МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева

Факультет энергетики и машиностроения

Кафедра энергетики и приборостроения

КУРСОВАЯ РАБОТА

"Электроснабжение промышленного предприятия

ИП Шаврин В.Ю. «Завод нестандартного оборудования» "

Дисциплина: "Электроснабжение промышленных предприятий"

Э1ЭП. 050718. 007 КР

АВТОР Ковецкая Г.В.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ “\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_2009 г.

РУКОВОДИТЕЛЬ ст. преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ “\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_2009 г.

Кашевкин А.А.

## Петропавловск, 2009

Содержание

1 Введение

2 Общие сведения о предприятии

2.1 Краткая характеристика предприятия и электроприемников

2.2 Безопасность

3 Расчетно-конструкторская часть

3.1 Категория надежности электроснабжения и выбор схемы электроснабжения

3.2 Расчет электрических нагрузок и выбор трансформатора

3.3 Компенсация реактивной мощности

3.4 Расчет осветительной сети

3.5 Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения

3.6 Расчет токов короткого замыкания

3.7 Проверка элементов цеховой сети

4 Вопросы электробезопасности

4.1 Основные понятия и определения

4.2 Основные технические и организационные мероприятия по безопасному проведению работ в действующих электроустановках

4.3 Защитные средства

Заключение

Список литературы

1 Введение

Системы электроснабжения промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных приемников электрической энергии. По мере развития электропотребления усложняются и системы электроснабжения промышленных предприятий. Развитие и усложнение структуры систем электроснабжения возрастающие требования к экономичности и надежности их работы в сочетании с изменяющейся структурой и характером потребителей электроэнергии, широкое внедрение устройств управления распределением и потреблением электроэнергии на базе современной вычислительной техники ставят проблему подготовки высококвалифицированных инженеров. Первое место по количеству потребляемой электроэнергии принадлежит промышленности, на долю которого приходится более 60% вырабатываемой в стране энергии. С помощью электрической энергии приводятся в движение миллионы станков и механизмов, освещение помещений, осуществляется автоматическое управление технологическими процессами и др. Существуют технологии, где электроэнергия является единственным энергоносителем. Энергетическая политика Казахстана предусматривает дальнейшее развитие энергосберегающей программы. Экономия энергетических ресурсов должна осуществляться путем: перехода на энергосберегающие технологии производства; совершенствование энергетического оборудования, реконструкция устаревшего оборудования; сокращение всех видов энергетических потерь и повышение уровня использования вторичных энергетических ресурсов. Предусматривается также замещение органического топлива другими энергоносителями, в первую очередь ядерной и гидравлической энергией. Кроме прямого энерго- и ресурсосбережения существует целый ряд актуальных задач, решение которых в конечном итоге приводит к тому же эффекту в самих производственных установках, в производстве в целом. Сюда, в первую очередь относится повышение надежности электроснабжения, так как внезапное, иногда даже весьма кратковременное прекращение подачи электропитания может привести к большим убыткам в производстве. Но повышение надежности связано с увеличением стоимости системы электроснабжения, поэтому важной задачей должно считаться определение оптимальных показателей надежности, выбор оптимальной по надежности структуры системы электроснабжения.

Также важной задачей является обеспечение требуемого качества электроэнергии. Низкое качество электроэнергии приводит помимо прочих нежелательных явлений к увеличению потерь электроэнергии как в электроприемниках, так и в сети. От надежного и бесперебойного электроснабжения зависит: работа промышленных предприятий любых отраслей, полученная прибыль, зависящая от объемов выпуска продукции, соблюдения условий хранения скоропортящейся продукции, особенно актуально это звучит для предприятий пищевой промышленности. Для эффективного функционирования предприятия, схема электроснабжения должна обеспечивать должный уровень надежности и безопасности. Развитие частного предпринимательства предполагает использование новых подходов, в организации распределения и учета электроэнергии. В частности это касается наличия нескольких предприятий на территории одной производственной зоны (участка), принадлежащих разным собственникам. Наличие разных технологических цепочек, плюс экономически оправданная система электроснабжения, учета электроэнергии, налагает определенные (специфические) требования к проектированию данных предприятий. В рассматриваемом проекте предполагается решить эти задачи. С минимальными затратами, получить достаточно надежную систему электроснабжения промышленного предприятия. Требуемый уровень надежности и безопасности схемы электроснабжения обеспечивается строгим соблюдением, при выборе оборудования и элементов защиты, норм и правил изложенных в ПУЭ, CНиПах и ГОСТах.

2 Общие сведения о предприятии

2.1 Краткая характеристика предприятия и электроприемников

Завод нестандартного оборудования предназначен для:

* единичного и мелкосерийного производства;
* изготовления нестандартного оборудования;
* механических и ремонтных работ.

Вся территория завода разделена на участки: станочный, ремонтно-механический, гильотинный, сварочный, прессовый, малярный. Также на заводе имеется литейный цех по производству изделий из пластмассы. Завод нестандартного оборудования оснащен складом материалов и складом готовой продукции. В здании предусмотрены производственные, вспомогательные, служебные и бытовые помещения различного назначения.

Основное оборудование размещено в станочном и ремонтно-механическом участках. Перечень электрооборудования приведен в таблице 1.

Завод нестандартного оборудования получает электроснабжение от трансформатора, расположенного в 50 м от здания. Трансформатор подключен к подстанции, расположенной в 1 км от трансформатора, напряжение 10 кВ.

Потребители электроэнергии относятся к 3 категории надежности электроснабжения.

Количество рабочих смен – 1.

Большинство электрооборудования питается от трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В, частота 50 Гц. Исключением является точечная сварка, она запитана от двух фаз, а также однофазные сварочные аппараты. По режиму работы можно выделить электроприемники длительного (станки) и повторно-кратковременного (сварочные аппараты, литейные машины) режимов.

