**Проектирование внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия**

**Ведомость электрических нагрузок по собственным нуждам**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Руст, кВт | Категория |
| 1 | Цех №1 | 400 |  |
| 2 | Цех№3 | 500 |  |
| 3 | Маслохозяйство | 100 |  |
| 4 | Насосная | 50 |  |
| 5 | Склад | 22 |  |
| 6 | Испытательная станция | 30 |  |
| 7 | Точное литье | 500 |  |
| 8 | Кузнечно-прессовочный цех | 450 |  |
| 9 | Цех №4( гальванический) | 400 |  |
| 10 | Компрессорная | 200 |  |
| 11 |  | 100 |  |
| 12 | Гараж | 20 |  |
| 13 | Столовая | 15 |  |
| 14 | Административно- бытовой корпус | 30 |  |
| 15 | Столярная мастерская | 50 |  |
| 16 | Проходная | 10 |  |
| 17 | Склад | 15 |  |

**1.1 Определение расчетных электрических нагрузок по объектам СН подстанции**

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования.

Расчет приведем на примере объекта №1 (ГЩУ):

Номинальная мощность: Pн=400 кВт

Коэффициент спроса: Кс=0,85

cosφ=0.8, tgφ=0.75

Расчетная активная нагрузка:

= (1.1)

Расчетная реактивная нагрузка:

 (1.2)

Рр=0,85\*400=340 (кВт)

Qp=340\*0,75=255 (кВар)

Полная расчетная нагрузка:

 (1.3)

 (1.4)

 (1.5)

 (1.6)

где Pp.o.-расчетная осветительная нагрузка;

Рн.о.-номинальная мощность освещения;

Кс.о.-коэффициент спроса на освещение;

Руд –удельная мощность освещения[3];

F –площадь цеха.

Рн.о=25\*897=22500 (Вт)=22,5 кВт

Pp.o.=22,5\*0,9=20,25 (кВт)

Pp∑=340+20,25=360,25 (кВт)

Qp∑=Qp

реактивная нагрузка освещения не рассчитывается.

Qp∑=265 кВар

 (кВА)

Значения расчетных нагрузок по всем объектам собственных нужд заносятся в таблицу №1.1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Силовая нагрузка | | | | | Осветительная нагрузка | | | | | Расчетная нагрузка | | |
| Рном, кВт | Кс | Cosφ/  Tgφ | Рр,кВт | Qp,кВар | F,м2 | Руд, Вт/м2 | Рн.о., кВт | Кс.о. | Рр.о.,  кВт | Рр∑, кВт | Qр∑, кВар | Sр, кВА |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Цех№1 | 400 | 0,85 | 0,8/0,75 | 340 | 255 | 897 | 25 | 22,5 | 0,9 | 20,25 | 360,25 | 255 | 441,4 |
| 2 | Цех №3 | 500 | 0,8 | 0,8/0,75 | 400 | 300 | 604 | 20 | 12,08 | 0,75 | 9,06 | 409,06 | 300 | 507,3 |
| 3 | Маслохозяйство | 100 | 0,7 | 0,75/0,88 | 70 | 61,6 | 168 | 14 | 2,36 | 0,7 | 1,65 | 71,65 | 61,6 | 94,5 |
| 4 | Насосная | 50 | 0,7 | 0,75/0,88 | 35 | 30,8 | 168 | 14 | 2,36 | 0,7 | 1,65 | 36,65 | 30,8 | 47,9 |
| 5 | Склад | 22 | 0,7 | 0,75/0,88 | 15,4 | 13,6 | 49 | 14 | 0,7 | 0,7 | 0,49 | 15,89 | 13,6 | 20,9 |
| 6 | Испытательная станция | 30 | 0,65 | 0,7/1,02 | 19,5 | 19,89 | 16 | 12 | 0,19 | 0,75 | 0,14 | 19,64 | 19,89 | 27,9 |
| 7 | Цех №2(точное литье) | 500 | 0,75 | 0,8/0,75 | 375 | 281,25 | 111 | 15 | 1,67 | 0,8 | 1,36 | 376,36 | 281,25 | 469,8 |
| 8 | Кузнечно-прессовочный цех | 450 | 0,8 | 0,8/0,75 | 360 | 270 | 122 | 16 | 1,95 | 0,8 | 1,56 | 361,56 | 270 | 451,25 |
| 9 | Цех №4 (гальванический) | 400 | 0,7 | 0,75/0,88 | 280 | 246,4 | 122 | 15 | 1,84 | 0,75 | 1,38 | 281,4 | 246,4 | 374 |
| 10 | Компрессорная | 200 | 0,7 | 0,75/0,88 | 140 | 123,2 | 122 | 15 | 1,84 | 0,75 | 1,38 | 141,38 | 123,2 | 187,5 |
| 11 | Здание вспомогательного назначения | 100 | 0,7 | 0,8/0,75 | 70 | 52,5 | 472 | 20 | 9,44 | 0,85 | 8,02 | 78,02 | 52,5 | 94 |
| 12 | Гараж | 20 | 0,6 | 0,8/0,75 | 12 | 9 | 314 | 10 | 3,14 | 0,6 | 1,88 | 13,88 | 9 | 16,5 |
| 13 | Столовая | 15 | 0,6 | 0,8/0,75 | 9 | 6,75 | 180 | 10 | 1,8 | 0,6 | 1,08 | 10,08 | 6,75 | 12,2 |
| 14 | Административно-бытовой корпус | 30 | 0,8 | 0,75/0,88 | 24 | 21,2 | 298 | 14 | 4,2 | 0,6 | 2,52 | 26,52 | 21,2 | 34 |
| 15 | Столярная мастерская | 50 | 0,75 | 0,7/1,02 | 37,5 | 38,3 | 336,4 | 20 | 6,74 | 0,85 | 5,73 | 43,23 | 38,2 | 57,7 |
| 16 | Проходная | 10 | 0,7 | 0,8/0,75 | 7 | 5,25 | 24 | 15 | 0,36 | 0,8 | 0,3 | 7,3 | 5,25 | 8,9 |
| 17 | Склад | 15 | 0,5 | 0,6/1,3 | 7,5 | 9,75 | 165 | 10 | 1,65 | 0,6 | 0,99 | 8,5 | 9,75 | 12,9 |
| Итого до 1000 В | | 2892 | - | - | 2201,9 | 1744,5 | 4168,4 | - | 74,82 | - | 59,44 | 2261,4 | 1744,5 | 2858,65 |
| Осветительная нагрузка | | - | - | - | - | - | 174856,6 | 2 | 349,7 | 1 | 349,7 | - | - | - |
| Итого по СН | | 2892 | - | - | 2201,9 | 1744,5 | - | - | 424,52 | - | 409,14 | 2611,04 | 1744,5 | 3140,2 |

**1.2 Определение расчетной мощности по собственным нуждам в целом с учетом компенсирующего устройства**

**∑**Рр∑=2261,4 кВт

**∑**Qр∑=1744,5 кВар

**∑**Sр∑=2858,65 кВА

Потери в трансформаторах КТП:

∆Ртц=0,02\* Sр∑ (1.7)

∆Qтц=0,1\* Sр∑ (1.8)

∆Ртц=0,02\*2858,65=58,2 (кВт)

∆Qтц=0,1\*2858,65=285,865 (кВар)

Расчет нагрузки данной ступени:

. (1.9)

 (1.10)

где Рр осв.тер.- осветительная нагрузка открытой территории.

Рр=2261,4+58,2+349,7=2669,3 (кВт)

Qp=1744,5+285,865=2030,4 (кВар)

Расчет нагрузки компенсирующего устройства:

 (1.11)

где tgφном- номинальный коэффициент реактивной мощности.



Среднегодовая мощность работы предприятия:

 (1.12)

где Тма=6000 ч.- число часов использования максимума активной нагрузки[3]

Тг=6400 ч.-годовое число работы предприятия[3]

Рсг=2669,3\*6000/6400=2502,5 (кВт)

 (1.13)

Qky=2502,5(0,76-0,33)=1076,1 (кВар)

Выбираем стандартные КУ:

2\*УКЛ-10,5-450 93[1]

Потери мощности КУ:

∆Рку=0,002\*Qкуст. (1.14)

∆Рку=0,002\*900=1,2 (кВт)

Расчет нагрузки на шинах ЦРП:

 (1.15)

 (1.16)

Ррцрп=2669,3+1,8=2671,1 (кВт)

Qрцрп=2030,4-900=1130,4 (кВар)

Расчетная нагрузка предприятия на этой ступени (питающие линии) с учетом разновременности максимума:

 (1.17)

где Кр.м- коэффициент разновременности максимумов нагрузки по активной мощности (Кр.м<1) [3]

(кВА)

**1.3 Определение рационального напряжения**

Расчетная нагрузка СН Sp=2.76 МВА. В распределительных сетях промышленных предприятиях для питания используют напряжение 6,10 кВ. Напряжение 10 кВ целесообразнее, так как источник питания работает на этом напряжении.

В сложившейся ситуации будет нецелесообразно и неэкономично использовать схему электроснабжения с главной понизительной подстанцией (ГПП). Целесообразно использовать схему с одним приемным пунктом электроэнергии - главный распределительный пункт. (ГРП или ЦРП).

**1.4 Картограмма электрических нагрузок и определение центра электрических нагрузок, выбор места расположения ЦРП и ЦТП**

С целью определения места расположения ЦРП, а также цеховых ТП при проектировании строят картограмму электрических нагрузок. Картограмма представляет собой размещение на генеральном плане предприятия (или цеха) окружности, площадь которых соответствует в выбранном масштабе расчетным нагрузкам.

Радиусы окружностей картограммы:

 (1.18)

где Ррi-расчетная активная нагрузка i-го цеха

m- принятый масштаб для определения площади круга [1].

Расчет составляющих картограммы электрических нагрузок на примере расчета по ТМХ (здание №2).Вводим систему координат XOY. Делим площадь здания на два прямоугольника, находим центры этих фигур.

F1=274,95 м2 F2=392,9 м2

х1 =194 м х2=214 м

у1=190 м у2=189 м

Определим центр здания [1]:

 (1.19)

 (1.20)

 (м)

 (м)

ЦЭМ здания ТМХ имеет координаты (204,8;189,5) м. Расчет по всем потребителям СН сводится в таблице №1.4.1.

Выделим сектор осветительной нагрузки (радиус окружностей и угол нагрузки) на примере ТМХ:

 (о.е.)

 (1.21)



Определим ЦЭН по предприятию в целом:





ЦЭН предприятия → (208;172,8) м.

Таблица №1.4.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Координаты центров | | Fi, м2 | Pi, кВт | ∑Pi\*xi | ∑Pi\*yi | ri (о.е.) | α0 | Рр.ав, кВт |
| xi, м | yi, м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 104,5 | 192,5 | 897 | 360,25 | 37646,125 | 69348,125 | 3,4 | 20,08 | 20,25 |
| 2 | 204,8 | 189,5 | 604 | 409,06 | 83775,5 | 77516,9 | 3,6 | 8,01 | 9,06 |
| 3 | 149 | 418 | 168 | 71,65 | 10675,85 | 29949,7 | 1,5 | 8,4 | 1,65 |
| 4 | 149 | 304 | 168 | 36,65 | 5460,85 | 111441,6 | 1,1 | 15,6 | 1,65 |
| 5 | 146 | 192,5 | 49 | 15,89 | 2319,94 | 3058,8 | 0,7 | 11,5 | 0,49 |
| 6 | 123 | 189 | 16 | 19,64 | 2415,7 | 3711,96 | 0,8 | 2,5 | 0,14 |
| 7 | 68 | 195 | 11 | 376,36 | 25592,5 | 73390,2 | 3,5 | 1,25 | 1,36 |
| 8 | 279 | 191 | 122 | 361,56 | 100875,24 | 69057,96 | 3,4 | 1,55 | 1,56 |
| 9 | 369 | 50 | 122 | 281,4 | 103836,6 | 14070 | 2,3 | 2,9 | 1,38 |
| 10 | 384 | 5 | 122 | 141,38 | 54289,9 | 706,9 | 2,12 | 3,5 | 1,38 |
| 11 | 302 | 150 | 472 | 78,02 | 23562,04 | 11703 | 1,6 | 35,9 | 8,02 |
| 12 | 40 | 195 | 314 | 13,88 | 555,2 | 2706,6 | 0,66 | 49,5 | 1,88 |
| 13 | 277 | 106 | 180 | 10,08 | 2792,2 | 1068,5 | 0,56 | 39,5 | 1,08 |
| 14 | 279 | 155 | 298 | 26,52 | 7399,08 | 4110,6 | 0,9 | 35,67 | 2,52 |
| 15 | 116 | 413 | 336,4 | 43,23 | 5014,68 | 17853,9 | 1,2 | 45,6 | 5,73 |
| 16 | 304 | 82 | 24 | 7,3 | 2219,2 | 598,6 | 0,48 | 14,9 | 0,3 |
| 17 | 230 | 94 | 165 | 8,5 | 1955 | 799 | 0,52 | 41,9 | 0,99 |

∑Pi=2261,4 кВт

∑Pi\*xi=470385,605 кВт

∑Pi\*yi=390792,345 кВт

**1.5 Выбор количества и мощности ЦТП по удельной плотности нагрузок**

Удельная плотность нагрузок σ утверждает экономическую целесообразность выбранного трансформатора ЦТП:

 (1.22)

а) σ< 0,2 кВА/м2 – принимаются трансформаторы до 1000 кВА включительно;

б) 0,2<σ<0.3 кВА/м2 – трансформаторы 1600 кВА;

в) σ≥0,3 кВА/м2 – трансформаторы 1600 или 2500 кВА.

