

ЗАДАНИЕ

Данные для расчета мощности электродвигателя механизм сооружения
по заданному графику нагрузки

Таблица №1

| № Вар. | Длительность работы механизма на каждом участке графика, t, с | | | | | Мощность механизма на каждом участке графика, P, кВт | | | | |
|--------|---|-----|-----|-----|------|--|----|----|------|-----|
| 1 | 18 | 30 | 10 | 20 | 23,5 | 8 | 5 | 0 | 25 | 10 |
| 2 | 60 | 100 | 10 | 45 | 30 | 8 | 4 | 15 | 10 | 25 |
| 3 | 30 | 15 | 60 | 60 | 10 | 25 | 10 | 0 | 18 | 30 |
| 4 | 50 | 20 | 40 | 50 | 45 | 0 | 4 | 8 | 0 | 5 |
| 5 | 15 | 25 | 20 | 25 | 30 | 15 | 4 | 30 | 15 | 10 |
| 6 | 10 | 75 | 60 | 50 | 10 | 30 | 5 | 0 | 15 | 25 |
| 7 | 7 | 3 | 15 | 4 | 12 | 6 | 20 | 3 | 15 | 30 |
| 8 | 1 | 1,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 8 | 6 | 0 | 4 | 3,5 |
| 9 | 1,5 | 4 | 2,5 | 3,5 | 3 | 20 | 10 | 6 | 8 | 8 |
| 10 | 20 | 10 | 50 | 10 | 15 | 20 | 10 | 6 | 8 | 8 |
| 11 | 18 | 30 | 10 | 20 | 23,5 | 8 | 6 | 0 | 4 | 3,5 |
| 12 | 60 | 100 | 10 | 45 | 30 | 8 | 4 | 15 | 10 | 25 |
| 13 | 30 | 15 | 60 | 60 | 10 | 6 | 20 | 3 | 15 | 25 |
| 14 | 30 | 20 | 40 | 50 | 45 | 30 | 5 | 0 | 15 | 25 |
| 15 | 15 | 25 | 10 | 35 | 30 | 8 | 6 | 0 | 4 | 3,5 |
| 16 | 10 | 75 | 60 | 50 | 10 | 15 | 4 | 30 | 15 | 10 |
| 17 | 7 | 3 | 15 | 4 | 20 | 0 | 4 | 5 | 0 | 5 |
| 18 | 1 | 1,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 10 | 10 | 0 | 18 | 30 |
| 19 | 1 | 4 | 2,5 | 3,5 | 3 | 8 | 4 | 15 | 10 | 25 |
| 20 | 20 | 10 | 50 | 10 | 15 | 8 | 6 | 0 | 4 | 3,5 |
| 21 | 18 | 30 | 10 | 20 | 23,5 | 20 | 10 | 6 | 8 | 8 |
| 22 | 60 | 100 | 10 | 45 | 30 | 26 | 20 | 13 | 15 | 30 |
| 23 | 30 | 15 | 60 | 60 | 10 | 30 | 5 | 0 | 15 | 10 |
| 24 | 0 | 20 | 40 | 50 | 45 | 15 | 4 | 30 | 15 | 10 |
| 25 | 15 | 25 | 10 | 35 | 30 | 0 | 4 | 8 | 0 | 5 |
| 26 | 20 | 75 | 60 | 50 | 10 | 30 | 5 | 0 | 15 | 25 |
| 27 | 7 | 3 | 15 | 4 | 2 | 25 | 10 | 0 | 13,5 | 8 |
| 28 | 1 | 1,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 8 | 5 | 0 | 25 | 10 |
| 29 | 1 | 4 | 2,5 | 3,5 | 3 | 0 | 4 | 8 | 0 | 50 |
| 30 | 30 | 45 | 30 | 15 | 20 | 8 | 5 | 0 | 25 | 10 |

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение расчетно-графической работы является самостоятельной творческой работой студента, отвечающего за принятые им в проекте решения, правильность выполнения расчетов и литературное изложение пояснительной записки.

Исходные данные для выполнения курсового проекта приводятся в задании, а в приложении в табл. 1,2,3 данного руководства по вариантам представлены:

- характеристика технологического оборудования;
- расстановка электрооборудования на плане помещения;
- данные для выбора мощности заданных электроприводов;
- данные для разработки принципиальной схемы автоматического управления и защиты заданного электропривода.

Пояснительная записка включает 6-8 страниц рукописного текста на листах формата А4 (297 x 210). Текст записки иллюстрируется графиками, рисунками, схемами и сводными расчетными таблицами.

В пояснительную записку включаются:

1. Титульный лист
2. Оглавление
3. Разделы пояснительной записки
4. Список используемой литературы

Разделы расчетно-графической работы должны содержать основные расчеты:

- расчет мощности и выбор электродвигателей электроприводов технологических машин;
- расчет механических характеристик электродвигателей и выбор пускорегулировочных сопротивлений;

В записке должны быть представлены таблицы выбранного электрооборудования.

Графическая часть расчетно-графической работы включает в себя схемы и рисунки, которые должны быть выполнены в соответствии с действующими правилами проектирования и с соблюдением ЕСКД и ГОСТ.

Полностью оформленная и подписанная пояснительная записка представляется к защите. При защите расчетно-графической работы учитывается:

- качество и полнота расчетов;
- качество ответов на вопросы руководителя по защите работы.

1. Расчет мощности и выбор электрического двигателя электропривода технологических машин

На основании исходных данных, приведённых в приложении, необходимо произвести расчет мощности электродвигателя одного из механизмов сооружения, у которого известен график нагрузки. При этом необходимо определить, в каком режиме работает этот двигатель.

Выбор двигателя необходимо производить по каталогу двигателей (Л-4) или по неполному перечню двигателей с их техническими данными, которые представлены в приложении.