Таблица 1 – Электрооборудование завода нестандартного оборудования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № на плане | Наименование ЭО | Рэп, кВт | Примечания |
| 1 | Пресс гидравлический | 3 |  |
| 2 | Пресс кривошипный | 7,8 |  |
| 3 | Сварочный трансформатор | 6,3 | ПВ=25% |
| 4 | Сварочный полуавтомат | 10 | ПВ=25% |
| 5 | Дисковая маятниковая пила | 1,5 |  |
| 6 | Камера малярная  | 5 |  |
| 7 | Барабан галтовочный | 1 |  |
| 8 | Электроточило наждачное | 1,5 |  |
| 9, 21 | Станок наждачный | 1,5 |  |
| 10 | Точечная сварка | 9,5 | двухфазный ПВ=25% |
| 11, 27 | Сварочный аппарат | 8 | однофазныйПВ=25% |
| 12 | Термопласт автомат | 7 | ПВ=60% |
| 13 | Пласт автомат вертикальный | 5,5 | ПВ=60% |
| 14 | Дробилка | 3 |  |
| 15 | Фуговальный станок | 1,5 |  |
| 16 | Вертикально-сверлильный станок | 1,8 |  |
| 17, 18 | Настольно-сверлильный станок | 1 |  |
| 19, 20 | Универсальный токарный станок | 6 |  |
| 22 | Фрезерный | 5 |  |
| 23 | Горизонтально-фрезерный станок | 5 |  |
| 24 | Вентилятор вытяжной | 1 |  |
| 25 | Вентилятор приточный | 1 |  |
| 26 | Гильотинные ножницы | 15 |  |
| 28 | Компрессорная установка | 5 |  |

2.2 Безопасность

Данное предприятие является пожаро- и взрывобезопасным, так как на территории завода отсутствуют склады горюче-смазочных материалов, а используемые в малярке лакокрасочные материалы приобретаются непосредственно перед покраской и используются в полном объеме. Завод нестандартного оборудования является электробезопасным, так как все электрооборудование заземлено и опасность поражения людей электротоком минимальна, то есть практически отсутствует. На заводе имеется специальное противопожарное оборудование:

* пожарный щит;
* ящик с песком;
* огнетушители порошковые;
* противопожарная сигнализация;
* план эвакуации персонала из помещения;
* настенные знаки направления движения и выхода.

3 Расчетно-конструкторская часть

3.1 Категория надежности электроснабжения и выбор схемы электроснабжения

Надежность электроснабжения определяется числом независимых источников питания и схемой электроснабжения. По надежности электроснабжения в соответствии с требованиями ПУЭ электроприемники разделяют на три категории.

Рассматриваемый завод нестандартного оборудования относится к 3 категории надежности. Для электроприемников 3 категории электроснабжение может быть от одного источника питания при условии, что перерывы, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не более 1 суток.

В данном случае питание будет осуществляться от одного трансформатора.

Рисунок 1 – Схема электроснабжения завода нестандартного оборудования

3.2 Расчет электрических нагрузок и выбор трансформатора

Порядок расчета.

Расчет электрических нагрузок проводится для определения величин затрат в системах электроснабжения промышленных предприятий. Расчетная величина электрических нагрузок Рр определяет технические решения и указывает затраты на изготовление электротехнических изделий, на создание и развитие субъектов электроэнергетики, на построение и функционирование объектов электрики.

Расчет нагрузки будет произведен по методу упорядоченных диаграмм. При наличии данных о числе электроприемников, их мощности, режимах работы его рекомендуют применять для расчетов элементов системы электроснабжения 2УР, 3УР (завод нестандартного оборудования является 3УР), питающих силовую нагрузку до 1 кВ.

Порядок расчета:

1. Составляется перечень силовых электроприемников с указанием их номинальной (установленной) мощности.

2. Определяется рабочая смена с наибольшим потреблением электроэнергии и выделяются характерные сутки.

3. Описываются особенности технологического процесса, влияющие на электропотребление, выделяются электроприемники с высокой неравномерностью нагрузки (которые рассчитывают по максимуму эффективной нагрузки).

4. Исключаются из расчета: а) электроприемники малой мощности; б) резервные по условиям расчета электрических нагрузок; в) Включаемые эпизодически.

5. Определяются группы электроприемников, имеющих одинаковый тип (режим) работы, и выделяются из них подгруппы, имеющие одинаковую величину индивидуального коэффициента использования.

6. Выделяются электроприемники одинакового режима работы, и определяется их средняя мощность:

, (1)

где  - номинальная мощность отдельного электроприемника.

7. Вычисляется средняя реактивная нагрузка:

, (2)

где tgφi – коэффициент реактивной мощности, соответствующий средневзвешенному коэффициенту мощности cosφ, характерному для i-го электроприемника.

8. Находится групповой коэффициент использования Ки активной мощности:

, (3)

где  - установленная мощность подгруппы.

9. Рассчитывается эффективное число электроприемников в группе из n электроприемников:

, (4)

где nэ – число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое дает то же значение расчетного максимума Pmax , что и группа электроприемников, различных по мощности и режиму работы. При числе электроприемников в группе четыре и более допускается принимать nэ равным n (действительному числу электроприемников) при условии, что отношение номинальной мощности наибольшего электроприемника к номинальной мощности меньшего меньше трех. При этом при определении значения n допускается исключать мелкие электроприемники, суммарная мощность которых не превышает 5% номинальной мощности всей группы.

10. По справочным данным в зависимости от (3) и (4) и постоянной времени нагрева То принимается величина расчетного коэффициента Кр.

11. Определяется расчетный максимум нагрузки:

. (5)

Значение расчетного коэффициента активной мощности Кр для То=2,5ч – сетей напряжением до 1 кВ, питающих 3УР.

