Государственный комитет Российской Федерации по высшему образованию

Кафедра электроснабжения

**Пояснительная записка**

к курсовому проекту

на тему:

«Электроснабжение завода»

по курсу:

«Электроснабжение промышленных предприятий»

Студентки VI курса

спец. 1004

группы ЭСЗ-981

выполнила: Басанцова О.И.

проверил: Макаров В.П.

г. Ставрополь

2004 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ 4

1.2. ВЫБОР МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТП 5

1.3. Определение расчётных нагрузок линий сети 6÷20 кВ 7

1.4. Выбор выключателей конца питающих линий и линий, отходящих от ГПП (ГРП) 10

1.5. Определение сечений кабельных линий распределительной сети 6÷20 кВ 13

2. Расчёт токов короткого замыкания 20

2.1. Выбор выключателей. 22

2.2. Выбор разъединителей 22

2.3. Шины ГПП 23

3. Релейная защита 24

Список использованных источников 25

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящем курсовом проекте решается вопрос об электроснабжении завода.

Расчет максимальных расчетных нагрузок произведен по методу упорядоченных диаграмм.

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ

Расчётная нагрузка на шинах низшего напряжения ТП-1 равна:

активная кВт;



реактивная квар;



полная кВА



По величине полной расчётной нагрузки кВА намечаем к установке в ТП-1 два тр-ра мощностью по 1000 кВА каждый.



В нормальном режиме т-ры будут работать с коэффициентом загрузки:

.



Загрузка тр-ров в послеаварийном режиме (при выходе из строя одного из рабочих тр-ров):



Предварительный выбор числа и мощности тр-ров остальных цеховых ТП аналогичен и сведен в таблицу 1.2.

*Таблица 1.2.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наим. п/ст. | Потребители электроэнергии | Расчётная нагр. | | | К-во тр-ров | Мощн. тр-ров | Загр. тр. в норм. реж. | Загр. тр. в авар. реж. |
| , кВт | , квар | , кВА |
| 1 | ТП-1 | Цех № 1,2,3,4 | 851 | 722 | 1117 | 2 | 1000 | 0,56 | 1,12 |
| 2 | ТП-2 | Цех № 7,8,12 | 1832 | 1380 | 2293 | 2 | 1600 | 0,7 | 1,4 |
| 3 | ТП-3 | Цех № 5,6,9,14,15 | 1414 | 1255 | 1890 | 2 | 1600 | 0,59 | 1,18 |
| 4 | ТП-4 | Цех№10,11,22,21,13,18 | 934 | 883 | 1286 | 2 | 1000 | 0,64 | 1,3 |
| 5 | ТП-5 | Цех № 17 | 1381 | 1020 | 1717 | 2 | 1600 | 0,54 | 1,08 |
| 6 | ТП-6 | Цех № 16,20 | 2192 | 1709 | 2778 | 2 | 2500 | 0,56 | 1,11 |
| 7 | ТП-7 | Цех № 19,23,26 | 2344 | 984 | 2543 | 2 | 1600 | 0,79 | 1,58 |
| 8 | ТП-8 | Цех № 24,25 | 1347 | 392 | 1585 | 2 | 1000 | 0,77 | 1,54 |

# 1.2. ВЫБОР МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТП

Расчётная нагрузка на шинах низкого напряжения тр-ров ТП-1 составляет:

кВт; квар.



Необходимая мощность компенсирующих устройств со стороны низшего напряжения тр-ров ТП-1:

квар,



где – соотв.нормативному значению *cosϕ;*



*tgϕ*=0,33 – соотв.нормативному значению *cosϕн* , равному 0,95.

Выбираем компенсирующее устройство типа ККУ-0,38-Ш, мощностью 150 квар. Следовательно, квар.



Тогда некомпенсированная реактивная мощность на стороне низшего напряжения тр-ров ТП-1 составит:

квар.



Потери активной мощности в компенсирующих устройствах:

к Вт,



где - удельные потери активной мощности в статических конденсат., кВт/квар.



Таким образом, величину ввиду её малости в расчётах для упрощения можно не учитывать.



Полная расчётная мощности с учётом компенсации определяется:

кВА



Выбираем к установке в ТП-1 два тр-ра мощностью по 630 кВА каждый:

;



Расчёт для остальных ТП проводим аналогично и сводим в табл. 1.3.