Для механизма подъёма в сооружении необходимо выбрать электродвигатель с фазным ротором. Данные для выбора электродвигателя механизма подъёма мостового крана представлены в приложении.

1.1. Общие сведения о выборе мощности электродвигателя

Выбор мощности двигателя должен быть проведён в полном соответствии с предполагаемой нагрузкой и режимом работы двигателя. Если двигатель выбран большей мощности, чем это необходимо по условиям его работы, то увеличиваются капитальные затраты и уменьшается в большинстве случаев К.П.Д. Для асинхронных двигателей, кроме того, снижается коэффициент мощности.

Если мощность двигателя недостаточна по сравнению с нагрузкой на его валу, то температура отдельных частей его превысит допустимые по нормам величины и срок службы двигателя резко снизится из-за разрушения изоляции. Поэтому при выборе мощности приводного электродвигателя необходимо учитывать условия работы привода, зависящие от спецификации работы производственного механизма, приведённого в движение данным электродвигателем.

При выборе электродвигателей для привода рабочего механизма, кроме расчетов по определению мощности, требуется выбрать род тока, величину напряжения и конструктивное исполнение с учетом воздействия окружающей среды.

К наиболее простым по устройству и обслуживанию электродвигателям относятся асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Если регулирование вращения привода не требуется и мощность сети позволяет прямой пуск, то асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является основным при мощностях рабочих механизмов до 100 кВт. Более сложный и дорогой - асинхронный электродвигатель с фазным ротором – используется в случаях, когда необходимо регулирование частоты вращения, а также для приводов с

тяжелыми условиями пуска или с большим числом включений в час, например, для приводов подъёмно-транспортных механизмов.

Согласно (Л-1) расчет электродвигателей осуществляется в зависимости от характера и длительности его работы: продолжительный (длительный), повторно-кратковременный и кратковременный.

1.2. Расчет мощности при продолжительном режиме

При продолжительном режиме работы достаточно определить мощность на валу производственного механизма и выбрать по каталогу двигатель, соответствующий номинальной мощности. Приведём для примера формулы, по которым могут быть подсчитаны мощности двигателей насоса и вентилятора. Мощность на валу двигателя насоса определяется производительностью насоса, высотой нагнетания и всасывания, а также сопротивления труб:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot (H_1 + H_2)}{1000 \cdot \eta_n \cdot \eta_{\Pi}}, \text{кВт} \quad (1.1)$$

где: Q – производительность насоса, м / сек;

H_1 – высота напора, равная сумме высот всасывания и нагнетания;

H_2 – падение напора в магистралях, м;

γ – удельный вес перекачиваемой жидкости, н/м

η_n – КПД насоса;

η_{Π} – КПД передачи.

Мощность на валу двигателя вентилятора определяется производительностью и напором, создаваемым вентилятором:

$$P = \frac{Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_{\Pi}}, \text{кВт} \quad (1.2)$$

где: Q – производительность вентилятора, м / сек;

H – суммарный напор, н / м;

η_v – КПД вентилятора;

η_{Π} – КПД передачи.

1.3. Расчет мощности при кратковременном и повторно-кратковременном режимах

При кратковременном и повторно-кратковременном режимам выбор и расчет мощности электродвигателя основывается на определении эквивалентных величин мощности P , либо момента M по заданным графикам нагрузки электродвигателя $P = f(t)$; $M = f(t)$. Такие графики нагрузки задаются, как правило, в виде диаграммы моментов или мощности либо числовым рядом значений P , M и времени t . Порядок расчета для данных режимов работы двигателей представлен в (Л-1; Л-2).

Приведём пример выбора двигателя производственного механизма с известным графиком нагрузки.

Пример 1:

Производственный механизм имеет следующий график нагрузки, приведённый к угловой скорости входного вала $W = 99,5 \text{ рад/с}$ (950 об/мин):

$$P_1 = 45 \text{ кВт}, t_{\text{раб}1} = 1 \text{ мин};$$

$$P_2 = 23 \text{ кВт}, t_{\text{раб}2} = 4 \text{ мин};$$

$P_3 = 38 \text{ кВт}$, $t_{\text{раб}3} = 1 \text{ мин}$, время остановки $t_0 = 7 \text{ мин}$. Пуск двигателя осуществляется без нагрузки. Выбрать асинхронный двигатель к этому механизму.

Решение.

1. Суммарное время работы за один цикл:

$$\begin{aligned}\Sigma t_{\text{РАБ}} &= t_{\text{РАБ1}} + t_{\text{РАБ2}} + t_{\text{РАБ3}} \\ \Sigma t_{\text{РАБ}} &= 1 + 4 + 1 = 6 \text{ мин};\end{aligned}\quad (1.3)$$

2. Относительная продолжительность включения в заданном графике нагрузки:

$$\begin{aligned}\text{ПВ}_{\text{ГР}} &= \frac{\Sigma t_{\text{РАБ}}}{\Sigma t_{\text{РАБ}} + t_0} \cdot 100 \\ \text{ПВ}_{\text{ГР}} &= \frac{6}{6 + 7} \cdot 100 = 46\%\end{aligned}\quad (1.4)$$

При этом значении $\text{ПВ}_{\text{ГР}}$ режим работы – повторно-кратковременный.

