**Введение**

Системой электроснабжения (СЭС) называют совокупность устройств для производства, передачи и распределения электроэнергии. Системы электроснабжения промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных приемников, к которым относятся электродвигатели различных машин и механизмов, электрические печи, электролизные установки, аппараты и машины для электрической сварки, осветительные установки и др. Задача электроснабжения промышленных предприятий возникла одновременно с широким внедрением электропривода в качестве движущей силы различных машин и механизмов.

В данном курсовом проекте приведен расчет электроснабжения цеха «Владивостокского бутощебёночного завода». Данные для проекта были взяты на производственной практике и, впоследствии, он также будет использован в дипломном проектировании.

**1. Выбор освещения**

**1.1 Расчет освещения**

Расчет освещения производим точечным методом. Метод применяется при расчете общего равномерного, общего локализованного и местного освещения помещений, когда имеются или отсутствуют затенения; при любом расположении освещаемых поверхностей, но как правило, только при светильниках прямого света; при расчете наружного освещения на минимальную освещенность.

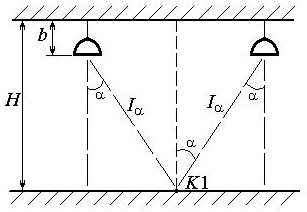


Рис. 1. Схема расположения светильников

Принимаем по справочнику [1] тип светильника: НСП17.

Технические данные светильника НСП17:

Рл=1000 Вт (ЛН),

Фл=16189 лм,

,



cв=1.



По справочнику [1] принимаем минимальную горизонтальную освещенность: Еmin=300 лк.

Длина освещаемого помещения L=60 м.

Высота освещаемого помещения H=8 м.

Принимаем коэффициент запаса Кз=1,3 (коэффициент запаса учитывает старение ламп и запылённость светильников).

Задаемся расстоянием между светильниками l=2 м.

Определяем расстояние от нити накаливания до освещаемой поверхности:

h=H-b, м, (1.1.1)

где H– высота потолка в цехе, м; *b* – расстояние от потолка до светильника, м

h=H-b=8–0,3=7,7 м.

Угол:



,



,



.



Сила света под углом :



cos =cos 7=0,99, по справочнику [1] сила света под этим углом при l= 2 м равна Iα=825 кд).



Определим горизонтальную освещенность в точке К1:

, лк, (1.1.2)



где *n* – число светильников равноудаленных от освещаемой точки, шт.; *С* – поправочный коэффициент; *I*α – сила света лампы под углом α, кд; *К*з – коэффициент запаса (1,2÷1,5); α – угол между вертикальной и наклонной составляющей силы свете (см. рис. 1), град.; *h* – высота подвеса светильника, м.

Поправочный коэффициент *C*:

, лм, (1.1.3)



где *Фл* – световой поток лампы, лм.

лм.



Отсюда горизонтальная освещенность:

лк.



Расчетная горизонтальная освещенность в точке К1 удовлетворяет условию Ег=336 лк < Emin=300 лк.

Определим необходимое число светильников:

, шт., (1.1.4)



шт.



Принимаем количество светильников *nсв*=30 шт.

**1.2 Выбор осветительного кабеля по условию допустимого нагрева**

Принимаем ЩО с тремя АВ. Для каждого АВ 10 ламп.

Расчетный ток в осветительном кабеле:

Для АВ 1:

, А, (1.2.1)



где *Pл* – мощность одной лампы, Вт; *U* – напряжение питающей сети, В; *cosϕсв* – коэффициент мощности светильника, для ламп накаливания *cosϕсв* = 1.

A.



Аналогично для других АВ.

Принимаем сечение кабеля S=10 мм2, Iдоп=70 А (из справочника [2]).

Принимаем для питания осветительной установки кабель марки КРПСН 34, (r0=1,840 Ом/км; х0=0,092 Ом/км) [3].



Выбираем для освещения трансформатор ТМ-25

Технические данные трансформатора ТМ – 25:

Sном=25 кВА,

Uвн=6; 10 кВ,

Uнн=0,23; 0,4; кВ,

Потери:

Pх.х.=0,135 кВт,

Pк.з.=0,6 кВт,

Uк.з.=4,5%,

Iх.х.=3,2%.

