**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсовой работы**

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Исходные данные к курсовому проекту: вариант № 18.15

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория ЭСН | *S*, $м^{2}$ | Номера электроприемников по таблице 1.5 |
| 18 | 3 | 400 | 3-6-16-20-22-26-28 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | № ЭП | $$L\_{вн},$$км | $$L\_{кл1},$$м | $$L\_{кл2},$$м | $$L\_{ш},$$м |
| 15 | 18 | 21 | 10 | 25 | 5 |

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ........................................................................................................ | 4 |
| 1 Расчет электрических нагрузок цеха. Выбор числа и мощности питающих трансформаторов.............................................................................. | 5 |
| 2 Расчет и выбор компенсирующих устройств............................................... | 13 |
| 3 Расчет и выбор аппаратов защиты и линии электроснабжения................. | 15 |
| 4 Расчет токов короткого замыкания................................................................ | 23 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ................................................................................................. | 35 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ............................................... | 36 |

**ВВЕДЕНИЕ**

 Распределение, передача и потребление электроэнергии на промышленных предприятиях должны происходить с высокой надежностью, экономичностью и необходимым качеством электроэнергии (КЭ).

 Обычно в цеховых сетях используются комплектные трансформаторные подстанции (КТП), пункты распределения электроэнергии (ПРЭ), а также силовые и осветительные шинопроводы. Применение комплектного ЭО и выбор его рациональной компоновки, а также конструктивное исполнение цеховых сетей обеспечивает безопасное обслуживание и ремонт, необходимую степень локализации повреждений и высокую эксплуатационную надежность.

 Тема курсовой работы: «Электроснабжение цеха промышленного предприятия».

 Актуальность данной работы заключается в том, что при вводе в эксплуатацию новых предприятий, реконструкции существующих и широком внедрении различных видов электротехнологических устройств во всех отраслях производств выдвигаются требования их рационального (надежного и качественного) электроснабжения.

 Целью работы является разработка рациональной системы электроснабжения цеха.

 Задачи, которые необходимо решить при проектировании:

 - расчет электрических нагрузок цеха, выбор числа и мощности питающих трансформаторов;

 - расчет и выбор компенсирующих устройств;

 - расчет и выбор аппаратов защиты и линии электроснабжения;

 - расчет токов короткого замыкания.

 Объектом исследования выступает цех промышленного предприятия.

 **1 Расчет электрических нагрузок цеха. Выбор числа и мощности питающих трансформаторов**

 Методом упорядоченных диаграмм выполняется расчет электрических нагрузок. Этот метод одним их основных методов, который определяет максимальные нагрузки группы ЭП.

|  |  |
| --- | --- |
|   | (1.1) |
|  | (1.2) |
|  | (1.3) |

 где  – активная максимальная нагрузка, кВт;

 ** – реактивная максимальная нагрузка, квар;

 ** – полная максимальная нагрузка, кВА;

 ** – коэффициент максимума активной нагрузки, который определяется по справочной литературе [6, табл. 1.5.3] и зависит от коэффициента использования и эффективного числа ЭП;

 ** – коэффициент максимума реактивной нагрузки;

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.4) |
|  | (1.5) |

 где  – средняя активная мощность за наиболее нагруженную смену, кВт;

 ** – средняя реактивная мощность за наиболее загруженную смену, кВАр.

  – коэффициент использования ЭП, определяется по справочной литературе [6, табл. 1.5.1];

 ** – номинальная активная групповая мощность, приведенная к длительному режиму (ДР), без учета резервных электроприемников, кВт;

 ** – коэффициент реактивной мощности;

 ** – эффективное число ЭП, определяется по справочной литературе [6, табл. 1.5.4].

 Средний коэффициент использования ** группы ЭП вычисляется по выражению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.6) |

 Средний коэффициент мощности ** и средний коэффициент реактивной мощности ** вычисляются по выражению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.7) |
|  | (1.8) |

 Показатель силовой сборки в группе *m* вычисляется по выражению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.9) |

 где **, ** – номинальные приведенные к ДР активные мощности ЭП наибольшего и наименьшего в группе.