Трансформаторы, применяемые на цеховых трансформаторных подстанциях (ЦТП): 100;160;250;400;630;1000;1600 и 2500 кВА.

Цех №1:

σ=441,4/897=0,49 (кВА/м2) – 1600 или 2500 кВт.

Расчеты по другим потребителям производятся аналогично, полученные значения сводятся в таблицу №1.5.1.

Таблица №1.5.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Рр, кВт | Qр, кВар | Sр, кВА | F, м2 | σ, кВА/м2 | Количество мощность трансформаторов |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Цех№1 | 360,25 | 255 | 441,4 | 897 | 0,49 | 2\*400 |
| 2 | Цех №3 | 409,06 | 300 | 507,3 | 604 | 0,8 | 2\*400 |
| 3 | Маслохозяйство | 71,65 | 61,6 | 94,5 | 168 | 0,56 | 2\*100 |
| 4 | Насосная | 36,65 | 30,8 | 47,9 | 168 | 0,28 | 1\*100 |
| 5 | Склад | 15,89 | 13,6 | 20,9 | 49 | 0,42 | 1\*100 |
| 6 | Испытательная станция | 19,64 | 19,89 | 27,9 | 16 | 1,7 | 1\*100 |
| 7 | Цех №2(точное литье) | 376,36 | 281,25 | 469,8 | 111 | 4,2 | 2\*400 |
| 8 | Кузнечно-прессовочный цех | 361,56 | 270 | 451,25 | 122 | 3,6 | 2\*400 |
| 9 | Цех №4 (гальванический) | 281,4 | 246,4 | 374 | 122 | 3,1 | 2\*250 |
| 10 | Компрессорная | 141,38 | 123,2 | 187,5 | 122 | 1,5 | 2\*160 |
| 11 | Здание вспомогательного назначения | 78,02 | 52,5 | 94 | 472 | 0,19 | 1\*160 |
| 12 | Гараж | 13,88 | 9 | 16,5 | 314 | 0,05 | - |
| 13 | Столовая | 10,08 | 6,75 | 12,2 | 180 | 0,07 | - |
| 14 | Административно-бытовой корпус | 26,52 | 21,2 | 34 | 298 | 0,11 | 1\*100 |
| 15 | Столярная мастерская | 43,23 | 38,3 | 57,7 | 336,4 | 0,17 | 1\*100 |
| 16 | Проходная | 7,3 | 5,25 | 8,9 | 24 | 0,37 | 1\*100 |
| 17 | Склад | 8,5 | 9,75 | 12,9 | 165 | 0,078 | - |

Далее составляем три варианта распределительных сетей (таблица №1.5.2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт питания | Потребители | Место расположения | Qр, кВар | Рр, кВт | tgφ | Qрк, кВар | Qкуст, кВар | Sр, кВА | N\*Sнт | Кзн | Кзав |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Вариант №1 | | | | | | | | | | | |
| ТП 1 | 3,4,15 | 4 | 130,7 | 151,53 | 0,86 | 80,3 | 2\*37,5 | 161,44 | 2\*160 | 0,5 | 1,0 |
| ТП 2 | 1,5,6 | 1 | 288,49 | 395,78 | 0,73 | 158,3 | 2\*75 | 419,3 | 2\*400 | 0,52 | 1,04 |
| ТП 3 | 2,17 | 2 | 309,75 | 417,56 | 0,74 | 171,2 | 2\*75 | 447,1 | 2\*400 | 0,56 | 1,12 |
| ТП 4 | 8,11,13,14,16 | 11 | 355,7 | 483,48 | 0,74 | 198,2 | 2\*100 | 507,9 | 2\*400 | 0,63 | 1,26 |
| ТП 5 | 7,12 | 7 | 290,25 | 390,24 | 0,74 | 160 | 2\*75 | 414,7 | 2\*400 | 0,52 | 1,04 |
| ТП 6 | 9,10 | 9 | 369,2 | 422,78 | 0,87 | 228,3 | 2\*100 | 455,4 | 2\*400 | 0,57 | 1,14 |
| Вариант №2 | | | | | | | | | | | |
| ТП 1 | 7,12 | 7 | 290,25 | 390,24 | 0,74 | 160 | 2\*75 | 414,7 | 2\*400 | 0,52 | 1,04 |
| ТП 2 | 1,3,4,5,6,15 | 1 | 419,19 | 547,31 | 0,76 | 235 | 2\*100 | 589,6 | 2\*630 | 0,47 | 0,94 |
| ТП 3 | 2,13,16,17 | 2 | 321,75 | 434,94 | 0,74 | 178,3 | 2\*75 | 467,62 | 2\*400 | 0,58 | 1,16 |
| ТП 4 | 8,11,14 | 8 | 343,7 | 466,1 | 0,74 | 191,1 | 2\*100 | 487,7 | 2\*400 | 0,6 | 1,2 |
| ТП 5 | 9,10 | 9 | 369,2 | 422,78 | 0,87 | 228,3 | 2\*100 | 455,4 | 2\*400 | 0,57 | 1,14 |
| Вариант №3 | | | | | | | | | | | |
| ТП 1 | 3,4,15 | 4 | 130,7 | 151,53 | 0,86 | 80,3 | 2\*37,5 | 161,44 | 2\*160 | 0,5 | 1,0 |
| ТП 2 | 1,5,6 | 1 | 288,49 | 395,78 | 0,73 | 158,3 | 2\*75 | 419,3 | 2\*400 | 0,52 | 1,04 |
| ТП 3 | 2,13,14,16,17 | 2 | 342,95 | 461,46 | 0,74 | 189,2 | 2\*75 | 500,2 | 2\*400 | 0,62 | 1,22 |
| ТП 4 | 8,11 | 8 | 322,5 | 439,58 | 0,73 | 175,8 | 2\*75 | 472,2 | 2\*400 | 0,59 | 1,18 |
| ТП 5 | 7,12 | 7 | 290,25 | 390,24 | 0,74 | 160 | 2\*75 | 414,7 | 2\*400 | 0,52 | 1,04 |
| ТП 6 | 9,10 | 9 | 369,2 | 422,78 | 0,87 | 228,3 | 2\*100 | 455,4 | 2\*400 | 0,57 | 1,14 |

**1.6 Потери мощности в трансформаторах ЦТП**

 (1.24)

 (1.25)

где ∆Рхх, ∆Ркз- потери мощности холостого хода и короткого замыкания одного трансформатора [2].

Кз- коэффициент загрузки (фактическое значение).

Так как все ЦТП двухтрансформаторные, то

∆Р2т=2\*∆Рт (1.28)

∆Q2т=2\*∆Qт (1.27)

Расчетная активная нагрузка:

(1.28)



Расчетная реактивная нагрузка:

Q/р=Qр+∆Q2т (1.29)

где Qр= Qр-Qку.ст.

Полная мощность: 

Расчеты сводятся в таблицу №1.6.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ЦТП | Число и мощность трансформаторов | Кз/К2з | Потери трансформатора | | | | | ∆Р2т, кВт | ∆Q2т, кВар | Р/р, кВт | Q/р,кВар | S/р, кВА |
| Рхх, кВт | Ркз, кВт | | Ixx % | Uкз % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Вариант №1 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2\*160 | 0,5/0,25 | 0,42 | 1,97 | 2,6 | | 5,5 | 1,8 | 12,72 | 153,33 | 68,42 | 167,9 |
| 2 | 2\*400 | 0,52/0,27 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 4,8 | 30,28 | 400,58 | 168,77 | 434,68 |
| 3 | 2\*400 | 0,56/0,31 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 5,2 | 32,04 | 422,76 | 191,79 | 464,23 |
| 4 | 2\*400 | 0,63/0,4 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 6,24 | 36 | 489,72 | 191,7 | 525,9 |
| 5 | 2\*400 | 0,52/0,27 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 4,8 | 30,28 | 395,04 | 170,53 | 430,3 |
| 6 | 2\*400 | 0,57/0,32 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 5,36 | 32,48 | 428,14 | 251,68 | 496,6 |
| Вариант №2 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2\*400 | 0,52/0,27 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 4,8 | 30,28 | 395,04 | 170,53 | 430,3 |
| 2 | 2\*630 | 0,47/0,22 | 1,42 | 7,6 | 2 | | 5,5 | 6,18 | 40,44 | 553,49 | 259,63 | 611,36 |
| 3 | 2\*400 | 0,58/0,34 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 5,58 | 33,36 | 440,52 | 205,11 | 485,93 |
| 4 | 2\*400 | 0,6/0,36 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 5,8 | 34,24 | 471,9 | 177,94 | 504,3 |
| 5 | 2\*400 | 0,57/0,32 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 5,36 | 32,48 | 428,14 | 251,68 | 496,6 |
| Вариант №3 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2\*160 | 0,5/0,25 | 0,42 | 1,97 | 2,6 | | 5,5 | 1,8 | 12,72 | 153,33 | 68,42 | 167,9 |
| 2 | 2\*400 | 0,52/0,27 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 4,8 | 30,28 | 400,58 | 168,77 | 434,68 |
| 3 | 2\*400 | 0,62/0,38 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 6,02 | 35,12 | 467,48 | 191,79 | 520,15 |
| 4 | 2\*400 | 0,59/0,35 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 5,68 | 33,8 | 445,26 | 191,7 | 490,73 |
| 5 | 2\*400 | 0,52/0,27 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 4,8 | 30,28 | 395,04 | 170,53 | 430,3 |
| 6 | 2\*400 | 0,57/0,32 | 0,92 | 5,5 | 2,3 | | 5,5 | 5,36 | 32,48 | 428,14 | 251,68 | 496,6 |

**1.7 Расчет распределительной сети**

Рабочий ток в линии:

 (1.30)

Напряжение в сети 10 кВ и 0,4 кВ.

Расчеты сводятся в таблицу №1.7.1.

Таблица №1.7.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование линии | Назначение линии | Расчетные мощности | | | Ip, А | l, км | Способ прокладки кабеля |
| Рр, кВт | Qр, кВар | Sр, кВА |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Вариант №1 | | | | | | | |
| Л1 | ГРП-ТП1 | 153,33 | 68,42 | 167,9 | 9,7 | 0,112 | Канал |
| Л2 | ГРП-ТП2 | 400,58 | 168,77 | 434,68 | 23,13 | 0,13 | Канал-траншея |
| Л3 | ГРП-ТП3 | 422,76 | 191,79 | 464,23 | 26,83 | 0,057 | Канал-траншея |
| Л4 | ТП3- ТП4 | 489,72 | 191,7 | 525,9 | 30,4 | 0,06 | Траншея |
| Л5 | ТП2- ТП5 | 395,04 | 170,53 | 430,3 | 24,9 | 0,055 | Траншея |
| Л6 | ТП4-ТП6 | 428,14 | 251,68 | 496,6 | 28,7 | 0,202 | Траншея |
| Л7 | ТП1-СП1 | 71,65 | 61,6 | 94,5 | 136,56 | 0,112 | Канал |
| Л8 | СП1-СП2 | 43,23 | 38,3 | 57,7 | 83,38 | 0,022 | Канал |
| Л9 | ТП2-СП3 | 19,64 | 19,89 | 27,9 | 40,32 | 0,03 | Траншея |
| Л10 | СП3-СП4 | 15,89 | 13,6 | 20,9 | 30,2 | 0,019 | Траншея |
| Л11 | ТП5-СП10 | 13,88 | 9 | 16,5 | 23,8 | 0,02 | Траншея |
| Л12 | ТП3-СП5 | 8,5 | 9,75 | 12,9 | 18,64 | 0,105 | Траншея |
| Л13 | ТП4-СП6 | 78,02 | 52,5 | 94 | 135,84 | 0,054 | Траншея |
| Л14 | СП6-СП7 | 26,52 | 21,2 | 34 | 49,13 | 0,01 | Траншея |
| Л15 | СП6-СП8 | 10,08 | 6,75 | 12,2 | 17,63 | 0,054 | Траншея |
| Л16 | СП8-СП9 | 7,3 | 5,25 | 8,9 | 12,9 | 0,033 | Траншея |
| Л17 | ТП6-СП11 | 141,38 | 123,2 | 187,5 | 270,95 | 0,05 | Траншея |
| Вариант №2 | | | | | | | |
| Л1 | ГРП-ТП2 | 553,49 | 259,63 | 611,36 | 35,34 | 0,13 | Канал-траншея |
| Л2 | ТП2-ТП1 | 395,04 | 170,53 | 430,3 | 24,9 | 0,055 | Траншея |
| Л3 | ГРП-ТП3 | 440,52 | 205,11 | 485,93 | 28,09 | 0,062 | Канал-траншея |
| Л4 | ГРП-ТП4 | 471,9 | 177,94 | 504,3 | 29,15 | 0,11 | Канал-траншея |
| Л5 | ТП4-ТП5 | 428,14 | 251,68 | 496,6 | 28,7 | 0,195 | Траншея |
| Л6 | ТП2-СП2 | 36,65 | 30,8 | 47,9 | 69,22 | 0,125 | Траншея-канал |
| Л7 | СП2-СП3 | 71,65 | 61,6 | 94,5 | 136,56 | 0,112 | Канал |
| Л8 | СП3-СП4 | 43,23 | 38,3 | 57,7 | 83,38 | 0,022 | Канал |
| Л9 | ТП2-СП5 | 19,64 | 19,89 | 27,9 | 40,32 | 0,03 | Траншея |
| Л10 | СП5-СП6 | 15,89 | 13,6 | 20,9 | 30,2 | 0,019 | Траншея |
| Л11 | ТП3-СП7 | 8,5 | 9,75 | 12,9 | 18,64 | 0,117 | Траншея |
| Л12 | СП7-СП8 | 10,08 | 6,75 | 12,2 | 17,63 | 0,045 | Траншея |
| Л13 | СП8-СП9 | 7,3 | 5,25 | 8,9 | 12,9 | 0,03 | Траншея |
| Л14 | ТП1-СП1 | 13,88 | 9 | 16,5 | 23,8 | 0,015 | Траншея |
| Л15 | ТП5-СП12 | 141,38 | 123,3 | 187,5 | 270,95 | 0,052 | Траншея |
| Л16 | ТП4-СП10 | 78,02 | 52,5 | 94 | 135,84 | 0,057 | Траншея |
| Л17 | СП10-СП11 | 26,52 | 21,2 | 34 | 49,13 | 0,01 | Траншея |
| Вариант №3 | | | | | | | |
| Л1 | ГРП-ТП1 | 153,33 | 68,42 | 167,9 | 9,7 | 0,112 | Канал |
| Л2 | ГРП-ТП2 | 400,58 | 168,77 | 434,68 | 25,13 | 0,12 | Канал-траншея |
| Л3 | ГРП-ТП3 | 467,48 | 228,07 | 520,15 | 30,07 | 0,057 | Канал-траншея |
| Л4 | ТП3-ТП4 | 445,26 | 206,3 | 490,73 | 28,36 | 0,06 | Траншея |
| Л5 | ТП2-ТП5 | 395,04 | 170,53 | 430,3 | 24,9 | 0,055 | Траншея |
| Л6 | ТП4-ТП6 | 428,68 | 251,68 | 496,6 | 28,7 | 0,202 | Траншея |
| Л7 | ТП1-СП1 | 71,65 | 61,6 | 94,5 | 136,56 | 0,112 | Канал |
| Л8 | СП1-СП2 | 43,23 | 38,3 | 57,7 | 83,38 | 0,022 | Канал |
| Л9 | ТП2-СП3 | 19,64 | 19,89 | 27,9 | 40,32 | 0,03 | Траншея |
| Л10 | СП3-СП4 | 15,89 | 13,6 | 20,9 | 30,2 | 0,019 | Траншея |
| Л11 | ТП3-СП5 | 26,52 | 21,2 | 34 | 49,13 | 0,082 | Траншея |
| Л12 | ТП4-СП8 | 78,02 | 52,5 | 94 | 135,84 | 0,054 | Траншея |
| Л13 | СП5-СП10 | 10,08 | 6,75 | 12,2 | 17,63 | 0,048 | Траншея |
| Л14 | СП10-СП9 | 7,3 | 5,25 | 8,9 | 12,9 | 0,047 | Траншея |
| Л15 | СП10-СП7 | 8,5 | 9,75 | 12,9 | 18,64 | 0,04 | Траншея |
| Л16 | ТП6-СП11 | 141,38 | 123,2 | 187,5 | 270,95 | 0,05 | Траншея |
| Л17 | ТП5-СП6 | 13,88 | 9 | 16,5 | 23,8 | 0,02 | Траншея |