Результаты расчетов нагрузок по коэффициенту расчетной активной мощности сводят в таблицу.

Расчет электрических нагрузок.

Исходные данные: категория электроснабжения – 3;

Суммарная площадь S = 389 м2;

Электроприемники приведены в таблице 1, а их технические характеристики в таблице 2.

Так как некоторое оборудование (прессы, гильотинные ножницы) используются редко, следовательно, коэффициент использования очень мал, то при расчете нагрузок они учитываться не будут.

Электроснабжение завода нестандартного оборудования (рисунок 1) осуществляется от одного трансформатора, выбраны распределительные устройства видов ШМА, РП и ЩО.

Нагрузки 3-фазного ПКР приводятся к длительному режиму:

ЭП №3. Сварочный трансформатор.

;

ЭП №4. Полуавтомат сварочный.

;

ЭП № 12. Термопласт автомат.

;

ЭП № 13. Пластавтомат вертикальный.

.

Нагрузки трехфазного ПКР приводятся к длительному режиму.

ЭП № 10. Точечная сварка.

.

Таблица 2 – Технические характеристики электроприемников

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №ЭП | Наименование ЭП | Рн, кВт | n | Kн | cos φ | tg φ |
| трехфазный ДР |
| 5 | Дисковая маятниковая пила | 1,5 | 1 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 6 | Камера малярная | 5 | 1 | 0,12 | 0,91 | 0,46 |
| 7 | Барабан галтовочный | 1 | 1 | 0,12 | 0,87 | 0,56 |
| 8 | Электроточило наждачное | 1,5 | 1 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 9, 21 | Станок наждачный | 1,5 | 2 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 14 | Дробилка | 3 | 1 | 0,12 | 0,88 | 0,54 |
| 15 | Фуговальный станок | 1,5 | 1 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 16 | Станок вертикально-сверлильный | 1,8 | 1 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 17, 18 | Станок настольно-сверлильный | 1 | 2 | 0,12 | 0,81 | 0,72 |
| 19, 20 | Станок токарный универсальный | 6 | 2 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 22 | Станок фрезерный | 5 | 1 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 23 | Станок горизонтально-фрезерный | 5 | 1 | 0,12 | 0,85 | 0,62 |
| 24 | Вентилятор вытяжной | 1 | 1 | 0,6 | 0,81 | 0,72 |
| 25 | Вентилятор приточный | 1 | 1 | 0,6 | 0,81 | 0,72 |
| 28 | Компрессорная установка | 5 | 1 | 0,7 | 0,85 | 0,62 |
| трехфазный ПКР |
| 3 | Трансформатор сварочный, ПВ=25% | 6,3 | 1 | 0,25 | 0,35 | 2,68 |
| 4 | Полуавтомат сварочный, ПВ=25% | 10 | 1 | 0,2 | 0,6 | 1,33 |
| 12 | Термопласт автомат, ПВ=60% | 7 | 1 | 0,3 | 0,86 | 0,59 |
| 13 | Пластавтомат вертикальный, ПВ=60% | 5,5 | 1 | 0,3 | 0,85 | 0,62 |
| двухфазный ПКР |
| 10 | Точечная сварка, ПВ=25% | 9,5 | 1 | 0,2 | 0,6 | 1,33 |
| однофазный ПКР |
| 11, 27 | Сварочный аппарат, ПВ=25% | 8 | 2 | 0,2 | 0,6 | 1,33 |
| Осветительная установка |
|  | Лампы накаливания | 10Вт/м2 | - | - | 1 | - |
|  | Дуговые газоразрядные лампы | 25Вт/м2 |  | 0,85 | 0,95 | 0,33 |

Нагрузка однофазного ПКР, включенная на линейное напряжение, приводится к длительному режиму и к условной трехфазной мощности.

ЭП № 11, 27. Сварочный аппарат.









Рисунок 2 - Распределение однофазной нагрузки по фазам

; .

,

тогда .

Рисунок 3 – Схема включения однофазных нагрузок на фазное напряжение

Определяется методом удельной мощности нагрузка ОУ:

.

Определим площадь, освещаемую лампами накаливания:

,

тогда .

Определим площадь, освещаемую ДРЛ:

,

тогда .

Расчет для РП1:

Колонки 1-7 заполняются из таблицы 2;

.

Определяются ; результат заносится в колонку 9;

 результат заносится в колонку 10;

 результат заносится в колонку 11.

Определяется ; результат заносится в колонку 12.

.

Определяется ; результат заносится в колонку 13.

При nЭ<10, =1,1:

 результат заносится в колонку 15;

 результат заносится в колонку 16;

 результат заносится в колонку 17.

.

Расчет для РП2:

.

.

.

.

Расчет для РП3:

.

.

.

.

Расчет для ШМА:

Колонки 1-7 заполняются из таблицы 2;

.

Определяются ; результат заносится в колонку 9;

 результат заносится в колонку 10;

 результат заносится в колонку 11.

Определяется ; результат заносится в колонку 12.

.

Определяется ; результат заносится в колонку 13.

При nЭ<10, =1,1:

 результат заносится в колонку 15;

 результат заносится в колонку 16;

 результат заносится в колонку 17.

.

Выбор трансформатора.

Определяем потери в трансформаторе:

;

;

.

Определяем расчетную мощность трансформатора с учетом потерь, но без компенсации реактивной мощности:

.

По справочнику выбираем ТМ 63-10/0,4

; ; ; ; ;

; ; .

.

