СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 2](#_Toc7105239)

[1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 3](#_Toc7105240)

[2. РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК 6](#_Toc7105241)

[3. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 12](#_Toc7105242)

[4. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ ЦЕХА 16](#_Toc7105243)

[4.1 Выбор сечений по допустимому нагреву 16](#_Toc7105244)

[4.4 Выбор сечений по экономической плотности тока 17](#_Toc7105245)

[5. ВЫБОР СХЕМЫ И СПОСОБОВ ПРОКЛАДКИ ЦЕХОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 18](#_Toc7105246)

[6. ВЫБОР СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ 19](#_Toc7105247)

[6.1 Выбор комплектных шинопроводов 19](#_Toc7105248)

[6.2 Выбор силовых распределительных пунктов 20](#_Toc7105249)

[7. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ ВНУТРИЦЕХОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 25](#_Toc7105250)

[7.1 Выбор сечений по допустимому нагреву 25](#_Toc7105251)

[7.2 Проверка сечений по потере напряжения 27](#_Toc7105252)

[7.3 Проверка сечений на соответствие выбранному аппарату защиты 28](#_Toc7105253)

[8. ВЫБОР ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ 35](#_Toc7105254)

[8.1. Выбор автоматических выключателей 35](#_Toc7105255)

Заключение……………………………………………………………………….44

[Литература 45](#_Toc7105256)

# ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение – это обеспечение потребителей электрической энергией. Система электроснабжения – это совокупность электроустановок для производства, передачи и распределения электрической энергии.

Система электроснабжения промышленного предприятия создается для обеспечения питания электроэнергиейпромышленных ЭП (различные станки, краны, насосы, компрессоры, вентиляторы,сварочные агрегаты, электродвигатели, электрические печи, электролизные установки,автоматы,освещение и др.)

По мере развития электропотребление увеличивается и усложняется. Это предъявляет новые требования к системе электроснабжения: внедрение и расширение автоматизации систем электроснабжения, повышение надёжности, энергосбережение и др.

Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий велось и ведётся рядом расчётно-проектных организаций, институтов.В результате этих работ появились типовые методики дляпроектирования систем электроснабжения промышленных предприятий.

В настоящее время созданы методы для расчёта и проектирования цеховых сетей, выбора числа и мощности трансформаторов, определения ЭН, потерь напряжения в линии, выбор кабелей и проводов.

В данной работе по имеющимся данным о составе, размещении и мощностях ЭП электромеханического цеха произведён расчёт схемы электроснабжения, выбраны трансформаторы,шинопроводы, РП, защитная аппаратура, рассчитаны токи КЗ. Итогом всех этих расчетов является электрическая схема и план размещенияоборудования на территории предприятия.

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Низшее напряжение ГПП *U*НН, кВ | Реактивное сопротивление на стороне низшего напряжения ГПП *x*с, Ом | Длина линии от ГПП до ТП, км | Наименование цеха | Номер подварианта |
| 16 | 10 | 0,2 | 0,14 | 6 | 2 |

Принципиальная схема электроснабжения цеха промышленного предприятия представлена на рис. 1. Исходные данные для проектирования приведены в табл. 1.



Рис. 1.1 Принципиальная схема электроснабженияпромышленного предприятия



Рис. 1.2 План расположения электрооборудования механического цеха

Таблица 1.1Перечень электроприемников механического цеха

| НомерЭП на плане цеха | Наименование ЭП | Номинальнаямощность *p*н, кВт | Примечание |
| --- | --- | --- | --- |
| Подвариант |
| 2 |
| 1 – 4 | Сварочные автоматы | 42 | ПВ = 60% |
| 5 – 8 | Вентиляторы | 4,5 |  |
| 9, 10 | Компрессоры | 50 |  |
| 11, 12, 39, 40 | Алмазно-расточные станки | 2,8 |  |
| 13 – 16 | Горизонтально-расточные станки | 18 |  |
| 17, 19 | Продольно-строгальные станки | 30 |  |
| 18 | Кран-балка | 10 | ПВ = 60% |
| 20 | Мостовой кран | 45 | ПВ = 40% |
| 21 – 26 | Расточные станки | 10 |  |
| 27 – 29 | Поперечно-строгальные станки | 7,5 |  |
| 30 – 33 | Радиально-сверлильные станки | 5 | 1-фазные |
| 34 – 36 | Вертикально-сверлильные станки | 3 | 1-фазные |
| 37, 38 | Электропечи сопротивления | 42 |  |
| 41, 42 | Заточные станки | 2,5 | 1-фазные |
| 43 – 50 | Токарно-револьверные станки | 12,5 |  |

**Задание:**

Произвести:

* расчёт электрических нагрузок;
* выбор числа и мощности цеховых трансформаторов;
* выбор схемы и способов прокладки цеховой электрической сети
* выбор силового электрооборудованиянапряжением до 1 кВ;
* выбор сечений линий распределительной сети предприятия;
* выбор сечений линий цеховой электрической сети;
* выбор защитной аппаратуры;
* расчёт токов КЗ

# РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирования любой системы электроснабжения, т. к. их величина оказывает существенное влияние на выбор элементов и технико-экономические показатели проектируемой системы.

Перед расчетом электрических нагрузок приведем основные характеристики электроприёмников цеха в соответствии с табл. 1.1, с целью удобства дальнейшего их использования, а также определения номинальных токов электроприёмников, необходимых для выбора проводников и защитных аппаратов к ним.

Коэффициенты использования, реактивной мощности и полезной мощности выбираем из справочных данных (табл. П1).

Таблица 2.1 Характеристики электроприемников механического цеха

| Обозна-чениеЭП на плане цеха | НаименованиеЭП | Номи-нальнаямощностьРн, кВт | Коэффи-циентисполь-зования*K*и | Коэффициент реактивной мощности | КПДη, % | Номи-наль-ный ток *I*н, А |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cosϕ | tgϕ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1-4 | Сварочные автоматы | 42,00 | 0,35 | 0,50 | 1,73 | 0,85 | 116,29 |
| 5-8 | Вентиляторы | 4,50 | 0,70 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 12,21 |
| 9, 10 | Компрессоры | 50,00 | 0,70 | 0,80 | 0,75 | 0,80 | 118,7 |
| 11, 12, 39, 40 | Алмазно-расточные станки | 2,80 | 0,12 | 0,40 | 2,29 | 0,85 | 12,51 |
| 13-16 | Горизонтально-расточные станки | 18,00 | 0,12 | 0,40 | 2,29 | 0,80 | 85,46 |
| 17, 19 | Продольно-строгальные станки | 30,00 | 0,12 | 0,4 | 2,29 | 0,80 | 142,44 |
| 18 | Кран-балка | 10,00 | 0,35 | 0,50 | 1,73 | 0,96 | 24,53 |
| 20 | Мостовой кран | 45,00 | 0,35 | 0,50 | 1,73 | 0,96 | 90,08 |
| 21-26 | Расточные станки | 10,00 | 0,12 | 0,40 | 2,29 | 0,80 | 47,48 |
| 27-29 | Поперечно-строгальные станки | 7,50 | 0,12 | 0,10 | 2,29 | 0,88 | 32,37 |
| 30-33 | Радиально-сверлильные станки | 8,66 | 0,12 | 0,40 | 2,29 | 0,80 | 35,61 |
| 34-36 | Вертикально-сверлильные станки | 5,20 | 0,12 | 0,40 | 2,29 | 0,80 | 21,37 |
| 37, 38 | Электропечи сопротивления | 42,00 | 0,80 | 0,95 | 0,33 | 0,65 | 103,34 |
| 41, 42 | Заточные станки | 4,33 | 0,12 | 0,40 | 2,29 | 0,70 | 20,35 |
| 43-50 | Токарно-револьверные станки | 12,50 | 0,17 | 0,65 | 1,17 | 0,75 | 38,96 |

