**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсовой работы**

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

Исходные данные к курсовому проекту: вариант № 18.15

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Категория ЭСН | *S*, | Номера электроприемников по таблице 1.5 |
| 18 | 3 | 400 | 3-6-16-20-22-26-28 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | № ЭП | км | м | м | 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/ |  | 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 *,* 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.