Таблица 3 – Сводная ведомость нагрузок по предприятию

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| НаименованиеРУ и ЭП | Нагрузка установленная | Нагрузка средняяза смену | Нагрузкамаксимальная |
| РН,кВт | n | РНΣ, кВт | КН | cosφ | tgφ | m | Рсм, кВт | Qсм,кВар | Sсм,кВА | nэ | Км | К1м | Рм, кВт | Qм,кВар | Sм,кВА | Iм,А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| РП 1Трансф-тор сварочный Полуавтомат сварочный Термопласт автоматПластавтомат вертикальный  | 6,3/1,110/37/5,425,5/4,3 | 1111 | 1,135,424,26 | 0,250,20,30,3 | 0,350,60,860,85 | 2,681,330,590,62 |  | 0,2750,61,6261,278 | 0,7370,7980,9590,792 | 0,7870,9981,8881,503 |  |  |  | 0,7261,5844,2933,374 | 0,8110,8781,0550,871 | 1,0891,8114,423,485 |  |
| Всего по РП1 |  | 4 | 13,8 | 0,26 | 0,67 | 1,31 | >3 | 3,779 | 3,286 | 5,176 | 3 | 2,64 | 1,1 | 9,941 | 3,651 | 10,805 | 16,436 |
| РП 2Точечная сварка | 9,5/2,85 | 1 | 2,85 | 0,2 | 0,6 | 1,33 | - | 0,57 | 0,785 | 0,949 | - | - | - | 0,57 | 0,758 | 0,949 | 1,443 |
| РП 3Сварочный аппарат | 7,2 | 1 | 7,2 | 0,2 | 0,6 | 1,33 | - | 1,44 | 1,92 | 2,396 | - | - | - | 1,44 | 1,92 | 2,396 | 3,64 |
| ШМАПила дисковая маятниковаяКамера малярнаяБарабан галтовочныйЭл.точило наждачноеСтанок наждачныйДробилкаСтанок фуговальныйСтанок вертик.-сверлильныйСтанок настольно-сверлильныйСтанок токарный универ-ныйСтанок фрезерныйСтанок горизонт.-фрезерныйВентилятор вытяжнойВентилятор приточныйКомпрес-рная установка | 1,5511,51,531,51,81655115 | 111121112211111 | 1,5511,5331,51,821255115 | 0,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,60,60,7 | 0,850,910,870,850,850,880,850,850,810,850,850,850,810,810,85 | 0,620,460,560,620,620,540,620,620,720,620,620,620,720,720,62 |  | 0,180,60,120,180,360,360,180,220,241,440,60,60,60,60,6 | 0,1120,2760,0670,1120,2230,1940,1120,1340,1730,890,3720,3720,4320,4320,369 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Всего по ШМА |  | 18 | 49,3 | 0,22 | 0,85 | 0,62 | >3 | 6,871 | 4,27 | 8,09 | 8 | 1,99 | 1,1 | 13,673 | 4,697 | 14,46 | 21,992 |
| ЩООУ с лампами накаливанияДРЛ | - | - | 1,284,85 | -0,85 | 10,95 | -0,33 |  | 1,284,123 | -1,361 | 1,284,342 | - | - | - | 1,284,123 | -1,361 | 1,284,342 | - |
| Всего по ЩО |  |  | 6,13 | 0,85 | 0,98 | 0,33 | >3 | 5,403 | 1,361 | 5,622 | - | - | - | 5,403 | 1,361 | 5,622 | 8,55 |
| Всего на ШНН |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 31,027 | 12,387 | 34,229 | - |
| ПОТЕРИ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,685 | 3,423 | 3,401 | - |
| Всего на ВН |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  31,705 | 15,81 | 37,63 | - |

3.3 Компенсация реактивной мощности

Компенсация реактивной мощности электроустановок потребителей может, производится с помощью различных мероприятий без установки дополнительных источников реактивной мощности или при помощи компенсирующих устройств.

На предприятии из-за малости нагрузки и, следовательно, реактивной мощности (8кВАр), проводятся мероприятия первой группы, то есть без установки дополнительных источников реактивной мощности.

Эти мероприятия более приемлемы, поскольку для их осуществления, как правило, не требуется значительных капитальных вложений, что немаловажно для предприятия. К таким мероприятиям относятся:

* упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования;
* замена малозагруженных двигателей двигателями меньшей мощности;
* понижение напряжения у двигателей, систематически работающих с малой загрузкой;
* ограничение продолжительности холостого хода двигателей;
* применение синхронных двигателей вместо асинхронных той же мощности в случаях, когда это возможно по условиям технологического процесса;
* повышение качества ремонта двигателей;
* замена и перестановка малозагруженных трансформаторов;
* отключение части трансформаторов в периоды снижения их нагрузки (в ночное время).

3.4 Расчет осветительной сети

Электроосвещение – важная часть электрики. На промышленных предприятиях 5-10% и более потребляемой энергии затрачивается на электрическое освещение. Рациональное освещение рабочих мест, производственных помещений и территорий предприятий способствует повышению производительности труда, качества работ, снижает вероятность производственных травм и имеет весьма важное гигиеническое значение.

В качестве источника света на промышленных предприятиях широко применяют лампы накаливания и газоразрядные лампы.

Для питания установок электроосвещения преимущественно применяют сети переменного тока с заземленной нейтралью напряжением 380/220 В.

Существует несколько методов расчета общего освещения. Простейший способ светотехнического расчета освещения - метод коэффициента использования. По этому методу потребный световой поток ламп в каждом светильнике Ф рассчитывается по формуле:

, (6)

электроснабжение мощность трансформатор

где Е – заданная минимальная освещенность, лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м2;

z – отношение средней освещенности к минимальной;

N – число светильников (как правило намечаемое до расчета);

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

По найденному световому потоку Ф выбирают ближайшую стандартную лампу, поток которой не должен отличаться больше чем на -10…+20%.

Все помещения, кроме основного (ремонтно-механического), освещаются лампами накаливания. Ниже приведен расчет освещения для ремонтно-механического цеха, освещаемого ДРЛ.

Расположение светильников (рисунок 4) выбрано с учетом всех правил, но откорректировано с учетом условий конструкции перекрытий и размещением технологического оборудования, а также необходимостью увеличения или возможностью снижения освещенности в отдельных точках рабочей поверхности. Из рисунка видно, что количество светильников N =22.