Номинальные токи трехфазных электродвигателей определяем по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{н}=\frac{P\_{н}∙10^{3}}{\sqrt{3}∙U\_{н}∙η∙\cos(φ)}$$ | (2.1) |

Номинальные токи однофазных электроприёмников, включенных на линейное напряжение, определяем по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{н}=\frac{\sqrt{3}∙P\_{н}∙10^{3}}{2∙U\_{н}∙η∙\cos(φ)}$$ | (2.2) |

Для сварочных автоматов, кран-балки и мостового крана, работающих в повторно-кратковременном режиме, приведём установленную мощность к длительному режиму по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$P\_{у}=P\_{н}∙\sqrt{ПВ}$$ | (2.3) |

Сварочный автомат: $P\_{у}=42∙\sqrt{0,6}=32,53 (кВт)$;

Кран-балка: $P\_{у}=10∙\sqrt{0,6}=7,75 (кВт)$;

Мостовой кран: $P\_{у}=42∙\sqrt{0,4}=28,46 (кВт)$.

Тогда для сварочных автоматов, кран-балки и мостового крана, работающих в повторно-кратковременном режиме, формула [2.1] примет вид:

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{н}=\frac{P\_{у}∙10^{3}}{\sqrt{3}∙U\_{н}∙η∙\cos(φ)}$$ | (2.4) |

Расчет номинальных токов трехфазных электроприёмников:

Сварочные автоматы:

$$I\_{н}=\frac{32,53∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,85∙0,5}=116,29 А$$

Вентиляторы:

$$I\_{н}=\frac{4,5∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,7∙0,8}=12,21 А$$

Компрессоры:

$$I\_{н}=\frac{50∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,8∙0,8}=118,7 А$$

Алмазно-расточные станки:

$$I\_{н}=\frac{2,8∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,85∙0,4}=12,51 А$$

Горизонтально расточные станки:

$$I\_{н}=\frac{18∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,8∙0,4}=85,46 А$$

Продольно-строгальные станки:

$$I\_{н}=\frac{30∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,8∙0,4}=142,44 А$$

Кран-балка:

$$I\_{н}=\frac{7,75∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,96∙0,5}=24,53 А$$

Мостовой кран:

$$I\_{н}=\frac{28,46∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,96∙0,5}=90,08 А$$

Расточные станки:

$$I\_{н}=\frac{10∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,8∙0,4}=47,48 А$$

Поперечно-строгальные станки:

$$I\_{н}=\frac{7,5∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,88∙0,4}=32,37 А$$

Электропечи сопротивления:

$$I\_{н}=\frac{42∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,65∙0,95}=103,34 А$$

Токарно-револьверные станки:

$$I\_{н}=\frac{12,5∙10^{3}}{\sqrt{3}∙380∙0,75∙0,65}=38,96 А$$

Расчет номинальных токов однофазных электроприёмников:

Радиально-сверлильные станки:

$$I\_{н}=\frac{\sqrt{3}∙5∙10^{3}}{2∙380∙0,8∙0,4}=35,61 А$$

Вертикально-сверлильные станки:

$$I\_{н}=\frac{\sqrt{3}∙3∙10^{3}}{2∙380∙0,8∙0,4}=21,37 А$$

Заточные станки:

$$I\_{н}=\frac{\sqrt{3}∙2,5∙10^{3}}{2∙380∙0,7∙0,4}=20,35 А$$

Определим электрические нагрузки ЭП цеха и оформим их по форме (Ф636-92).

При определении расчетной нагрузки цеха учитываем наличие однофазных электроприемников, включенных на линейное напряжение. Он учитывается как эквивалентный электроприёмник номинальной мощностью:

|  |  |
| --- | --- |
| $$P\_{н}=\sqrt{3}∙P\_{н.о}$$ | (2.5) |

Коэффициент расчётной нагрузки *К*р определяемв зависимости от средневзвешенного коэффициента использования*K*и.гр, эффективного числа электроприёмников *n*эи постоянной времени нагрева сети *Т*0.

В соответствии с [1] принимаются следующие постоянные времени нагрева:

* *Т*0= 10 мин – для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты. Значения *К*рдля этих сетей принимаются по табл. П2;
* *Т*0 = 2,5 ч – для магистральных шинопроводови цеховых трансформаторов. Значения *К*рдля этих сетей принимаются по табл. П3.

Таблица 2.2 Расчёт электрических нагрузок (Форма Ф636-92)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | Расчётные величины | Эффек-тивное число ЭП\* | Коэф-фициент расчётной нагрузки*К*р | Расчётная мощность | Расчёт-ныйток, А |
| по заданию технологов | по справочным данным |  |  |  | активная, кВт | реактивная, кВар\*при ;при  | полная, кВ.А |
| Наименование ЭП | Коли-чес-тво ЭП, шт.*n* | Номинальная (установленная) мощность, кВт | коэффи-циентисполь-зования*К*и | коэффи-циентреак-тивной мощности |
| одного ЭП | общая  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Сварочные автоматы | 4 | 42,00 | 168,00 | 0,35 | 1,73 | 58,80 | 101,72 | 7056,00 | 28,07 | 1,00 | 279,00 | 317,26 | 422,49 | 641,91 |
| Вентиляторы | 4 | 4,50 | 18,00 | 0,70 | 0,75 | 12,60 | 9,45 | 81,00 |
| Компрессоры | 2 | 50,00 | 100,00 | 0,70 | 0,75 | 70,00 | 52,50 | 5000,00 |
| Алмазно-расточные станки | 4 | 2,80 | 11,20 | 0,12 | 2,29 | 1,34 | 3,07 | 31,36 |
| Горизонтально-расточные станки | 4 | 18,00 | 72,00 | 0,12 | 2,29 | 8,64 | 19,79 | 1296,00 |
| Продольно-строгальные станки | 2 | 30,00 | 60,00 | 0,12 | 2,29 | 7,20 | 16,49 | 1800,00 |
| Кран-балка | 1 | 10,00 | 10,00 | 0,35 | 1,73 | 3,50 | 6,06 | 100,00 |
| Мостовой кран | 1 | 45,00 | 45,00 | 0,35 | 1,73 | 15,75 | 27,25 | 2025,00 |
| Расточные станки | 6 | 10,00 | 60,00 | 0,12 | 2,29 | 7,20 | 16,49 | 600,00 |
| Поперечно-строгальные станки | 3 | 7,50 | 22,50 | 0,12 | 2,29 | 2,70 | 6,18 | 168,75 |
| Радиально-сверлильные станки | 4 | 8,66 | 34,64 | 0,12 | 2,29 | 4,16 | 9,53 | 299,98 |
| Вертикально-сверлильные станки | 3 | 5,20 | 15,60 | 0,12 | 2,29 | 1,87 | 4,28 | 81,12 |
| Электропечи сопротивления | 2 | 42,00 | 84,00 | 0,80 | 0,33 | 67,20 | 22,18 | 3528,00 |
| Заточные станки | 2 | 4,33 | 8,66 | 0,12 | 2,29 | 1,04 | 2,38 | 37,50 |
| Токарно-револьверные станки | 8 | 12,50 | 100,00 | 0,17 | 1,17 | 17,00 | 19,89 | 1250,00 |
| Итого |  |  | 809,60 |  |  | 279,00 | 317,26 | 23354,71 |  |  |  |  |  |  |

# ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В системах внутрицехового электроснабжении широкое применение получили комплектные трансформаторные подстанции (КТП), состоящие из силовых трансформаторов, шкафов ввода высшего и низшего напряжения, шкафов отходящих линий и секцион­ных шкафов.