*Таблица 1.3.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Наим. п/ст. | Потребители электроэнергии | Расчётная нагр. | | | К-во тр-ров | Мощн. тр-ров | Загр. тр. в норм. реж. | Загр. тр. в авар. реж. | Некомп. мощ-ть , квар |
| Р, кВт | Q, квар | S, кВА |
| 1 | ТП-1 | Цех № 1,2,3,4 | 851 | 272 | 893 | 2 | 630 | 0,71 | 1,4 | 272 |
| 2 | ТП-2 | Цех № 7,8,12 | 1832 | 630 | 1937 | 2 | 1600 | 0,6 | 1,2 | 630 |
| 3 | ТП-3 | Цех № 5,6,9,14,15 | 1414 | 455 | 1485 | 2 | 1600 | 0,46 | 0,92 | 455 |
| 4 | ТП-4 | Цех№10,11,22,21,13,18 | 934 | 283 | 976 | 2 | 1000 | 0,49 | 0,98 | 283 |
| 5 | ТП-5 | Цех № 17 | 1381 | 420 | 1443 | 2 | 1000 | 0,72 | 1,44 | 420 |
| 6 | ТП-6 | Цех № 16,20 | 2192 | 749 | 2316 | 2 | 1600 | 0,72 | 1,44 | 749 |
| 7 | ТП-7 | Цех № 19,23,26 | 2344 | 824 | 2481 | 2 | 2500 | 0.5 | 1,0 | 824 |
| 8 | ТП-8 | Цех № 24,25 | 1478 | 392 | 1529 | 2 | 1600 | 0,48 | 0,96 | - |

Анализируя величины и размещение электрических нагрузок цехов по территории завода и учитывая категории потребителей по степени бесперебойности питания, выбираем для системы внутреннего электроснабжения радиально-магистральную схему с резервированием. Распределительные устройства цехов, имеющие потребителей выше 1000 В, питаются по радиальной схеме с резервированием от шин ГПП. Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется кабельными линиями, проложенными в траншеях. Намечаем варианты для выбора рационального напряжения распределительных сетей схемы внутреннего электроснабжения.

Вариант 1.

Электроэнергия распределяется внутри завода на напряжении 6 кВ.

Вариант 2.

Электроэнергия распределяется внутри завода на напряжении 10 кВ.

Вариант 3.

Электроэнергия распределяется внутри завода на напряжении 20 кВ.

Вариант 4.

Электроэнергия распределяется внутри завода на напряжении 6 и 10 кВ совместно.

Вариант 5.

Электроэнергия распределяется внутри завода на напряжении 6 и 20 кВ совместно.

# 1.3. Определение расчётных нагрузок линий сети 6÷20 кВ

Расчётные нагрузки распределительной сети 6÷20 кВ определяются по величинам расчётных нагрузок на шинах низшего напряжения ТП или на шинах РУ с учётом потерь мощности в трансформаторах и компенсации реактивной мощности на шинах РУ.

Потери активной и реактивной мощности в понизительных трансформаторах с высшим напряжением 6÷20 кВ определяются в зависимости от действительной (расчётной) нагрузки (Sp):

для I тр-ра



Расчётная полная нагрузка на шинах 0,4 кВ ТП-1 кВА. Расчётная нагрузка на шинах 0,4 кВ одного тр-ра 630 кВА. ½ кВА.



Потери активной и реактивной мощности : в одном трансформаторе 630 кВА:

кВт;



квар.



В двух тр-рах 630 кВА (при раздельной работе)

кВт;



квар.



Ввиду отсутствия данных, потери мощности в трансформаторах с высшим напряжением 20 кВ приняты как для трансформаторов с высшим напряжением 6÷10 кВт.

По остальным трансформаторным п/ст, определением потерь в трансформаторах аналогичны и сведены в табл. 1.4.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Наим. п/ст | Число и мощн. тр-ров | Расч.полн.нагр. Sр, кВА | Потери акт.мощ., 2ΔРТ, кВт | Потери реакт.мощ., 2ΔQТ, квар |
| 1, 2, 3  (тр-ры 6÷20/0,4 кВ) | ТП-1 | 2 х 630 | 893 | 11,2 | 106,8 |
| ТП-2 | 2 х 1600 | 1937 | 19,3 | 240 |
| ТП-3 | 2 х 1600 | 1485 | 14 | 240 |
| ТП-4 | 2 х 1000 | 976 | 10,4 | 142 |
| ТП-5 | 2 х 1000 | 1443 | 17 | 142 |
| ТП-6 | 2 х 1600 | 2316 | 25 | 240 |
| ТП-7 | 2 х 2500 | 2481 | 20,4 | 325 |
| ТП-8 | 2 х 1600 | 1529 | 14 | 240 |

Определяем расчётные нагрузки линий распределительной сети 6÷20 кВ (по вар.).

Линия № 1 (Л-1, вариант 1, Uн=6 кВ).

Линия Л-1 питает ТП-3 от РУ-1 по двум кабелям: расчётная нагрузка Л-1 – это расчётная нагрузка со стороны высшего напряжения тр-ров ТП-3:

кВт;



квар,



где ,- рас чётные нагрузки на шинах низшего напряжения ТП-3.



Потребляемая мощность компенсирующих устройств со стороны высшего напряжения тр-ров ТП-3:

квар,



, где *tgϕн*=0,33 – соотв. нормативному значению коэффициента мощности *cosϕн* , равному 0,95.