Рисунок 4 – Расположение светильников в ремонтно-механическом цехе

Так как зрительная работа средней точности, то есть наименьший размер объекта различения 0,5-1 мм (разряд зрительной работы IVб), то по справочным данным выбираем Е=500 лк. Коэффициент использования светового потока η=0,67. Он также выбирается по справочным данным в зависимости от коэффициента отражения потолка 0,7, пола 0,5, а также индекса помещения, который рассчитывается по формуле:

,

где S – площадь помещения, м2;

h – высота помещения, м;

А и В – длина и ширина помещения соответственно, м.

При размещении светильников по квадратам прямоугольникам отношение средней освещенности к минимальной z=1,15. Коэффициент запаса для инструментальных цехов k=1,5. По формуле (6) вычисляю световой поток одной лампы:



Исходя из справочных, данных такой световой поток имеет лампа ДРЛ-250, характеристики которой представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики ДРЛ-250

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение параметра |
| Номинальный ток, мА | 250 |
| Габариты, мм | 228Х91 |
| Средняя продолжительность горения, ч | 12000 |
| Световой поток, лм | 11500 |

3.5 Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения

В сетях и установках напряжением до 1 кВ возможны ненормальные режимы, связанные с увеличением тока (сверхтоком), к которому приводят перегрузки, самозапуск электродвигателей, короткое замыкание. Эти ненормальные режимы могут привести к повреждению электрических сетей и оборудования, созданию ситуаций, опасных для персонала. Поэтому сети и установки должны быть защищены от перегрузок и токов короткого замыкания.

Согласно ПУЭ сети разделяют на защищаемые от перегрузок и токов короткого замыкания, и на защищаемые только от токов короткого замыкания. Защите от перегрузок подлежат следующие сети:

* внутри помещений, выполненные проложенными открыто незащищенными изолированными проводами или проводами с горючей оболочкой;
* внутри помещений, выполненные защищенными проводами, проложенными в трубах, несгораемых строительных конструкциях и т.п.;
* сети освещения общественных и торговых помещений, служебно-бытовых помещений промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также пожароопасных производственных помещений;
* силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях, когда по условиям технологического процесса или режима работы сетей может возникать их длительная перегрузка;
* сети всех видов во взрывоопасных наружных установках независимо от условий технологического процесса или режима работы сетей.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузок и должны быть защищены только от токов короткого замыкания.

Основными аппаратами защиты сетей напряжением 380-660 В являются предохранители с плавкими вставками и автоматические воздушные выключатели. От них требуется кратчайшее время отключения и обеспечение селективности. Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи срабатывания расцепителей автоматических выключателей должны быть минимально возможными, но не приводящими к отключению цепи при пуске электродвигателей и кратковременных перегрузках.

Защитные аппараты устанавливают в начале каждой ветви сети, т.е. на каждой линии, отходящей от шин подстанции и силовых пунктов, на каждом ответвлении от линии, на трансформаторных вводах.

Предохранители применяют в основном для защиты электроустановок от токов короткого замыкания. Предохранитель представляет собой аппарат, содержащий плавкую вставку, калиброванную на определенный ток и выполненную из легкоплавких материалов. Плавкие вставки предохранителей выдерживают ток на 30-50% выше номинального в течение одного часа и более. При токе, превышающем номинальный ток плавких вставок на 60-100%, они плавятся. Для уменьшения времени перегорания плавкой вставки ее выполняют плоской с несколькими сужениями или виде параллельно соединенных проволок с напаянными на них оловянными шариками.

Предохранитель и плавкую вставку характеризуют следующие показатели:

* номинальное напряжение – напряжение, при котором предохранитель работает длительное время;
* номинальный ток патрона – ток, на который рассчитаны токоведущие и контактные соединения патрона по условию длительного нагрева;
* номинальный ток плавкой вставки – ток, который он выдерживает, не расплавляясь длительное время.

Плавкие предохранители выбирают по номинальному току плавкой вставки Ів. При этом должны быть выполнены следующие условия:

* номинальный ток плавкой вставки должен быть не меньше максимального тока данной цепи в рабочем режиме, т.е. , что предотвращает перегорание предохранителя при нормальном режиме работы;
* плавкая вставка не должна перегорать при пуске самого мощного электродвигателя, подключенного к данной цепи, т.е. ;
* номинальный ток плавкой вставки должен быть не больше трехкратного значения допускаемого тока проводов защищаемой линии, т.е. .

Составляется расчетная схема электроснабжения (рисунок 5), рассчитываются и выбираются аппараты защиты.

Рисунок 5 – Схема ЭСН всех электроприемников ШМА

Линия Т1-ШНН, 1SF, линия без электродвигателей:

.

; .

По справочнику выбирается автоматический выключатель ВА 51Г-31:

; ; ; ; ; .

Линия ШНН – ШМА, SF1, линия с группой электродвигателей:

 (из сводной ведомости нагрузок по ШМА); ; .

По справочнику выбирается автоматический выключатель ВА 51-25:

; ; ; ; ; .

Так как на ШМА количество электродвигателей более 5, а наибольшим по мощности является станок токарный универсальный, то

.

.

.

.

; .

, принимаем .

Линию ШМА-ЭД рассчитываем для каждого электроприемника отдельно, но так как есть электроприемники с одинаковыми параметрами, объединяем их в группы.

1. Дисковая маятниковая пила; электроточило наждачное; станок наждачный (2 штуки); станок фуговальный.

; ; .

 - номинальный ток электродвигателя.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

2. Станок фрезерный; станок горизонтально-фрезерный.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

3. Камера малярная.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

4. Барабан галтовочный.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

5. Дробилка.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

6. Станок вертикально-сверлильный.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

7. Станок настольно-сверлильный (2 штуки); вентилятор вытяжной; вентилятор приточный.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

8. Станок токарный универсальный.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

9. Компрессорная установка.