Выбор числа трансформаторов для КТП определяется, главным образом, категорией электроприемников по надежности электроснабжения, а также графиком нагрузки цеха.

Отнесём ЭП цеха ко ІІ категории по надёжности. Эта категория допускает применение одного источника питания, но как правило для них тоже выполняется резервирование. Для питания ЭП цехе выберем двухтрасформаторнуюКТП.



Рис. 3.1 Схема двухтрансформаторной подстанции:

*QF*1, *QF*2 – вводные автоматические выключатели; *T*1, *T*2 – силовые трансформаторы; *QF*3 – секционный автоматический выключатель

На выбор номинальной мощности силовых трансформаторов оказывают влияние следующие факторы: потери мощности и электроэнергии в трансформаторах и питающей сети, затраты на питающую сеть 0,4 кВ, затраты на сооружение подстанции. Кроме того, выбор числа и мощности трансформаторов зависит от распределения электроприемников по площади цеха, наличия места для расположения цеховых подстанций, характера и режима работы электроприемников.

Номинальная мощность силовых трансформаторов определяется по условию:

|  |  |
| --- | --- |
| $$S\_{ном.т}\geq \frac{S\_{р}}{N∙K\_{з.норм}}$$ | (3.1) |

где *S*р – полная расчетная мощность цеха, кВА; *N –* количество трансформаторов; $K\_{з.норм}$– коэффициент загрузки трансформатора.

В проектной практике для двухтрансформаторных цеховых подстанций при преобладании потребителейвторой категории коэффициент загрузки трансформаторов *K*з.норм принимается в пределах 0,7-0,8. Примем *K*з.норм=0,75.

$$S\_{ном.т}\geq \frac{422,49}{2∙0,75}; S\_{ном.т}\geq 281,66 кВА$$

Выбор типа силовых трансформаторов осуществляется в зависимости от условий окружающей среды. Для внутренней установки преимущественно рекомендуется применение масляных трансформаторов, но с ограничениями по числу и мощности.

По таблице П6 выбираем трёхфазный масляный трансформатор типа ТМ-400/10 со следующими характеристиками:

Sном.т=400 кВА;

Uвн=10кВ;

Uнн=0,4 кВ;

Схема и группа соединения обмоток Δ/Yн-11;

Потери холостого хода Рхх=0,95 кВт

Потери короткого замыкания Рк=5,5 кВт

Ток ХХ iх =2,1%

Напряжение КЗ Uк = 4,5%

Габаритные размеры длина$×ширина×$ высота=1400$×$1080$×$1900 мм.

Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме:

|  |  |
| --- | --- |
| $$k\_{з}=\frac{S\_{р.т}}{N∙S\_{ном.т}}$$ | (3.2) |

$$k\_{з}=\frac{422,49}{2∙400}=0,53$$

Коэффициент загрузки трансформатора в послеаварийном режиме:

|  |  |
| --- | --- |
| $$k\_{з.пав}=\frac{S\_{р.т}}{(N-1)∙S\_{ном.т}}$$ | (3.3) |

$$k\_{з.пав}=\frac{422,49}{(2-1)∙400}=1,06$$

Определим потери напряжения во вторичных обмотках цеховых трансформаторов по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$∆U\_{т}=β∙(U\_{ка}∙\cos(φ)\_{ср}+U\_{кр}∙\sin(φ)\_{ср})$$ | (3.4) |

где β – коэффициент загрузки трансформаторапо полной мощности;*U*ка;*U*кр – соответственно активная и индуктивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора, %; cosϕср – средневзвешенный коэффициент мощности трансформатора.

Коэффициент загрузки трансформаторапо полной мощности определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$β=\frac{S\_{р.т}}{S\_{ном.т}}$$ | (3.5) |

$$β=\frac{422,49}{400}=1,06$$

где *S*р.т – расчетная нагрузка силового трансформатора, кВА.

Активная и индуктивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора определяются по формулам:

|  |  |
| --- | --- |
| $$U\_{ка}=\frac{P\_{к}}{S\_{ном.т}}∙100$$ | (3.6) |

$$U\_{ка}=\frac{5,5}{400}∙100=1,38$$

|  |  |
| --- | --- |
| $$U\_{кр}=\sqrt{U\_{к}^{2}-U\_{ка}^{2}}$$ | (3.7) |

$$U\_{кр}=\sqrt{4,5^{2}-1,38^{2}}=4,28$$

где *P*к – мощность потерь короткого замыкания, кВт;*U*к – напряжение короткого замыкания трансформатора, %.

Поскольку, отсутствуют показания счетчиков активной и реактивной мощности вычислить средневзвешенный коэффициент мощности не представляется возможным, поэтому определим средний коэффициент мощности по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$\cos(φ)\_{ср}=\frac{\sum\_{}^{}P\_{n}∙\cos(φ\_{i})}{\sum\_{}^{}n∙p\_{ni}}$$ | (3.8) |

$$\cos(φ)\_{ср}=0,52$$

|  |  |
| --- | --- |
| $$\sin(φ\_{ср})=\sqrt{1-\cos(φ)\_{ср}^{2}}$$ | (3.9) |

$$\sin(φ\_{ср})=\sqrt{1-0,52^{2}}=0,85$$

# ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ ЦЕХА

Выбор сечений линий питающей сети цеха от распределительного устройства ГПП производится в зависимости от технических и экономических факторов.

При выборе сечений по техническим условиям принимаются следующие условные обозначения: *F*н– минимально допустимое сечение по нагреву длительно протекающим максимальным рабочим (расчетным) током; *F*Δ*U* – минимально допустимое сечение по потере напряжения; *F*т.с– минимально допустимое сечение по термической стойкости к токам КЗ.

## 4.1 Выбор сечений по допустимому нагреву

Выбор сечений по допустимому нагреву длительно протекающим максимальным рабочим (расчетным) током производится по условию:

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{р}=K\_{п}∙I\_{доп}$$ | (4.1.1) |

где *I*р– максимальный рабочий (расчетный) ток нагрузки, А; *K*п– поправочный коэффициент на длительно допустимый ток, учитывающий способ прокладки; *I*доп– длительно допустимый ток, А.

Расчетный ток определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{р}=\frac{S\_{р}}{\sqrt{3}∙U\_{н}}$$ | (4.1.2) |

$$I\_{р}=\frac{422,49}{\sqrt{3}∙0,38}=641,91 А$$

При выборе сечений по допустимому нагреву *F*нвыбирается ближайшее большее сечение.

По таблице П8 примем для распределительной сети предприятия кабели с бумажной пропитанной изоляцией:

Кабели одножильные с алюминиевыми жилами сечением 240 мм2;

Длительный допустимый ток – 675 А;

Прокладка кабелей – в земле.

## 4.4 Выбор сечений по экономической плотности тока

Сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение *F*эопределяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$F\_{э}=\frac{I\_{р}}{j\_{э}}$$ | (4.3.1) |

$$F\_{э}=\frac{641,91}{1,4}=458,51$$

где *I*р– расчетный ток в час максимума нагрузки энергосистемы, А; *j*э– нормированное значение экономической плотности тока, для заданных условий работы, А/мм2

Полученное сечение округляем до ближайшего стандартного сечения – 500 мм2. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т.е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах электрической сети не учитываем.