 На основании практики коэффициенты принимаются равными ** при **; ** при **

 Для привидения трехфазных ЭП к ДР используются следующие формулы:

 - для ЭП ДР:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.10) |

 - для ЭП ПКР:

|  |  |
| --- | --- |
| , кВт; | (1.11) |

 - для сварочных трансформаторов ПКР:

|  |  |
| --- | --- |
| , кВт; | (1.12) |

 - для трансформаторов ДР:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.13) |

 где  – приведенная и паспортная активная мощность, кВт;

  – полная паспортная мощность, кВА;

 ПВ – продолжительность включения, о.е.

 Неравномерность распределения нагрузки по фазам вычисляется по выражению:

|  |  |
| --- | --- |
|  , | (1.14) |

 где  – мощность наиболее загруженной фазы, кВт.

 При  и включении на фазное напряжение определяется по выражению:

|  |  |
| --- | --- |
|   | (1.15) |

  – условная трехфазная мощность (приведенная), кВт;

  – мощность наиболее загруженной фазы, кВт.

 При  и включении на линейное напряжение вычисляются по следующим выражениям:

 - для одного ЭП:

|  |  |
| --- | --- |
|   | (1.16) |

 - для нескольких ЭП:

|  |  |
| --- | --- |
|   | (1.17) |

 При неравномерности , то вычисления нагрузок выполняется как для трехфазных нагрузок.

 По исходным данным ЭП разделяются на четыре вида: трехфазный ДР, трехфазный ПКР, однофазный ПКР, ОУ. Технические характеристики ЭП указаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические данные электроприемников

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование электроприемника | *Рн*,кВт | *n* | *Kи* | *cosφ* | *tgφ* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | **3-фазный ДР:**Насосная установка | 55 | 8 | 0,7 | 0,8 | 0,75 |
| 6 | Станок строгальный | 11 | 10 | 0,14 | 0,5 | 1,73 |
| 16 | Автомат фрезерный | 7,5 | 20 | 0,17 | 0,65 | 1,17 |
| 20 | Конвейер ленточный | 35 | 2 | 0,55 | 0,75 | 0,88 |
| 22 | **3-фазный ПКР:**Кран мостовой, ПВ = 25 % | 30 | 2 | 0,05 | 0,5 | 1,73 |
| 26 | **1-фазный ПКР:**Аппарат дуговой сварки, ПВ = 60 % | 15 кВ∙А | 5 | 0,3 | 0,35 | 2,67 |
| 28 | **Осветительная установка:**Лампы накаливания | 9… 11 Вт/$м^{2}$ |  | 0,85 | 1 | 0 |

 На основании разделения нагрузок определяются виды распределительных устройств. В данном цехе используются: шинопроводы магистральные алюминиевые (ШМА), распределительные пункты (РП), щит освещения (ЩО).

 В связи с тем, что ЭП относятся к III категории надежности ЭС, то принимается однотрансформаторная подстанция.

 Далее изображается схема ЭС (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Схема электроснабжения цеха

 По формуле (1.11) приводятся нагрузки трехфазного ПКР к ДР:



 По формулам (1.12), (1.14) и (1.16) приводятся нагрузки однофазного ПКР, присоединенного на линейное напряжения, и к условной трехфазной нагрузке:









 В результате получается:



 Нагрузка осветительных устройств (ОУ) цеха вычисляется методом удельных мощностей по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  , кВт | (1.18) |

 где  – удельная нагрузка общего освещения, Вт/м2;

  – площадь территории, подлежащее освещению, м2;



 В соответствии с распределенной нагрузкой оформляется таблица 1.2.

 В столбцы 1, 2, 3, 5, 6, 7 заносятся исходные данные.

 В столбец 4 вычисляется сумма ЭП $P\_{нΣ.}=P\_{н}n$ *,* кроме РП2 с однофазными ЭП и ЩО.

 В связи с тем, что на РП1, РП2, ЩО ЭП имеют одинаковое наименование, то расчет итоговых значений не требуется.

 Выполняется расчет для ШМА1 И ШМА2.