; ; .

.

.

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку на ток .

Выбираются линии электроснабжения с учетом соответствия аппаратам защиты согласно условию:

.

 для взрыво- и пожароопасных помещений;

 для нормальных (неопасных) помещений;

 для предохранителей без тепловых реле в линии.

Линия ШНН-ШМА:

.

Выбирается сечение жилы 4мм2,  кабель трехжильный для прокладки в воздухе при отсутствии механических воздействий в резиновой оболочке не распространяющей горение АВРГ – 34.

Линии ШМА-ЭД:

1. ;

2. ;

3. ;

4. ;

5. ;

6. ;

7. ;

8. ;

9. .

Выбирается сечение жилы 1мм2, . Провод ПГВ (с медной гибкой жилой и поливинилхлоридной изоляцией) применяется для гибкого монтажа при скрытой и открытой прокладках.

Выбирается ШРМ 75-100 (шинопровод с медными шинами)

 

РП1: сварочный трансформатор, ПВ=25%; сварочный полуавтомат, ПВ=25%; термопласт автомат, ПВ=60%; пластавтомат вертикальный, ПВ=60%.

РП2 – точечная сварка, ПВ=25%.

РП3 – сварочный аппарат, ПВ=25% (2 штуки).

РП1 представлен в виде ШРС1-20 УЗ: ; ; .

Рисунок 6 – Схема ШРС1-20 УЗ на 5 трехфазных групп

РП2 и РП3 представлены в виде ШРС1-20 УЗ, но рассчитанных на две трехфазные группы.

.

Для прокладки в воздухе в помещениях нормальной зоной опасности при отсутствии механических повреждений выбирается кабель марки АВРГ, сечение жилы 25 мм2, кабель трехжильный.

Щит освещения представлен как ШОС2 – 15 – 20 – УЗ: ; ; ; .

Длительный ток в линии равен номинальному току щита. Ток плавкой вставки должен быль больше или равен длительному току, поэтому выбираю ближайшее стандартное значение .

.

Выбираем провод марки ПРВД (гибкий с медной жилой, с резиновой изоляцией, двухжильный, скрученный, в ПВХ оболочке) применяемый в осветительных сетях сухих и сырых помещений с сечением жилы 1,5 мм2, .

Результат выбора всех линий электроснабжения и аппаратов защиты сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Сводная ведомость ЭСН ЭП

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| РУ | Электроприемники | Аппараты защиты | Линия ЭСН |
| тип |  | №п/п | n |  |  | тип |  |  | марка |  | L, м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| РП1ШРС1-20 УЗ | Сварочный трансформатор | 3 | 1 | 6,3 | 47,3 | ПР2-60 | 60 | 60 | ПРГН 32,5 | 21 | 6 |
| Сварочный полуавтомат | 4 | 1 | 10 | 43,8 | ПР2-60 | 60 | 60 | ПРГН 32,5 | 21 | 6 |
| Термопласт автомат | 12 | 1 | 7 | 21,42 | ПР2-60 | 60 | 60 | ПРГН 32,5 | 21 | 20 |
| Пластавтомат вертикальный | 13 | 1 | 5,5 | 17,03 | ПР2-60 | 60 | 60 | ПРГН 32,5 | 21 | 20 |
| РП2 | Точечная сварка | 10 | 1 | 9,5 | 41,67 | ПР2-60 | 60 | 60 | ПРГН 22,5 | 21 | 2 |
| РП3 | Сварочный аппарат | 11,27 | 2 | 8 | 35,09 | ПР2-60 | 60 | 60 | ПРГН 16 | 40 | 30 |
| ШМАШРМ 75-100 | Дисковая маятниковая пила | 5 | 1 | 1,5 | 8,95 | ПР2-15 | 10 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 20 |
| Камера малярная | 6 | 1 | 5 | 8,36 | ПР2-60 | 25 | 60 | ПГВ 31 | 17 | 25 |
| Барабан галтовочный | 7 | 1 | 1 | 1,67 | ПР2-15 | 6 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 25 |
| Электроточило наждачное | 8 | 1 | 1,5 | 8,95 | ПР2-15 | 10 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 18 |
| Станок наждачный | 9,21 | 2 | 1,5 | 8,95 | ПР2-15 | 10 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 25 |
| Дробилка | 14 | 1 | 3 | 5,19 | ПР2-15 | 15 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 10 |
| Станок фуговальный | 15 | 1 | 1,5 | 8,95 | ПР2-15 | 10 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 15 |
| Станок вертикально-сверлильный | 16 | 1 | 1,8 | 3,22 | ПР2-60 | 10 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 17 |
| Станок настольно-сверлильный | 17,18 | 2 | 1 | 1,88 | ПР2-15 | 6 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 25 |
| Станок токарный универсальный | 19,20 | 2 | 6 | 10,74 | ПР2-60 | 35 | 60 | ПГВ 31 | 17 | 25 |
| Станок фрезерный | 22 | 1 | 5 | 8,95 | ПР2-60 | 35 | 60 | ПГВ 31 | 17 | 30 |
| Станок горизонтально-фрезерный | 23 | 1 | 5 | 8,95 | ПР2-60 | 35 | 60 | ПГВ 31 | 17 | 34 |
| Вентилятор вытяжной | 24 | 1 | 1 | 1,88 | ПР2-15 | 6 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 20 |
| Вентилятор приточный | 25 | 1 | 1 | 1,88 | ПР2-15 | 6 | 15 | ПГВ 31 | 17 | 25 |
| Компрессорная установка | 28 | 1 | 5 | 8,95 | ПР2-60 | 35 | 60 | ПГВ 31 | 17 | 20 |

3.6 Расчет токов короткого замыкания

Токи короткого замыкания рассчитывают для тех точек сети, при коротком замыкании в которых аппараты и токоведущие части будут находиться в наиболее тяжелых условиях.

