электроустановок. М.: КНОРУС,2012.168с.

3 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: КНОРУС, 2011. 280с.

4 Правила устройства электроустановок. 6-е . и 7-е изд. с изм. и доп. М.: КНОРУС, 2011. 488 с.

5 Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ. М.: 2008г

6Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения (справочник). М.: Форум-Инфра. 2010г. 480с

7Щербаков Е.Ф, Александров Д.С, Дубов А.А. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях. М.: 2010-496с

**Дополнительная :**

1 Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок./ Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., ., Яшков В.А. М.: Высшая школа 2001 .

1. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов, М., Энергоатомиздат, 1996
2. Электротехнический справочник Том 2/ по общ.ред. профессоров МЭИ В.Г.Герасимов и др. –М.: Издательство МЭИ 2001г
3. Коновалова Л.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок./ Коновалова Л.Л. Рожкова Л.Д. -М.:Энергоатомиздат,1989г.
4. Липкин Б.Ю. Соколова В.И. Электроснабжение промышленных предприятий и установок -М.: Высшая школа, 1990г.
5. Шеховцов В.П. Расчёт и проектирование схем электроснабжения. М.: Форум-инфра-М, 2004
6. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, СПб., 2003.
7. Методическое указание по курсовому проектированию

# **Нормативно-технические документы**

1ГОСТР 50571.10-96 Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники.

2 ГОСТ 21128-83 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В.

1. ГОСТ 721-77 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения выше 1000 В.
2. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к тестовым документам.
4. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Общие требования к чертежам.
5. ГОСТ 27322-87 Энергобаланс промышленного предприятия. Общее положение.
6. ГОСТ.Р. 50571-97 Электроустановки зданий.
7. СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»
8. ГОСТ 29322-92 «Стандартные напряжения».
9. ГОСТ Р МЭК 449-96 «Электроустановки зданий. Диапазоны напряжений».

12 ГОСТ 13109-99. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

1. **Методические указания к выполнению контрольной работы**

Выполнение контрольной работы – это один из основных видов самостоятельной работы студента-заочника, позволяющих освоить программу учебной дисциплины.

Задание на контрольную работу состоит из четырех задач. При выполнении работы предусматривается расчёт электрических нагрузок, расчёт токов короткого замыкания, выбор электрооборудование трансформаторной подстанции и проверка его на устойчивость к токам короткого замыкания. Выполнение контрольной работы рекомендуется проводить в следующем порядке :

* прочесть задания, определить, к какой теме раздела оно относится;
* подобрать необходимые первоисточники по данному вопросу;
* систематизировать имеющуюся информацию;
* продумать последовательность расчетов и провести их;
* проанализировать полученные результаты.

При оформлении контрольной работы необходимо обращать внимание на требования действующего ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», «Методические рекомендации по оформлению курсовых и дипломных проектов», НТГП, 2000.

При решении задач необходимо :

* правильно оформить графики. Оси координат должны быть обозначены, на осях проставлены масштабные деления и их цифровые значения; чертить графики необходимо на клетчатой или миллиметровой бумаге;
* схемы чертить в соответствии с действующими стандартами на буквенные и графические обозначения элементов схем (схемы можно выполнить в графическом редакторе на компьютере);
* список литературы должен быть приведен в конце контрольной работы; при выполнении работы должны быть приведены ссылки на использованную литературу;
* расчеты должны быть сведены в таблицы;
* все расчеты производить в системе СИ;
* применение ксерокопий в контрольной работе не допускаются.

Все задачи и расчеты должны выполняться с подробными пояснениями и ссылками на литературу.

Контрольные задания разработаны на **30** вариантов. Номер варианта задания должен быть кратным 30 по отношению к двум последним цифрам шифра студента. С 1 по 30 номера шифров совпадают с вариантами заданий. При большем значении шифра вариант выбирается следующим образом: Например, № шифра 49, 49-30=19; остаток 19. Из этого следует что номер варианта задания 19.

Контрольные работы, выполненные небрежно, с нарушениями предъявляемых требований, и несоответствующие заданному варианту, не зачитываются.