Для ТП-3, не имеющей шин со стороны высшего напряжения тр-ров и территор.совмещенной с РУ-1, не имеет смысла устанавливать компенсирующие устройства на стороне выше 1000 В при Qку=230 квар.

Следовательно, полная расчётная нагрузка линии:

кВА



Расчётный ток в линии:

А



Линия № 2 (Л-2, вариант 1, Uн=6 кВ).

Линия Л-2 питает РУ-1 от ГПП. Расчётная нагрузка Л-2 без учёта компенсации реактивной мощности со стороны 6 кВ (на шинах РУ-1):

кВт;



квар,



где ,- расчётные нагрузки на шинах РУ-1, создаваемых приемниками 6 кВ цехов № 14 и 15.



Необходимая мощность компенсирующих устройств на шинах РУ-1:

квар,



- соотв. средневзв. естеств. *cosϕн*=0,82, *tgϕн*=0,33 – соотв. *cosϕн* , равному 0,95.



Выбираем две ячейки конденсаторов мощностью по 500 квар каждая типа КУ-6-П, т.е. общая мощность компенсирующих устройств равна:

квар.



Потери активной мощности в конденсаторах ввиду их малости не учитываем.

Некомпенсированная реактивная мощность на шинах РУ-1 составит:

квар.



Тогда

кВА



Расчётный ток в линии:

А



Аналогично выполняется расчёт для линий варианта 1 и всех линий вариантов 2-5, этот расчёт сведен в табл. 1.5.

*Таблица 1.5.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер линии | Назначение линии | Потребители электроэнергии, № цеха | Длина линии, км | Расчётная мощность | | cosϕ/tgϕ | Потребл. мощн. комп. устр., Qку, квар | Кол-во и мощн. ячеек конд., шт. и квар | Некомпенсир.реакт.мощн., Q, варр | Полная расчёт.мощн.линии, Sр, кВА | Расчётный ток линии, Iр, А |
| , кВт | , квар |
| 1 вариант ( 6 кВ) | Л-1 | ТП3 РУ-1 | 5,6,9,14,15 | 0,02 | 1428 | 695 |  | 230 | - | 695 | 1588 | 145 |
| Л-2 | РУ-1 ГПП | 5,6,9,14,15 | 0,23 | 2893 | 2047 |  | 1100 | 2х500 | 1047 | 3077 | 296 |
| Л-3 | ТП-4 РУ-2 | 10,11,21,22,13 | 0,02 | 944,4 | 425 |  | 113 | - | 425 | 1035 | 99,5 |
| Л-4 | РУ-2 ГПП | 10,11,21,22,13 | 0,08 | 5623 | 3059 |  | 1181 | 2х500 | 2059 | 5988 | 576 |
| Л-5 | ТП-6 РУ-3 | 16, 20 | 0,02 | 2217 | 989 |  | 266 | - | 989 | 2333 | 215 |
| Л-6 | РУ-3 ГПП | 16, 20 | 0,35 | 6156 | 3234 |  | 1170 | 2х500 | 2234 | 6550 | 630 |
| Л-7 | ТП-1 ТП-2 | 1, 2, 3, 4 | 0,29 | 162 | 379 |  | 95 | - | 379 | 942 | 91 |
| Л-8 | ТП-2 ГПП | 1, 2, 3, 4, 7, 8 | 0,27 | 2713 | 1249 |  | 352 | 1х500 | 749 | 2814 | 270 |
| Л-9 | РУ-2 ТП-5 | 17, 24, 25, осв. | 0,28 | 2759 | 1194 |  | 246 | - | 1194 | 3006 | 288 |
| Л-10 | ТП-5 ТП-8 | 24, 25, освещ. | 0,29 | 1492 | 632 |  | 134 | - | 632 | 1621 | 156 |
| Л-11 | РУ-3 ТП-7 | 19, 23, 26 | 0,38 | 2364 | 1064 |  | 283 | - | 1064 | 2592 | 249 |

# 1.4. Выбор выключателей конца питающих линий и линий, отходящих от ГПП (ГРП)

Предварительный выбор выключателей производится по Uн, Iн дл и Sн откл. , при этом отключающая способность всех выключателей (для одного из вариантов) будет одна и та же, номинальный ток – различен.

а) Электроснабжение завода на напряжении 20 кВ.

Sс=600 МВА

1/0,8 2/0,8 3/3,4

К-2

Хс Хл Хт1

Sс=600 МВА

К-2

1/4,82

ХΣ рис. 1

Схема замещения. Точка К-2 (электроснабжение завода на U=20 кВ)

Схема замещения приведена на рис.1.

Исходные данные: Sб=Sс=600 МВА; Хс=0,8.

Суммарное сопротивление от источника питания до точки короткого замыкания (К-2) в относительных базисных единицах составляет:

,



где - сопрот.трехобмоточного трансформатора п/ст энергосистемы в относительных базисных единицах;



,



где Ом/км – индуктивное сопротивление воздушных линий ( 1 км)



Мощность, отключаемая выключателями:

МВА.