3. Так как предполагается выбрать двигатель из серии двигателей повторно-кратковременного режима, с $\text{ПВ}_{\text{СТ}} = 40\%$, то эквивалентная мощность за цикл работы без учета времени остановки (паузы):

$$\begin{aligned}P_{\text{ЭК}} &= \sqrt{\frac{P^2 t_{\text{РАБ1}} + P^2 t_{\text{РАБ2}} + P^2 t_{\text{РАБ3}}}{t_{\text{РАБ}}}} \\ P_{\text{ЭК}} &= \sqrt{\frac{45^2 \cdot 1 + 23^2 \cdot 4 + 38^2 \cdot 1}{6}} = 9,65\end{aligned}\quad (1.5)$$

4. Приведем полученную к стандартной продолжительности включения $\text{ПВ}_{\text{СТ}} = 40\%$:

$$\begin{aligned}P_{\text{расч } 40} &= P_{\text{ЭК}} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{ГР}}}{\text{ПВ}_{\text{СТ}}}} \\ P_{\text{расч } 40} &= 9,65 \cdot \sqrt{\frac{46}{40}} = 10,35\end{aligned}\quad (1.6)$$

5. По каталогу асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором типа МТКМ (380 В, 50 Гц, 40%. ПВ) выбираем двигатель мощностью $P_{\text{НОМ}} = 11,0$ кВт, $\eta_{\text{НОМ}} = 935$ об/мин, $M_{\text{кр}}/M_{\text{НОМ}} = 3,0$, $M_{\text{пуск}}/M_{\text{НОМ}} = 2,8$.

6. Проверяем двигатель на перегрузку. Номинальный момент двигателя:

$$\begin{aligned}M_{\text{НОМ}} &= 9550 \cdot \frac{P_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} \\ M_{\text{НОМ}} &= 9550 \cdot \frac{11}{935} = 112,4 \text{ Н} \cdot \text{м}\end{aligned}\quad (1.7)$$

7. Максимальный (критический) момент двигателя:

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 3 \cdot M_{ном} \\ M_{кр} &= 3 \cdot 112,4 = 337,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (1.8)$$

8. Максимальный момент нагрузки при неизменной частоте вращения, равной 935 об/мин:

$$\begin{aligned} M_{\max ст} &= 9550 \cdot \frac{P_1}{\eta_{ном}} \\ M_{\max ст} &= 9550 \cdot \frac{45}{935} = 459,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (1.9)$$

9. Максимальный момент нагрузки больше максимального момента двигателя: ($M_{\max ст} > M_{кр}$) $459,2 > 337,2$. При этом неравенстве работа двигателя невозможна.

10. По каталогу выбираем двигатель, ближайший по мощности, $P_{ном} = 16 \text{ кВт}$, $\eta_{ном} = 940 \text{ об/мин}$, $M_{кр}/M_{ном} = 3$, $M_{пуск}/M_{ном} = 2,8$.

11. Проверяем этот двигатель по перегрузочной способности. Максимальный момент двигателя:

$$\begin{aligned} M_{кр} &= 3 \cdot M_{ном} = 3 \cdot 9550 \cdot \frac{P_{ном}}{\eta_{ном}} \\ M_{кр} &= 3 \cdot 9550 \cdot \frac{16}{940} = 487,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (1.10)$$

В результате сравнения $M_{кр} > M_{\max ст}$, т.е. $487,6 > 459,6$.

12. Без учета понижения напряжения в питающей сети, можно окончательно принять двигатель мощностью 16 кВт

13. В случае падения напряжения в питающей сети до 10% принятый двигатель не удовлетворяет по перегрузочной способности и тогда нужно выбрать двигатель еще большей мощности.

Правильный подбор основного элемента системы электропривода двигателя - обусловлен выбором его не только по мощности, по роду тока, напряжению, но и по функциональному назначению привода. Так, например, для приводов рабочих механизмов кранов выпускаются специальные серии электродвигателей переменного тока в диапазоне мощностей от 1,4 до 160 кВт. На всём диапазоне мощностей выпускаются двигатели с фазным ротором серии МТФ и МТН, а мощностью до 40 кВт - также и с короткозамкнутым ротором серии МТКФ и МТКН.

В свою очередь расчет мощности крановых электродвигателей имеет ряд особенностей, которые не входят в общую методику выбора двигателя, представленную в п. 2, 3 настоящего раздела.

1.4. Методика расчета мощности двигателя для кранового механизма

Полезная мощность при работе крановых электродвигателей затрачивается на преодоление статических и динамических нагрузок. Динамические нагрузки (моменты) возникают лишь при изменениях частоты вращения, т.е. в переходных режимах.

Во многих крановых электроприводах процессы пуска и торможения составляют большую часть общего времени работы. Поэтому при расчёте необходимо учитывать величину динамических нагрузок и длительность их действия. Определение мощности и выбор двигателя для крановых механизмов производится по следующему алгоритму:

- находятся статические нагрузки по конструктивным исходным данным;
- на основании статического расчета предварительно выбирается электродвигатель;
- рассчитываются приведенные к валу двигателя маховые моменты электропривода кранового механизма;
- определяется время переходных процессов, установившейся работы привода и перегрузочная способность двигателя;
- выбранный двигатель проверяется по условиям его нагрева.

Предварительный выбор электродвигателя.

При подъёме полезного груза с силой веса $G(H)$ и грузозахватного приспособления $G_0(H)$ со скоростью V (м/сек) двигатель должен развить мощность

$$P = \frac{(G + G_0) \cdot V}{\eta} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (1.11)$$

где: η – КПД механизма, учитывающий потери в редукторе, блоках подшипниках, барабане и т.п.

Тогда момент, развиваемый электродвигателем, определяется как:

$$M = \frac{(G + G_0)}{i \cdot \eta} \cdot \frac{D}{2} \cdot 10^{-3} \quad (1.12)$$

где: i – передаточное число всех передач от двигателя до грузозахватного приспособления, включая кратность полиспаста;

D – диаметр барабана лебёдки, м.

Передаточное число вычисляется по формуле:

$$i = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot U} \quad (1.13)$$

где:

n – частота вращения приводного вала редуктора, об/мин;

U – скорость подъёма груза, М/мин

D – Диаметр барабана лебёдки, м.

При подъёме номинального груза мощность и момент находятся по формулам (1.11) и (1.12) путём подстановки $G = Gh$, а при подъёме пустого, захватного приспособления – $G = 0$.