 По формуле (1.9) вычисляется значение  и вписываются в столбец 8.

 Далее вычисляются значения средних нагрузок за наиболее нагруженную смену по формулам и записываются в столбы 9, 10, 11 соответственно:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.19) |
| , квар | (1.20) |
| *S*= | (1.21) |

 В столбец 12 вносится эффективное число электроприемников, *nэ= n.*

 В столбец 13 вносится коэффициент максимума активной нагрузки *Км*.

 В столбец 14 вносится коэффициент максимума реактивной нагрузки. *Км'*

 В столбец 15, 16, 17 вносится максимальная мощность, определяемая по формулам соответственно:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.22) |
|  | (1.23) |
| , кВА | (1.24) |

 В столбец 18 вносится максимальный ток *Iм*, определяемый по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1.25) |











 Далее вычисляются потери мощности в трансформаторе, результаты вычисления заносятся в столбцы 15, 16, 17.







 Вычисляется расчетная нагрузка на трансформатор с учетом потерь мощности и без компенсации реактивной мощности (для однотрансформаторной подстанции).



 По справочной литературе [2, с. 107] выбирается комплектная однотрансформаторная подстанция КТП 1×400-10/0,4; с трансформатором марки ТМ, мощностью 400 кВА, напряжением 10/0,4 кВ с такими техническими характеристиками:





 Таким образом, выбирается цеховая КТП 1×400-10/0,4; 

Таблица 1.2 – Расчетные электрические нагрузки цеха

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование и РУ электроприемников | Нагрузка установленная | Нагрузка средняя за смену | Нагрузка максимальная |
| *Рн*,кВт | *n* | *Рн*∑, кВт | *Ки* | *cosφ* | *tgφ* | *m* | *Рсм*, кВт | *Qсм*, кВАр | *Sсм*, кВА | *nэ* | *Км* | *К'м* | *Рм*, кВт | *Qм*, кВАр | *Sм*, кВА | *Ім*, А |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| **ШМА1** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Насосная установка | 55 | 4 | 220 | 0,70 | 0,80 | 0,75 | - | 154,00 | 115,50 | 192,50 |   |   |   |   |   |   |   |
| Станок строгальный | 11 | 5 | 55 | 0,14 | 0,50 | 1,73 | 7,70 | 13,32 | 15,39 |   |   |   |   |   |   |   |
| Автомат фрезерный | 7,5 | 10 | 75 | 0,17 | 0,65 | 1,17 | 12,75 | 14,92 | 19,62 |   |   |   |   |   |   |   |
| Конвейер ленточный | 35 | 1 | 35 | 0,55 | 0,75 | 0,88 | 19,25 | 16,94 | 25,64 |   |   |   |   |   |   |   |
| **Всего по ШМА1** |   | 20 | 385 | 0,50 | 0,77 | 0,83 | ≥3 | 193,70 | 160,68 | 253,15 | 20 | 1,20 | 1,0 | 232,44 | 160,68 | 282,57 | 429,33 |
| **ШМА2** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Насосная установка | 55 | 4 | 220 | 0,70 | 0,80 | 0,75 | - | 154,00 | 115,50 | 192,50 |   |   |   |   |   |   |   |
| Станок строгальный | 11 | 5 | 55 | 0,14 | 0,50 | 1,73 | 7,70 | 13,32 | 15,39 |   |   |   |   |   |   |   |
| Автомат фрезерный | 7,5 | 10 | 75 | 0,17 | 0,65 | 1,17 | 12,75 | 14,92 | 19,62 |   |   |   |   |   |   |   |
| Конвейер ленточный | 35 | 1 | 35 | 0,55 | 0,75 | 0,88 | 19,25 | 16,94 | 25,64 |   |   |   |   |   |   |   |
| **Всего по ШМА2** |   | 20 | 385 | 0,50 | 0,77 | 0,83 | ≥3 | 193,70 | 160,68 | 253,15 | 20 | 1,20 | 1,0 | 232,44 | 160,68 | 282,57 | 429,33 |
| **РП1** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Кран мостовой, ПВ = 25 % | 15 | 2 | 30 | 0,7 | 0,8 | 0,75 |   | 21,00 | 15,75 | 26,25 |   |   |   | 21,00 | 15,75 | 26,25 | 39,88 |
| **РП2** |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Аппарат дуговой сварки, ПВ = 60 % | 4,07 | 5 | 20,33 | 0,3 | 0,35 | 2,67 |   | 6,10 | 16,29 | 17,39 |   |   |   | 6,10 | 16,29 | 17,39 | 26,42 |
| ЩО с ОУ с ГРЛ |   |   | 4,00 | 0,85 | 0,95 | 0,33 |   | 3,40 | 1,32 | 3,65 |   |   |   | 3,40 | 1,32 | 3,65 | 5,54 |
| Всего на ШНН без КУ |   |   |   |   | 0,80 | 0,74 |   | 224,20 | 194,04 | 300,44 |   |   |   | 262,94 | 194,04 | 326,78 | 496,51 |
| Потери |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 6,54 | 32,68 | 33,33 |   |
| Всего на ВН |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 269,48 | 226,71 | 352,16 | 535,07 |