Этот расчет необходимо вести с использованием типового графика для указанного потребителя из **[4д ],** рисунок 2.8

**6.1 Расчет параметров графика**

Этот расчет необходимо вести с использованием типового графика для указанного потребителя из **[4д]** рисунок 2.8 для активной мощности (Р). Формула для расчета потребления электроэнергии за сутки

100%

4

90

10

20

30

40

50%

60

70

80

8

12

16

20

24

Р,%

t,час

t2

t1

P5

t 3

t 4

t 5

P1

P2

P3

P4

Рисунок 1

Wсут =  (1)

Pi - значение мощности одной ступени (Р1…Рн), %

ti – время использования мощности для ступени, час

Рср - среднее значение мощности, %

Рср =  (2)

где Рmax = 100% - максимальная мощность;

 (3)

Тmax = 365∙tmax сут (4)

гдеТmax – время использования максимальной мощности за год, час

τmax = 8760 (5)

гдеτmax – время максимальных потерь мощности за год, час;

tmax сут – число часов использования максимальной нагрузки за сутки, ч.

**6**.**2 Расчет электрической нагрузки для группы потребителей методом**

**коэффициента максимума**

Расчет производится по следующей методике. Весь расчет сводится в таблицу 1 с последующим заполнением этой таблицы.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n∙Pном  кВт | Ки | cos ϕ | tg ϕ | Рср кВт | Qср квар | М | Ки уз | nэф | Kmax | Pmax кВт | Qmax квар | Smax кВА |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**.1** По исходным данным находим суммарную мощность и суммарное количество ЭП. ∑Рном = ∑(Рном i ∙ n i);

**2**  Рассчитывается число силовой сборки:

m = (6)

**3** Определяем среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену

Рср = Ки ∙ м(Рном i ∙ n i); (7)

Qcр = Рср ∙ tg φ (8)

где: Ки - коэффициент использования.

**4** Определяется суммарные Рср и Qср

РсрΣ = , кВт (9)

QсрΣ = , квар (10)

**5** Определяется средневзвешенные значения коэффициента использования узла

Ки уз =  (11)

**6** Определяется эффективное число электроприемников по условию :

при m>3 и Ки≥0,2

nэ =  (12)

Если полученное nэ окажется больше действительного числа ЭП, то следует принимать nэ=n.

Для остальных случаев

nэ =  (13)

**7** В зависимости от Ки уз и nэ определяется по таблице 2.3 [4д] или по рисунку 2.6 [4д] коэффициент максимума Км.

**8** С учетом Км рассчитываются активная максимальная мощность , кВт, по формуле

Рр = Км ∙ РсмΣ, (14)

**9**Определяется расчетную реактивную мощность, квар:

Qp= К\м ∙ QcmΣ (15)

где: К\м - коэффициент максимума реактивной мощности, равной:

К\м =1,1 при Ки<0,2 и nэ <100, а также при Ки >0,2 и nэ<10.

В остальных случаях К\м =1.

**10** Рассчитывается полная максимальная мощность, кВА:

Sp = √Рр2 + Qp2 (16)

**11** При nэ>200 и любых значениях Ки, а также при Ки>0,8 и любых значениях nэ допускается расчетную нагрузку принимать равной средней за наиболее загруженную смену:

Рр=РсмΣ

Qp= QcmΣ

**12** Для мощных ЭП ( Рном=200 кВт и более) можно принять

Рр = Рсм = Ки \* Рном (17)

6.3 Расчет электрических нагрузок методом коэффициента спроса

Расчет сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n\*Pном  кВт | cos ϕ | Кспр | tg ϕ | Ррасч кВт | Qрасч  квар | Sрасч кВА | Uном  кВ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**1** По заданному значению коэффициента мощности (cos ϕ) определяется коэффициент реактивной мощности (tg ϕ).

**2** Определяются значения расчетных мощностей:

Ррасч = (n ∙ Pном) ∙ Кспр, (18)

Qрасч = Ррасч ∙ tg ϕ, квар (19)

Sрасч = , кВА (20)

**3** Полная суммарная мощность всех потребителей находится путем суммирования данных последней графы таблицы 2.

**6.4 Выбор сечения проводника с проверкой по экономической плотности тока и по потере напряжения**

По заданной марке двигателя из справочников выбрать его технические параметры : Рном,кВт; Uном,кВ; Iном,А; cosϕном, ηном, Кп.