# ВЫБОР СХЕМЫ И СПОСОБОВ ПРОКЛАДКИ ЦЕХОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Наиболее приемлемой схемой электроснабжения в данном случае является смешанная схема, так как она сочетает в себе преимущества радиальной и магистральной схемы и соответствует требованиям, предъявляемым к надёжности электроснабжения и условиям окружающей среды.

# ВЫБОР СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ

## Выбор комплектных шинопроводов

Магистральные и распределительные шинопроводы выбираются по условию длительного нагрева максимальным рабочим (расчетным) током и проверяются по потере напряжения, а также на термическую и электродинамическую стойкость к токам короткого замыкания (КЗ).

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{р}\leq I\_{н}$$ | (6.1.1) |

где *I*р– расчетный ток нагрузки, А; *I*н– номинальный ток шинопровода, А.

$$I\_{р1}\leq I\_{н};1243,38\leq 1600$$

$$I\_{р2}\leq I\_{н};1446,99\leq 1600$$

По рабочему току выбираем шинопровод магистральный ШМА73УЗ.

Таблица 6.1.1 Технические характеристики шинопровода

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристики | Тип шинопровода |
| ШМА73УЗ |
| Номинальный ток | 1600 |
| Электродинамическая стойкость (амплитудное значение), кА | 70 |
| Термическая стойкость, кА | 20 |
| Сопротивление на фазу, Ом/км:активное при температуре шин 20 °Синдуктивное | 0,0310,022 |
| Сопротивление петли фаза - нуль (полное), Ом/км | 0,16 |
| Линейная потеря напряжения на 100 м при номинальном токе (нагрузка сосредоточена в конце линии, cosφ = 0,8) , В  | 11,5 |
| Количество и размеры шин на фазу, мм | 2 (90×8) |
| Поперечное сечение прямой секции(ширина×высота), мм2 | 300×160 |
| Степень защиты по ГОСТ 14254-96 | IP20 |

Потери напряжения в шинопроводе определяются для самой удалѐнной точки по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| $$∆U\_{ш}=\frac{\sqrt{3}∙\sum\_{i=1}^{n}I\_{рi}∙l\_{i}∙100}{U\_{н}}∙(r\_{0}∙\cos(φ)+x\_{0}∙\sin(φ))$$ | (6.1.2) |

где $\sum\_{i=1}^{n}I\_{рi}∙l\_{i}$ – сумма моментов токовых нагрузок шинопровода, А·м; *I*p*i*– расчетный ток *i*-й нагрузки, А; *li*– длина шинопровода от ввода до точки подключения *i*-й нагрузки, км; *U*н– номинальное напряжение шинопровода, В; *r*0, *x*0 – удельные активное и индуктивное сопротивления шинопровода соответственно, Ом/км; cosφ – коэффициент мощности до компенсации.

$$∆U\_{ш1}=\frac{\sqrt{3}∙(\left(1243,38∙0,026\right)+\left(775,93∙0,016\right)+\left(465,16∙0,011\right))∙100}{380}∙∙\left(0,031∙0,52+0,022∙0,85\right)=0,74 \%$$

$$∆U\_{ш2}=\frac{\sqrt{3}∙(\left(1446,99∙0,005\right)+\left(880,71∙0,026\right)+\left(375,79∙0,037\right))∙100}{380}∙∙\left(0,031∙0,52+0,022∙0,85\right)=0,65 \%$$

## 6.2 Выбор силовых распределительных пунктов

Для приема и распределения электрической энергии по группам электроприемников трехфазного переменного тока промышленной частоты напряжением 380 В применяются силовые распределительные пункты.

Выбор силовых распределительных пунктов производится по номинальному току ввода, по числу отходящих линий, по комплектации (типу защитного аппарата), по номинальному току отходящих присоединений, по степени защиты.

Номинальный ток распределительного пункта не должен превышать расчетный ток группы электроприемников*I*р:

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{р}\leq I\_{н}$$ | (6.2.1) |

где *I*н – номинальный ток распределительного пункта, А.

Число присоединений к распределительному пункту не должно превышать числа отходящих от распределительного пункта линий и их допустимые токи:

|  |  |
| --- | --- |
| $$N\_{прис}\leq N\_{л}$$ | (6.2.2) |
| $$I\_{р.прис}\leq I\_{доп}$$ | (6.2.3) |

где*N*прис – число присоединений к распределительному пункту; *N*л – число отходящих линий; *I*р.прис– максимальный рабочий (расчетный) ток присоединения, А;*I*доп – длительно допустимый ток, А.

От первой секции шин запитаны: РП-1,РП-2 и РП-3, от второй секции шин – РП-4,РП-5 и РП-6.

РП-1:

$$I\_{рРП1}=\sum\_{}^{}I\_{i}=4∙116,29=465,16 (А)$$

Подключенные электроприёмники:

* Сварочные автоматы – 4 шт.

Число отходящих линий Nл=4.

В качестве РП по таблице П14 выбираем распределительный пункт типа ПР8503 со следующими техническими характеристиками:

Номинальный ток вводаIн=500 А;

Тип вводного автоматического выключателя ВА 57-39;

Автоматические выключатели на отходящих линиях - ВА 57-35.

РП-2:

$$I\_{рРП2}=\sum\_{}^{}I\_{i}=4∙12,21+2∙118,7+24,53=310,77 (А)$$

Подключенные электроприёмники:

* Вентиляторы – 4 шт.;
* Компрессоры – 2 шт.;
* Кран-балка – 1шт.

Число отходящих линий Nл=7.

В качестве РП по таблице П14 выбираем распределительный пункт типа ПР8503 со следующими техническими характеристиками:

Номинальный ток ввода Iн=320 А;

Тип вводного автоматического выключателя ВА 57-39;

Автоматические выключатели на отходящих линиях - ВА 57-35.

РП-3:

$$I\_{рРП3}=\sum\_{}^{}I\_{i}=85,46+2∙142,44+3∙32,37=467,45 (А)$$

Подключенные электроприёмники:

* Горизонтально-расточный станок – 1 шт.;
* Продольно-строгальный станок – 2 шт.;
* Поперечно-строгальный станок – 3 шт.

Число отходящих линий Nл=6.

В качестве РП по таблице П14 выбираем распределительный пункт типа ПР8503 со следующими техническими характеристиками:

Номинальный ток ввода Iн=500 А;

Тип вводного автоматического выключателя ВА 57-39;

Автоматические выключатели на отходящих линиях - ВА 57-35.

РП-4:

$$I\_{рРП4}=\sum\_{}^{}I\_{i}=3∙21,37+8∙38,96=375,79 (А)$$

Подключенные электроприёмники:

* Вертикально-сверлильный станок – 3 шт.;
* Токарно-револьверный станок – 8 шт.;

Число отходящих линий Nл=11.

В качестве РП по таблице П14 выбираем распределительный пункт типа ПР8503 со следующими техническими характеристиками:

Номинальный ток ввода Iн=400 А;

Тип вводного автоматического выключателя ВА 57-39;

Автоматические выключатели на отходящих линиях - ВА 61-29-1 в количестве 3 шт., ВА 61-29-3 в количестве 8 шт.

Автоматические выключатели на однофазных отходящих линиях для симметрии нагрузок распределяем по трем фазам.