**1.3 Проверка осветительной сети по потере напряжения**

Потеря напряжения на наиболее удаленной лампе не должна превышать 2,5%.

Находим допустимую величину минимального напряжения на наиболее удаленной лампе:

, В, (1.3.1)



В.



Допустимая потеря напряжения в осветительной сети:

, В, (1.3.2)



В.



Расчетная потеря напряжения в осветительной сети:

, В, (1.3.3)



где – потеря напряжения в осветительном трансформаторе; – потеря напряжения в кабеле.



, В, (1.3.4)



где β – коэффициент загрузки трансформатора (принимаем =0,85);



Uа – относительное значение активной составляющей напряжения к.з. в трансформаторе, %;

Uр – относительное значение реактивной составляющей напряжения к.з. в трансформаторе, %.

, %, (1.3.5)



, %.



, %, (1.3.6)



, %.



Окончательно можно записать:

=8,55, В.



Потеря напряжения в осветительном кабеле:

, В, (1.3.7)



где Rk – активное сопротивление жил кабеля, Ом; Xk – индуктивное сопротивление жил кабеля, Ом.

, Ом, (1.3.8)



, Ом, (1.3.9)



где r0 – активное сопротивление жил кабеля, Ом/км (r0=1,84 Ом/км); х0 – индуктивное сопротивление жил кабеля, Ом/км (х0=0,092 Ом/км); L – длина кабеля от трансформатора до светильника, км (L=0,1 км).

, Ом,



Ом.



Окончательно записываем:

В.



Отсюда расчетная потеря напряжения в осветительной сети:

В.



Так как выполняется условие >, следовательно, выбранный кабель подходит по потере напряжения.



**1.4 Расчет токов короткого замыкания в осветительной сети**

, А, (1.4.1)



где Z – сопротивление сети от источника питания (трансформатора) до места к.з., Oм.

, Ом, (1.4.2)



где Rтр. – активное сопротивление трансформатора, Ом; Хтр. –индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

, Ом, (1.4.3)



, Ом, (1.4.4)



, А, (1.4.5)



, А,



, Ом,



, Ом,



, Ом.



Окончательно можно записать:

, А.



**1.5 Проверка кабельной сети по термической стойкости**

, мм2, (1.5.1)



где α – термический коэффициент (для меди α=7); tп – приведенное время срабатывания релейной защиты (tп=0,4 сек).

мм2.



Выбранный кабель сечением S=10 мм2 удовлетворяет условию *Sк* > *S*min.

**1.6 Вывод**

Был произведен выбор типа освещения, а также выбор трансформатора и кабеля питающего осветительную сеть.

**2. Расчет сети высшего напряжения по условию допустимого нагрева**

**2.1 Расчет силового трансформатора**

Находим расчетную мощность трансформатора:

, кВА, (2.1.1)



где – сумма расчетных активных нагрузок отдельных групп электроприёмников;



– сумма расчетных реактивных нагрузок отдельных нагрузок электроприемников;



(из справочника [2]).



, кВт, (2.1.2)



, кВт, (2.1.3)



где – установленная мощность группы электроприёмников.



кВт



, кВт,



, кВт,



кВт.



К установке принимаем трансформатор ТМН 6300/35–73У1

Технические данные трансформатора:

Sтр.ном=6300 кВА,

Uвн=35 кВ,

Uнн=6,3 кВ,

Потери:

Pх.х.=9,25 кВт,

Pк.з.=46,5 кВт,

Uк.з.=7,5%,

Iх.х.=0,6%.

**2.2 Выбор сечений кабельной сети по условию допустимого нагрева**

Расчетный ток кабеля определяем по формуле:

, А, (2.2.1)



где cos φ – коэффициент мощности, соответствующий расчетной нагр

узке (ссылаясь на данные справочника [5] берем cos φ в пределах 0,89–0,92).

, А,



, А,



, А,



, А,



, А,



, А,



, А,



, А.