Выбираем предварительно для В2, В3, В4 и линий, отходящих от шин ГВП, выключатель ВМП-20 с номин. и расчётными данными:



б) Электроснабжение завода на напряжении U = 35/10 и 35/6 кВ.

Схема замещения приведена на рис.1.2.

,



где - сопротивление тр-ра ГПП в относительных и базисных единицах:



Мощность, отключаемая выключателями:

МВА.



Sс=600 МВА

1/0,8 2/1,81 3/0,79 4/3

К-2

Хс Хт Хл Хт1

Sс=600 МВА

К-2

1/6,2

ХΣ рис. 1.2.

Схема замещения. Точка К-2 (электроснабжение завода на U=35/10 и 35/6 кВ)

Предварительно выбираем выключатели для В2, В3, В4.

МГГ-10-2000/500 с номинальными и расчётными данными:



для линий, отходящих от шин ГПП, при 6 и 10 кВ ВМП-10П с номинальными и расчётными данными:



Величины для отходящих линий по данным табл. 1.5.



в) Электроснабжение завода на напряжении U = 110/20, 110/10 и 110/6 кВ.



где



.



Sс=600 МВА

1/0,8 2/1,61 3/2,4



К-2

Хс Хт Хл

Sс=600 МВА

К-2

1/4,81

ХΣ рис. 1.2.

Схема замещения. Точка К-2 (электроснабжение завода на U=110/20, 110/10, 110/6 кВ)

Мощность, отключаемая выключателями:

МВА.



Предварительно выбираем следующие выключатели: для В2, В3, В4 и линий, отходящих от шин ГПП, при U = 20 кВ ВМП-20 с номинальными и расчётными данными:



Для В2, В3, В4 при U = 6 кВ МГГ-10 2000/500 с номинальными и расчётными данными:



Для В2, В3, В4 при U = 10 кВ ВМП-10 с номинальными и расчётными данными:



Для линий, отходящих от шин ГПП, при U = 6 кВ и U = 10 кВ ВМП-10П с номинальными и расчётными данными:



МВА.



# 1.5. Определение сечений кабельных линий распределительной сети 6÷20 кВ

Линия Л-4, РУ-2 ГПП, Uн = 6 кВ (вар.1).

Линия Л-4, предназначенная для питания потребителей I и частично II и III категорий 10, 11, 22, 21, 13 и 18 цехов, выполняется двумя рабочими кабелями в целях обеспечения требуемой бесперебойности питания.

1. По нагреву расчётным током.

Расчётный ток нормального режима работы (на два кабеля) равен:

А



Расчётный ток послеаварийного режима работы (на один кабель) равен:

А



Выбираем сечение кабеля по нормальному режиму работы (Sн=2х150 мм2) и проверяем его по условиям послеаварийного режима работы:

S = 2х150 мм2; Iдоп = 600 А (при прокладке в траншее двух кабелей). Условия проверки кабеля по нагреву расчётным током следующие:



где - допустимый по условиям нагрева ток для кабеля с алюминиевыми жилами S = 2х150 мм2 (U = 6 кВ, при прокладке в траншее четырех кабелей сечением по 150 мм2);



k – поправочный коэффициент на число работающих кабелей, лежащих рядом в земле, при расстоянии в свету между ними 100 мм.

По условиям допустимого нагрева и с учетом возможной перегрузки на 30% для кабеля с бумажной изоляцией (напряжением до 10 кВ) Sн=2х150 мм2:

1,3 =1,3\*480=624 А



Следовательно, имеем:



Таким образом, выбранное сечение Sн=2х150 мм2 удовлетворяет условиям как норм., так и аварийного режимов работы.

1. По условию механической прочности:

Sт=10 мм2

3) По условиям коронирования кабелей принимаем минимально допустимое сечение

Sк=10 мм2

4) По допустимой потере U в норм. (ΔUдоп=5%) и аварийном (ΔUдоп=10%) режимах работы проверяется сечение Sн=2х150 мм2.

Используем данные таблицы, по которым определяем 1%=0,56 км для сечения Sн=2х150 мм2 *l*=0,08 км – длина линии Л-4, РУ-2 ГПП.



км;



км.



Таким образом, выбранное сечение линии Л-4 Sн=2х150 мм2 соотв.всем условиям.

Выбор сечения кабеля по условиям экономической целесообразности

Для нахождения Sэц намечается несколько стандартных сечений кабеля: 2х150; 2х185; 2х240 мм2 и т.д. сводим в табл. 1.6.