Особенность расчета токов короткого замыкания в установках напряжением до 1 кВ заключается в том, что кроме индуктивных учитываются и активные сопротивления цепи короткого замыкания (воздушных и кабельных линий, обмоток силовых трансформаторов, шин, коммутационной аппаратуры и т.д.). При расчетах, согласно ПУЭ и СН 174-75, следует исходить из следующих условий:

* напряжение трансформатора неизменно и мощность системы не ограничена, т.е. хс=0 (это условие выполняется, если мощность системы примерно в 50 раз больше мощности трансформатора);
* по режиму короткого замыкания в сетях до 1 кВ должны проверяться лишь элементы, указанные в ПУЭ, т.е. распределительные щиты, силовые шкафы и токопроводы;
* по термической стойкости к токам короткого замыкания не проверяются элементы, защищаемые плавкими предохранителями, если время их перегорания менее 0,01с. При такой быстроте отключения цепи ток короткого замыкания не успевает достигнуть амплитудного значения и, следовательно, действие будет оказывать лишь то значение тока, при котором предохранитель сработал.

Для вычисления токов короткого замыкания составляют расчетную схему, на которую наносят все данные, необходимые для расчета, и точки, в которых следует определить токи короткого замыкания. По расчетной схеме составляют схему замещения, в которой все элементы представляют в виде индуктивных и активных сопротивлений, выраженных в относительных единицах или омах.

Для расчета токов КЗ необходимо выбрать характерную линию. Обычно это линия с наиболее мощным или наиболее удаленным электроприемником. Исходя из таблицы 5, таким приемником может быть № 23 – станок горизонтально-фрезерный. Таким образом, исходными данными для расчета токов КЗ являются:

Электроприемник № 23 – станок горизонтально-фрезерный.

Pн = 5кВт; cos φ = 0,85; tg φ = 0,62.

LВН = 1 км; LКЛ1 = 100 м; LКЛ2 = 34 м; LШ = 1 м.

Требуется:

* Составить схему замещения, пронумеровать точки КЗ;
* Рассчитать сопротивления и нанести их на схему замещения;
* Определить токи КЗ в каждой точке и составить «Сводную ведомость токов КЗ».

1. Составляется схема замещения и нумеруются точки КЗ в соответствии с расчетной схемой.

2. Вычисляются сопротивления элементов и наносятся на схему замещения.

* Для системы:

.

Наружная ВЛ АС – 3х10/1,8; Iдоп = 84 А.

;

;

;

.

Сопротивления приводятся к НН:

;

.

Рисунок 7 - Схема электроснабжения расчетная

* Для трансформатора по справочной таблице:

; ; .

* Для автоматов по справочным таблицам:

1SF .

SF1 .

Сопротивление предохранителей не учитывается.

* Для кабельных линий по справочным таблицам:

КЛ1: ; .

.

.

КЛ2: ; .

.

.

* Для шинопровода ШРМ 75 - 100 по справочным таблицам сопротивления не учитываются.
* Для ступеней распределения по справочнику:

; 

Рисунок 8 – Схема замещения

3. Упрощенная схема замещения; вычисляются эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ и наносятся на схему (рисунок 9).

.

.

.

.

.

.

Рисунок 9 – Схема замещения упрощенная

4. Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ и заносятся в «Сводную ведомость» (таблица 6).

; .

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

5. Определяются коэффициенты Ку и q

.

.

.

.

.

6. Определяются трехфазные и двухфазные токи КЗ и заносятся в таблицу 6

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

7. Составляется схема замещения для расчета однофазных токов КЗ (рисунок 10) и определяются сопротивления.

Рисунок 10 – Схема замещения для расчета однофазных токов КЗ

Для кабельных линий:

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

Результаты расчета токов КЗ представлены в «Сводной ведомости токов КЗ» (таблица 6).

Таблица 6 – Сводная ведомость токов КЗ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка КЗ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К1 | 74,38 | 103,84 | 127,73 | 0,72 | 1,1 | 1,01 | 1,81 | 2,81 | 1,81 | 1,57 | 15 | 0,54 |
| К2 | 882,18 | 215,34 | 908,08 | 4,097 | 1,0 | 1 | 0,24 | 0,34 | 0,24 | 0,21 | 1597 | 0,11 |
| К3 | 1511,18 | 219,862 | 1527,09 | 6,87 | 1,0 | 1 | 0,14 | 0,2 | 0,14 | 0,12 | 2855 | 0,105 |

3.7 Проверка элементов цеховой сети

Электрические аппараты, провода, кабели и шины должны выдерживать кратковременные импульсы электродинамических сил и тепловые импульсы, возникающие в момент короткого замыкания. Поэтому при выборе аппаратов и проводников необходимо рассчитывать их не только по условиям длительной работы в нормальном нагрузочном режиме, но и проверять динамическую устойчивость при коротком замыкании.

Шины выбирают по расчетному току, номинальному напряжению, условиям окружающей среды и проверяют на термическую и динамическую устойчивости.

Кабели выбирают по расчетному току, номинальному напряжению, способу прокладки, условиям окружающей среды и проверяют на термическую устойчивость при коротком замыкании.

Предохранители выбирают по конструктивному исполнению, роду установки, номинальным току и напряжению и проверяют на отключающую способность.

Включатели нагрузки выбирают по номинальным току и напряжению и проверяют на термическую и динамическую устойчивости, а также отключающую способность в нормальном рабочем режиме.

Проверку элементов цеховой сети произведем для той же линии, что и токи КЗ, для остальных линий проверка производится аналогично.

Таким образом, исходными данными для проверки является характерная линия электроснабжения. Необходимо проверить аппараты защиты и проводники по токам КЗ, а также линию электроснабжения по потере напряжения.