**1.8 Выбор марки и сечения кабеля**

Пример расчета: вариант 1, 10 кВ, линия 1 ГРП-ТП1.

 (1.31)

 (1.32)

а) выбор кабеля по нагреву[1]:

(1.33)



где К1-поправочный коэффициент, который зависит от прокладки кабеля (определяет допустимую перегрузку кабеля), К1=1-1,5[3];

К2-учитывает количество рядом лежащих кабелей (снижает допустимую перегрузку) К2≤1 [3].

 (А)

выбираем кабель типа ААШВ 3\*16 мм2, Iдоп=75 А

б) выбор кабеля по экономической плотности тока [1]:

 (1.34)

где Iд.н.р.- допустимая нагрузка на кабель в нормальном режиме

jэк- экономическая плотность тока.

S=4,67/1,2=3,89 (мм2)

выбираем кабель типа ААШВ.

Расчеты по всем вариантам сводим в таблицу №1.8.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование линии | Расчетная нагрузка на один кабель | | l, км | Способ прокладки кабеля | Поправочный коэффициент | Допустимая нагрузка на один кабель | | Sнагр, мм2 | S∆U, мм2 | Sэ, мм2 | Марка и сечения кабеля |
| Iр.н., А | Iр.ав., А | Iд.н.р, А | Iдав.р., А |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Вариант №1 | | | | | | | | | | | |
| Л1 | 4,85 | 9,7 | 0,112 | канал | 0,8 | 4,67 | 9,34 | 16 | 16 | 3,89 | ААШВ 3\*16 |
| Л2 | 12,56 | 25,13 | 0,13 | канал-траншея | 0,8 | 12,08 | 24,16 | 16 | 16 | 10,1 | ААШВ 3\*16 |
| Л3 | 13,41 | 26,83 | 0,057 | канал-траншея | 0,9 | 11,45 | 22,9 | 16 | 16 | 9,5 | ААШВ 3\*16 |
| Л4 | 15,2 | 30,4 | 0,06 | траншея | 0,9 | 12,99 | 25,98 | 16 | 16 | 10,8 | ААШВ 3\*16 |
| Л5 | 12,45 | 24,9 | 0,055 | траншея | 0,9 | 10,65 | 21,3 | 16 | 16 | 8,9 | ААШВ 3\*16 |
| Л6 | 14,35 | 28,7 | 0,202 | траншея | 0,9 | 12,26 | 24,53 | 16 | 16 | 10,22 | ААШВ 3\*16 |
| Л7 | 68,28 | 136,56 | 0,112 | канал | 0,9 | 58,36 | 116,72 | 50 | 50 | 48,3 | АВВГ 3\*50+1\*25 |
| Л8 | 41,69 | 83,38 | 0,022 | канал | 0,9 | 35,65 | 71,3 | 25 | 25 | 29,7 | АВВГ 3\*25+1\*16 |
| Л9 | 20,16 | 40,32 | 0,03 | траншея | 0,9 | 17,25 | 34,5 | 6 | 6 | 14,4 | АВВГ 3\*16+1\*10 |
| Л10 | 15,1 | 30,2 | 0,019 | траншея | 0,9 | 12,9 | 25,8 | 16 | 16 | 10,75 | АВВГ 3\*16+1\*10 |
| Л11 | 11,9 | 23,8 | 0,02 | траншея | 1 | 9,15 | 18,3 | 4 | 4 | 7,6 | АВВГ 3\*10+1\*6 |
| Л12 | 9,32 | 18,64 | 0,105 | траншея | 1 | 7,17 | 14,34 | 4 | 4 | 5,97 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л13 | 67,92 | 135,84 | 0,054 | траншея | 0,9 | 58,05 | 116,1 | 50 | 50 | 48,37 | АВВГ 3\*50+1\*25 |
| Л14 | 24,56 | 49,13 | 0,01 | траншея | 1 | 18,9 | 37,8 | 6 | 6 | 15,75 | АВВГ 3\*16+1\*10 |
| Л15 | 8,81 | 17,63 | 0,054 | траншея | 1 | 6,78 | 13,56 | 4 | 4 | 5,6 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л16 | 6,45 | 12,9 | 0,033 | траншея | 1 | 4,95 | 9,9 | 4 | 4 | 4,125 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л17 | 135,4 | 270,95 | 0,05 | траншея | 0,9 | 115,79 | 231,58 | 95 | 95 | 96,49 | АВВГ 3\*95+1\*50 |
| Вариант №2 | | | | | | | | | | | |
| Л1 | 17,67 | 35,34 | 0,13 | канал-траншея | 0,85 | 15,99 | 31,98 | 16 | 16 | 13,3 | ААШВ 3\*16 |
| Л2 | 12,49 | 24,9 | 0,055 | траншея | 0,9 | 10,64 | 21,28 | 16 | 16 | 8,86 | ААШВ 3\*16 |
| Л3 | 14,04 | 28,09 | 0,062 | канал-траншея | 0,8 | 13,5 | 27,01 | 16 | 16 | 11,25 | ААШВ 3\*16 |
| Л4 | 14,57 | 29,15 | 0,11 | канал-траншея | 0,8 | 14,01 | 28,03 | 16 | 16 | 11,67 | ААШВ 3\*16 |
| Л5 | 14,35 | 28,7 | 0,195 | траншея | 0,85 | 12,98 | 25,97 | 16 | 16 | 10,82 | ААШВ 3\*16 |
| Л6 | 34,61 | 69,22 | 0,125 | траншея-канал | 0,85 | 31,32 | 62,64 | 25 | 25 | 26,1 | АВВГ 3\*25+1\*16 |
| Л7 | 68,26 | 136,52 | 0,112 | канал | 0,9 | 58,36 | 116,68 | 50 | 50 | 48,6 | АВВГ  3\*50+1\*25 |
| Л8 | 41,69 | 83,38 | 0,022 | канал | 0,9 | 35,63 | 71,26 | 25 | 25 | 29,69 | АВВГ 3\*25+1\*16 |
| Л9 | 20,16 | 40,32 | 0,03 | траншея | 0,9 | 17,23 | 34,46 | 6 | 6 | 14,36 | АВВГ 3\*16+1\*10 |
| Л10 | 15,1 | 30,2 | 0,019 | траншея | 0,9 | 12,9 | 25,8 | 4 | 4 | 10,75 | АВВГ 3\*10+1\*6 |
| Л11 | 9,32 | 18,64 | 0,117 | траншея | 1 | 14,34 | 14,34 | 4 | 4 | 5,97 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л12 | 8,81 | 17,63 | 0,045 | траншея | 1 | 6,78 | 13,56 | 4 | 4 | 5,65 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л13 | 6,45 | 12,9 | 0,03 | траншея | 1 | 4,95 | 9,9 | 4 | 4 | 4,12 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л14 | 11,9 | 23,8 | 0,015 | траншея | 1 | 9,15 | 18,31 | 4 | 4 | 7,6 | АВВГ 3\*10+1\*6 |
| Л15 | 135,47 | 270,95 | 0,052 | траншея | 0,9 | 115,79 | 231,58 | 95 | 95 | 96,49 | АВВГ 3\*95+1\*50 |
| Л16 | 67,92 | 135,84 | 0,057 | траншея | 0,8 | 65,3 | 130,6 | 35 | 35 | 54,42 | ААВГ 3\*35+1\*25 |
| Л17 | 24,56 | 49,13 | 0,01 | траншея | 1 | 18,89 | 37,79 | 6 | 6 | 15,7 | АВВГ 3\*16+1\*10 |
| Вариант №3 | | | | | | | | | | | |
| Л1 | 4,85 | 9,7 | 0,112 | канал | 0,8 | 4,67 | 9,34 | 16 | 16 | 3,89 | ААШВ 3\*16 |
| Л2 | 12,56 | 25,13 | 0,12 | канал-траншея | 0,8 | 12,08 | 24,16 | 16 | 16 | 10,06 | ААШВ 3\*16 |
| Л3 | 15,03 | 30,07 | 0,057 | канал-траншея | 0,9 | 12,85 | 25,7 | 16 | 16 | 10,7 | ААШВ 3\*16 |
| Л4 | 14,18 | 28,36 | 0,6 | траншея | 0,85 | 12,83 | 25,66 | 16 | 16 | 10,69 | ААШВ 3\*16 |
| Л5 | 12,45 | 24,9 | 0,55 | траншея | 0,9 | 10,64 | 21,28 | 16 | 16 | 8,86 | ААШВ 3\*16 |
| Л6 | 14,35 | 28,7 | 0,202 | траншея | 0,9 | 12,26 | 24,52 | 16 | 16 | 10,22 | ААШВ 3\*16 |
| Л7 | 68,28 | 136,56 | 0,112 | канал | 0,9 | 58,35 | 116,7 | 50 | 50 | 48,62 | АВВГ  3\*50+1\*25 |
| Л8 | 41,69 | 83,38 | 0,022 | канал | 0,9 | 35,63 | 71,26 | 25 | 25 | 29,69 | АВВГ 3\*25+1\*16 |
| Л9 | 20,16 | 40,32 | 0,03 | траншея | 0,9 | 17,23 | 34,46 | 6 | 6 | 14,36 | АВВГ 3\*16+1\*10 |
| Л10 | 15,1 | 30,2 | 0,019 | траншея | 0,9 | 12,9 | 25,8 | 4 | 4 | 10,75 | АВВГ 3\*10+1\*6 |
| Л11 | 24,56 | 49,13 | 0,082 | траншея | 0,85 | 22,23 | 44,46 | 10 | 10 | 18,52 | АВВГ 3\*16+1\*10 |
| Л12 | 67,92 | 135,84 | 0,054 | траншея | 0,9 | 58,08 | 116,1 | 50 | 50 | 48,4 | АВВГ  3\*50+1\*25 |
| Л13 | 8,81 | 17,63 | 0,048 | траншея | 1 | 6,78 | 13,56 | 4 | 4 | 5,65 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л14 | 6,45 | 12,9 | 0,047 | траншея | 1 | 4,95 | 9,9 | 4 | 4 | 4,12 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л15 | 9,32 | 18,64 | 0,04 | траншея | 1 | 7,17 | 14,34 | 4 | 4 | 5,97 | АВВГ 3\*6+1\*4 |
| Л16 | 135,47 | 210,95 | 0,05 | траншея | 0,9 | 115,79 | 231,58 | 95 | 95 | 96,49 | АВВГ 3\*95+1\*50 |
| Л17 | 11,9 | 23,8 | 0,02 | траншея | 1 | 9,85 | 18,31 | 4 | 4 | 7,6 | АВВГ 3\*10+1\*6 |

ААШВ - кабель с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией, в алюминиевой гладкой оболочке в поливинилхлоридном шланге.