*Таблица 1.6.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Sт, мм2 | Кз | Кз2 | ΔРн, кВт/км | q, т/км | С, т.руб/км | ϕл, км | L, км | С0, р/кВтч | Т, ч |
| 1. | 2х150 | 0,48 | 0,23 | 67 | 2х1,2 | 2х4,75 | 3,0 | 0,08 | 0,016 | 8000 |
| 2. | 2х185 | 0,42 | 0,18 | 69 | 2х2,15 | 2х5,48 |
| 3. | 3х150 | 0,32 | 0,1 | 67 | 3х1,2 | 3х4,75 |
| 4. | 2х240 | 0,37 | 0,14 | 70 | 2х1,9 | 2х6,56 |
| 5. | 3х185 | 0,28 | 0,08 | 69 | 3х1,5 | 3х5,48 |
| 6. | 3х240 | 0,25 | 0,06 | 70 | 3х1,9 | 3х6,56 |

*Продолжение табл. 1.6.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Sт, мм2 | ΔРq, кВт | Δ∂а, тыс.кВтч/год | Сп, тыс.руб/год | Са, тыс.руб/год | Сэ, тыс.руб/год | Кл, тыс.руб | 0,125Кл, тыс.руб | Зл, тыс.руб | Ср ал.т |
| 1. | 2х150 | 2,5 | 20 | 0,32 | 0,05 | 0,95 | 0,37 | 1,52 | 0,56 | 0,38 |
| 2. | 2х185 | 2,0 | 16 | 0,26 | 0,05 | 0,31 | 1,75 | 0,22 | 0,53 | 0,48 |
| 3. | 3х150 | 1,07 | 8,6 | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 2,3 | 0,29 | 0,50 | 0,58 |
| 4. | 2х240 | 1,5 | 12 | 0,19 | 0,06 | 0,25 | 2,1 | 0,26 | 0,51 | 0,61 |
| 5. | 3х185 | 0,88 | 7,05 | 0,11 | 0,08 | 0,19 | 2,6 | 0,33 | 0,52 | 0,72 |
| 6. | 3х240 | 0,67 | 5,4 | 0,09 | 0,1 | 0,19 | 3,2 | 0,4 | 0,59 | 0,91 |

Определяем Sэц по формуле:



S1=2х185 мм2; З1=0,53 т.руб./год; ΔЗ1=-0,03; ΔS1=80;

S2=3х150 мм2; З2=0,50 т.руб./год; ΔЗ2=0,01; ΔS2=30;

S3=2х240 мм2; З3=0,51 т.руб./год; ΔЗ’1=110.



Принимаем ближайшее меньшее Sэц =2х185 мм2.

Зл

1,0

0,8

0,6

0,4

0,2

2х150 2х185 3х150 2х240 3х185 S, мм2

Выбор экономически целесообразного сечения распределительных линий З=f(S).

Вариант 1.

По величинам затрат и сечений построена кривая З=f(S). Выбор сечений ост. линий распределит. сети 6-20 кВ аналогичен и сведен в табл. 1.7.

*Таблица 1.7.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Наиме-нование линии | Назначение линии | Кол-во кабел. | Расч. нагр. на 1 к. | | Длина линии, км | Способ прокл. | Поправ. коэф. прокл. кабеля |
| в норм.р. Iр, А | в авар.р. Imaxр |
| вариант 1-5 | Л-1 | ТП3 РУ-1 | 2 | 72,5 | 145 | 0,02 | траншея | 0,9 |
| Л-2 | РУ-1 ГПП | 2 | 148 | 296 | 0,23 | 0,9 |
| Л-3 | ТП-4 РУ-2 | 2 | 50 | 100 | 0,02 | 0,9 |
| Л-4 | РУ-2 ГПП | 2 | 288 | 576 | 0,08 | 0,8 |
| Л-5 | ТП-6 РУ-3 | 2 | 107,5 | 215 | 0,02 | 0,9 |
| Л-6 | РУ-3 ГПП | 2 | 315 | 630 | 0,35 | 0,9 |
| Л-7 | ТП-1 ТП-2 | 2 | 45,5 | 91 | 0,29 | 0,9 |
| Л-8 | ТП-2 ГПП | 2 | 135 | 270 | 0,27 | 0,9 |
| Л-9 | РУ-2 ТП-5 | 2 | 144 | 288 | 0,28 | 0,9 |
| Л-10 | ТП-5 ТП-8 | 2 | 78 | 156 | 0,29 | 0,9 |
| Л-11 | РУ-3 ТП-7 | 2 | 124,5 | 249 | 0,38 | 0,9 |