**1** Вычертить схему подключения двигателя или распределительного пункта (рисунок 2) согласно задания

QF

~

М

ℓ

КЛ

ЩСУ

Обозначения:

ЩСУ – щит силовой, QF – автоматический выключатель, КЛ – кабельная линия, S - рубильник, FU – плавкий предохранитель, M - двигатель, lКЛ – длина кабельной линии, км.

Рисунок 2

**2** Определяется расчетный ток в линии по исходным данным.

а) для двигателей, работающих в продолжительном режиме

Ip =  (21)

где Рном - номинальная мощность электродвигателя, кВт;

cos ϕном  - коэффициент мощности двигателя;

ηном - КПД двигателя.

б) для двигателей, работающих в повторно-кратовременном режиме расчётный ток определяется по формуле:

Ip =  , А (22)

где Iпв - ток повторно-краковременного режима, определяемого по формуле (21),А;

ПВ - продолжительность включения справочные данные;

0,875- коэффициент запаса.

в) для трансформатора:

Ip =  ,А (23)

г) для трехфазной осветительной сети

Ip =  , А (24)

где: Ро - суммарная активная мощность осветительной сети, кВт;

Uном.ф - номинальное напряжение, кВ.

**3** С учетом номинального напряжения, технологического процесса и условий окружающей среды намечается марка провода или кабеля.

**4** Определяется поправочные коэффициенты:

Кт - поправочный коэффициент на температуру земли и воздуха, приведенный в таблице 1.3.3. [4];

Кg - поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом, приведен в таблице1.3.26 [4].

**5**Определяется сечение провода, по условию:

Iр < Iд.доп. Кт Кп (25)

где: Iд.доп .- ток длительно допустимый, приведенный в таблице [3]1.3.4.-1.3. для нормальных условий прокладки проводников температура воздуха +25 С; температура земли +15 С.

**6** Проверяется выбранный кабель по потере напряжения в линии. Для этого рассчитывается величина расчетной потери напряжения в линии.

Для силовой нагрузки

ΔUрасч =  (26)

где ℓ - длина линии, км;

Uном - номинальное напряжение, В;

rол, хол - удельное активное и индуктивное сопротивления для выбранной марки проводника, Ом/км, взятые из таблицы П 2.1, П 2.2, П 2.3. [4д] .

cos ϕ - коэффициент мощности потребителя;

sin ϕ => ϕ => cos ϕ

sin ϕ= 

**7.** Проводник проходит по потере напряжения, если выполняется условие: ΔUрасч% ≤ ΔUдоп ≤ 5%

Если условие не выполняется, то необходимо взять проводник большего сечения, пока не выполнится требуемое условие.

**8** Из таблицы П.1.2 [4д] определяется экономическая плотность тока (jэк) для проверки проводника по экономической плотности тока.

Рассчитывается экономически выгодное сечение и сравнивается с выбранным

Sэк =  (27)

**9** Условие проверки:

-

Sэк = Sвыбр (стандартное)

Окончательно выбирается марка и сечение проводника, если он проходит по всем условиям проверки.

**6.5 Выбор защитных аппаратов для двигателей и сети до 1 кВ**

**1** Условия выбора предохранителей (FU) для различных нагрузок. Для одиночного электродвигателя

1. U установки ≤ U ном FU
2. Iраб = IНОМ .ДВ ≤ Iном  FU

3) ≤ Iуст FU

где Uhom FU, I HOM FU - номинальные напряжения и ток предохранителя.

Iпуск - пусковой ток двигателя, равен I пуск=Кп\*1ном дв

Кп - коэффициент пуска, КП = (5-7);

α - коэффициент кратности,

принимается равным α = (1,6-2) при нормальном и легком пуске двигателей и α = (2-2, 5) при тяжелом и затяжном пусках.

Iycт FU - уставка срабатывания двигателя.

Для группы электродвигателей или смешанной нагрузки

1. U установки ≤ U ном FU

2) Ipaб = Ihom ≤ I ном FU

3) 

где Iкр - кратковременный максимальный ток на рассматриваемом участке, равный сумме пускового тока двигателя с максимальной мощностью и рабочих токов остальных потребителей.

α =2,5.

Для осветительной нагрузки

1) Uустановки ≤ Uном FU

2) Iраб ≤ Iном FU

3) Iраб ≤ I уст FU

**2**Условия выбора автоматических выключателей (QF) для различных нагрузок.

Для одиночного электродвигателя

1) Uустановки ≤ Uном QF

2) Iраб = Iном дв ≤ Iном QF

3) 1,25 I пуск дв ≤ I уст расц QF

где I уст расц QF - ток уставки срабатывания расцепителя автомата, А.