РП-5:

$$I\_{рРП5}=\sum\_{}^{}I\_{i}=4∙35,61+2∙103,34+2∙12,51+2∙20,35+90,08==504,92 (А)$$

Подключенные электроприёмники:

* Радиально-сверлильный станок –4 шт.;
* Электропечи сопротивления – 2 шт.;
* Алмазно-расточный станок – 2 шт.;
* Заточный станок – 2 шт.;
* Мостовой кран – 1 шт.

Число отходящих линий Nл=11.

В качестве РП по таблице П14 выбираем распределительный пункт типа ПР8503 со следующими техническими характеристиками:

Номинальный ток ввода Iн=630 А;

Тип вводного автоматического выключателя ВА 57-39;

Автоматические выключатели на отходящих линиях - ВА 61-29-1 в количестве 6 шт., ВА 61-29-3 в количестве 5 шт.

Автоматические выключатели на однофазных отходящих линиях для симметрии нагрузок распределяем по трем фазам.

РП-6:

$$I\_{рРП6}=\sum\_{}^{}I\_{i}=2∙12,51+3∙85,46+6∙47,48=566,282 (А)$$

Подключенные электроприёмники:

* Алмазно-расточный станок – 2 шт.;
* Горизонтально-расточный станок – 3 шт.;
* Расточный станок – 6 шт.

Число отходящих линий Nл=11.

В качестве РП по таблице П14 выбираем распределительный пункт типа ПР8503 со следующими техническими характеристиками:

Номинальный ток ввода Iн=630 А;

Тип вводного автоматического выключателя ВА 57-39;

Автоматические выключатели на отходящих линиях – ВА 57-31.

# ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ ВНУТРИЦЕХОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Силовые линии внутрицеховых электрических сетей подразделяются на распределительные и питающие. Распределительной линией называется линия, непосредственно питающая один электроприемник или группу электроприемников. Питающей линией называется линия, которая питает группу электроприемников, но непосредственно к ним не присоединяется.

Сечения силовых линий цеховой электрической сети выбираются по допустимому нагреву длительно протекающим максимальным рабочим (расчетным) током и проверяются по потере напряжения и по условию соответствия выбранному аппарату защиты.

## 7.1 Выбор сечений по допустимому нагреву

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{р}=K\_{т}∙K\_{п}∙I\_{доп}$$ | (7.1.1) |

где *I*р– максимальный рабочий (расчетный) ток нагрузки, А; *K*т– поправочный коэффициент на длительно допустимый ток в зависимости от температуры земли и воздуха; *K*п– поправочный коэффициент на длительно допустимый ток, учитывающий способ прокладки; *I*доп– длительно допустимый ток, А.

За расчетный ток распределительной линии, питающей одиночный электроприемник, принимается номинальный ток данного электроприемника ( см. Таблицу 2.1).

Для распределительной линии, питающей группу одновременно запускаемых электроприемников, расчетный ток равен сумме номинальных токов электроприемников, входящих в данную группу:

|  |  |
| --- | --- |
| $$I\_{р}=\sum\_{i=1}^{n}I\_{нi}$$ | (7.1.2) |

При прокладке кабелей в жарких помещениях следует учитывать поправочный коэффициент на длительно допустимые токи *K*т, значения которого приведены в табл. 6.

Таблица 5Поправочный коэффициент на длительно допустимые токи кабелей в зависимости от температуры воздуха

|  |  |
| --- | --- |
| Материал изоляции жил кабеля | Значение *К*т при температуре воздуха, °C |
| +25 | +30 | +35 | +40 | +45 | +50 |
| Резиновая изоляция | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | 0,41 |
| Поливинилхлоридная изоляция | 1,00 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |
| Изоляция из сшитогополиэтилена  | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,74 |

Для кабелей, прокладываемых в коробах, длительно допустимые токи следует принимать с учетом снижающего коэффициента *K*п, приведенного в табл. 7.

Таблица 6Снижающий коэффициент для проводов и кабелей,прокладываемых в коробах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Способ прокладки | Количество проложенныхпроводов и кабелей | Снижающий коэффициент для проводов, питающих |
|  | одножильных | многожильных | отдельные электроприемники с *K*и≤ 0,7 | группы электроприемников и отдельные приемники с *K*и> 0,7 |
| Многослойнои пучками | – | До 4 | 1,0 | – |
| 2 | 5–6 | 0,85 | – |
| 3-9 | 7–9 | 0,75 | – |
| 10–11 | 10–11 | 0,7 | – |
| 12–14 | 12–14 | 0,65 | – |
| 15–18 | 15–18 | 0,6 | – |
| Однослойно | 2–4 | 2–4 | – | 0,67 |
|  | 5 | 5 | – | 0,6 |

## 7.2 Проверка сечений по потере напряжения

Сечения силовых линий, выбранные по допустимому нагреву длительно протекающим максимальным рабочим (расчетным) током, должны быть проверены по потере напряжения по условию:



где Δ*U*т – потери напряжения во вторичной обмотке цехового трансформатора, %; Δ*U*п.л – потери напряжения в питающей линии, %; Δ*U*р.л – потери напряжения в распределительной линии, %; Δ*U*доп– допустимые потери напряжения (принимаются равными 10 %).

 Для распределительной линии, питающей одиночный электроприемник, потери напряжения определяются по формуле:



где *I*р – расчетный ток линии, А;*r*0, *x*0 – удельные активное и индуктивное сопротивления линии соответственно, Ом/км
(таблицаП16); *l* – длина линии, км; cosφср – средневзвешенный коэффициент мощности группы электроприемников.

 Потери напряжения в магистральном шинопроводе определяются по формуле:



где *I*p*i* – расчетный ток *i*-й нагрузки, А;*li* – длина шинопровода от ввода до точки подключения *i*-й нагрузки, км; *U*н – номинальное напряжение шинопровода, В;*r*0, *x*0 – удельные активное и индуктивное сопротивления шинопровода соответственно, Ом/км.

 Потери напряжения в питающей линии определяются по формуле:



Если электроприемники, запитанные от одного распределительного пункта или распределительного шинопровода, имеют одинаковую мощность, то проверку сечений по потере напряжения следует производить для наиболее удаленного электроприемника.

## 7.3 Проверка сечений на соответствие выбранному аппарату защиты

Данная проверка производится после выбора защитной аппаратуры. Для выбора защитной аппаратуры необходимо определить пиковые нагрузки силовых линий, которые возникают при пуске электроприемников.

Для распределительной линии, питающей одиночный электроприемник, пиковый ток равен пусковому току данного электроприемника:



где *I*п – пусковой ток электроприемника, А.

 При отсутствии паспортных данных пусковой ток может быть принят равным:

* для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных – 5*I*н;
* для асинхронных двигателей с фазным ротором и двигателей постоянного тока – 2,5*I*н;
* для печных и сварочных трансформаторов –3*I*н (без приведения к ПВ = 100 %).

 Для распределительной линии, питающей группу одновременно запускаемых электроприемников, пиковый ток равен сумме пусковых токов данных электроприемников:



где *I*п*i* – пусковой ток *i*-го электроприемника, А.

 Для магистрального шинопровода пиковый ток определяется по формуле:



где *I*п.max – наибольший пусковой ток электроприемников в группе, А; *I*н*i*– номинальный ток *i*-го электроприемника в группе (кроме электроприемника с наибольшим пусковым током), А.