АВВГ – кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией и оболочке из поливинилхлоридного пластиката.

Прокладка кабелей на территории открытых ГУ подстанций в кабельных каналах [9].

**2. Технико-экономический расчет**

Технико-экономические расчеты выполняют для:

- наиболее рациональной схемы электроснабжения цехов и предприятия в целом;

- экономически обоснованного числа, мощности и режима работы трансформаторов ЦТП;

- электрических аппаратов и токоведущих средств;

- сечений проводов, шин и жил кабелей.

Целью технико-экономических расчетов является определение оптимального варианта схемы, параметров электросети и ее элементов. Для систем электроснабжения промышленных предприятий характерна многовариантность решения задач, которая обусловлена широкой взаимозаменяемостью технических решений.

При технико-экономических расчетах систем электроснабжения соблюдают следующие условия сопоставимости вариантов:

1. технические, которые сравнивают только взаимозаменяемые варианты при оптимальных режимах работы и оптимальных параметрах, характеризующих рассматриваемый вариант;
2. экономические, при которых расчет вариантов ведут применительно к одинаковому уровню цен и одинаковой достижимости принятых условий развития техники с учетом одних и тех же экономических показателей, характеризующих рассматриваемый вариант [1].

Каждый вариант должен соответствовать требованиям предъявляемым к системам промышленного электроснабжения соответствующими директивными материалами, отраслевыми инструкциями и ПЭУ.

**2.1 капитальные вложения в электрические аппараты и трансформаторы**

l>200 м – два выключателя в начале и конце линии;

l<200 м – один выключатель в начале линии.

Выбираем вакуумные выключатели типа BB/TEL-10-20/630 и масляные трансформаторы типа ТМ.

Таблица №2.1.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование линии | Выключатели | | | | Трансформаторы | | | |
| тип | количество | К1, т.р. | К2, т.р. | тип | количество | К1, т.р. | К2, т.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Вариант №1 | | | | | | | | |
| Л1 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*160 | 100,62 | 201,24 |
| Л2 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | 185,76 | 371,52 |
| Л3 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 371,52 |
| Л4 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 371,52 |
| Л5 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 371,52 |
| Л6 | BB/TEL | 2 | - | 185,76 | ТМ | 2\*400 | - | 371,52 |
| Вариант №2 | | | | | | | | |
| Л1 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Л2 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*630 | 114,81 | 229,62 |
| Л3 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Л4 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Л5 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Вариант №3 | | | | | | | | |
| Л1 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*160 | - | 100,62 |
| Л2 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Л3 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Л4 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Л5 | BB/TEL | 1 | 92,88 | - | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |
| Л6 | BB/TEL | 2 | - | 185,76 | ТМ | 2\*400 | - | 185,76 |

Капитальные вложения в электрические аппараты:

Вариант 1: Кэа=1300,32 т.р.

Вариант 2: Кэа=928,8 т.р.

Вариант 3: Кэа=1300,32 т.р.

Амортизационные отчисления на электрические аппараты:

Сэа=Кэа\*0,1

Вариант 1: Сэа=65,016 т.р.

Вариант 2: Сэа= 46,44 т.р.

Вариант 3: Сэа= 65,016 т.р.

Капитальные вложения в трансформаторы:

Вариант 1: Ктр= 1029,42 т.р.

Вариант 2: Ктр=972,66 т.р.

Вариант 3: Ктр=1029,42 т.р.

**2.2 Капитальные вложения в линии и расход цветного металла**

Расход цветного металла:

 (2.1)

где l- длина линии, км

g- удельный вес кабеля, т/км

n- количество линий.

Капитальные вложения в линии:

 (2.2)

где куд- удельная стоимость 1 км линии, т.р./км

Расчет по вариантам сводим в таблицу №2.2.1.

Таблица №2.2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| наименование линии | количество | марка | сечение, мм2 | l, км 1-го кабеля | g, т/км | G,т | Куд, т.р./км | Кл, т.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Вариант №1 | | | | | | | | |
| Л1 | 2 | ААШВ | 16 | 0,112 | 0,13 | 0,02912 | 86,5 | 19,4 |
| Л2 | 2 | ААШВ | 16 | 0,13 | 0,13 | 0,0338 | 86,5 | 22,5 |
| Л3 | 2 | ААШВ | 16 | 0,057 | 0,13 | 0,01482 | 86,5 | 9,85 |
| Л4 | 2 | ААШВ | 16 | 0,06 | 0,13 | 0,0156 | 86,5 | 10,5 |
| Л5 | 2 | ААШВ | 16 | 0,055 | 0,13 | 0,0143 | 86,5 | 9,5 |
| Л6 | 2 | ААШВ | 16 | 0,202 | 0,13 | 0,05252 | 86,5 | 34,95 |
| Л7 | 2 | АВВГ | 50 | 0,112 | 0,47 | 0,10528 | 75 | 16,8 |
| Л8 | 2 | АВВГ | 25 | 0,022 | 0,24 | 0,01056 | 57 | 2,5 |
| Л9 | 2 | АВВГ | 16 | 0,03 | 0,15 | 0,009 | 80,5 | 3,05 |
| Л10 | 2 | АВВГ | 16 | 0,019 | 0,15 | 0,0057 | 80,5 | 1,9 |
| Л11 | 1 | АВВГ | 10 | 0,02 | 0,09 | 0,0018 | 45 | 0,9 |
| Л12 | 1 | АВВГ | 6 | 0,105 | 0,06 | 0,0063 | 42,5 | 4,45 |
| Л13 | 2 | АВВГ | 50 | 0,054 | 0,47 | 0,05076 | 75 | 8,1 |
| Л14 | 1 | АВВГ | 16 | 0,01 | 0,15 | 0,0015 | 50,5 | 0,505 |
| Л15 | 1 | АВВГ | 6 | 0,054 | 0,06 | 0,00324 | 42,5 | 2,3 |
| Л16 | 1 | АВВГ | 6 | 0,033 | 0,06 | 0,00199 | 42,5 | 1,4 |
| Л17 | 2 | АВВГ | 95 | 0,05 | 0,9 | 0,09 | 130 | 13 |
| Вариант №2 | | | | | | | | |
| Л1 | 2 | ААШВ | 16 | 0,13 | 0,13 | 0,0338 | 86,5 | 22,5 |
| Л2 | 2 | ААШВ | 16 | 0,055 | 0,13 | 0,0143 | 86,5 | 9,5 |
| Л3 | 2 | ААШВ | 16 | 0,062 | 0,13 | 0,01612 | 86,5 | 10,7 |
| Л4 | 2 | ААШВ | 16 | 0,11 | 0,13 | 0,0286 | 86,5 | 19,05 |
| Л5 | 2 | ААШВ | 16 | 0,195 | 0,13 | 0,0507 | 86,5 | 33,75 |
| Л6 | 2 | АВВГ | 25 | 0,125 | 0,24 | 0,06 | 57 | 14,25 |
| Л7 | 2 | АВВГ | 50 | 0,112 | 0,47 | 0,10528 | 75 | 16,8 |
| Л8 | 2 | АВВГ | 25 | 0,022 | 0,24 | 0,01056 | 57 | 2,5 |
| Л9 | 2 | АВВГ | 16 | 0,03 | 0,15 | 0,009 | 50,5 | 3,05 |
| Л10 | 2 | АВВГ | 10 | 0,019 | 0,09 | 0,00342 | 45 | 1,7 |
| Л11 | 1 | АВВГ | 6 | 0,117 | 0,06 | 0,00702 | 42,5 | 4,95 |
| Л12 | 1 | АВВГ | 6 | 0,045 | 0,06 | 0,0027 | 42,5 | 1,9 |
| Л13 | 1 | АВВГ | 6 | 0,03 | 0,06 | 0,0018 | 42,5 | 1,3 |
| Л14 | 1 | АВВГ | 10 | 0,015 | 0,09 | 0,00135 | 45 | 0,7 |
| Л15 | 2 | АВВГ | 95 | 0,052 | 0,9 | 0,0936 | 130 | 13,5 |
| Л16 | 2 | АВВГ | 35 | 0,057 | 0,33 | 0,03762 | 64,5 | 7,35 |
| Л17 | 1 | АВВГ | 16 | 0,01 | 0,15 | 0,0015 | 50,5 | 0,52 |
| Вариант №3 | | | | | | | | |
| Л1 | 2 | ААШВ | 16 | 0,112 | 0,13 | 0,02912 | 86,5 | 19,4 |
| Л2 | 2 | ААШВ | 16 | 0,12 | 0,13 | 0,0312 | 86,5 | 20,75 |
| Л3 | 2 | ААШВ | 16 | 0,057 | 0,13 | 0,01482 | 86,5 | 9,85 |
| Л4 | 2 | ААШВ | 16 | 0,06 | 0,13 | 0,0156 | 86,5 | 10,4 |
| Л5 | 2 | ААШВ | 16 | 0,055 | 0,13 | 0,0143 | 86,5 | 9,5 |
| Л6 | 2 | ААШВ | 16 | 0,202 | 0,13 | 0,05252 | 86,5 | 34,95 |
| Л7 | 2 | АВВГ | 50 | 0,112 | 0,47 | 0,10528 | 75 | 16,8 |
| Л8 | 2 | АВВГ | 25 | 0,022 | 0,24 | 0,01056 | 57 | 2,5 |
| Л9 | 2 | АВВГ | 16 | 0,03 | 0,15 | 0,009 | 50,5 | 3,05 |
| Л10 | 2 | АВВГ | 10 | 0,019 | 0,09 | 0,00342 | 45 | 1,7 |
| Л11 | 1 | АВВГ | 16 | 0,082 | 0,15 | 0,0123 | 50,5 | 4,15 |
| Л12 | 2 | АВВГ | 50 | 0,054 | 0,47 | 0,05076 | 75 | 8,1 |
| Л13 | 1 | АВВГ | 6 | 0,048 | 0,06 | 0,00288 | 42,5 | 2,05 |
| Л14 | 1 | АВВГ | 6 | 0,047 | 0,06 | 0,00282 | 42,5 | 2 |
| Л15 | 1 | АВВГ | 6 | 0,04 | 0,06 | 0,0024 | 42,5 | 1,7 |
| Л16 | 2 | АВВГ | 95 | 0,05 | 0,9 | 0,009 | 130 | 13 |
| Л17 | 1 | АВВГ | 10 | 0,02 | 0,09 | 0,0018 | 45 | 0,9 |

вариант 1: ∑G=0.44629 т.р., ∑Кл=32,321 т.р.

вариант 2: ∑G=0,47737 т.р., ∑Кл=32,801 т.р.

вариант 3: ∑G=0,36778 т.р., ∑Кл=32,16 т.р.

**2.3 Стоимость потерь электроэнергии в КЛ и амортизационные отчисления**

Потери электроэнергии, кВтч/год:

 (2.3)

где ∆Р- фактические потери электроэнергии, кВт:

 (2.4)

где ∆Pн- номинальные потери на 1 км линии [1]

Тг- годовое число часов работы.

Стоимость потерь электроэнергии:

 (2.5)

где С0= 0,4 р/кВтч (0,0004 т.р./кВтч)

Стоимость амортизационных отчислений:

 (2.6)

где φл=0,06-коэффициент амортизации на линии.

Вариант №1, линия 1:

l=0,112 км, две линии, ∆Pн=39 кВт/км [1].

∆Р=2\*0,112\*39=8,736 (кВт)

∆Э=8,736\*6400=55910,4 (кВтч/год)

СПкл=0,0004\*55910,4=22,364 (т.р.)

Сакл=0,06\*3,88=0,2328 (т.р.)

Расчеты по вариантам сводим в таблицу №2.3.1.