 **2 Расчет и выбор компенсирующих устройств**

 Компенсация реактивной мощности электроустановок выполняется при помощи разнообразных способов без применения дополнительных устройств и с помощью дополнительных источников реактивной мощности.

 Расчетная нагрузка цеха без компенсации реактивной мощности представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Расчетная нагрузка цеха без компенсации реактивной мощности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр |  |  |  |  |  |
| Всего на НН без КУ | 0,80 | 0,74 | 262,94 | 194,04 | 326,78 |

 Вычисляется расчетная мощность компенсирующего устройства (КУ) по выражению:



 Рекомендуемый коэффициент мощности для промышленного предприятия , тогда **

 Согласно результату расчета принимается КУ типа УКМ58-0,4-120-10У3, мощностью 120 квар.

 Определяются фактические значения  и ** после компенсации реактивной мощности:

**

**

 Результаты расчетов заносятся в таблицу 2.2.

 Вычисляется расчетная нагрузка на трансформатор с учетом потерь мощности в трансформаторе:









 В предыдущем разделе выбран силовой трансформатор мощностью 400 кВ, напряжением 10/0,4 кВ с такими техническими характеристиками:



 Далее после компенсации определяется коэффициент загрузки трансформатора.



Таблица 2.1 – Расчетная нагрузка цеха с учетом компенсации реактивной мощности и потерь мощности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр |  |  |  |  |  |
| Всего на НН без КУ | 0,80 | 0,74 | 262,94 | 194,04 | 326,78 |
| КУ |  |  |  | 120 |  |
| Всего на НН с КУ | 0,96 | 0,28 | 262,94 | 74,04 | 273,16 |
| Потери |  |  | 5,46 | 27,32 | 27,86 |
| Всего на ВН с КУ |  |  | 268,40 | 101,35 | 286,90 |

 **3 Расчет и выбор аппаратов защиты и линии электроснабжения**

 Выбор аппаратов защиты осуществляется по расчетному току электрической сети.

 Расчетные токи в линии вычисляются по выражениям:

 – расчетный ток трансформатора:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.1) |

 где  – паспортная мощность трансформатора, кВА;

 – номинальное напряжение трансформатора, кВ.

 Принимается .

 – расчетный ток РУ:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2) |

 где  – максимальная расчетная мощность РУ, кВА;

 ** – номинальное напряжение РУ, кВ.

 Принимается 

 – расчетный ток ЭД:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.3) |

 где  – мощность ЭД переменного тока, кВт;

 ** – номинальное напряжение ЭД, кВ;

 – КПД ЭД, о.е.

В качестве защитных аппаратов в электрической сети напряжением до 1 кВ выбираются автоматические выключатели.