 Для питающей линии пиковый ток определяется по
формуле:



где *I*п.max – наибольший пусковой ток электроприемников в группе, А;*I*р – максимальный расчетный ток электроприемников, питающихся от данной линии, А; *K*и – коэффициент использования электроприемника с наибольшим пусковым током; *I*н.max – номинальный ток электроприемника с наибольшим пусковым током, А.

 Для того чтобы протекание токов перегрузки и токов короткого замыкания по проводникам не приводило к их перегреву, выбранное сечение должно быть согласовано с аппаратом защиты по условию:



где *I*доп – длительно допустимый ток, А; *I*з – ток аппарата защиты, А; *K*з – коэффициент защиты( таблица П17).

Приведёмпримервыборасеченийдляоднойпитающейиоднойраспределительнойлинии:

Питающаялиния№ 1( частьШМАотТ1 доРП 1);

Потребительлинии-РП 1;

Iр=1098,5 А (пункт 2.4.1);

Iдоп=1600 А;

1098,5$<$1600-Подопустимомунагревусоответствует.

ΔUпл=$\frac{\sqrt{3}\*I\_{р}\*l\*100}{U\_{н}}$\*(r0\*cosφср+x0\*sinφср)=$\frac{\sqrt{3}\*1098,5\*0,020}{380}$\*(0,022\*0,33+0,031\*0,89)=0,34 %

ΣΔU=ΔUпл+ΔUт=0,34+4,57=4,97 %

Коэффициентзащитысетиприобязательнойзащитеотперегрузкидляпроводниковсрезиновойианалогичнойпотепловымхарактеристикамизоляциейприпрокладкевневзрыво-непожароопасныхпомещенияхКз=1 (потаблицеП17).

ЭПснаибольшимноминальнымтокомСварочный автомат(№1).Будемсчитать,чтоонснабжёнасинхроннымдвигателемскороткозамкнутымротором.

IП.MAX=5\*Iн=5\*85=425 А

Длямагистральногошинопроводапиковыйтокравен:



Длятого,чтобыпротеканиетоковперегрузкиитоковкороткогозамыканияпопроводникамнеприводилокихперегреву, выбранноесечениедолжнобытьсогласовано с аппаратомзащитыпоусловию:

$\frac{I\_{доп}}{I\_{з}}\geq $КзилиIдоп$\geq $Iз\*Кз

Кз=1,Iдоп$\geq $Iз

ВкачествеаппаратазащитыпотаблицеП19принимаемАВ53-41соследующимитехническимихарактеристиками:

НоминальныйтокIн=1000 А;

НоминальныйтоктепловогорасцепителяIн.т.р=1000 А;

ХарактеристикасрабатыванияэлектромагнитногорасцепителяIн.э.р.=Iн.т.р;

ОтключающаяспособностьI0=25 кА.

1600$>$1000- соответствует.

Распределительнаялиния№ 1.

Потребительлинии-Сварочный автомат(№1).

Iр=1,14\*Iн\*$\sqrt{ПВ}$=1,14\*85\*$\sqrt{0,60}$=75,05А.

Кт=0,87-поправочный коэффициент на длительно допустимый ток в зависимости от температуры земли и воздуха (принимаем его для наиболеенеблагоприятных условий).

Кп=1-поправочный коэффициент на длительно допустимый ток, учитывающий способ прокладки, в нашем случае для однослойной прокладки в кабельных лотках по стенам цеха.

По таблице П10 выбираем кабель алюминиевый, четырехжильный, марки ААБл, с сечением жилыSж=35 мм2.

Iдоп=95 А (по таблице П10).

Iр$\leq $ Кт\*КП\*Iдоп=1\*0,87\*95=82,65А

75,05$<$82,65 – соответствует.

$Δ$Uп.л=0,34 % - для крана сварочного автомата является линия 1

ΔUр.л=$\frac{\sqrt{3}\*I\_{p}\*l\*100}{U\_{н}}$\*(r0\*cosφср+x0\*sinφср)=$\frac{\sqrt{3}\*75,5\*0,004\*100}{380}$\*(0,89\*0,33+0,0637\*0,89)=0,05 %

ΣΔU=ΔUп.л+ΔUр.л+ΔUт=0,33+0,05+4,57=4,95 %$<$5%-соответствует.

Коэффициент защиты сети при обязательной защите от перегрузки для проводников с резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией при прокладке в невзрыво-непожароопасных помещениях Кз=1. (по таблице П17).

Для распределительной линии, питающейодиночныйэлектроприёмник, пиковый ток равен пусковому току данного электроприёмника:

Iпик=Iп

Электроприёмник, определяющий пиковый ток - асинхронный электродвигатель сварочного автомата с короткозамкнутым ротором:

Iпик=5\*Iн=5\*85=425 А.

Результаты выбора сечений линий цеховой электрической сети сведём в таблицу 5:

Таблица 5 Выбор сечений линий цеховой электрической сети

| №станка | Марка кабеля | Iмакс, А | Iпик | сos ϕ | sin ϕ | Сечение жилы,мм2 | Iдоп, А | R0, Ом/км | Х0, Ом/км | Ток аппаратазащиты | Способ прокладки |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | ШМА73УЗ | 1098,5 | 1438,5 | 0,33 | 0,89 | 300\*160 | 1600 | 0,031 | 0,022 | 1000 | В |
| 1-1 | ААБл | 85,00 | 425 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 1-2 | ААБл | 85,00 | 425 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 1-3 | ААБл | 85,00 | 425 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 1-4 | ААБл | 85,00 | 425 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 2 | ШМА73УЗ | 758,5 | 1520 | 0,33 | 0,89 | 300\*160 | 1600 | 0,031 | 0,022 | 1000 | В |
| 2-5 | ААБл | 12,20 | 61 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 2-6 | ААБл | 12,20 | 61 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 2-7 | ААБл | 12,20 | 61 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 2-8 | ААБл | 12,20 | 61 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 2-9 | ААБл | 105,50 | 527,5 | 0,33 | 0,89 | 50 | 110 | 0,62 | 0,0625 | 125 | В |
| 2-10 | ААБл | 105,50 | 527,5 | 0,33 | 0,89 | 50 | 110 | 0,62 | 0,0625 | 125 | В |
| 2-18 | ААБл | 32,00 | 160 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 3 | ШМА73УЗ | 466,5 | 1668,1 | 0,33 | 0,89 | 300\*160 | 1600 | 0,031 | 0,022 | 1000 | В |
| 3-16 | ААБл | 85,50 | 427,5 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 3-17 | ААБл | 142,40 | 712 | 0,33 | 0,89 | 95 | 165 | 0,326 | 0,0602 | 160 | В |
| 3-19 | ААБл | 142,40 | 712 | 0,33 | 0,89 | 95 | 165 | 0,326 | 0,0602 | 160 | В |
| 3-27 | ААБл | 32 | 160 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 3-28 | ААБл | 32 | 160 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 3-29 | ААБл | 32 | 160 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4 | ШМА73УЗ | 375 | 1583,5 | 0,33 | 0,89 | 300\*160 | 1600 | 0,031 | 0,022 | 1000 | В |
| 4-34 | ААБл | 21 | 105 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 25 | В |
| 4-35 | ААБл | 21 | 105 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 25 | В |
| 4-36 | ААБл | 21 | 105 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 25 | В |
| 4-43 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4-44 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4-45 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4-46 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4-47 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4-48 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4-49 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 4-50 | ААБл | 39 | 195 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 5 | ШМА73УЗ | 858 | 1637,5 | 0,33 | 0,89 | 300\*160 | 1600 | 0,031 | 0,022 | 1000 | В |
| 5-20 | ААБл | 140,00 | 350 | 0,33 | 0,89 | 70 | 140 | 0,443 | 0,0612 | 160 | В |
| 5-30 | ААБл | 36 | 180 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 5-31 | ААБл | 36 | 180 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 5-32 | ААБл | 36 | 180 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 5-33 | ААБл | 36 | 180 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 40 | В |
| 5-37 | ААБл | 67 | 201 | 0,33 | 0,89 | 25 | 75 | 1,24 | 0,0662 | 80 | В |
| 5-38 | ААБл | 67 | 201 | 0,33 | 0,89 | 25 | 75 | 1,24 | 0,0662 | 80 | В |
| 5-39 | ААБл | 12,5 | 62,5 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 5-40 | ААБл | 12,5 | 62,5 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 5-41 | ААБл | 20 | 100 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 20 | В |
| 5-42 | ААБл | 20 | 100 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 20 | В |
| 6 | ШМА73УЗ | 1427,5 | 1629,5 | 0,33 | 0,89 | 300\*160 | 1600 | 0,031 | 0,022 | 1000 | В |
| 6-11 | ААБл | 12,50 | 62,5 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 6-12 | ААБл | 12,50 | 62,5 | 0,33 | 0,89 | 10 | 45 | 3,1 | 0,073 | 16 | В |
| 6-13 | ААБл | 85,50 | 427,5 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 6-14 | ААБл | 85,50 | 427,5 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 6-15 | ААБл | 85,50 | 427,5 | 0,33 | 0,89 | 35 | 95 | 0,89 | 0,0637 | 100 | В |
| 6-21 | ААБл | 48,00 | 240 | 0,33 | 0,89 | 16 | 60 | 1,94 | 0,0675 | 50 | В |
| 6-22 | ААБл | 48,00 | 240 | 0,33 | 0,89 | 16 | 60 | 1,94 | 0,0675 | 50 | В |
| 6-23 | ААБл | 48,00 | 240 | 0,33 | 0,89 | 16 | 60 | 1,94 | 0,0675 | 50 | В |
| 6-24 | ААБл | 48 | 240 | 0,33 | 0,89 | 16 | 60 | 1,94 | 0,0675 | 50 | В |
| 6-25 | ААБл | 48 | 240 | 0,33 | 0,89 | 16 | 60 | 1,94 | 0,0675 | 50 | В |
| 6-26 | ААБл | 48 | 240 | 0,33 | 0,89 | 16 | 60 | 1,94 | 0,0675 | 50 | В |