*Продолжение табл. 1.7.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Наим. линии | Назначение линии | Доп. нагр. на 1 каб | | Сечении кааб. выбр. по усл. доп. нагрева, мм2 | Сечение выбр. по мех. проч., мм2 | Сеч. выбр. по потр. нагр., мм2 | Эконом. целесообр. сечения, мм2 | Марка и сечение окон. выбр. кабеля, мм2 |
| в норм. р. I’доп, А | в авар. р.1,3I’доп, А |
| вариант 1-5 | Л-1 | ТП3 РУ-1 | 113 | 146 | 25 | 95 | 25 | 50 | АСБ (3х95) |
| Л-2 | РУ-1 ГПП | 234 | 304 | 120 | 95 | 120 | 185 | АСБ (3х185) |
| Л-3 | ТП-4 РУ-2 | 94,5 | 123 | 25 | 95 | 95 | 150 | АСБ (3х150) |
| Л-4 | РУ-2 ГПП | 480 | 625 | 2х150 | 95 | 2х150 | 2х185 | 2АСБ (3х185) |
| Л-5 | ТП-6 РУ-3 | 171 | 222 | 70 | 95 | 95 | 150 | АСБ (3х150) |
| Л-6 | РУ-3 ГПП | 490 | 642 | 2х150 | 95 | 2х150 | 2х185 | 2АСБ (3х185) |
| Л-7 | ТП-1 ТП-2 | 72 | 94 | 16 | 95 | 95 | 95 | АСБ (3х95) |
| Л-8 | ТП-2 ГПП | 234 | 304 | 120 | 95 | 120 | 185 | АСБ (3х185) |
| Л-9 | РУ-2 ТП-5 | 234 | 304 | 120 | 95 | 120 | 185 | АСБ (3х185) |
| Л-10 | ТП-5 ТП-8 | 140 | 181 | 50 | 95 | 95 | 150 | АСБ (3х185) |
| Л-11 | РУ-3 ТП-7 | 202 | 263 | 95 | 95 | 95 | 150 | АСБ (3х185) |

Технико-экономические показатели трансформаторов связи с энергосистемой

Капитальные затраты:

Стоимость двух трехобмоточных трансформаторов типа ТДТ-16000/110 при наружной установке:

тыс. руб.



стоимость двух вводов с разъединителями и короткозамыкателем, устанавливаемые в ОРУ-110 кВ на железобетонных конструкциях:

тыс. руб.



Суммарные капитальные затраты:

тыс. руб.



Полная расчётная мощность трансформатора на ГПП составляет 18640 кВА. Нагрузка на один трансформатор составляет 9320 кВА.

Считаем, что обмотка высшего U загружена на 100%, среднего – 60% и низшего – 40%, тогда коэффициент загрузки обмоток равен:



Потребление мощности охлажд. установки принимаем = 12 кВт.

Приведенные потери холостого хода:



Напряжения к.з. соотв. по обмоткам высшего, среднего и низшего напр.:



Приведенные потери к.з. определяются:



Приведенные потери мощности в одном трехобмоточном трансформаторе:



Потери мощности в двух трансформаторах ГПП:



На основании результатов расчётов, составляем итоговую таблицу технико-экономических показателей. Как наиболее рациональный принимается вариант системы электроснабжения с напряжением питающих и распределительных сетей 20 кВ.

Т.к. у нас имеются потребители электроэнергии 6 кВ, то предусматриваем дополнительные трансформаторные п/ст 20/6 кВ: ТП-3; ТП-4; ТП-6.

В соответствии с расчётами намечаем к установке на ТП-3 (цех № 14, 15) два трансформатора типа ТМ-20/6, мощностью 1600 кВА каждый, расчётная мощность ТП-3 – 1994 кВА:



ТП-4 (цех № 18); Рр=1920 кВт; Qр=1440 квар; Sр=2400 кВА. Намечаем к установке 2 трансформатора по 1600 кВА каждый с коэффициентом загрузки:



ТП-6; Рр=1575 кВт; Qр=1181 квар; Sр=1968 кВА. Намечаем к установке 2 трансформатора по 1600 кВА каждый с коэффициентом загрузки:



*Таблица 1.8.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Напряжение, кВ | Кап. затраты, к, тыс.руб. | Годовые эксп. расходы | | | Год.расч.затр., тыс.руб/год | Потери эл.энергии ΔЭа, т.кВт/год | Выход цв.метал., Сцм |
| Сп, т.руб/год | Са, т.руб/год | Сэ, т.руб/год |
| Система внеш. электроснабжения | 20  35  110 | 40,8  80,2  84,9 | 24  14,8  1,84 | 3,5  2,6  3,5 | 27,5  17,4  5,4 | 32,6  27,4  16 | 1495  927  115 | 20,2  19  15,3 |
| Тр-ры связи с энергосистемой | 35/6-10  110/6-20 | 65,9  145,9 | 27,2  33,0 | 4,4  9,2 | 31,6  42,2 | 40,4  61,0 | 1776  2060 | 5,6  13,5 |
| Система внутр. электроснабжения | 6  10  20 | 171,2  184,5  236,3 | 28,4  28,5  28,9 | 9,95  10,9  13,8 | 38,35  39,5  40,7 | 65  65,5  72,4 | 1776  1958  1770 | 6,3  4,5  3,7 |
| Система электроснабжения завода | 20/20  35/6  35/10  110/6  110/20/6  110/20/6 | 277,1  321,4  334,7  402,1  415,4  467,2 | 50,9  70,4  70,5  62,5  62,7  62,7 | 17,3  19,6  18  22,7  23,7  26,5 | 68,2  87,3  88,5  85,2  86,4  87,6 | 105,0  132,8  133,3  142  142,5  149 | 3265  4479  4661  3951  4133  3945 | 23,9  35,3  23,5  21,6  19,8  19 |
| Выбр. система электроснабжения | 20/20 | 277,1 | 50,9 | 17,3 | 68,2 | 105 | 3265 | 23,9 |