Полученные данные сводим в таблицу 1 и наносим на схему электроснабжения:

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № Электроприемника | Наименование | IP, A | Iдоп., А | Марка кабеля | Длина кабелей, км |
|  | Фидер 1 | 331,3 | 350 | ВБбШв 3×185 | 0,01 |
|  | Фидер 2 | 331,3 | 350 | ВБбШв 3×185 | 0,01 |
|  | Фидер 3 | 132,5 | 145 | ВБбШв 3×50 | 0,2 |
|  | Фидер 4 | 117,6 | 120 | ВБбШв 3×35 | 0,1 |
|  | Фидер 5 | 117,6 | 120 | ВБбШв 3×35 | 0,16 |
| 1 | 320 кВт | 30,78 | 35 | ВБбШв 3×4 | 0,02 |
| 2 | 560 кВт | 53,9 | 55 | ВБбШв 3×10 | 0,025 |
| 3 | 560 кВт | 53,9 | 55 | ВБбШв 3×10 | 0,03 |
| 4 | 200 кВт | 19,25 | 25 | ВБбШв 3×2,5 | 0,06 |
| 5 | 1305 кВт | 97,7 | 120 | ВБбШв 3×35 | 1 |
| 6 | 250 кВт | 24,06 | 25 | ВБбШв 3×2,5 | 0,015 |
| 7 | 320 кВт | 30,78 | 35 | ВБбШв 3×4 | 0,05 |
| 8 | 200 кВт | 19,25 | 25 | ВБбШв 3×2,5 | 0,025 |
| 9 | 250 кВт | 24,06 | 25 | ВБбШв 3×2,5 | 0,035 |
| 10 | 560 кВт | 53,9 | 55 | ВБбШв 3×10 | 0,02 |

**2.3 Вывод**

На основании расчетов электрических нагрузок приняты к установке два трансформатора ТМН 6300/35–73У1. Расчеты кабельной сети по условию допустимого нагрева позволили произвести выбор сечений рабочих жил кабелей при этом во всех случаях соблюдается условие .



**3. Проверка кабельной сети по потере напряжения в нормальном режиме работы**

**3.1 Расчет потери напряжения в нормальном режиме работы для кабеля самого удаленного и мощного электроприемника**

Минимальное напряжение на зажимах электроприемников в нормальном режиме работы рассчитываем по формуле:

, В, (3.1.1)



В.



Общую допустимую потерю напряжения в сети определяем из выражения:

, В, (3.1.2)



В.



Потеря напряжения в трансформаторах:

, В,



Находим коэффициент загрузки трансформатора:

, (3.1.3)



.



Относительное значение активной составляющей напряжения короткого замыкания трансформатора:

, %, (3.1.4)



%.



Относительное значение реактивной составляющей напряжения короткого замыкания трансформатора:

, %,



%.



Находим потерю напряжения в трансформаторе:

В.



Потеря напряжения в кабеле ВБбШв 3×35:

Активное и индуктивное сопротивления кабеля:

, Ом,



, Ом,



, Ом,



, Ом,



, В,



В.



Потери в фидерном кабеле:

, Ом,



, Ом,



В.



Общая потеря напряжения высоковольтной сети от источника питания до самого удаленного и мощного электроприемника составляет:

, В, (3.1.5)



В.



Таким образом, на самом удалённом электроприемнике высоковольтной сети расчетная потеря напряжения не превышает допустимых пределов:

В > В.



**3.2 Вывод**

Проведенные выше расчеты показали, что потеря напряжения на наиболее удаленном и наиболее мощном электроприемнике в нормальном режиме работы не превышает допустимых пределов В > В. Таким образом, выбранные ранее сечения кабелей по условию допустимого нагрева удовлетворяют требованиям по потере напряжения в нормальном режиме работы.



**4. Проверка кабельной сети по условию пуска самого мощного электроприемника**

Напряжение минимально допустимого значения:

, В, (4.1)



, В,



, В, (4.2)



В.



Активное и индуктивное сопротивления трансформатора ТМН 6300/35–73У1:

, Ом, (4.3)



, Ом,



, Ом, (4.4)



, Ом,



, Ом, (4.5)



, Ом,



, Ом, (4,6)



, Ом,



Окончательно можно записать:

, Ом, (4.7)



где *Iдв.пуск*. – пусковой ток, А (*Iдв.пуск* =5–7*Iн*).