При выборе двигателей переменного тока, в случае подъёма груза и пустого захватного приспособления, скорости для предварительных расчетов принимают одинаковыми на основании исходных данных.

Общий номинальный КПД η_n получается, как произведение всей к.п.д. отдельных частей механизма согласно кинематической схеме

$$\eta_n = \eta_z \cdot \eta_b \cdot \eta_d \quad (1.14)$$

где:

η_z – КПД пары зубчатых колёс, $\eta_z = 0,98$

η_b – КПД барабана, $\eta_b = 0,96$

η_d – КПД полиспаста, $\eta_d = 0,96$

При нагрузках, больших или меньших номинальной, к.п.д. будет отличаться от его номинального значения, для практических расчётов обычно пользуются кривыми $\eta_x = f(y)$ для различных значений номинального КПД.

Частичная относительная нагрузка y вычисляется по формуле

$$y = \frac{G_0}{G} \quad (1.15)$$

Определив η_n и y , находят значение η_x при частичной нагрузке по семейству кривых, приведённых на рис. 1.

При спуске груза возможны 2 режима:

- силовой (принудительный) спуск;
- тормозной спуск.

The figure consists of two vertically aligned diagrams for a frame structure. The top diagram is the bending moment diagram, with the vertical axis labeled M, Mr ranging from 0 to 140. The horizontal axis is labeled $-(G1+G0)$ and $-(G0m+G0)$, with values from 24 to 0. It shows two linear moment distributions: one for the left column (labeled $M_{de}=M_n$) and one for the right column (labeled M_{rp}). Points A, B, D, and E are marked on the diagram. The bottom diagram is the shear force diagram, with the vertical axis labeled $-M, -Mr$ ranging from 0 to 120. The horizontal axis is labeled $-(G1+G0)$ and $-(G0m+G0)$, with values from 24 to 0. It shows two linear shear force distributions. Points A, B, D, and E are marked on the diagram. Various dimensions and differences are labeled, such as ΔM , ΔM_0 , ΔM_1 , and M_1 .

Puc.2

Рассмотрим основные соотношения в указанных режимах. Момент создаваемый грузом и приведённый к валу двигателя при условии передачи без потерь ($\eta = 1$), назовём грузовым моментом M_{Γ} . Тогда

$$M_{\Gamma} = \frac{(G + G_0) \cdot D}{2 \cdot i}, \text{Нм} \quad (1.16)$$

Действительный момент на валу двигателя при спуске груза $M_{\text{сг}}$ оказывается меньше грузового на величину потерь M механизма, т.е.

$M_{\text{сг}} = M_{\Gamma} - M$. Если $M_{\Gamma} > M$, то при спуске груза двигатель будет работать в тормозном режиме, если же $M_{\Gamma} < M$ – то в двигательном, осуществляя силовой спуск.

Величину потерь в передачах при том же G можно считать приблизительно одинаковой при подъёме и спуске. Тогда

$$M = \frac{M_{\Gamma}}{\eta_{\text{н}}} - M_{\Gamma} = M_{\Gamma} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{\text{н}}} - 1 \right) \quad (1.17)$$

При тормозном спуске

$$M_{\text{сг}} = M_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{н}}, \text{Нм} \quad (1.18)$$

Так как при подъёме $M_{\text{пг}} = M_{\Gamma} / \eta_{\text{н}}$ то, подставив из этого выражения значение для грузового момента в формулу (1.18), получим простое соотношение между моментами при спуске и подъёме

$$M_{\text{сг}} = M_{\text{пг}} \cdot \eta_{\text{н}}^2, \text{Нм} \quad (1.19)$$

Чтобы установить режим работы двигателя при различных грузах; а также моменты на валу двигателя, строят диаграмму моментов (рис. 2).

На ось абсцисс наносят суммарные значения масс поднимаемого груза и захватного приспособления, а на ось ординат – значения грузового момента и момента на валу двигателя. На оси ординат двигательные моменты откладываются в положительном направлении, тормозные в отрицательном, на оси абсцисс величину груза при подъёме – в положительном направлении, при спуске – в отрицательном.

Построение диаграммы моментов.

Построение диаграммы моментов производится следующим образом. Сначала по формуле (1.16) вычисляют значение M_{Γ} при номинальном грузе $G = G_H$. Через полученную точку А и начало координат проводят линию грузового момента. Затем определяют величину потерь по (1.17) для номинального груза и эту величину откладывают вверх от точки А. Второе значение M_x находят по той же формуле для любого другого значения поднимаемого груза. При этом значения КПД при подъеме различных грузов определяют по кривым рис.1, предварительно определив:

$$\lambda = \frac{G_x + G_0}{G_H + G_0} \quad (1.20)$$

Отложив значение M_x , проводят прямую $M_{дв} = M_{\Pi}$. Линия M_{Π} отсекает на оси ординат величину M_0 соответствующую постоянным потерям.

Чтобы построить $M_{дв}$ при спуске, потери для номинального груза вычитают из M_{Γ} и находят точку С. Соединяя – точку С и Д прямой получают искомую линию $M_{дв} = M_{сг}$ в режиме спуска. Точка Е определяет величину груза, при котором происходит перевод из режима силового в режим тормозного спуска. Отрезок ЕД соответствует силовому спуску, а СЕ тормозному.

Статистический момент при подъеме пустого захватного приспособления определяют по формуле (1.12) при $G = 0$, а статистический момент при спуске пустого захватного приспособления определяют из диаграммы моментов (точка Д).