Таблица №2.3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| наименование линии | n | l, км | ∆Pн, кВт/км | ∆Р, кВт | ∆Э, кВтч/год | СПкл, т.р. | Кл, т.р. | Сакл, т.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Вариант №1 | | | | | | | | |
| Л1 | 2 | 0,112 | 39 | 8,736 | 55910,4 | 22,364 | 19,4 | 0,2328 |
| Л2 | 2 | 0,13 | 39 | 10,14 | 64896 | 25,958 | 22,5 | 0,27 |
| Л3 | 2 | 0,057 | 39 | 4,446 | 28454,4 | 11,818 | 9,85 | 0,1182 |
| Л4 | 2 | 0,06 | 39 | 4,68 | 29952 | 11,98 | 10,5 | 0,126 |
| Л5 | 2 | 0,055 | 39 | 4,29 | 27456 | 10,982 | 9,5 | 0,114 |
| Л6 | 2 | 0,202 | 39 | 15,756 | 100838,4 | 40,33 | 34,95 | 0,419 |
| Л7 | 2 | 0,112 | 77 | 17,248 | 110387,2 | 44,156 | 16,8 | 0,202 |
| Л8 | 2 | 0,022 | 75 | 3,3 | 21120 | 8,448 | 2,5 | 0,03 |
| Л9 | 2 | 0,03 | 71 | 4,26 | 27264 | 10,906 | 3,05 | 0,0366 |
| Л10 | 2 | 0,019 | 71 | 2,698 | 17267,2 | 6,907 | 1,9 | 0,0288 |
| Л11 | 1 | 0,02 | 67 | 1,34 | 8576 | 3,43 | 0,9 | 0,0108 |
| Л12 | 1 | 0,105 | 60 | 6,3 | 40320 | 16,128 | 4,45 | 0,0534 |
| Л13 | 2 | 0,054 | 77 | 8,316 | 53222,4 | 21,289 | 8,1 | 0,0972 |
| Л14 | 1 | 0,01 | 71 | 0,71 | 4544 | 1,818 | 0,505 | 0,0061 |
| Л15 | 1 | 0,054 | 60 | 3,24 | 20736 | 8,294 | 2,3 | 0,0276 |
| Л16 | 1 | 0,033 | 60 | 1,98 | 12672 | 5,069 | 1,4 | 0,0168 |
| Л17 | 2 | 0,05 | 83 | 8,3 | 53120 | 21,248 | 13 | 0,156 |
| Вариант №2 | | | | | | | | |
| Л1 | 2 | 0,13 | 39 | 10,14 | 64896 | 25,958 | 22,5 | 0,27 |
| Л2 | 2 | 0,055 | 39 | 4,29 | 27456 | 10,982 | 9,5 | 0,114 |
| Л3 | 2 | 0,062 | 39 | 4,836 | 30950,4 | 12,38 | 10,7 | 0,128 |
| Л4 | 2 | 0,11 | 39 | 8,58 | 54912 | 21,965 | 19,05 | 0,2286 |
| Л5 | 2 | 0,195 | 39 | 15,21 | 97344 | 38,938 | 33,75 | 0,405 |
| Л6 | 2 | 0,125 | 75 | 18,75 | 120000 | 48 | 14,25 | 0,171 |
| Л7 | 2 | 0,112 | 77 | 17,248 | 110387,2 | 44,155 | 16,8 | 0,202 |
| Л8 | 2 | 0,022 | 75 | 3,3 | 21120 | 8,448 | 2,5 | 0,03 |
| Л9 | 2 | 0,03 | 71 | 4,26 | 27264 | 10,906 | 3,5 | 0,0366 |
| Л10 | 2 | 0,019 | 67 | 2,546 | 16294,4 | 6,518 | 1,7 | 0,0204 |
| Л11 | 1 | 0,117 | 60 | 7,02 | 44928 | 17,97 | 4,95 | 0,0594 |
| Л12 | 1 | 0,045 | 60 | 2,7 | 17280 | 6,912 | 1,9 | 0,0228 |
| Л13 | 1 | 0,03 | 60 | 1,8 | 11520 | 4,608 | 1,3 | 0,0156 |
| Л14 | 1 | 0,015 | 67 | 1,005 | 6432 | 2,573 | 0,7 | 0,0084 |
| Л15 | 2 | 0,052 | 85 | 8,84 | 56576 | 22,63 | 13,5 | 0,162 |
| Л16 | 2 | 0,057 | 76 | 8,664 | 55449,6 | 22,18 | 7,35 | 0,0882 |
| Л17 | 1 | 0,01 | 71 | 0,71 | 4544 | 1,818 | 0,505 | 0,0061 |
| Вариант №3 | | | | | | | | |
| Л1 | 2 | 0,112 | 39 | 8,736 | 55910,4 | 22,364 | 19,4 | 0,2328 |
| Л2 | 2 | 0,12 | 39 | 9,36 | 59904 | 23,962 | 20,75 | 0,249 |
| Л3 | 2 | 0,057 | 39 | 4,446 | 28454,4 | 11,38 | 9,85 | 0,1182 |
| Л4 | 2 | 0,06 | 39 | 4,68 | 29952 | 11,98 | 10,4 | 0,1248 |
| Л5 | 2 | 0,055 | 39 | 4,29 | 27456 | 10,982 | 9,5 | 0,114 |
| Л6 | 2 | 0,202 | 39 | 15,756 | 100838,4 | 40,335 | 34,95 | 0,4194 |
| Л7 | 2 | 0,112 | 77 | 17,248 | 110387,4 | 44,155 | 16,8 | 0,2016 |
| Л8 | 2 | 0,022 | 75 | 3,3 | 21120 | 8,448 | 2,5 | 0,03 |
| Л9 | 2 | 0,03 | 71 | 4,26 | 27264 | 10,906 | 3,05 | 0,0366 |
| Л10 | 2 | 0,019 | 67 | 2,546 | 16294,4 | 6,518 | 1,7 | 0,0204 |
| Л11 | 1 | 0,082 | 71 | 5,822 | 37260,8 | 14,904 | 4,15 | 0,0498 |
| Л12 | 2 | 0,054 | 77 | 8,316 | 53222,4 | 21,289 | 8,1 | 0,0972 |
| Л13 | 1 | 0,048 | 60 | 2,88 | 18432 | 7,373 | 2,05 | 0,0246 |
| Л14 | 1 | 0,047 | 60 | 2,88 | 18048 | 7,219 | 2 | 0,024 |
| Л15 | 1 | 0,04 | 60 | 2,4 | 15360 | 6,144 | 1,7 | 0,0204 |
| Л16 | 2 | 0,05 | 83 | 8,3 | 53120 | 21,248 | 13 | 0,156 |
| Л17 | 1 | 0,02 | 67 | 1,34 | 8576 | 3,43 | 0,9 | 0,0108 |

1 вариант:

∑∆Э=676736 кВтч/год

∑∆ СПкл=271,125 т.р.

∑∆ Сакл=1,9453 т.р.

∑∆ Кл=32,321 т.р.

2 вариант:

∑∆Э=767353,6 кВтч/год

∑∆ СПкл=306,942 т.р.

∑∆ Сакл=1,9681 т.р.

∑∆ Кл=32,801 т.р.

3 вариант:

∑∆Э=681600 кВтч/год

∑∆ СПкл=272,637 т.р.

∑∆ Сакл=1,9296 т.р.

∑∆ Кл=32,16 т.р.

**2.4 Стоимость потерь электроэнергии в трансформаторах и амортизационные отчисления**

Стоимость потерь электроэнергии:

 (2.7)

Потери электроэнергии:

 (2.8)

где ∆Рт- потери электроэнергии в трансформаторе:

 (2.9)

∆Р/xx- потери холостого хода:

 (2.10)

Кисп=0.07- коэффициент изменения потерь:

 (2.11)

∆P/кз- потери короткого замыкания:

 (2.12)

 (2.13)

Вариант 1, ТП: 2\*160, К2з=0,25

∆Р/xx=0,42+0,07\*2,6/100\*160=0,71 (кВт)

∆P/кз=1,97+0,07\*5,5/100\*160=2,586 (кВт)

∆Рт=0,71+2,586\*0,25=1,3565 (кВт)

∆Р=2\*1,3565=2,713 (кВт)

∆Э=2,713\*6400=17363,2 (кВтч/год)

Сптр=17363,2\*0,0004=6,9 (т.р.)

=100,62\*0,1=10,062 (т.р.)

Расчеты сводятся в таблицу №2.4.1.

Таблица №2.4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ТП | n\*Sнт | К2з | ∆Рxx, кВт | ∆Pкз, кВт | ∆Р, кВт | ∆Э, кВтч/год | Сптр, т.р. | Ктр, т.р. | Сатр, т.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Вариант №1 | | | | | | | | | |
| 1 | 2\*160 | 0,25 | 0,71 | 2,586 | 2,713 | 17363,2 | 6,9 | 100,62 | 10,062 |
| 2 | 2\*400 | 0,27 | 1,564 | 7,04 | 6,929 | 44349,44 | 17,74 | 185,76 | 18,576 |
| 3 | 2\*400 | 0,31 | 1,564 | 7,04 | 7,4928 | 47953,92 | 19,19 | 185,76 | 18,576 |
| 4 | 2\*400 | 0,4 | 1,564 | 7,04 | 8,76 | 56064 | 22,426 | 185,76 | 18,576 |
| 5 | 2\*400 | 0,27 | 1,564 | 7,04 | 6,929 | 44349,44 | 17,74 | 185,76 | 18,576 |
| 6 | 2\*400 | 0,32 | 1,564 | 7,04 | 7,6334 | 48855,04 | 19,54 | 185,76 | 18,576 |
| Вариант №2 | | | | | | | | | |
| 1 | 2\*400 | 0,27 | 1,564 | 7,04 | 6,929 | 44349,44 | 17,74 | 185,76 | 18,576 |
| 2 | 2\*630 | 0,22 | 2,302 | 10,025 | 9,015 | 57696 | 23,078 | 229,62 | 22,962 |
| 3 | 2\*400 | 0,34 | 1,564 | 7,04 | 7,915 | 50657,28 | 20,263 | 185,76 | 18,576 |
| 4 | 2\*400 | 0,36 | 1,564 | 7,04 | 8,1968 | 52459,52 | 20,98 | 185,76 | 18,576 |
| 5 | 2\*400 | 0,32 | 1,564 | 7,04 | 7,6334 | 48855,04 | 19,54 | 185,76 | 18,576 |
| Вариант №3 | | | | | | | | | |
| 1 | 2\*160 | 0,25 | 0,71 | 2,586 | 2,713 | 17363,2 | 6,9 | 100,62 | 10,062 |
| 2 | 2\*400 | 0,27 | 1,564 | 7,04 | 6,929 | 44349,44 | 17,74 | 185,76 | 18,576 |
| 3 | 2\*400 | 0,38 | 1,564 | 7,04 | 8,478 | 54261,76 | 21,705 | 185,76 | 18,576 |
| 4 | 2\*400 | 0,35 | 1,564 | 7,04 | 8,056 | 51558,4 | 20,623 | 185,76 | 18,576 |
| 5 | 2\*400 | 0,27 | 1,564 | 7,04 | 6,929 | 44349,44 | 17,94 | 185,76 | 18,576 |
| 6 | 2\*400 | 0,32 | 1,564 | 7,04 | 7,6334 | 48855,04 | 19,54 | 185,76 | 18,576 |

вариант 1:

∑∆Э=258935,04 кВтч/год

∑Сптр=103,526 т.р.

∑Сатр=102,942 т.р.

∑Ктр=1029,42 т.р.

вариант 2:

∑∆Э=254017,28 кВтч/год

∑Сптр=101,601 т.р.

∑Сатр=97,266 т.р.

∑Ктр=972,66 т.р.

вариант 3:

∑∆Э=260737,28 кВтч/год

∑Сптр=104,448 т.р.

∑Сатр=102,942 т.р.

∑Ктр=1029,42 т.р.

**2.5 Сравнение эксплуатационных расходов по схемам электроснабжения**

 (2.14)

Вариант №1:

З=0,12\*(32,321+1029,42+650,16)+(65,016+102,942+271,125+1,9453+103,526)==818,458 (т.р.)

Вариант №2:

З=0,12\*(464,4+972,66+32,801)+(46,44+97,266+1,9681+306,941+101,601)=789,394 (т.р.)

Вариант №3:

З=0,12\*(650,16+1029,42+32,16)+(65,016+102,942+1,9296+272,637+104,448)=820,851 (т.р.)

Потери электроэнергии:

Вариант№1:

∑∆Э=935671 кВтч/год

Вариант№2:

∑∆Э=1021370,8 кВтч/год

Вариант№3:

∑∆Э=942337,28 кВтч/год

Меньшие расходы кап. вложений во 2-ом варианте, но меньшие потери электроэнергии в 1-ом варианте.

Для дальнейшего расчета выберем вариант №1: средний расход кап. вложений, меньшие потери электроэнергии.

**3. Расчет токов короткого замыкания**

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение КЗ в сети или в элементах электрооборудования вследствие повреждения изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании токов КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения необходимо правильно выбрать токи КЗ и по ним выбрать электрооборудование, защитную аппаратуру и средства ограничения токов КЗ.

Для расчета токов КЗ составляем схему системы электроснабжения и на ее основе схему замещения.

Sб=120 МВА

Uб=10,5 кВ

 (кВ)

Расчет сопротивлений элементов системы электроснабжения производится в о.е. при базисных условиях.

1. Сопротивление системы:

 (3.1)

 (о.е.)

1. Сопротивление линии система- ГРП:

 (3.2)

 (3.3)

хКЛ1=0,081\*0,01\*2=0,0009 (о.е.)

rКЛ1= (о.е.)

1. Сопротивление линии ГРП-ТПЗ:

 (о.е.)

 (о.е.)

1. Сопротивление трансформатора ТПЗ:

 (3.4)

 (3.5)

(о.е.)

(о.е.)

Точка К1:



(кА)



где куд- ударный коэффициент [1]

Ударный ток:

(кВ)

 (кВА)

Точка К2:



(кА)

 [1]

(кВ)

 (кВА)

Точка К3:



(кА)

 [1]

(кВ)

 (кВА)

**4. Проектирование цехового электроснабжения**

Цеховые сети промышленных предприятий выполняют на напряжение до 1000 В (наиболее распространенным является напряжение 380 В). На выбор схемы и конструктивное исполнение цеховой сети оказывают влияние такие факторы, как степень ответственности приемников электроэнергии, режимы их работы и размещение по территории цеха, номинальные токи и напряжения. Существенное значение имеет микроклимат производственных помещений.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок производственные помещения в зависимости от характера окружающей среды делятся на следующие классы: помещения с нормальной средой, жаркой, влажной, сырой, особо сырой, пыльной, химически активной, с пожароопасными и взрывоопасными зонами. Помещения с пожаро- и взрывоопасными зонами имеют особую классификацию, обусловленную различными условиями образования взрыво- и пожароопасных веществ и смесей.