Принимается, как наиболее рациональный, вариант системы электроснабжения 35 кВ и распределительных сетей 6 кВ.

Краткое описание принятой системы электроснабжения

Электроснабжение завода осуществляется от п/ст энергосистемы по двум воздушным линиям 35 кВ, выполненным проводом марки «АС» сечением 185 мм2 на железобетонных промежуточных и анкерных металлических опорах с тросом.

На ГПП открыто установлены 2 трехобмоточных трансформатора типа ТД-16000/35. На стороне 35 кВ принята упрощенная схема без выключателей с минимальным количеством аппаратуры (разъединители и короткозамыкатели) РУ-6 выполнено из шкафов распредустройств закрытого типа.

На стороне 6 кВ предусмотрена одинарная системы шин, акционеров. масляным выключателем с устройством автоматического включения резерва (АВР).

Распределительные устройства РУ-1, РУ-2, РУ-3 получают питание от ГПП по радиальной схеме с резервированием.

Распределительные сети напряжением до и выше 1000 В по территории завода прокладываются в кабельных траншеях.

# 2. Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов КЗ производится для выбора и проверки эл.аппаратов, изоляторов и токоведущих частей.

Схема замещения

(точки К-1, К-2)

Sc=600 МВА

Х1

0,81

Х2

1,61

Х3

0,785

r3

0,33

Х4

3,0

К-1

Х5

0,267

r5

0,3

К-2

**~**

Расчётная схема

Хл

rл

Хт

Хл

rл

К-3

ТП-3

РУ-1

ГПП

Л-2

L=0,23 см

К2

~6,3 кв

1600 кВА

0,23-0,4 кВ

К-1

Sн=1600 кВА

Uкз=8%

Л-1

L=4 см

К3

35 кв

4000 кВА

115 кв

Sc=600 МВА

Хс=0,8

**~**

Принимаем базисные условия:

Базисная мощность Sб=Sс=600 МВА;

Базисное напряжение Uб=Uср=6,3 кВ;

Базисный ток Iб=.



Расчёт сопротивлений элементов системы электроснабжения в относительных единицах

Сопротивление системы:



Сопротивление воздушной линии ЛЭП-35 кВ



где Хо=0,4 Ом/км – реактивное сопротивление 1 км дл.

Сопротивление трансформаторов системы:

Х2=Хтб= Хвб +Хсб=1,61

(из расчета системы внешнего электроснабжения)

Сопротивление трансформаторов ГПП:



Сопротивление кабельной линии ГПП-РУ-1



r0 = 0,08 Ом/км; х0 = 0,07 Ом/км.

Точка К-1.

Сопротивление от источника питания до точки КЗ К-1

ХΣ=х1+х2+х3+х4=0,8+1,61+0,785+3,0=6,2

R21=R3=0,33

Имеем RΣ1<1/3ХΣ1, следовательно, активное сопротивление при расчёте токов КЗ не учитываем.

Так как ХΣ1>3, то периодическая слагающая тока КЗ для всех моментов времени одинакова и равна:

Iк=Iб/хΣ=55/6,2=8,9 кА

Ударный ток КЗ

Iу=Ку⋅√2\*I’’=1.8√2\*8.9=22.7 кА

Где Ку – ударный коэффициент, принимаемый = 1,8.

Наибольшее действующее значение тока КЗ за первый пе6риод от начала процесса КЗ:

кА



Мощность трехфазного КЗ для произвольного момента времени:

МВА.



Точка К-2.

Сопротивление от источника питания до точки КЗ К-2

ХΣ2=х1+х2+х3+х4+х5=0,8+1,61+0,785+3,0+0,267=6,5

RΣ2=R3+R5=0,33+0,3=0,63

Имеем RΣ2<1/3ХΣ2, следовательно, активное сопротивление при расчёте токов КЗ не учитываем.

Так как ХΣ2>3, то

Iк=Iб/хΣ2=55/6,5=8,45 кА

Ударный ток КЗ

Iу=Ку⋅√2\*I’’=1.8√2\*8.45=21.6 кА

Где Ку – ударный коэффициент, принимаемый = 1,8.

Наибольшее действующее значение тока КЗ за первый пе6риод от начала процесса КЗ:

кА



Мощность трехфазного КЗ для произвольного момента времени:

МВА.