Ом.



Таким образом, при пуске самого мощного электроприемника напряжение на его зажимах больше минимально допустимого значения:

В > В.



**4.1 Вывод**

Проверка кабельной сети по условию пуска самого мощного электроприемника показала, что ранее определенные по допустимому нагреву сечения высоковольтной кабельной сети выбраны правильно.

**5. Расчет токов короткого замыкания кабельной сети**

Токи трехфазного к.з. рассчитываются с целью проверки кабелей на термическую стойкость и коммутационной аппаратуры на отключающую способность, термическую и динамическую стойкость. Токи двухфазного к.з. определяют для проверки уставок максимальной токовой защиты на надежность срабатывания при к.з. в электрически удаленных точках сети.

Ток двухфазного к.з. вычисляем по формуле:

А, (5.1)



Ток трехфазного к.з. находим по формуле (2.18):

А, (5.2)



где *Uнн* – номинальное напряжение на выходе трансформатора, В; Z – сопротивление сети от источника питания (трансформатора) до места к.з., Oм, (2.19).

Ом, (5.3)



где *Rтр*. – активное сопротивление трансформатора, Ом; *Хтр*. –индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

Активное, индуктивное и полное сопротивление трансформатора определяется по формулам:

, Ом, (5.3)



, Ом, (5.4)



, Ом, (5.5)



, Ом,



, Ом,



Ом.



**5.1 Расчет сопротивлений и токов к.з. отдельных элементов электрической сети**

Точка К1:

, Ом,



, Ом,



, Ом,



, Ом,



, Ом,



, Ом,



, А,



А.



Точка К5:

, Ом,



, Ом,



, Ом,



, А,



А.



Расчет токов к.з. кабельной сети на остальных участках сети находим аналогично и данные расчетов заносим в таблицу 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер точки к.з. | *L*, км | *Zк*, Ом | *Iк(2)*, А | *Iк(3)*, А |
| 1 | 0,01 | 0,473 | - | 7668,8 |
| 2 | 0,2 | 0,500 | - | 7265,7 |
| 3 | 0,1 | 0,488 | - | 7446,9 |
| 4 | 0,16 | 0,500 | - | 7265,7 |
| 5 | 0,02 | 0,495 | 6408 | - |
| 6 | 0,025 | 0,481 | 6544,9 | - |
| 7 | 0,03 | 0,483 | 6513,6 | - |
| 8 | 0,06 | 0,660 | 4721,6 | - |
| 9 | 1 | 0,793 | 3970,3 | - |
| 10 | 0,015 | 0,495 | 6359,1 | - |
| 11 | 0,05 | 0,547 | 5750,6 | - |
| 12 | 0,025 | 0,522 | 6033,2 | - |
| 13 | 0,035 | 0,556 | 5660,9 | - |
| 14 | 0,02 | 0,479 | 6574,4 | - |

**5.2 Вывод**

Выполненные расчеты токов трехфазного, двухфазного к.з. позволяют в дальнейшем произвести выбор коммутационно-защитной аппаратуры, определить надежность срабатывания МТЗ выбранной коммутационно-защитной аппаратуры.

**6. Проверка кабельной сети по термической стойкости к токам к.з.**

Проверка производится, также как и проверка произведенная для осветительной сети.

Точка К1:

, мм2,



Точка К2:

, мм2,



Точка К3:

, мм2,



Точка К4:

мм2.



**6.1 Вывод**

Найденные минимальные сечения кабелей по условию их термической стойкости к токам к.з. показали, что ранее выбранные параметры высоковольтной кабельной сети выбраны правильно.

**7. Выбор коммутационно-защитной аппаратуры**

Используя значения расчетных токов нагрузки (табл. 1) и токов к.з. (табл. 2) в высоковольтной электрической сети произведем выбор коммутационно-защитной аппаратуры а также определим расчетную отключающую способность КРУ исходя из условия: .