Для группы электродвигателей или смешанной нагрузки

1) Uустановки ≤ Uном QF

2) Iраб = ≤ Iном QF

3) 1,25 I кр ≤ I уст расц QF

Для осветительной сети:

1) Uустановки ≤ Uном QF

2) Iраб = Iном дв ≤ Iном QF

3) 1,25 I пуск дв ≤ I уст расц QF

* 1. **Расчет мощности компенсирующего устройства с выбором типа и**

**конденсаторов**

**1** По исходным данным индивидуального задания определить требуемую

мощность компенсирующего устройства(КУ), используя формулы, известные из курса ОП.03 Электротехника

Рmах - максимальная активная мощность потребителей, кВт; (14)

Qmax - максимальная реактивная мощность потребителей до установки КУ, квар (15);

Qэ -эффективная реактивная мощность потребителей после установки КУ, квар.

cos φ max *-* коэффициент мощности до установки КУ;

*tg* φ э - тангенс угла, соответствующего коэффициенту мощности после

установки КУ.

****  (28)

Рассчитывается полная мощность, кВА по формуле (16)

Определяется коэффициент мощности по формуле

**** (29)

Величина требуемой мощности компенсирующего устройства определяется по формуле, квар:

 (30)

**2** По таблице 5.1 [4д] или по справочным таблицам [3д] выбирается батарея статических конденсаторов для компенсации реактивной мощности по условию:



где: QКУном – номинальная мощность выбранной батареи конденсаторов, квар;

**3** Определяется полная мощность потребителей после установки конденсаторов для компенсации реактивной мощности, кВА:

 (31)

**.4** Рассчитывается истинный коэффициент мощности после установки КУ:

 (32)

**5** Используя литературу [4 д], , вычертить схему подключения батареи конденсаторов к шинам потребителей, а также векторную диаграмму мощностей в масштабе.

φmax

Smax

S max

Qmax

Qку ном

Qэ

Qку ном

Qmax

Рmax

φэ

У

х

Рисунок 3

**6** Укажите, для чего необходима установка в батарее конденсаторов разрядного сопротивления.

1. Задание на контрольную работу

*Задание 1*

Привести годовой график по продолжительности активной нагрузки для предприятия указанного в таблице 1.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| № вар. | Наименование предприятия отрасли |
| 6 | Химии |

Определить: Тmax – число часов использования максимума нагрузки в год, в часах;

Р ср – средняя нагрузка, в процентах;

τ max – время максимальных потерь в год, в часах.

***Задание 2***

Рассчитать суммарную максимальную мощность группы потребителей при следующих исходных данных методом коэффициента максимума для ТП – 10/0,4 кВ.

###### Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № вар. | , кВт | Кu | cos φ |
| 6 | 5\*51,6 | 0,15 | 0,85 |
|  | 3\*280 | 0,2 | 0,65 |
|  | 2\*120 | 0,2 | 0,8 |
|  | 28\*45 | 0,17 | 0,5 |
|  | 32\*88 | 0,16 | 0,75 |

### ***Задание 3***

Выбрать сечение проводника для питания двигателя с проверкой по экономической плотности тока и по потере напряжения.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар. | Марка двигателя | Длина питающей линии l, км | Т max,  r | Режим работы |
| 6 | 4А180М4УЗ | 1 | 4210 | длительный |

##### ***Задание 4***

Для двигателя, приведенного в предыдущем задании, выбрать защитный аппарат, который может быть установлен в начале линии. Рассчитать ток уставки аппарата и выписать его параметры.

### ***Задание 5***

Рассчитать требуемую мощность и выбрать батарею конденсаторов, вычертить схему присоединения их при условиях, выбранных из таблицы 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Ррасч  кВт | Qрасч  квар | Sрасч  кВА | Uуст  кВ |
| 6 | - | 2140 | 4100 | 6 |

Считать что cos φэ = 0,95

Q ку расч – требуемая расчетная мощность конденсаторов, квар;

Q ку ном – номинальная мощность КУ, квар;

- суммарная мощность потребителей после установки КУ, кВА;

cos φф - фактический коэффициент мощности после установки КУ.