 Общие условия выбора автоматических выключателей:



 – для участка сети без ЭД:





 – для участка сети с одним ЭД:



 – для участка сети группы с несколькими ЭД:



 где  – номинальный ток автомата, А;

 ** – номинальный ток расцепителя, А;

 ** – длительный ток в линии, А;

 ** – максимальный ток в линии, А;

 ** – номинальное напряжение автомата, В;

 ** – напряжение сети, В.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.4) |

 – для участка сети без ЭД:



 – для участка сети с одним ЭД:



 – для участка сети группы с несколькими ЭД:



 где  – кратность отсечки

 ** – ток отсечки, А;

 ** – пусковой ток, А,

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.5) |

 где  – кратность пускового тока.

 Принимается  – для АД;  – для СД и МПТ;

 ** – номинальный ток, А;

 ** – пиковый ток, А.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.6) |

 где  – пусковой ток наиболее мощного ЭД, А;

 ** – номинальный ток наиболее мощного в группе ЭД, А;

 ** – максимальный ток группы ЭП, А.

 Кроме автоматических выключателей в качестве защитного аппарата электрической сети применяются предохранители.

 По следующим условиям выбираются предохранители:

 – для участка сети без ЭД:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.7) |

 – для участка сети с ЭД и тяжелым пуском:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.8) |

 – для участка сети с ЭД и легким пуском:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.9) |

 – для участка сети к РУ (РП или шинопровод):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.10) |

 – для участка сети к сварочному трансформатору:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.11) |

 где  – ток плавкой вставки, А.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.12) |

 где  – номинальный ток предохранителя, А.

 Тепловые реле выбираются согласно условию:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.13) |

 где  – ток теплового реле, номинальный, А.

 Принимаются автоматические выключатели марки ВА и АЕ, предохранители марки ПР и ПН, тепловое реле марки РТЛ.

 Провода и кабели для участка сети ЭС выбираются по согласованию защитного аппарата по следующим условиям:

– для участка сети, где в качестве защитного аппарата применяются автоматический выключатель с комбинированным расцепителем:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.14) |

 – для участка сети, где в качестве защитного аппарата применяются предохранители, защищающие от токов КЗ:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.15) |

 – для участка сети с тепловым реле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.16) |

 где  – допустимый ток проводника, А;

 ** – коэффициент защиты.

 Согласно ПУЭ коэффициенты защиты принимаются:

 ** – для взрыво – и пожароопасных помещений;

 ** – для нормальных (неопасных) помещений;

 ** – для предохранителей без тепловых реле в линии.

 По результатам выбора провода или кабеля окончательно принимается защитный аппарат.

 1. Формируется расчетная схема ЭС до ЭП подключенного через РУ ШМА1. Данный ЭП – насосная установка:

 **

 **

 **

 трехфазный ДР.

 На схеме указываются все данные значения рис. 3.1.

 2. Рассчитываются и выбираются АВ марки ВА:

 – Участок сети Т1–ШНН, *QF*1, участок сети без ЭД:

**

**

**$ $

 Принимается АВ серии ВА51-39 [2, с. 39] со следующими техническими характеристиками:

**

**

**

**

**

**

 - Участок сети ШНН–ШМА1, *QF*2, участок сети с группой ЭД:

**

**

**

 Принимается автомат серии ВА51-39 со следующими техническими характеристиками:

**

**

**

**

**

**

**

 Принимается 



Рисунок 3.1 – Схема ЭС до ЭП №3

**

 Учитывая, что к ШМА1 подключено более 5 ЭП, а максимальный по мощности является насосная установка, тогда:

**

**





 - Участок сети ШМА1 – насосная установка, *QF*3, участок сети с одним ЭД:

**

**

**

 Принимается автомат ВА 52Г-33 со следующими техническими характеристиками:

**

**

**

**

**

**

**

**

 Принимается 

 3. Выполняется проверка участка сети по согласованию защитного аппарата по условию:



 Выбирается кабель марки АВВГ-1 для прокладки в воздухе, в помещениях с нормальной зоной опасности при отсутствии механических повреждений 

 - Участок сети с *QF*2:



 Принимается три кабеля 3×АВВГ-1(4×95), 

 - Участок сети с *QF*3:



 Принимается два кабеля 2×АВВГ-1(4×95), 

 Принимается шинопровод типа ШРА4-630-32-У3:







 Сечение шинопровода типа ШРА4-630-32-У3 *a*×*b* = 80×5 мм.