Для Фидер 1 выбираем КРУ с номинальным током *Iном.кру*= 400 А.

10 кВ7668,8 В



Для Фидер 2 выбираем КРУ с номинальным током *Iном.кру*= 400 А.

10 кВ7265,7 В



Для Фидер 3 выбираем КРУ с номинальным током *Iном.кру*= 160 А.

10 кВ7446,9 В



Для Фидер 4 выбираем КРУ с номинальным током *Iном.кру*= 160 А.

10 кВ7265,7 В



Для электроприемника 1 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 40 А.

10 кВ6408 В



Для электроприемника 2 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 80 А.

10 кВ6544,9 В



Для электроприемника 3 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 80 А.

10 кВ6513,6 В



Для электроприемника 4 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 31,5 А.

10 кВ4721,6 В



Для электроприемника 5 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 160 А.

10 кВ3970,3 В



Для электроприемника 6 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 31,5 А.

10 кВ6359,1 В



Для электроприемника 7 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 40 А.

10 кВ5750,6 В



Для электроприемника 8 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 31,5 А.

10 кВ6033,2 В



Для электроприемника 9 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 31,5 А.

10 кВ5660,9 В



Для электроприемника 10 выбираем КРУ с *Iном.кру*= 80 А.

10 кВ6574,4 В



Результаты выбора высоковольтной коммутационно-защитной аппаратуры сведены в таблицу 3 и нанесены на схему.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *IP,* A | *Iкру,* A | *Iо*, кА | *Iк(2)*, А | *Iк(3)*, А |
| 331,3 | 400 | 10 | - | 7668,8 |
| 331,3 | 400 | 10 | - | 7668,8 |
| 132,5 | 160 | 10 | - | 7265,7 |
| 117,6 | 160 | 10 | - | 7446,9 |
| 117,6 | 160 | 10 | - | 7265,7 |
| 30,78 | 40 | 10 | 6408 | - |
| 53,9 | 80 | 10 | 6544,9 | - |
| 53,9 | 80 | 10 | 6513,6 | - |
| 19,25 | 31,5 | 10 | 4721,6 | - |
| 97,7 | 160 | 10 | 3970,3 | - |
| 24,06 | 31,5 | 10 | 6359,1 | - |
| 30,78 | 40 | 10 | 5750,6 | - |
| 19,25 | 31,5 | 10 | 6033,2 | - |
| 24,06 | 31,5 | 10 | 5660,9 | - |
| 53,9 | 80 | 10 | 6574,4 | - |

**7.1 Вывод**

По расчетным токам нагрузки и токам к.з. были выбраны коммутационно-защитные аппараты КРУ в соответствии с их назначением.

Во всех случаях наибольший отключающий ток выбранных КРУ не превышает величин тока к.з. в месте их установки, что в свою очередь обеспечит надежность работы системы в нормальном и аварийных режимах работы электрооборудования.

**8. Выбор уставок и проверка надежности срабатывания максимальной токовой защиты КРУ**

Исходными данными для выбора и проверки уставок срабатывания максимальной токовой защиты КРУ являются расчетные токи нагрузки и величины двухфазного тока к.з. в заданных точках электрической сети.

,



, (8.1)



Проверка выбранной уставки на надежность срабатывания:

, (8.2)



А,



250 А 215,5 А,



,



А,



400 А 377,3 А,



,



А,



400 А 377,3 А,



,



А,



150 А 134,75 А,



,



А,



700 А 683,9 А,



,



А,



200 А 168,5 А,



,



А,



250 А 215,5 А,



,



А,



150 А 134,75 А,



,



А,



200 А 168,5 А,



,



А,



400 А 377,3 А,



.



Для защиты магистралей:

, А, (8.3)



, А,



, А,



1500 А 1361,5 А,



,



, А,



, А,



500 А 494,7 А,



,



, А,



, А,



500 А 475,5 А,



,



, А,



, А,



500 А 475,5 А,



.



Результаты выбора уставок срабатывания МТЗ коммутационно-защитной аппаратуры сведены в таблицу 4 и нанесены на расчетную схему.