# 2.1. Выбор выключателей.

Проверяем предварительно выключатели типа МГГ-10-2000/500. Расчётная точка КЗ – точка К-1.

Расчётный ток термической устойчивости определяется по формуле:



где tнт – время, к которому отнесен номинальный ток термической устойчивости выключателей, принимаем = 10 с;

tп – приведенное время КЗ, с.

Учитывая время срабатывания защиты, принимаем действительное время отключ. КЗ (t) равным 1,5 с. Следовательно,

кА



Выбираем к выключателю провод типа ПЭ-2.

# 2.2. Выбор разъединителей

Выбор разъединителей в цепи предохранителей линии РУ-1-ТП-3 выполняется аналогично выбору выключателей и сводится в табл.1.9.

*Таблица 1.9.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Проверяемая величина | Расчетные параметры | Тип предохр. разъед. | Номин. парам. пред.,разъед. | Формулы для проверки и расчета |
| Предохранители | | | | |
| Номин.напр., кВ | Uн уст=6 кВ | ПК-6/150 | Uн=6 кВ | Uн ≥Uн уст |
| Номин.длит.ток, А | Imax p=145 А | Iн дл =150 А | Iн дл ≥ Imax p |
| Ном.ток откл., кА | I”=8,5 кА | Iн отк =20 кА | Iн отк≥ I” |
| Разъединители | | | | |
| Номин.напр., кВ | Uн уст=6 кВ | РВ-6/400 | Uн=6 кВ | Uн ≥Uн уст |
| Номин.длит.ток, А | Imax p=145 А | Iн дл =400 А | Iн дл ≥ Imax p |
| Ном.ток динам.уст.:  а) амплит.знач., кА | iу=21,6 кА | iн дин=50 кА | iн дин≥ iу |
| б) действ.знач., кА | Iу=12,8 кА | Iн дин=29 кА | Iн дин≥ Iу |
| Ном.ток терм.уст., кА | Itн=2,72 кА | Itн10=10 кА | Itн10≥ Itн |

# 2.3. Шины ГПП

Выбор и проверку шин ГПП выполняем по максимальному рабочему току (Imax p), термической устойчивости (Sт уст), допустимому напряжению в шине на изгиб (δдоп).

1. Длительный допустимый ток определим:

,



где I’доп – длительно допустимый ток для одной полосы при tш=70оС, tв=25оС и расположении шин вертикально

к1 -0 поправочный коэффициент =0,95;

к2 – коэффициент длительно допустимого тока;

к3- поправочный коэффициент при tв , отличном от 25оС.

Выбираем окрашенные однополосные прямоугольные алюминиевые шины сечением 100х10 мм (S=1000 мм2), расположенные горизонтально с длительно допустимым током I’доп =1820 А;

Iдоп = 0,95\*1\*1\*1820=1730 А.

Расчетное напряжение в шине на изгиб определяется по формуле:

,



где f – сила взаимодействия между шинами разных фаз, кг\*с;

L – расстояние между опорными изоляторами, принимаемое = 90 см;

W – момент сопротивления сечения, см3.

f=1,75\*10-2\*(t2/а)=1,75\*10-2\*(21,62/25)=0,33 кг\*с;

W=0,17\*bh2=0,17\*1\*102=17 см2;

кг/см2.



Выбор и проверку шин сводим в табл. 1.10.

*Таблица 1.10.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Проверяемая величина | Расчетные параметры | Марка сечения шин | Номин. данные шин | Формулы для проверки и расчета | |
| Шины ГПП | | | | | |
| Длительный допустимый ток, А | Imax p=1690 А |  | Iдоп =400 А | | Iдоп ≥ Imax p |
| Сечение шины (проверка по термич.уст.) | Sту min=110 мм2 |  | S=1000 мм2 | | S≥ Sту min |
| Допуст.нагр. в шине на изгиб, кг/см2 | σрасч=15,7 кг/см2 |  | σдоп=650 кг/см2 | | σдоп≥σрасч |
| Условия в одн.мех.резон. | fс кр=62 Гц |  | fс кр1=45÷55 Гц  fс кр2=90÷110 Гц | | fс кр1≥ fс кр  fс кр2≥ fс кр |

# 3. Релейная защита

Релейная защита и автоматика выполнены на переменном оперативном токе с применением выпрямительных блоков питания БПТ-1001 и БПН-1001. Компоновка ГПП 35/6 кВ дана в графической части.

# Список использованных источников

1. Справочник по проектированию электроснабжения под ред. Ю.Г.Барыбина, Л.Е. Фёдорова и т.д. М.; Энергоатомиздат, 1990.
2. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования, А.А. Фёдоров, Л.Е. Старкова, М., Энергоатомиздат, 1987.
3. Электроснабжение промышленных промпредприятий, А.А. Фёдоров, Н.М. Римхейн, М.: Энергия, 1981.