Расчет мощности для предварительного выбора электродвигателя механизма подъема мостового крана ведется исходя из цикла его работы, состоящего из 4-х операций: подъема и спуска номинального груза, подъема и спуска пустого захватного приспособления. Для этих операций механизма подъема на основании исходных данных, по формулам (1.11) – (1.13) сначала определяются статистические моменты, а затем рассчитывается среднеквадратичный момент за цикл:

$$M_{cp} = \sqrt{\frac{M_{\Pi}^2 \cdot t_{\Pi} + M_{сг}^2 \cdot t_{сг} + M_{по}^2 \cdot t_{по} + M_{со}^2 \cdot t_{со}}{t_{\Pi} + t_{сг} + t_{по} + t_{со}}}, \text{ Нм} \quad (1.21)$$

где: $M_{ПГ}$, $M_{СГ}$ – статические моменты при подъёме и спуске
 $M_{ПО}$, $M_{СО}$ –соответственно номинального груза и пустого захватного приспособления.

$t_{ПГ}$, $t_{СГ}$, $t_{ПО}$, $t_{СО}$ – время работы двигателя при выполнении соответствующей операции.

Поскольку точное время работы двигателя при выполнении каждой операции не известно, то приняв $t_{ПГ} = t_{СГ} = t_{ПО} = t_{СО}$, получим следующее выражение для определения приближенного значения средне-кватричного момента:

$$M_{CP} = \sqrt{\frac{M_{ПГ}^2 \cdot t_{ПГ} + M_{СГ}^2 \cdot t_{СГ} + M_{ПО}^2 \cdot t_{ПО} + M_{СО}^2 \cdot t_{СО}}{t_{ПГ} + t_{СГ} + t_{ПО} + t_{СО}}}, \text{ Нм} \quad (1.22)$$

Исходя из найденного значения M_{CP} , по формуле (1.22) определяется средняя мощность электродвигателя для привода крановых механизмов:

$$P_{CP} = \frac{M_{CP} \cdot n}{9550}, \text{ кВт} \quad (1.23)$$

где: M_{CP} – в Н.м
 n – в об/мин

Если действительная продолжительность включения $ПВ_x$ % механизма в исходных данных отличается от стандартного значения, то полученная мощность пересчитывается на ближайшую стандартную $ПВ_{кат}$ %:

$$P_{кат} = P_{CP} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_x}{ПВ_{кат}}}, \text{ кВт} \quad (1.24)$$

где: $P_{кат}$ – мощность, приведённая к стандартной ПВ.

Определив значение мощности по формуле (1.24), по каталогу крановых электродвигателей выбирают двигатель ближайшей большей или равной мощности.

Проверка по перегрузочной способности.

Выбирая крановый электродвигатель, следует иметь в виду, что мощность его должна быть такой, чтобы при пусках и торможении кранового механизма ускорения не превышали допустимых значений. Для нормальных кранов эти ускорения должны быть не более: для механизмов подъёма $a < 0,2$ м/с, для механизмов перемещения $a < 0,6 : 0,7$ м/с. Так как время пуска t_n связано со скоростью перемещения соотношением $t_n = v/a$, то для выполнения указанного условия время пуска должно составлять для механизмов подъёма $t_n > 5v$. Чтобы обеспечить минимально допустимое время разгона электропривода механизма подъёма при полном грузе, двигатель должен развивать избыточный момент:

$$M_{из} = \frac{GD^2 \cdot n}{375 \cdot t_n}, \text{ Нм} \quad (1.25)$$

где: GD^2 – суммарный маховый момент привода, приведённый к валу двигателя.

n – частота вращения двигателя, об/мин,

t_n – продолжительность разбега двигателя.

Чтобы разгон привода не проходил при предельных значениях ускорений, время разгона при подъёме полного груза должно быть около 2 секунд.

$$t_n = 2 \text{ с.}$$

Приведённый к валу электродвигателя суммарный маховый момент привода включает в себя маховые моменты двигателя ($GD^2_{д}$), муфты тормозного шкива и других частей, находящихся на одном валу с двигателем ($GD^2_{м}$), а также: маховые моменты системы передач и поступательно движущимся частей крана.

Маховые моменты $GD^2_{м}$ и $GD^2_{д}$ составляют основную часть общего махового момента. Маховые моменты всех остальных элементов привода с достаточной точностью учитываются некоторым коэффициентом, K , величина которого принимается равной 1,10 – 1,25. Тогда суммарный маховый момент, приведённый к валу двигателя, можно приблизительно найти из выражения

$$GD^2 = K (GD^2_{д} + GD^2_{м}) \quad (1.26)$$

Таким образом, необходимый момент, который должен развивать двигатель для преодоления статических и динамических нагрузок, будет равен:

$$M_{нб} = M_{пг} + M_{из} \quad (1.27)$$

Предварительно выбранный электродвигатель по перегрузочной способности обеспечивает нормальную работу кранового механизма, если выполняется условие

$$M_{д \max} > M_{нб}, \quad (1.28)$$

Величина максимального момента, развиваемого двигателем $M_{д\max}$ подсчитывается по формуле:

$$M_{д\max} = 0,85^2 \cdot M_n \cdot K_m \quad (1.29)$$

где: $0,85^2$ – коэффициент, учитывающий допустимое снижение напряжения, при котором крановое электрооборудование должно работать нормально.

M_n – номинальный момент двигателя при каталожном ПВ%.

K_m – коэффициент кратности среднего момента за период пуска.

Для асинхронных двигателей с фазным ротором $K_m = 1,6 : 2$. Для двигателей с короткозамкнутым ротором $K_m = 0,45 (K_p + \lambda)$,

где $K_p = M_p/M_n$ – кратность начального пускового момента.

$\lambda = M_k/M_n$ – кратность максимального пускового момента.

Проверка по нагреву.

Проверка по условиям нагрева производится на основании расчетов переходных процессов и определения эквивалентного значения момента или мощности, которые сравниваются с номинальным значением момента или мощности двигателя.