При проектировании системы электроснабжения необходимо правильно установить характер среды, которая оказывает решающее влияние на степень защиты применяемого оборудования.

В данном разделе будем рассчитывать цеховое электроснабжение трансформаторно-масляного хозяйства (ТМХ) подстанции «Бугульма-500».

Ведомость электрических нагрузок по трансформаторно-масляному хозяйству ПС «Бугульма-500».

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование приемников электроэнергии | Количество | Руст, кВт |
| 1 | Насос | 1 | 5,5 |
| 2 | Насос | 1 | 5,5 |
| 3 | Насос | 1 | 5,5 |
| 4 | Точильный | 1 | 2,2 |
| 5 | Станок сверлильный | 1 | 2,2 |
| 6 | Станок сверлильный | 1 | 2,2 |
| 7 | Станок сверлильный | 1 | 2,2 |
| 8 | Станок наждачный | 1 | 1,1 |
| 9 | Сварочный аппарат | 1 | 1,0 |
| 10 | Тельфер | 1 | 5,5 |
| 11 | Тельфер | 1 | 5,5 |
| 12 | Фрезерный станок | 1 | 1,1 |
| 13 | Фрезерный станок | 1 | 1,1 |
| 14 |  | 1 | 2,2 |
| 15 |  | 1 | 2,2 |
| 16 |  | 1 | 2,2 |
| 17 |  | 1 | 2,2 |
| 18 |  | 1 | 2,2 |
| 19 |  | 1 | 7,5 |
| 20 |  | 1 | 5,5 |
| 21 |  | 1 | 75 |
| 22 |  | 1 | 55 |
| 23 |  | 1 | 22 |

**4.1 Расчет нагрузок по ТМХ**

Средняя нагрузка потребителей группы А (насосы, котлы, и т.д.):



где Кн- коэффициент использования [1]

Iр- рабочий ток в сети в нормальном режиме.

Средняя нагрузка потребителей группы В (станки, краны и т.д.):

 (4.5)

 (4.6)

формула применяется, если nэ≤10



Осветительная нагрузка:



Расчеты по всем потребителям сводим в таблицу № 4.1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Наименование источника питания и группы потребителей | Число приемников | Установленная мощность | | Кн |  | Средняя нагрузка | | nэ | Км | | Расчетная нагрузка | | | | Iр, А |
| Рном одного | Рном общ. | Рр, кВт | Qр, кВар | Рр, кВт | | Qр, кВар | Sр, кВА |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | 12 | | 13 | 14 | 15 |
| Группа А | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Компрессор 1 | 1 | 5,5 | 5,5 | 0,7 | 0,92/0,43 | 38,5 | 16,55 | - | - | 38,5 | | 16,55 | | 41,91 | 60,56 |
| 2 | Компрессор 2 | 1 | 5,5 | 5,5 | 0,7 | 0,92/0,43 | 38,5 | 16,55 | - | - | 38,5 | | 16,55 | | 41,91 | 60,56 |
| 3 | Компрессор 3 | 1 | 5,5 | 5,5 | 0,7 | 0,92/0,43 | 38,5 | 16,55 | - | - | 38,5 | | 16,55 | | 41,91 | 60,56 |
| 4 | Электрокотел | 1 | 2,2 | 2,2 | 0,8 | 0,68/1,08 | 1,76 | 1,9 | - | - | 1,76 | | 1,9 | | 2,6 | 3,76 |
|  | Итого по группе А | 12 | 2,2/55 | 18,7 | - | - | 151,68 | 79,09 | - | - |  | |  | |  |  |
| Группа В | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | СП 1 | 8 | 1,1/10 | 34,2 | 0,4 | 0,83/0,67 | 13,68 | 9,17 | 8 | 1,5 | 20,52 | | 10,09 | | 22,87 | 33,05 |
| 6 | СП 2 | 8 | 2,2/11 | 40,5 | 0,85 | 0,78/0,8 | 34,42 | 27,54 | - | - | 34,42 | | 27,54 | | 44,08 | 63,7 |
| 7 | Мостовой кран | 3 | 22/75 | 152 | 0,3 | 0,5/1,7 | 45,6 | 77,52 | 3 | 2,16 | 98,5 | | 85,27 | | 130,28 | 188,27 |
|  | Итого по группе В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | |  |  |
| 8 | Осветительная нагрузка | F 1152 м2 | Руд 20 Вт/м2 | Рном 23,1 кВт | 0,8 | 0,8/0,75 | 18,48 | 13,86 | - | - | 18,48 | | 13,86 | | 23,1 | 33,3 |
|  | Итого по осветительной нагрузке |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | |  |  |
|  | Итого по ТМХ в целом |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | |  |  |

**4.2 Расчет распределительной сети**

Расчет проводится для выбора защитной аппаратуры (предохранители, автоматические выключатели) и кабельных линий.

Номинальный ток:

 (4.7)

где η- кпд двигателя [2]

Рн- номинальная (Установленная) мощность двигателя.

Пусковой ток:

 (4.8)

где λ- кратность пускового тока [3].

Для выбора предохранителей Iном плавкой вставки:

 (4.9)

где α- пусковой коэффициент (при легком пуске электродвигателя α=2,5 [3]).

Допустимый ток:

 (4.10)

где Кз- коэффициент защитного аппарата.

Для предохранителей Кз=0,33

Для автоматов Кз=0,8

Iза- номинальный ток защитного аппарата.

Для выбора автоматических выключателей ( автоматов):

Ток срабатывания в зоне перегрузки (ток трогания):

 (4.11)

Расчеты сводим в таблицу № 4.2.1. и № 4.2.2

Таблица №4.2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Рном, кВт | н | η | Iном, А | λн | Iпуск, А |  | Iвставки, А | Кз\*Iза | Тип предохранителя | Марка и сечение кабеля | Iдоп кабеля, А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 4 | 2,2 | 0,68 | 0,79 | 5,9 | 6,5 | 38,35 | 15,34 | 20 | 6,6 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 5 | 2,2 | 0,87 | 0,83 | 4,4 | 6,5 | 28,6 | 11,4 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 6 | 2,2 | 0,87 | 0,83 | 4,4 | 6,5 | 28,6 | 11,4 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 7 | 2,2 | 0,87 | 0,83 | 4,4 | 6,5 | 28,6 | 11,4 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 8 | 1,1 | 0,87 | 0,775 | 2,36 | 5,5 | 12,98 | 5,19 | 6 | 1,98 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 9 | 1,0 | 0,87 | 0,875 | 19 | 7,5 | 142,5 | 57 | 60 | 19,8 | ПН2-100 | АВВГ 3\*4+1\*2,5 | 23 |
| 10 | 5,5 | 0,74 | 0,83 | 12,94 | 5,5 | 71,17 | 28,47 | 30 | 9,9 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 11 | 5,5 | 0,74 | 0,83 | 12,94 | 5,5 | 71,17 | 28,47 | 30 | 9,9 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 12 | 11 | 0,87 | 0,875 | 20,88 | 7,5 | 156,6 | 62,64 | 80 | 26,4 | ПН2-100 | АВВГ 3\*4+1\*2,5 | 23 |
| 13 | 11 | 0,87 | 0,875 | 20,88 | 7,5 | 156,6 | 62,64 | 80 | 26,4 | ПН2-100 | АВВГ 3\*4+1\*2,5 | 23 |
| 14 | 2,2 | 0,83 | 0,8 | 4,8 | 6 | 28,8 | 11,52 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 15 | 2,2 | 0,83 | 0,8 | 4,8 | 6 | 28,8 | 11,52 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 16 | 2,2 | 0,83 | 0,8 | 4,8 | 6 | 28,8 | 11,52 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 17 | 2,2 | 0,83 | 0,8 | 4,8 | 6 | 28,8 | 11,52 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 18 | 2,2 | 0,83 | 0,8 | 4,8 | 6 | 28,8 | 11,52 | 15 | 4,95 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 19 | 7,5 | 0,86 | 0,875 | 14,4 | 7,5 | 108 | 43,2 | 50 | 16,5 | ПН2-100 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |
| 20 | 5,5 | 0,91 | 0,875 | 9,98 | 7,5 | 74,85 | 29,94 | 30 | 9,9 | НПН-60 | АВВГ 3\*2,5+1\*2,5 | 19 |

Таблица №4.2.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Рном, кВт | Iном, А | Iпуск, А | Тип выключателя | Iном.ращ, А | Iсраб, А | Марка и сечение кабеля | Iдоп кабеля, А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 55 | 94,93 | 711,98 | ВА 53-39 | 630 | 787,5 | АВВГ 3\*50+1\*25 | 110 |
| 2 | 55 | 94,93 | 711,98 | ВА 53-39 | 630 | 787,5 | АВВГ 3\*50+1\*25 | 110 |
| 3 | 55 | 94,93 | 711,98 | ВА 53-39 | 630 | 787,5 | АВВГ 3\*50+1\*25 | 110 |
| 21 | 75 | 129,5 | 906,5 | ВА 55-39 | 1000 | 1250 | АВВГ 3\*70+1\*35 | 140 |
| 22 | 55 | 95,47 | 668,3 | ВА 53-39 | 630 | 787,5 | АВВГ 3\*50+1\*25 | 110 |
| 23 | 22 | 39,25 | 255,13 | ВА 51-37 | 250 | 312,5 | АВВГ 3\*10+1\*6 | 42 |

Произведем выбор защитной аппаратуры для силовых пунктов СП 1 (5,6,7,8,9,10,11,20).(4.12)

Iпик=455,3+(33,05+0,4\*70,05\*)=510,05 (А)

Iном.ращ.эл.маг.=1,2\*510,05=612,06 (А)

Выберем типа ВА 55-39, Iном.ращ.=630 А

АВВГ 3\*16+1\*10 мм2

СП 2 (12,13,14,15,16,17,18,19)

Iном.ращ.тока=1,25\*63,7=79,625 (А)

Iном= (А)

Iпуск=90,4\*7=632,8 (А)

Iпик=632,8+(63,7+0,85\*90,4\*)=756,02 (А)

Iном.ращ.эл.маг.=1,2\*756,02=907,22 (А)

Выбираем автомат типа ВА 55-39, Iном.ращ.=1000 А.

АВВГ 3\*35+1\*25 мм2

Шкаф управления мостовым краном

Iном.ращ.тока=1,25\*188,27=235,3 (А)

Iном=(А)

Iпуск=462,4\*6,5=3005,6 (А)

Iпик=3005,6+(188,27+0,3\*462,4\*)=3290,9 (А)

Iном.ращ.эл.маг.=1,2\*3290,9=3949 (А)

Выбираем автомат типа ВА 75-47, Iном.ращ.=4000 А.

2\*АВВГ 3\*150+1\*95 мм2.

**4.3 Расчет токов КЗ установок до 1000 В**

1. Номинальное напряжение:

Uном=0,4 кВ

1. Сопротивления трансформаторов:

 (4.13)

 (4.14)

 (мОм)

(мОм)

1. Сопротивление выключателя ВА-53:

rкв=0,15 мОм

хкв=0,1 мОм

rк=0,4 мОм

где КВ - токовая катушка выключателя

rк – переходное сопротивление контакта.

1. Сопротивление кабельной линии:

rкаб=0,62\*0,0075=4,65 (мОм)

хкаб=0,09\*0,0075=0,675 (мОм)

5)





6) Ток КЗ от системы:

 (4.15)

 (кА)

7) Ток подпитки двигателя:

 (4.16)



8) Iкз=9,42+0,45=9,87 (кА)

9) Определим ударный ток КЗ:

 [1]

Ударный ток от системы:



Ударный ток от двигателя:

iуд.дв.=6,5\*100=0,65 (кА)

iукз=16,22+0,65=16,87 (кА)

10) Определяем ток однофазного КЗ:

 (4.17)

где ρ- плотность материала (для Al ρ=0.028 )

 (мОм)

 (мОм)

 (4.18)

где zтр - полное сопротивление трансформатора

zл- полное сопротивление кабельной линии.

 (кА)

**5. Проектирование освещения производственных помещений**

Рабочее освещение проводят во всех помещениях, а также на тех участках территории, где в ночное время проводится какая-либо работа или есть движение людей и транспорта. Внутреннее и наружное освещение имеют раздельное управление. Нормальное напряжение сетей рабочего освещения 380/220 В.

Аварийное освещение нужно проводить в основных помещениях и на тех рабочих местах, где недопустимы перерывы в работе эксплуатационного персонала. Нормальное аварийное и рабочее освещение совместно обеспечивают необходимую по нормам освещенность помещений и рабочих мест. Питание к ним подводится от общего источника питания. При аварии рабочее освещение гаснет, а аварийное автоматически переключается на независимый источник питания (аккумуляторную батарею, генератор с автоматически запускаемым двигателем внутреннего сгорания). Таким образом, аварийное освещение должно иметь электрическую сеть, отдельную от сети рабочего освещения.

Дополнительное освещение предусматривается в тех местах, где ведутся работы по ремонту и осмотрам оборудования. Дополнительное освещение питают от сети рабочего освещения при помощи переносных трансформаторов со вторичным напряжением 36 или 12 В, включаемых в штепсельные розетки. Вдоль наружной ограды подстанции устраивают усиление освещения охранной полосы с питанием его от сети рабочего освещения.