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер электроприемника | *IУ*,А | *Iк(2)*, А | *КЧ* |
| 1 | 250 | 6408 | 25 |
| 2 | 400 | 6544.9 | 17 |
| 3 | 400 | 6513.6 | 17 |
| 4 | 150 | 4721.6 | 30 |
| 5 | 700 | 3970.3 | 6 |
| 6 | 200 | 6359.1 | 31 |
| 7 | 250 | 5750.6 | 23 |
| 8 | 150 | 6033.2 | 40 |
| 9 | 200 | 5660.9 | 28 |
| 10 | 400 | 6574.4 | 16 |

**8.1 Вывод**

Произведен выбор и проверка на надежность срабатывания уставок максимальной токовой защиты КРУ. Коэффициенты чувствительности защиты КРУ больше 2, что удовлетворяет предъявляемым требованиям к надежности срабатывания максимальной токовой защиты установленной в высоковольтных коммутационно-защитных аппаратах.

**Заключение**

Выполненный расчет высоковольтного электроснабжения предприятия позволяет сделать следующие выводы.

1. Был произведен выбор типа освещения, а также выбор трансформатора и кабеля питающего осветительную сеть.

2. На основании расчетов электрических нагрузок приняты к установке два трансформатора ТМН 6300/35–73У1. Расчеты кабельной сети по условию допустимого нагрева позволили произвести выбор сечений рабочих жил кабелей при этом во всех случаях соблюдается условие .



3. Проведенные выше расчеты показали, что потеря напряжения на наиболее удаленном и наиболее мощном электроприемнике в нормальном режиме работы не превышает допустимых пределов В > В. Таким образом, выбранные ранее сечения кабелей по условию допустимого нагрева удовлетворяют требованиям по потере напряжения в нормальном режиме работы.



4. Проверка кабельной сети по условию пуска самого мощного электроприемника показала, что ранее определенные по допустимому нагреву сечения высоковольтной кабельной сети выбраны правильно.

5. Выполненные расчеты токов трехфазного, двухфазного к.з. позволяют в дальнейшем произвести выбор коммутационно-защитной аппаратуры, определить надежность срабатывания МТЗ выбранной коммутационно-защитной аппаратуры.

6. Найденные минимальные сечения кабелей по условию их термической стойкости к токам к.з. показали, что ранее выбранные параметры высоковольтной кабельной сети выбраны правильно.

7. По расчетным токам нагрузки и токам к.з. были выбраны коммутационно-защитные аппараты КРУ в соответствии с их назначением.

Во всех случаях наибольший отключающий ток выбранных КРУ не превышает величин тока к.з. в месте их установки, что в свою очередь обеспечит надежность работы системы в нормальном и аварийных режимах работы электрооборудования.

8. Произведен выбор и проверка на надежность срабатывания уставок максимальной токовой защиты КРУ. Коэффициенты чувствительности защиты КРУ больше 2, что удовлетворяет предъявляемым требованиям к надежности срабатывания максимальной токовой защиты установленной в высоковольтных коммутационно-защитных аппаратах.

**Список литературы**

1. Электротехнический справочник. В 3 т. Т. 3: В 2 кн. Кн. 2. Использование электрической энергии / Под общ. Ред. Профессоров МЭИ: И.Н. Орлова (гл. ред.) и др. – 7-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 616 с.: ил.
2. Сергеев А.Ю. Электрификация горных работ. В 2 ч. Ч 1. Расчет подземного высоковольтного электроснабжения: учеб. пособие/ А.Ю. Сергеев, О.А. Курбатова. – Владивосток: Из-во ДВГТУ, 2006. – 84 с.
3. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт: Справочник/ В.Ф. Антонов, Ш.Ш. Ахмедов и др. Под общ. ред. В.В. Дегтярева, В.И. Серова. – М.: Недра, 1988 – 727 с.: ил.
4. Справочник энергетика карьера/ В.А. Голубев, П.П. Мирошкин и др.; Под ред. В.А. Голубева. – М.: Недра, 1986 – 420 с.
5. Электродвигатели асинхронные/ В.Л. Лихачев. – М.: СОЛОН – Р, 2002. – 304 с.