Средний эквивалентный момент за цикл для механизма подъема находится по формуле:

$$M_{ср} = \sqrt{\frac{M_n^2 \cdot (t_{п1} + t_{п2} + t_{п3}) + t_y \cdot (M_{пг}^2 + M_{сг}^2 + M_{по}^2 + M_{со}^2)}{T \cdot E}} \quad (1.30)$$

где: $M_{\text{п}}$ – среднее значение пускового момента электродвигателя за период разгона привода;

$t_{\text{п1}}, t_{\text{п2}}, t_{\text{п3}}$ – длительность разбега соответственно при подъёме номинального груза, подъёме и спуске порожнего захватного приспособления;

$M_{\text{пг}}, M_{\text{сг}}, M_{\text{по}}, M_{\text{со}}$ – статические моменты соответственно при подъёме и спуске номинального груза, подъёме и спуске пустого захватного приспособления;

t_y – время работы электродвигателя в установившемся режиме за цикл;

T – длительность цикла;

E – относительная продолжительность включения двигателя.

Для того, чтобы получить время установившегося движения при выполнении соответствующих операций крановым механизмом, необходимо определить продолжительность цикла T по нагрузочной диаграмме. Если нагрузочной диаграммы нет, то продолжительность цикла T берется ориентировочно для машинных залов 180 – 240 с.

Время работы-электродвигателя в установившемся режиме за цикл вычисляется по формуле:

$$t_y = \frac{T \cdot E - t_{\text{п1}} - t_{\text{п2}} - t_{\text{п3}} - 4t_T}{4} \quad (1.31)$$

где: t_T – длительность торможения.

Действительное время разгона при полной нагрузке зависит от момента $M_{\text{нб}}$:

$$t_{\text{п}} = \frac{GD^2 \cdot n}{375 \cdot (M_{\text{нб}} - M_{\text{пг}})} \quad (1.32)$$

При подъёме и спуске пустого захватного приспособления избыточные моменты $M_{\text{из}}$ будут больше. Величина их определяется следующим образом:

$$M_{\text{из.п}} = M_{\text{нб}} - M_{\text{по}} \text{ и } M_{\text{из.с}} = M_{\text{нб}} - M_{\text{со}} \quad (1.33)$$

Тогда время разгона привода для указанных операций составит:

$$t_{п2} = \frac{GD^2 \cdot n}{375 \cdot M_{из.п}} \quad (1.34)$$

$$t_{п3} = \frac{GD^2 \cdot n}{375 \cdot M_{из.с}} \quad (1.35)$$

При спуске груза продолжительность разбега принимается равной нулю, поскольку при этом избыточный момент велик. На основании полученного значений эквивалентного момента средняя мощность двигателя вычисляется по формуле (1.23). Двигатель по условиям нагрева выбран правильно, если при заданной продолжительности включения выполняется условие:

$$P_{ср} \leq P_n \quad (1.36)$$

где: P_n – номинальная мощность выбранного двигателя.

Пример расчета мощности двигателя механизма подъёма приведён в Л-1

2. Расчет механических характеристик электродвигателя и выбор пускорегулировочных сопротивлений

2.1. Построение механической характеристики

На основании паспортных данных выбранного двигателя кранового механизма необходимо построить естественную механическую характеристику.

Построение естественной характеристики асинхронного двигателя производится обычно с помощью формулы механической характеристики:

$$M = \frac{2 \cdot M_{кр} \cdot (1 + a \cdot S_{кр})}{S / S_{кр} / S + 2 \cdot a \cdot S_k} \quad (2.1)$$

Задавая значения S от 0 до 1 для двигательного режима и подставляя их в формулу (2.1) вычисляют соответствующие значения и по точкам строят механическую характеристику. При этом скольжению

$S_{\text{кр}}$ отвечает момент $M_{\text{кр}}$, которые находят по следующим формулам:

$$S = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (2.2)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{3 \cdot U_{\text{ф}}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot (R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2})} \quad (2.3)$$

В данном выражении: $\omega_0 = \frac{2\pi \cdot n_0}{60}$

R_1 и X_1 – каталожные данные выбранного электродвигателя;
 R_2 и X_2 – приведённые сопротивления обмотки ротора равные:

$$R_2' = R_2 \cdot K_e \quad X_2' = X_2 \cdot K_e \quad (2.4)$$

где $K_e = 0,95 U_n / E_{2K}$ - коэффициент трансформации Э.Д.С.

Так как параметры R_1 , R_2 , X_1 , X_2 не всегда даются в каталогах и паспортах в практических расчётах используются другие зависимости, позволяющие рассчитать $M_{\text{кр}}$ и $S_{\text{кр}}$.

Так, например, $M_{\text{кр}}$ можно рассчитать, зная величину перегрузочной способности двигателя:

$$\lambda = M_{\text{кр}} / M_{\text{н}}; \quad (2.5)$$

$$M_{\text{кр}} = \lambda \cdot M_{\text{н}}; \quad (2.6)$$

$$\text{при этом } M_{\text{н}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} \text{ или } M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot 10^3}{\omega_{\text{н}}} \quad (2.7)$$

где $P_{\text{н}}$ – в кВт; $\omega_{\text{н}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{н}}}{30}$

Величина λ для различных серий двигателей имеет следующие пределы:

для краново-металлургической серии $\lambda = 2,3 \dots 3$;

для двигателей общего назначения $\lambda = 1,7 \dots 2,4$.

Критическое скольжение можно найти также с помощью величин λ и S .

Для двигателей малой мощности:

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{н}} \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1 + 2S_{\text{н}} \cdot (\lambda - 1)}}{1 - 2S_{\text{н}} \cdot (\lambda - 1)} \quad (2.8)$$

Для двигателей средней и большей мощности:

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{н}} (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) \quad (2.9)$$

где
$$S_{\text{кр}} = \frac{n_0 - n_{\text{н}}}{n_0} \quad (2.10)$$

Пример расчета механической характеристики приведён в Л-1

2.2. Расчет пускорегулировочных сопротивлений

Подробное описание по расчёту пусковым и регулировочных сопротивлений двигателей представлено в Л-2.