1. Согласно условиям по токам КЗ аппараты защиты проверяются:
* на надежность срабатывания:

1SF: ; 0,54кА0,3кА.

SF1: ; 0,11кА0,075кА.

FU: ; 0,105кА=0,105кА.

Надежность срабатывания автоматов и предохранителя обеспечена.

* на отключающую способность:

1SF: ,

,

7 > 2,55.

SF1: ,

,

3 > 0,34.

Автоматы при КЗ отключаются не разрушаясь.

* на отстройку от пусковых токов – учтено при выборе Ко для IУ(КЗ) каждого автомата: .
1. Согласно условиям проводники проверяют:
* на термическую стойкость:

КЛ (ШНН-ШМА): ,

=4 мм2,

.

КЛ (ШМА-ЭП): ,

.

По термической стойкости кабельные линии удовлетворяют.

* на соответствие выбранному аппарату защиты – учтено при выборе сечения проводника.
1. Согласно условиям шинопровод проверяется:
* на динамическую стойкость:

.

Для алюминиевых шин .

.

.

.

.

.

.

Шинопровод динамически устойчив.

* на термическую стойкость:

.

.

.

400мм2>4мм2

Шинопровод термически устойчив, следовательно, он выдержит кратковременно нагрев при КЗ до 2000С.

1. По потере напряжения линия электроснабжения должна удовлетворять условию . Составляется расчетная схема для потерь напряжения (рисунок 11) и наносятся необходимые данные.

Рисунок 11 – Расчетная схема для определения 

Так как токи участков известны, то наиболее целесообразно выбрать вариант расчета  по токам участков.





.

 - что удовлетворяет условию для силовой нагрузки.

Выполненные проверки элементов ЭСН показали их пригодность на всех режимах работы.

4 Вопросы электробезопасности

4.1 Основные понятия и определения

Электробезопасностью в соответствии с ГОСТ 12.1.009-76 называется система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

К поражению электрическим током может привести прикосновение человека к токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением. Поражение проявляется в парализующем и разрушительном воздействии тока на внешние и внутренние органы – кожный покров, мышцы, органы дыхания, сердце, нервную систему.

Степень поражения током зависит от ряда факторов, в том числе от величины сопротивления человеческого тела. Это сопротивление зависит от толщины и состояния кожного покрова, его влажности или сухости, состояния здоровья человека и т.д.

Степень поражения зависит от длительности прохождения тока через организм или участок тела человека. Наибольшим сопротивлением обладает кожа человека.

Электроустановки классифицируются по виду принимаемых мер электробезопасности на следующие виды:

1. Электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью;
2. Электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью;
3. Электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;
4. Электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

Глухозаземленной называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно, либо через малое сопротивление.

Заземляющим устройством называют совокупность электрически надежно связанных заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель – это металлические стержни, заглубленные в землю. Число стержней и глубина, на которую их вбивают, зависят от типа грунта и других факторов и определяются ПУЭ.

4.2 Основные технические и организационные мероприятия по безопасному проведению работ в действующих электроустановках

В соответствии с требованиями ПУЭ и ГОСТ 12.1.019-79 для защиты персонала от случайного прикосновения к токоведущим частям электрооборудования предусмотрены следующие основные технические меры:

* ограждение токоведущих частей;
* применение блокировок электрических аппаратов;
* установка в РУ заземляющих разъединителей;
* устройство защитного отключения электроустановок;
* заземление или зануление электроустановок;
* выравнивание электрических потенциалов на поверхности пола в зоне обслуживания электроустановок;
* применение разделяющих трансформаторов, применение малых напряжений;
* применение устройств предупредительной сигнализации;
* защита персонала от воздействия электромагнитных полей;
* использование коллективных и индивидуальных средств защиты;
* выполнение требований системы стандартов безопасности труда.

Организационные меры для обеспечения безопасности работ – это выполнение работ в электроустановках по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.

4.3 Защитные средства

К защитным средствам относятся приборы, аппараты, устройства и инструмент, предназначенные для защиты персонала от поражения электрическим током.

Защитное заземление и зануление, а также другие технические устройства и способы применяют для защиты от поражения электрическим током и обеспечения условий отключения при повреждении изоляции.

Защитным заземлением называется электрическое соединение металлических частей электроустановки с заземлителем.

Заземлителем называют металлические детали, углубляемые в землю, изготовляемые, как правило, из низкоуглеродистой стали различного профиля.

Заземление снижает до безопасного значения напряжение прикосновения человека, поскольку человек оказывается при повреждении изоляции включенным в электрическую цепь параллельно заземлителю, сопротивление которого значительно меньше сопротивления человека.

Заключение

При выполнении курсовой работы были рассмотрены не только типовые вопросы электроснабжения, но и решен ряд задач применительно к оборудованию питающей подстанции. В результате проектирования системы электроснабжения была выбрана радиальная схема электроснабжения.

В настоящей работе решены все поставленные вопросы, а именно:

1. Определены расчетные нагрузки;

2. Разработана схема электроснабжения;

3. Разработана система электроосвещения;

4. Разработана система защиты элементов системы электроснабжения;

5. Осуществлены выбор и проверка оборудования и аппаратуры принятой схемы электроснабжения;

6. Разработаны меры по безопасной работе электротехнического персонала в электроустановках;

7. Выбраны и экономически обоснованы силовые трансформаторы схемы электроснабжения.

С минимальными затратами, получилась достаточно надежная система электроснабжения промышленного предприятия. Требуемый уровень надежности и безопасности схемы электроснабжения обеспечен.

Список литературы

1. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005.

2. Алиев И.И. Электротехнический справочник. – М.: ИП РадиоСофт, 2002.

3. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: Учеб. для студ. сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.

4. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.