**5.1 Светотехнический расчет осветительных установок**

Произведем расчет осветительных установок для производственных помещений здания ТМХ.

1. Трансформаторная.

Ен=50 лк, h=4 м, S=44 м2.

Выбираем светильник для ламп накаливания типа «У-200»:

hp=4-0.5=3.5 (м)

где hс- высота света.

Кривая силы света К (концентрированная)  λэ=0,6 [6]

Расстояние между светильниками одного ряда:

 (5.1)

La=0.6\*3.5=2.1 (м)

2la=8-2,1\*3=1,7 (м)→la=0,85 м

lВ=1,45 м, LВ=2,6 м

La/LВ=2,1/2,6=0,8 < 1,5 [6]

Определяем индекс помещения:

 (5.2)



ρn=50%, ρс=30%, ρр=10% η=41% [6]

Расчетный световой поток:

 (5.3)

 (лм)

где Кз- коэффициент запаса, учитывающий уменьшение освещенности в процессе эксплуатации.

z- поправочный коэффициент, представляющий собой отношение средней освещенности к минимальной освещенности.

z=1,15 для ЛН и ДРЛ

z=1,1 для л.л.

N- количество светильников.

Принимаем к установке лампы накаливания общего назначения типа Б-220-100, Фн=1320 лм, Р=100 Вт.

Фактическая освещенность:

 (5.4)

 (лк)

Ен<Еф на 12,2%, что удовлетворяет требованию (-10%:20%)

Общая мощность всех ламп:



Робщ=100\*8=800 (Вт)

Удельная мощность освещения:

 (5.6)

 (Вт/м2)

1. Котельная.

Ен=50 лк, h=4 м, S=33 м2

К установке принимаем светильники «У-200»

hp=4-0.5=3.5 (м)

λэ=0,6

La=0.6\*3.5=2.1 (м)

la=(6-2,1\*2)/2=0,9 (м)

lВ=1,75 м, LВ=2 м

La/LВ=1,05 < 1,5

Количество светильников 6 штук.



ρn=50%, ρс=30%, ρр=10% η=0,38

 (лм)

Принимаем ЛН типа Б-220-100, Р=100 Вт

 (лк)

Ен<Еф на 5,76%, что в пределах (-10%:20%)

Робщ=100\*6=600 (Вт)

 (Вт/м2)

1. Мастерская

Ен=50 лк, h=4 м, S=85,5 м2

К установке принимаем светильники «У-200»

hp=4-0,5-0,8=2,7 (м)

где hpn=0,8- высота рабочей поверхности.

λэ=0,6

Количество светильников 15 штук (3 ряда по 5 шт.)

La=0.6\*2,7=1,62 (м)

принимаем La=2,5 м , n рядов=3

2la=12-2,5\*4=2 (м)→la=1 м

lВ=1,175 м, LВ=2,4 м



ρn=50%, ρс=30%, ρр=10% η=0,52

 (лм)

Принимаем ЛН типа Б-220-100-235

Фн=1000 лм, Р=100 Вт

 (лк)

Ен<Еф на 5,4%, что в пределах (-10%:20%)

Робщ=100\*15=1500 (Вт)

 (Вт/м2)

1. Ремонтное отделение.

Ен=50 лк, h=4 м, S=82,5 м2

К установке принимаем светильники «У-200»

λэ=0,6

hp=4-0,5=3,5 (м)

La=0.6\*3,5=2,1 (м)

Количество светильников 14 штук (2 ряда по 7 шт.)

la=1,2 (м)

lВ=1,7 м, LВ=2,1 м

La/LВ=2,1/2,1=1 < 1,5



ρn=50%, ρс=30%, ρр=10% η=0,47

 (лм)

Принимаем ЛН типа Б-220-235-100

Фн=1000 лм

 (лк)

Ен<Еф на -7,4%, что в пределах (-10%:20%)

Робщ=100\*14=1400 (Вт)

 (Вт/м2)

1. Сан. узел

Ен=50 лк, h=4 м, S=16,5 м2

К установке принимаем светильники «У-200»

hp=4-0,5=3,5 (м)

La=0.6\*3,5=2,1 (м)

Принимаем La=1,9 м, la=0,85 (м)

Один ряд с 3-мя светильниками



ρn=70%, ρс=50%, ρр=30% η=34%

 (лм)

Принимаем ЛН типа Б-220-100

Фн=1320 лм, Р=100 Вт

 (лк)

Ен<Еф на -5,4%, что в пределах (-10%:20%)

Робщ=100\*3=300 (Вт)

 (Вт/м2)

1. Насосная.

Ен=50 лк, h=4 м, S=44 м2

К установке принимаем светильники «У-200»

La=0.6\*3,5=2,1 (м)

два ряда по 4 светильника

la=0,85 (м)

lВ=1,45 м, LВ=2,6 м



ρn=50%, ρс=30%, ρр=10% η=41%

 (лм)

Принимаем ЛН типа Б-220-100

Фн=1320 лм, Р=100 Вт

 (лк)

Ен<Еф на 14 %, что в пределах (-10%:20%)

Робщ=100\*8=800 (Вт)

 (Вт/м2)

1. Коридор.

Ен=50 лк, h=4 м, S=23,1 м2

hp=4-0,5=3,5 (м)

К установке принимаем светильники «У-200»

La=0.6\*3,5=2,1 (м)

Принимаем La=2,4 м, la=1 (м)



ρn=70%, ρс=50%, ρр=30% η=24%

 (лм)

Принимаем ЛН типа Б-220-100

Фн=1320 лм, Р=100 Вт

 (лк)

Ен<Еф на -4 %, что в пределах (-10%:20%)

Робщ=100\*6=600 (Вт)

 (Вт/м2)

1. Участок ремонта насосов

Ен=300 лк, h=25 м, S=274,95 м2

В этом помещении применим светильники типа РСП-0,5/ГОЗ с лампами ДРЛ. Светильники будут устанавливаться на кронштейнах к стенам на высоте 10 и 25 м.

hp=10 (м)

λэ=0,6

принимаем расстояние La=4 м, la=1,75 м

2 ряда по 5 светильников



ρn=50%, ρс=30%, ρр=10% η=43%

 (лм)

Принимаем ДРЛ-700

Фн=35000 лм, Р=700 Вт

 (лк)

Ен<Еф на 5,6 %

Робщ=10\*700=7000 (Вт)

 (Вт/м2)

На высоте 25 м устанавливаем 8 ламп ДРЛ-700 по 4 штуки на каждую сторону.

Робщ=700\*8=5600 (Вт)

 (Вт/м2)

По всему помещению:

Робщ∑=7000+5600=12600 (Вт)

 (Вт/м2)

**5.2 Проверка точечным методом**

1. Трансформаторная.

Выбираем контрольные точки А и В, расстояния выбираются согласно масштабу.

hp=3.5 м

Фн=1320 лм

Ен=50 лк

d- расстояние от оси светильника [6]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| точки | № светильников | d, м | e, лк | n\*e, лк |
| А | 1;2;7;8 | 1,7 | 12 | 4\*12=48 |
| 3;6 | 3,4 | 5 | 2\*5=10 |
| 4;5 | 5,5 | 1,75 | 2\*1,75=3,5 |
| В | 1;8 | 1,3 | 14 | 2\*14=28 |
| 2;7 | 2,5 | 8 | 2\*8=16 |
| 3;6 | 4,4 | 2,8 | 2\*2,8=5,6 |
| 4;5 | 6,5 | 1,15 | 2\*1,15=2,3 |

В точке В наименьшая освещенность е∑=51,9. Для т.В определяем фактическую освещенность [6]:

 (5.7)

где μ=1,1- учитывает наибольшую удаленность светильников.

Кзап- коэффициент запаса (Кзап=1,5)

 (лк)

Проверим:

∆Е=- допускается

Допустимый предел-10%:+20%

2. Котельная.

hp=3.5 м

Фн=1320 лм

Ен=50 лм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| точки | № светильников | d, м | e, лк | n\*e, лк |
| А | 1;2;5;6 | 1,4 | 13 | 4\*13=52 |
| 3;4 | 3,3 | 4,8 | 2\*4,8=9,6 |
| В | 1;6 | 1,0 | 15 | 2\*15=30 |
| 2;5 | 2,3 | 9 | 2\*9=18 |
| 3;4 | 4,34 | 3 | 2\*3=6 |

Наименьшая освещенность в т.В е∑=54 лк.

 (лк)

∆Е=

∆Е в допустимых пределах.

3. Мастерская.

hp=2,7 м

Фн=1000 лм

Ен=50 лм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| точки | № светильников | d, м | e, лк | n\*e, лк |
| А | 1;2;4;5 | 1,74 | 15 | 4\*15=60 |
| 3;6 | 3,8 | 3,9 | 2\*3,9=7,8 |
| 7;8 | 4 | 3,4 | 2\*3,4=6,8 |
| В | 1;4 | 1,25 | 20 | 2\*20=40 |
| 2;5 | 2,7 | 7,2 | 2\*7,2=14,4 |
| 3;6 | 5 | 1,8 | 2\*1,8=3,6 |
| 7 | 3,75 | 4,2 | 4,2 |

Наименьшая освещенность в т.В е∑=62,2 лк.

 (лк)

∆Е=

∆Е в допустимых пределах.

4. Ремонтное отделение.

hp=3,5 м

Фн=1000 лм

Ен=50 лм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| точки | № светильников | d, м | e, лк | n\*e, лк |
| А | 1;2;3;4 | 1,45 | 13 | 4\*13=52 |
| 5;6 | 3,3 | 5 | 2\*5=10 |
| В | 1;3 | 1,05 | 17 | 2\*17=34 |
| 2;4 | 2,3 | 9,2 | 18,4 |
| 5 | 3,15 | 6 | 6 |
| 6 | 3,7 | 4,2 | 4,2 |

 (лк)

∆Е=

∆Е в допустимых пределах.

6. Насосная.

hp=3,5 м

Фн=1320 лм

Ен=50 лм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| точки | № светильников | d, м | e, лк | n\*e, лк |
| А | 1;2;7;8 | 1,7 | 12 | 48 |
| 3;6 | 3,4 | 5 | 10 |
| 4;5 | 5,5 | 1,75 | 3,5 |
| В | 1;8 | 1,3 | 14 | 28 |
| 2;7 | 2,5 | 8 | 16 |
| 3;6 | 4,4 | 2,8 | 5,6 |
| 4;5 | 6,5 | 1,15 | 2,3 |

 (лк)

∆Е=

∆Е в допустимых пределах.

5. Сан. узел - не проверяется.

Ен=50 лм, hp=3,5 м, Фн=1320 лм, 1 ряд по 3 светильника

7. Коридор – не проверяется.

Ен=50 лм, hp=3,5 м, Фн=1320 лм, 1 ряд по 6 светильников.

**5.3 Электротехнический раздел**

Расчетная нагрузка питающей сети [6]:

 (5.8)

где Руст - установленная мощность лампы

Кс – коэффициент спроса

Кпра- коэффициент, учитывающий потери в пуско - регулирующей аппаратуре (ПРА) [6]

для ЛН Кс=1, Кпра=1

для ДРЛ Кс=1, Кпра=1,1

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)

 (Вт)



 (кВт)

Расчет токов с учетом потерь ПРА

3 фаз.  (5.9)

1 фаз.  (5.10)

Питающая линия 3 фаз. 4-проводная (Х-А)



из них ДРЛ :  

ЛН: 

Определим мощность компенсирующего конденсатора





Выберем конденсатор на 14 кВар.

При исправлении cosφ реактивная мощность:



для тока 50,15 А выбираем фазное сечение 16 мм2.

Т.к. реактивная мощность отсутствует на участке автомат- лампа, то увеличение S0 до Sф не требуется.

 А (3фаз)

Принимаем автомат с расщепителем на 60 А.

Однофазные линии:



Расчет по потерям напряжения:

 (5.11)



Определим моменты осветительной сети [6]:

 (5.12)

где l0- расстояние от группового щита до первого светильника;

lс- расстояние от первого светильника до последнего в одном ряду.





































Определяем сечение всех линий и потери напряжений [6].

 (5.13)

где Кс=44 (для Al) при 4 проводной сети [6],

Кс=7,4 (для Al) при 2 проводной сети [6],

α=1,85- коэффициент перехода с 4 проводной сети на 2 проводную.



Выбираем кабель АВВГ S=3\*25+1\*16 мм2, Iдоп=75 А

, т.е. 

Потери напряжения остальных линий:

∆UА-1=2,7-0,31=2,39%



































Определяем фактические потери напряжения:



































Щит рабочего освещения с 17-ю линиями.

Выбираем ЩО 31-43.

На вводе А 3110 (Iращ=60 А)

на группах АЕ-1031-11, количество 18 штук.

размер 762\*540\*150 мм.

**5.4 Расчет аварийного освещения**

Освещенность аварийного освещения Еmin составляет 5% от рабочей освещенности Ен [6]:

 (5.14)

Количество светильников рабочего освещения [6]:

 (5.15)

где Nав- количество светильников

SN- площадь помещения

Фл- световой поток лампы.

Для аварийного освещения применим лампы накаливания.

1. Трансформаторная:



1. Электрокотельная:



1. Мастерская:



1. Ремонтное отделение:



1. Сан. узел:



1. Насосная:



1. Коридор:



1. Участок ремонта насосов:



(две линии по 4 светильника)



Ррох-б=100+100+100+100+100+100+100+400+400=1500 (Вт)

Находим точки:









Потери напряжения ∆Uр=2,7%.