Существует несколько способов расчёта сопротивлений, как аналитических, так и графических. Наиболее удобен графо-аналитический метод расчёта. Расчет графо-аналитическим способом производится в следующем порядке (рис.3):

а) Строится естественная механическая характеристика по методике.

б) Задаются значения наибольшего пускового момента и момента переключения ступеней сопротивления M_2 . Исходя из условий, принятых для двигателей постоянного тока независимого возбуждения, значения их можно принять равными:

$$M_1 = (2,0 \dots 2,5), M_{\text{н}}$$

$$M_2 = (1,1 \dots 1,2), M_{\text{н}}$$

С учётом возможного снижения напряжения сети значение пускового момента M_2 можно определить значением критического скольжения:

$$M_1 = (0,7 \dots 0,8), M_{\text{кр}}$$

в) Через точки пересечения вертикалей M_1, M_2 с естественной характеристикой (точки e и e') проводят прямую до пересечения в точке K с горизонтальной прямой ah ($S = 0$). Соблюдая равенства наибольших M_1 и переключающих M_2 моментов на всех пусковых ступенях, через точку K проводят прямые $ИИ'$, $РР'$ и $тт'$, характеризующие процесс ступенчатого разгона электродвигателя. При удачном выборе значений M_1 и M_2 выход на естественную характеристику должен произойти в точке e на вертикальной линии $ии$

наибольшего пускового момента $M1$. В результате построения отрезки $и'р$, $р'm$, $m'e$ должны быть равны и параллельны друг другу. Если указанное условие не выполняется, то следует изменить значение $M1$ или $M2$ и построение повторить.

г) Из построения диаграммы находим сопротивления пусковых ступеней:

$$R_{p1} = \frac{p_{и}}{h_e} \cdot R_2 ; \quad R_{p2} = \frac{p_m}{h_e} \cdot R_2 ; \quad R_{p3} = \frac{m_e}{h_e} \cdot R_2$$

полное сопротивление пускового реостата:

$$R_p = \frac{и_e}{h_e} \cdot R_2$$

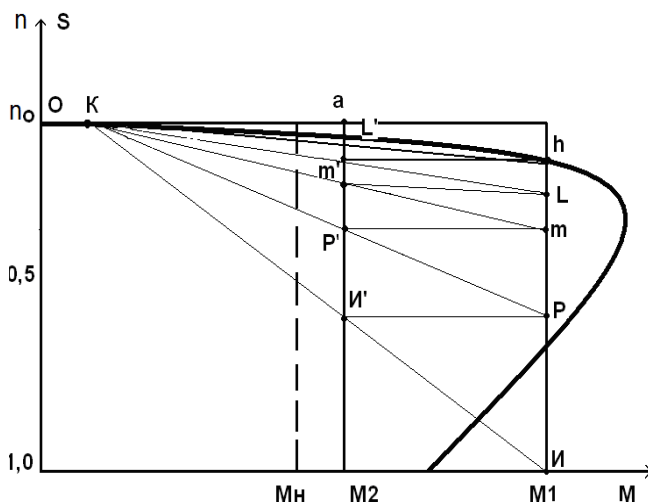


Рис.3

Теоретически: подобрать частотный преобразователь для управления электроприводом. Выбор преобразователя осуществляется по, приведённой к стандартной ПВ мощности. Необходимо оценить пиковые нагрузки по максимальному току асинхронного двигателя, обеспечив 3-х кратный запас.

3. Выбор и расчет распределительных сетей для питания электроприводов механизмов сооружения

В данном разделе методических указаний согласно заданию (приложение табл.4, Расстановка электрооборудования на плане помещения) необходимо:

- на плане помещения разместить электрооборудование;
- рассчитать и выбрать коммутационную защитную аппаратуру;
- рассчитать сечение проводов и кабелей, питающих электроприемники;
- выбрать распределительное устройство силовой сети;
- на плане, выполненном в масштабе с размещенным оборудованием, спроектировать трассы проводов и кабелей с обоснованием вида проводки, способа прокладки и т.д., используя при этом обозначение на планах согласно ГОСТ;
- разработать полную расчетную схему силовой сети представленного помещения в виде чертежа.

3.1. Выбор коммутационной и защитной аппаратуры электроприемников

К коммутационным аппаратам относятся рубильники, переключатели, пакетные выключатели, контакторы и магнитные пускатели. Они различаются по способу управления (ручные и дистанционные), назначению и исполнению. Аппараты ручного управления – рубильники, переключатели, пакетные выключатели и пусковые ящики – применяются при небольшом количестве включений в час, если не требуется дистанционного или автоматического включения. Аппараты дистанционного управления – контакторы и магнитные пускатели, позволяющие включать до 600 включений в час – применяются в системах автоматического управления двигателями.

По исполнению аппараты подразделяются на открытые, защитные, закрытые, взрывоопасные. Аппараты управления выбирают по роду тока, напряжению, мощности или току приемника, способу управления, исполнению. При выборе аппарата по роду тока, напряжению и мощности требуется, чтобы расчетные величины тока, напряжения и мощности той электрической цепи, в которой он устанавливается, соответствовали каталожным данным выбираемого аппарата. По исполнению аппараты выбирают в зависимости от условий окружающей

среды, в которой они должны работать. Классификация помещений по условиям окружающей среды приведена в "Правилах устройства электроустановок". Для защиты электродвигателей и сетей от токов короткого замыкания служат автоматические выключатели без выдержки времени и предохранители, а для защиты от перегрузок – автоматы с выдержкой времени и тепловые реле, встроенные в магнитные пускатели.