 Для ЭС цеха приняты следующие элементы:

 *QF*1, ВА51-39: *QF*2, ВА51-39: QF3, ВА 52Г-33:

   

   

   

 Участок сети с *QF*2 – принимается 3×АВВГ-1(4×95), 

 Участок сети с *QF*3 – принимается 2×АВВГ-1(4×95), 

 **4 Расчет токов короткого замыкания**

 Расчет токов КЗ ведется на стороне низкого напряжения 0,4 кВ и начинается с формирования расчетной схемы, схемы замещения и выбора точек КЗ.

 На рисунках 4.1, 4.2, 4.3 изображены расчетная схема и схемы замещения для вычисления токов КЗ.

 Для вычисления токов КЗ применяются следующие выражения:

 а) трехфазного:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.1) |

 где  – линейное напряжение в точке КЗ, кВ;

  – полное сопротивление до точки КЗ, Ом;

 б) двухфазного:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2) |

 в) однофазного:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.3) |

 где  – фазное напряжение в точке КЗ, кВ;

 ** – полное сопротивление петли «фаза – нуль» до точки КЗ, Ом;

 ** – полное сопротивление трансформатора однофазному КЗ, Ом;

 г) ударного, кА:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.4) |

 где *К*У – ударный коэффициент, определяется по графику [6, рис. 1.9.1],

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.5) |

 *Примечание*. График может быть построен при обратном соотношении, т.е.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.6) |

 д) действующего значения ударного тока, кА:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.7) |

 где  – коэффициент действующего значения ударного тока:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.8) |

 Сопротивление элементов схем замещения вычисляются таким образом.

 1. Для силовых трансформаторов по формулам:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.9) |
|  | (4.10) |
|  | (4.11) |

 где  – потери мощности КЗ, кВт;

 **– напряжение КЗ, %;

 ** – линейное напряжение обмотки НН, кВ;

 ** – полная мощность трансформатора, кВА.

 2. Для трансформаторов тока по справочной литературе [6, табл. 1.9.2].

 3. Для защитно-коммутационных аппаратов по [6, табл. 1.9.3]. При расчетах сопротивления предохранителей не учитываются, а берутся переходные сопротивления контактов рубильников.

 4. Для ступеней распределения по [6, табл. 1.9.4].

 5. Для кабельных, воздушных линий и шинопроводов сопротивления вычисляются по формулам:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.12) |
|  | (4.13) |

 где  и  – удельное активное и индуктивное сопротивление, мОм/м;

 ** – протяженность линии, м.

 Удельное сопротивление для расчета трехфазных и двухфазных токов КЗ берутся по справочной литературе [6, табл. 1.9.5-1.9.7].

 Удельное сопротивление проводников можно вычислить по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|   | (4.14) |

 где  – сечение проводов, мм2;

  – удельная проводимость материала, м/(Ом ∙мм2).

 По справочной литературе удельная проводимость материала принимаются:

 - для алюминия 

 - меди 

 - для стали 

 В случае отсутствия данных  принимаются:

 - для кабельных линий (КЛ) 

 - для проводов 

 - для шинопроводов 

 Данные удельных индуктивных сопротивлений петли «фаза – нуль» при расчетах однофазных токов КЗ следует принимать:

 - для КЛ до 1000 В и проводов в трубах 

 - для изолированных проводов, проложенных открыто 

 - для шинопроводов 

 Удельное сопротивление петли «фаза – нуль» вычисляется по выражению:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.15) |

 1. Формируется схема замещения, проставляются точки КЗ на основании расчетной схеме.

 2. Рассчитываются сопротивления и отображаются на схеме замещения.