Определяем моменты аварийной сети:





















Определяем сечение линий аварийного освещения:



Выбираем провод АПВ-2(1\*4)





















Определяем фактические потери напряжения ∆U:



















Для щита аварийного освещения выбираем:

ЩО 31-32

На вводе А 3114

На группах АЕ 1031-11 количество 12 штук.

**6. Релейная защита кабельной линии**

Распределительные сети промышленных предприятий на номинальное напряжение 10 кВ имеют одностороннее питание и выполняются с изолированной нейтралью. Для таких сетей должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от междуфазных замыканий и от однофазных замыканий на землю [9]. Наиболее распространенным видом защиты является максимальная токовая защита (МТЗ). От междуфазных замыканий такую защиту рекомендуют [9] выполнять в двухфазном исполнении и включать ее в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения с целью отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения. В зависимости от требований чувствительности защита может быть выполнена одно-, двух- или трехрелейной.

Расчет релейной защиты проведем для кабельной линии ГРП-ТПЗ.

Ток срабатывания МТЗ:

 (6.1)

где Кзап- коэффициент запаса, учитывает погрешность реле, неточности расчета (Кзап=1,1:1,2) [1];

Ксз- коэффициент самозапуска, учитывает возможность увеличения тока в защищаемой линии вследствие самозапуска ЭД при восстановлении напряжения после отключения КЗ (Ксз=1,5:3) [1];

Кв- коэффициент возврата токового реле (Кв=0,8:0,85);

Ip,max- максимальный ток в линии в нормальном режиме.



Выбираем трансформатор типа ТПЛ-10 с коэффициентом трансформации Кт=100/5.

Ток срабатывания реле:

 (6.2)

где Ксх- коэффициент схемы, зависит от способа соединения ТТ и имеет значение 1- при соединение в полную звезду (или неполную) и - при включении реле на разность токов двух фаз [1]



Принимаем установку для реле РТ-40 равную 5А.

Выбранная защита должна быть проверена по чувствительности, т.е.:

 (6.3)

где Iкзmin- минимальный ток КЗ в конце защищаемого участка.



Чувствительность защиты считается достаточной, если при КЗ в конце защищаемого участка Кч≥1,5 [1].

Избирательность защиты обеспечивается выбором выдержки времени по условию:

 (6.4)

где t2- выдержка времени защиты, расположенной ближе к источнику питания по сравнению с защитой, имеющей меньшую выдержку времени t1;

∆t- ступень избирательности, в расчетах принимается равной 0,6-1 с. для защит с ограниченно зависимой от тока КЗ характеристикой времени срабатывания;

0,3-0,6 с. для защит с независимой характеристикой времени срабатывания.

Т.к. нет других защит, кроме МТЗ, то при ∆t=0,3 с. t2=0,3 с.

Т.к. отсутствует защита тока отсечки t1=0, то для эффективности работы МТЗ можно применить t2=0,1 с.

Трансформатор тока типа ТПЛ-10 УЗ

Uном=10 кВ

I1ном=100 А

I2ном=5 А

Трансформатор напряжения типа НТМН-10-66 УЗ

Uном=10 кВ

U1=10 кВ

U2=100 В

Реле тока типа РТ-40

Iуставки=5 А

Реле времени типа РВМ-12

Реле промежуточное типа РП-341

Реле указательное типа РУ-21

Реле промежуточное типа РП-341.

**7. Охрана труда**

При прикосновении человека к токоведущим частям электрической установки, находящимся под напряжением, или к металлическим частям, которые оказываются под напряжением вследствие пробоя или неисправности изоляции, может произойти поражение человека электрическим током. Для исключения случайного прикосновения человека к голым токоведущим частям устанавливают ограждения или располагают токоведущие на определенной высоте.

Чтобы обеспечить безопасность людей, работающих на установках до 1000 В и выше, необходимо сооружать заземляющие или зануляющие устройства, заземлять или занулять металлические части электрического оборудования или электрических установок. Заземляющие и зануляющие устройства должны удовлетворять требованию, обусловленному режимом работы сетей и защиты от перенапряжений. [5].

Заземлением какой-либо части электрической установки называется преднамеренное соединение её с заземляющим устройством с целью сохранения на ней достаточно низкого потенциала и обеспечения нормальной работы системы или ее элементов в выбранном для них режиме [9].

Занулением называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением [9].

**7.1 Расчет зануляющих устройств для СН**

Трансформаторная подстанция 10/0,4, площадь 8\*5,5 м2 встроена в здание ТМХ. ρизм= 160 Ом\*м, климатическая зона, средняя влажность.

Решение:

Допустимое сопротивление заземляющего устройства:

Rз доп=4 Ом.

Сопротивление естественного заземлителя- железобетонного фундамента [7]:

 (7.1)

Так как ρизм=160 Ом\*м <103 Ом\*м при Uл=380 В.

S=8\*5,5=44 (м2)<S0=156 м2

где S0- критический параметр площади естественного заземлителя [7]. Следовательно, расчет естественного заземлителя (фундамента здания) не возможен.

Произведем расчет искусственного заземляющего устройства.

Определяем расчетные удельные сопротивления грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей:

 (7.2)

 (7.3)

где Кп.г., Кп.в.- повышающие коэффициенты для горизонтальных и вертикальных электродов, приняты по [7] для климатической зоны.





Сопротивление растеканию одного вертикального электрода стержневого типа [1]:

 (7.4)

В качестве вертикальных заземлителей принимаем стальные стержни d=12 мм, lв=5 м.

t- расстояние от поверхности земли до середины вертикального электрода с учетом заглубления электрода.





Количество вертикальных электродов:

 (7.5)

где ηв= 0,58- коэффициент использования вертикальных электродов.



Сопротивление растеканию горизонтальных электродов:

 (7.6)

где l- периметр горизонтального заземляющего устройства

h- высота заглубления ЗУ

b- ширина стальной высоты.

Принимаем в качестве горизонтального заземлителя стальную полосу 40\*4 мм.



Сопротивление горизонтального электрода с учетом коэффициента использования:

 (7.7)



 (7.8)



Уточняем количество вертикальных электродов:

 (7.9)

где η- поправочный коэффициент



Принимаем к установке 21 вертикальный электрод.

Общее сопротивление ЗУ:

 (7.10)



Rзобщ<Rздоп

**7.2 Расчет сети зануления собственных нужд на 0,4 кВ**

В качестве нулевого проводника принимаем стальную полосу 40\*4 мм.

Проверяем соблюдение условия срабатывания защиты:

1. Наименьшее допустимое значение тока КЗ:

Iнаим кз=3\*630=1890 (А)

где 630 А- номинальный ток расценителя выключателя ВА.

zтр=0,056 Ом.

1. Определяем сопротивления фазных и нулевых проводников линия l=10 м

 (Ом)

где ρ - плотность проводника (Al)

Плотность тока в стальной полосе:

 (А/мм2)

выберем r10 =1.54, x10=0.92

Cопротивление нулевого проводника:

 (Ом)

 (Ом)

Хп=0.6\*0.01=0.06 (Ом)

где Хп – сопротивление петли «фаза-нуль».

1. Находим действительное значение тока К3 (однофазного) проходящего по петле «фаза-нуль» при замыкании фазы на корпусе двигателя.

 (А)

1. Сопротивление заземления нейтрали:

UK\*α1\*α2 ≤ Uпр доп

UK=IЗ\*r0- напряжение зануления относительно земли.

где IЗ- ток замыкания на землю.

α1,α2 –коэффициенты напряжения прикосновения

r0 – сопротивление заземленной нейтрали источника



 , r0 ≤ 30 Ом

1. Расчетное сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника.

Наибольшее значение напряжения от корпуса относительно земли.



где UЗ – часть тока однофазного КЗ стекающего в землю через повторное заземление нулевого защитного проводника

где n – количество повторно заземленных нулевых проводников

rn – сопротивление одного повторного заземления.

Наибольшее допустимое сопротивление rn:



r0=10 Ом, Uпрдоп= 65 В



=0,0196 (Ом)

(Ом) ≤30 Ом

**Техника безопасности при обслуживании электрооборудования собственных нужд подстанции**

**1.**Электродвигатели.

1.1. Если работа на электродвигателе или проводимом им в движение механизме связана с прикосновением к токоведущим и вращающимся частям, электродвигатель должен быть отключен с выполнением технических мероприятий, предотвращающих его ошибочное включение.

Работа, не связанная с прикосновением к токоведущим частям электродвигателя и приводимого им в движение механизма может проводиться на работающем электродвигателе.

Не допускается снимать ограждения вращающихся частей работающих электродвигателя и механизма.

1.2. При работе на электродвигателе допускается установка заземления на любом участке кабельной линии, соединяющей электродвигатель с секцией РУ, щитом.

Если работы на ЭД рассчитаны на длительный срок, не выполняются или прерваны на несколько дней, то отсоединенная от него кабельная линия должна быть заземлена также со стороны ЭД.

1.3. На однотипных или близких по габариту электродвигателях, установленных рядом с двигателем, на котором предстоит выполнить работу, должны быть вывешены плакаты «Стой! Напряжение!» независимо от того, находятся они в работе или остановлены.

1.4. Порядок включения ЭД для опробования должен быть следующим:

- производитель работ удаляет бригаду с места работы, оформляет окончание работы и сдает наряд оперативному персоналу;

- оперативный персонал снимает установленные заземления, плакаты, выполняет сборку схемы;

После опробования при необходимости продолжения работ на ЭД оперативный персонал вновь подготавливает рабочее место, и бригада по наряду повторно допускается к работе на ЭД.

2. Коммутационные аппараты.

2.1. Допуск к работе на коммутационном аппарате (КА) разрешается после выполнения технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работы, включая мероприятия, препятствующие ошибочному срабатыванию КА.

3. Комплектные распределительные устройства.

3.1. При работе на оборудовании тележки или в отсеке шкафа КРУ тележку с оборудованием необходимо выкатить в ремонтное положение, шторку отсека, в котором токоведущие части остались под напряжением, запереть на замок и вывесить плакат безопасности « Стой! Напряжение!», но тележке им в отсеке, где предстоит работать, вывесить плакат «Работать здесь».

3.2. При работе вне КРУ на подключенном к ним оборудовании или на отходящих ВЛ или КЛ тележку с выключателем необходимо выгнать в ремонтное положение из шкафа; шторку или дверцы запереть на замок и на них вывесить плакаты «Не включать! Работают люди» или «Не включать! Работа на линии».

3.3. Оперировать выкаткой тележкой с силовыми предохранителями разрешается под напряжением, но без нагрузки.

4. Измерительные трансформаторы тока.

4.1. Не допускается использовать шины в цепи первичной обмотки ТТ в качестве токоведущих при монтажных и сварочных работах.

4.3. При проверке полярности вторичных обмоток прибор, указывающий полярность, должен быть присоединен к зажимам вторичной обмотки до подачи импульса в первичную обмотку ТТ.

5. Электрические котлы.

5.1. Не допускается на трубопроводах включенных ЭК выполнять работы, нарушающие защитное заземление.

5.2. Перед выполнением работ, связанных с разъединением трубопровода (замены задвижки, участка трубы), следует выполнить с помощью электросварки надежное электрическое соединение разъединяемых частей трубопровода.

5.3. Кожух ЭК с изолированным корпусом должен быть закрыт на замок. Открывать кожух допускается только после снятия напряжения с котла.

6. Конденсаторные установки.

6.1. При проведении работ конденсаторы перед прикосновением к ним или токоведущим частям после отключения установки от источника питания должны быть разряжены независимо от наличия разрядных устройств, присоединенных к шинам или встроенным в единичные конденсаторы.

Разряд конденсаторов - это снижение остаточного напряжения до нуля- производится путем замыкания выводов накоротко и на корпус металлической шиной с заземляющим проводником, укрепленной на изолирующей штанге.

6.2. Выводы конденсаторов должны быть закорочены, если они не подключены к электрическим схемам, но находятся в зоне действия электрического поля (наведенного напряжения).

6.3. Не разрешается прикасаться к клеммам обмотки отключенного от сети асинхронного ЭД, имеющего индивидуальную компенсацию реактивной мощности, до разряда конденсаторов.

6.4. Не разрешается касаться голыми руками конденсаторов, пропитанных трихлордифенилом (ТХД) и имеющих течь. При попадании ТХД на кожу необходимо промыть кожу водой с мылом, при попадании в глаза - промыть глаза слабым раствором двууглекислого натрия (одна чайная ложка питьевой соды на стакан воды).[8]

**Литература**

1. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий.- М: Энергоиздат, 1987г.
2. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М: Энергия, 1978г.
3. Федоров А.А., Сербиковский Г.В. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Электрооборудование и автоматизация. – М: Энергоиздат, 1980г.
4. Федоров А.А., Сербиковский Г.В. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Электрооборудование и автоматизация. – М: Энергоиздат, 1981г.
5. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М: Высшая школа, 1981г.
6. Епанишников М.М. Электрическое освещение. Учебное пособие для студентов ВУЗов. – М: Энергия,1973г.
7. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок. – М: ЗАО «Энергосервис», 2000г.
8. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М: «Издательство НЦ ЭНАС», 2001г.
9. Правила устройства электроустановок. С. – П.: «Бис», 2001г.
10. Сборник нормативных и методических документов по измерениям, коммерческому и техническому учету электроэнергии и мощности, - М: ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», 1999г.