Примечание: в - прокладка на воздухе (в коробах)

# 8. ВЫБОР ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ

## 8.1. Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели (АВ) лишены большинства недостатков, присущих плавким предохранителям, а номенклатура позволяет широко применять их в промышленных электрических сетях. По сравнению с предохранителями автоматические выключатели имеют значительно меньший разброс тока срабатывания зашиты. Уставки и выдержки времени автоматических выключателей могут быть регулируемыми.

 Автоматические выключатели выбираются по следующим условиям:

* по номинальному напряжению:

,

где *U*н.а – номинальное напряжение автоматического выключателя, В; *U*с – номинальное напряжение электрической сети, В;

* по номинальному току:

,

где *I*н.а – номинальный ток автоматического выключателя, А; *I*р­– расчетный ток нагрузки, А;

* по номинальному току теплового расцепителя:

,

где *I*н.т.р – номинальный ток теплового расцепителя, А;

* по номинальному току электромагнитного расцепителя:

,

где *I*н.э.р – номинальный ток электромагнитного расцепителя, А;*I*пик – пиковый ток защищаемого электроприемника, А.

 Автоматические выключатели проверяются по отключающей способности по условию:

,

где *I*0 – отключающая способность автоматического выключателя, кА;  – ток трехфазного КЗ на выходе автоматического выключателя, кА.

Проверка правильности выбора автоматических выключателей по чувствительности действия защит производится по условию:

* для тепловых расцепителей:



* для электромагнитных расцепителей:



где  – ток однофазного КЗ в конце зоны защиты автоматического выключателя, А.

 Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей, последовательно включенных в цепь на разных уровнях системы электроснабжения, должны различаться не менее чем на одну ступень. Номинальные токи расцепителей автоматического выключателя, ближайшего к источнику питания (вводного), должны быть не менее чем в 1,5 раза выше по сравнению с наиболее удаленным. Выполнение указанных условий обеспечивает селективность срабатывания тепловых расцепителей. При коротких замыканиях селективность защиты обеспечиваться не будет, т. к. электромагнитные расцепители при токах, равных или больших их токов уставки, срабатывают практически мгновенно.

 Если выбранные аппараты защиты не проходят проверку по отключающей способности, то их следует заменить другими аппаратами с большей отключающей способностью. Если аппараты защиты не проходят проверку по чувствительности, то необходимо увеличить сечения линий для того, чтобы увеличить ток однофазного КЗ.

Технические характеристики автоматических выключателей приведены в табл. П19.

Напримеревыбораавтоматическоговыключателядлясварочного автоматапродемонстрируемпроцессвыборазащитной аппаратурывнизковольтнойсети.

НагрузкойАВявляетсясварочный автомат (№ 1). ЕгорасчётныйтокIр=85А,апиковыйтокIпик=425А (потаблице5)

ПотаблицеП 19выбираемавтоматическийвыключательВА57-35соследующимитехническимихарактеристиками:

НоминальноенапряжениевыключателяUн.а=Uc=380В – соответствует.

НоминальныйтокIн.а=250 А,проверимпоусловию:

Iн.а$\geq $Iр

250$>$85 – соответствует.

НоминальныйтоктепловогорасцепителяIн.т.р=100 А,проверимпоусловию:

Iн.т.р$\geq $Iр

100$>$85 – соответствует.

ХарактеристикасрабатыванияэлектромагнитногорасцепителяIн.э.р=630 А,проверимпоусловию:

Iн.э.р$\geq $(1,25$÷$1,35)\*Iпик

Iн.э.р$\geq $1,3\*Iпик=1,3\*425=552,5А

630$>$552,5 – соответствует.

ОтключающаяспособностьI0=10кА.

ВыбранныйАВполностьюсоответствуеттребованиюзащитыподключённогооборудывания.

Результатывыборазащитнойаппаратурысведёмвтаблицу6.