 Расчет сопротивления системы:



 ВЛ-10 кВ, провод АС-3×10/1,8, длина 3 км:













 Определяются сопротивления на стороне НН:





 Для силового трансформатора принимается по справочной литературе [6, табл. 1.9.4]:



 Для автоматических выключателей:







 Для КЛ-0,4 кВ принимается по справочной литературе [6, табл. 1.9.5]:

 



 Рисунок 4.1 – Схема ЭСН расчетная

 Так как в схеме 3 параллельных кабеля, то:







 





 Для шинопровода ШРА 630 принимается по справочным данным:









 Для ступеней распределения по [6, табл. 1.9.4]:



 3. Далее схема замещения упрощается, определяются эквивалентные сопротивления на участках между токами КЗ и наносятся на упрощенную схему замещения (рисунок 4.3):











 4. Рассчитываются сопротивления до точек КЗ и записываются в таблицу 4.1.























 5. Вычисляются коэффициенты  и :











 6. Рассчитываются трехфазные и двухфазные токи КЗ и записываются в таблицу 4.1:



























Рисунок 4.2 – Схема замещения для расчета токов КЗ в точках



Рисунок 4.3 – Упрощенная схема замещения расчета токов КЗ в точках

 7. Формируется схема замещения для вычисления однофазных токов КЗ и сопротивлений элементов системы.



Рисунок 4.4 – Схема замещения для расчета однофазных токов КЗ в точках

 Определяются сопротивления для КЛ:

































Таблица 4.1 – Расчет токов КЗ по точкам

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Точка КЗ | Трехфазные токи КЗ | Двухфазные токи КЗ | Однофазные токи КЗ |
| *R*к,мОм | *X*к,мОм | *Z*к,мОм | *R*к/ *X*к | *К*у | *q* | *I*к(3),кА | *iу*,кА | *I*к(2),кА | *Z*п,мОм | *I*к(1),кА |
| К1 | 36,80 | 19,12 | 41,5 | 1,9 | 1,0 | 1 | 5,29 | 7,46 | 4,60 | 15 | 2,75 |
| К2 | 58,10 | 19,95 | 61,4 | 2,9 | 1,0 | 1 | 3,57 | 5,04 | 3,11 | 36,5 | 2,17 |
| К3 | 62,65 | 22,55 | 66,6 | 2,77 | 1,0 | 1 | 3,30 | 4,65 | 2,87 | 43,2 | 2,03 |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

 Данная курсовая работа «Электроснабжение цеха промышленного предприятия» по дисциплине «Электроснабжение» выполнена на основании предложенных методик.

 В работе выполнены расчеты электрических нагрузок цеха. Согласно данным ЭП цеха относятся к III категории надежности ЭС и на основании этого выбрана цеховая однотрансформаторная подстанция мощностью 400 кВА.

 После выбора трансформатора выполнен расчет и выбор мощности компенсирующих устройств. По данным расчетов выбрана КУ типа УКМ58-0,4-120-10У, мощностью 120 квар.

 На основании расчетных нагрузок выполнен расчет и выбор аппаратов защиты и линии ЭС. Приняты аппараты и линии удовлетворяют требованиям выбора.

 Следующим этапом рассмотрен вопрос расчета токов КЗ напряжением 0,4 кВ.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

 1. Вахнина, В.В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В.В. Вахнина [и др.] ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. «Электроснабжение и электротехника». – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. – 78 с. – Режим доступа: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/2976>

 2. Вахнина, В.В. Системы электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В.В. Вахнина [и др.] ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. «Электроснабжение и электротехника». – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 46 с. – Режим доступа: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/2943>

 3. Конюхова, Е.А. Электроснабжение [Электронный ресурс] : учебник / Е.А. Конюхова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 510 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72338>

 4. Ополева, Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.Н. Ополева. – М. : Форум; ИНФРА-М, 2018. – 416 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=953158&spec=1>

 5. Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования : учеб. пособие / В.П. Шеховцов. – 3-е изд., испр. – М. : Форум; ИНФРА-М, 2019. – 214 с. – (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1009603>

 6. Шеховцов, В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. пособие / В.П. Шеховцов. – 3-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 136 с. – (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1000152>

 7. Электротехнический справочник: В 4 т. том 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ, ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 9-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 964 с.

 8. Конюхова, Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для сред. проф. образования / Е. А. Конюхова. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 320 с.

 9. Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий : учеб. для студ. сред. проф. образования / Ю. Д. Сибикин. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.