Таблица6Выборзащитнойаппаратуры

| Обозначение линии | Обозначение ЭП или узла питания  | Тип аппарата защиты | Номинальное напряжение аппарата защиты *U*н, В | Максимальный рабочий ток *I*р, А | Пиковый ток, *I*пик, А | Номинальный ток аппарата защиты *I*н, А | Номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя *I*н.т.р, А или номинальный ток плавкой вставки предохранителя *I*н.п.в, А | Номинальный ток электромагнитного расцепителя *I*н.э.р, А |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | **РП 1** | **ВА 53-43** | **380** | **1098,5** | **1438,5** | **1250** | **1000** | **1600** |
| 1-1 | СА1 | ВА 57-35 | 380 | 85,00 | 425 | 250 | 100 | 1250 |
| 1-2 | СА2 | ВА57-35 | 380 | 85,00 | 425 | 250 | 100 | 1250 |
| 1-3 | СА3 | ВА 57-35 | 380 | 85,00 | 425 | 250 | 100 | 1250 |
| 1-4 | СА4 | ВА 57-35 | 380 | 85,00 | 425 | 250 | 100 | 1250 |
| 2 | **РП 2** | **ВА 53-41** | **380** | **758,5** | **1520** | **800** | **1000** | **1600** |
| 2-5 | М5 | ВА 57-35 | 380 | 12,20 | 61 | 250 | 16 | 320 |
| 2-6 | М6 | ВА 57-35 | 380 | 12,20 | 61 | 250 | 16 | 320 |
| 2-7 | М7 | ВА 57-35 | 380 | 12,20 | 61 | 250 | 16 | 320 |
| 2-8 | М8 | ВА 53-41 | 380 | 12,20 | 61 | 250 | 16 | 320 |
| 2-9 | М9 | ВА 57-35 | 380 | 105,50 | 527,5 | 250 | 125 | 1250 |
| 2-10 | М10 | ВА 57-35 | 380 | 105,50 | 527,5 | 250 | 125 | 1250 |
| 2-18 | КБ1 | ВА 57-35 | 380 | 32,00 | 160 | 250 | 40 | 630 |
| 3 | **РП3** | **ВА 53-41** | **380** | **466,5** | **1668,1** | **630** | **1000** | **1600** |
| 3-16 | М16 | ВА 57-35 | 380 | 85,50 | 427,5 | 250 | 100 | 1250 |
| 3-17 | М17 | ВА 57-35 | 380 | 142,40 | 712 | 250 | 160 | 1600 |
| 3-19 | М19 | ВА 57-35 | 380 | 142,40 | 712 | 250 | 160 | 1600 |
| 3-27 | М27 | ВА 57-35 | 380 | 32 | 160 | 250 | 40 | 630 |
| 3-28 | М28 | ВА 57-35 | 380 | 32 | 160 | 250 | 40 | 630 |
| 3-29 | М29 | ВА 57-35 | 380 | 32 | 160 | 250 | 40 | 630 |
| 4 | **РП4** | **ВА 53-41** | **380** | **375** | **1583,5** | **400** | **1000** | **1600** |
| 4-34 | М34 | ВА 57-35 | 380 | 21 | 105 | 250 | 25 | 320 |
| 4-35 | М35 | ВА 57-35 | 380 | 21 | 105 | 250 | 25 | 320 |
| 4-36 | М36 | ВА 57-35 | 380 | 21 | 105 | 250 | 25 | 320 |
| 4-43 | М43 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 4-44 | М44 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 4-45 | М45 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 4-46 | М46 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 4-47 | М47 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 4-48 | М48 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 4-49 | М49 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 4-50 | М50 | ВА 57-35 | 380 | 39 | 195 | 250 | 40 | 630 |
| 5 | **РП5** | **ВА 53-41** | **380** | **858** | **1637,5** | **1000** | **1000** | **1600** |
| 5-20 | КМ | ВА 57-35 | 380 | 140,00 | 350 | 250 | 160 | 1600 |
| 5-30 | М30 | ВА 57-35 | 380 | 36 | 180 | 250 | 40 | 630 |
| 5-31 | М31 | ВА 57-35 | 380 | 36 | 180 | 250 | 40 | 630 |
| 5-32 | М32 | ВА 57-35 | 380 | 36 | 180 | 250 | 40 | 630 |
| 5-33 | М33 | ВА 57-35 | 380 | 36 | 180 | 250 | 40 | 630 |
| 5-37 | ЭС37 | ВА 57-35 | 380 | 67 | 201 | 250 | 80 | 1250 |
| 5-38 | ЭС38 | ВА 57-35 | 380 | 67 | 201 | 250 | 80 | 1250 |
| 5-39 | М39 | ВА 57-35 | 380 | 12,5 | 62,5 | 250 | 16 | 320 |
| 5-40 | М40 | ВА 57-35 | 380 | 12,5 | 62,5 | 250 | 16 | 320 |
| 5-41 | М41 | ВА 57-35 | 380 | 20 | 100 | 250 | 20 | 320 |
| 5-42 | М42 | ВА 57-35 | 380 | 20 | 100 | 250 | 20 | 320 |
| 6 | **РП6** | **ВА 53-43** | **380** | **1427,5** | **1629,5** | **1600** | **1000** | **1600** |
| 6-11 | М11 | ВА 57-35 | 380 | 12,50 | 62,5 | 250 | 16 | 320 |
| 6-12 | М12 | ВА 57-35 | 380 | 12,50 | 62,5 | 250 | 16 | 320 |
| 6-13 | М13 | ВА 57-35 | 380 | 85,50 | 427,5 | 250 | 100 | 1250 |
| 6-14 | М14 | ВА 57-35 | 380 | 85,50 | 427,5 | 250 | 100 | 1250 |
| 6-15 | М15 | ВА 57-35 | 380 | 85,50 | 427,5 | 250 | 100 | 1250 |
| 6-21 | М21 | ВА 57-35 | 380 | 48,00 | 240 | 250 | 50 | 630 |
| 6-22 | М22 | ВА 57-35 | 380 | 48,00 | 240 | 250 | 50 | 630 |
| 6-23 | М23 | ВА 57-35 | 380 | 48,00 | 240 | 250 | 50 | 630 |
| 6-24 | М24 | ВА 57-35 | 380 | 48 | 240 | 250 | 50 | 630 |
| 6-25 | М25 | ВА 57-35 | 380 | 48 | 240 | 250 | 50 | 630 |
| 6-26 | М26 | ВА 57-35 | 380 | 48 | 240 | 250 | 50 | 630 |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполненной работы разработана схема электроснабжения цеха. Питание потребителей осуществляется от встроенной КТП с масляными трансформаторами. Схема распределенного устройства низкого напряжения – с АВР. Нагрузка цеха распределена с достаточной степенью равномерности по секциям шин КТП. Питающие сети цеха в основном выполнены кабельными линиями с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией. Прокладка осуществлена в кабельныхлотках по стенам цеха.

Для питающих и распределительных линийбыливыбраныавтоматическиевыключателиВА.

Выполненный расчёт токов КЗ подтверждает правильность выбора защитной аппаратуры в низковольтной сети цеха.

В графической части работы представлена нормальная однолинейная схема электрических соединений и план размещения ЭП в электромеханическом цехе.

# Литература

1. Электроснабжение. Ч. 2. Расчётная часть:метод. указ. по выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по напр. 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» / сост. Е.Н. Леонов; Тюменский государственный нефтегазовый университет. – 1-е изд. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТюмГНГУ, 2013.– 50 с.
2. Электроснабжение. Ч. 3.Приложения:метод. указ. по выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по напр. 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» / сост. Е.Н. Леонов; Тюменский государственный нефтегазовый университет. – 1-е изд. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТюмГНГУ, 2013.– 36 с.
3. Алиев И. И. Электротехнический справочник.-5-е изд., стереотип.-М.: ИП РадиоСофт, 2010.-384 с.: ил.
4. Электротехнический справочник. Т.1. Составитель И. И. Алиев.-М.: ИП РадиоСофт, 2006.-480 с.: ил.
5. Электротехнический справочник. Т.2. Составитель И. И. Алиев.-М.: ИП РадиоСофт, 2012.-480 с.: ил.
6. Электротехнический справочник. Т.3. Составитель И. И. Алиев.-М.: ИП РадиоСофт, 2010.-560 с.: ил.
7. Сюсюкин А. И. Введение в специальность: Курс лекций/А.И. Сюсюкин.-Тюмень:ТюмГНГУ, 2004.-56 с.
8. Правила устройства электроустановок [Текст]: утв. М-вом энергетики РФ 08.07.02- 7 изд.-Новосибирск: Сиб.унив.изд-во,2009.-853 с.