Защита от токов короткого замыкания обязательна для всех электроприемников, силовых и осветительных электрических сетей. Она должна действовать с минимальной выдержкой времени отключения и обеспечивать избирательность. При кратковременных перегрузках, вызванных пусковыми токами или пиками технологических нагрузок, аппараты защиты не должны отключать электроустановки. Согласно ПУЭ, защита двигателей длительного режима от перегрузки должна устанавливаться в следующих случаях:

- если возможна систематическая перегрузка механизма по технологическим причинам, а также, если при особо тяжелых условиях пуска или самозапуска необходимо ограничить длительность пускового периода при пониженном напряжении;
- в сетях всех видов взрывоопасных помещений и взрывоопасных наружных установках, независимо от технологического процесса;
- в осветительных сетях, жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, а также в пожароопасных производственных помещениях.

Защита от понижения напряжения применяется на всех крупных силовых электроприемниках, не допускающих включения или работы при пониженном напряжении. Защиту от исчезновения напряжения применяют в тех случаях, когда требуется ограничить общую пусковую мощность при самозапуске электродвигателей.

Наиболее распространенными аппаратами защиты в электроустановках напряжением до 1000 В являются плавкие предохранители. Различают плавкие с большой тепловой инерцией, т.е. способностью выдерживать значительные кратковременные перегрузки током, и безинерционные, обладающие малой тепловой инерцией и, следовательно, весьма ограниченной способностью к перегрузкам. К первым относятся все установочные предохранители с винтовой резьбой и свинцовым токопроводящим мостиком, ко вторым – трубчатые предохранители с медным токопроводящим мостиком типа ПР-2, НПН, НПР, КП и др. Номинальный ток плавкой вставки для предохранителей с большой тепловой инерцией определяется только по величине длительного расчетного тока электроприемника или линии $I_{дл}$ из соотношения:

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл}} \quad (3.1)$$

Номинальный ток плавкой вставки для безинерционных предохранителей должен удовлетворять двум условиям, одно из которых соответствует соотношению (3.1), а второе – выражению

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{\alpha} \quad (3.2)$$

где: $I_{\text{м}}$ – максимальная величина, кратковременного тока, А;
 α – коэффициент, величина которого зависит от характеристики предохранителей и режима перегрузки.

Для ответвлений к одиночным двигателям $I_{\text{м}}$ равен пусковому току $I_{\text{пуск}}$. Для цепей, питающих группу электроприемников от магистрали или, силового пункта, ток плавкой вставки

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{кр}}}{\alpha} \quad (3.3)$$

где: $I_{\text{кр}}$ – максимальный кратковременный ток линии

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{пуск}} + I_{\text{дл}} \quad (3.4)$$

$I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток электродвигателя или группы одновременно включаемых электродвигателей, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшей величины, А;

$I_{\text{дл}}$ – длительный расчетный ток линии до момента пуска электродвигателя (группы электродвигателей), определяемый без учета рабочего тока пускаемого двигателя (группы).

Значение коэффициента α , для двигателей с нормальными условиями пуска (относительно редкие пуски и небольшая длительность разгона: 5–10с) принимается равным 2,5.

Для двигателей с тяжелыми условиями пуска (длительность разгона: до 40с) принимается $\alpha = 1,6 - 2,0$. Номинальный ток плавких вставок по шкале выбирают, исходя из наибольшей из двух полученных расчетных величин. Шкала номинальных токов плавких вставок предохранителей: 6, 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300, 350, 430, 500, 600, 700, 850 и 1000 А

Предохранитель, выбранный по этим условиям, обеспечивает нормальную работу проводника при длительном прохождении по нему наибольшего рабочего тока, а также при проявлении в нем кратковременных пусковых токов.

Избирательность (селективность) защиты обеспечивается подбором плавких вставок таким образом, чтобы номинальные токи каждой пары

предохранителей, расположенных в сети последовательно друг за другом различались между собой не менее чем на две ступени. Типы данные плавких предохранителей приведены в приложении

В ответственных установках, когда, предъявляются повышенные требования к условиям бесперебойности питания, вместо плавких предохранителей применяются воздушные автоматические: выключатели (автоматы) с встроенными в них расцепителями. Автоматы серии ВА – 51, А–3700, АВ, "Электрон" осуществляют более совершенную защиту линии и двигателей, чем плавкие предохранители, и одновременно являются коммутационными аппаратами.

Для защиты от коротких замыканий применяются автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями мгновенного действия с выдержкой времени, обеспечивающей условия избирательности. Защита от перегрузки осуществляется:

- тепловыми реле магнитных пускателей;
- тепловыми расцепителями автоматических выключателей;
- электромагнитными расцепителями с часовым механизмом матов с обратозависимой от тока характеристикой
- электромагнитными расцепителями с независимой характеристикой.

Одновременная защита линии от коротких замыканий и является применением комбинированных расцепителей, с элементов: одного для защиты от перегрузки, а другого от короткого замыкания.

Автоматические выключатели серии ВА выпускаются полюсными на ток от 400 до 2000 А в открытом исполнении и рассчитаны на установку в помещениях с нормальной средой. Выключатели изготавливаются как невыдвижные – с передним присоединением шин, так и выдвижные – с втычными контактами с расположением автомата сзади панели. Выключение автоматов серии ВА производится вручную, а при наличии электродвигательного привода – дистанционно. Тип автомата получается обозначение в зависимости от его параметров и особенностей конструкции

Магнитные пускатели выполняют функции:

- дистанционного включения и отключения электроприемников;
- защиты от перегрузки;
- защиты от понижения напряжения и как следствие от самозапуска;
- блокировки с другими аппаратами;
- электрического реверсирования.

Выбор уставом электромагнитных, комбинированных и тепловых расцепителей автоматических выключателей, а также нагревательных

элементов тепловых реле магнитных пускателей производится следующим путем.

1. Номинальный ток электромагнитного или комбинированного расцепителя электромагнитных выключателей I_Δ выбирается по длительному расчетному току линии:

$$I_\Delta \geq I_{дл} \quad (3.5)$$

2. Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя $I_{срз}$ проверяется по максимальному кратковременному току, линии:

$$I_{срз} \geq 1,25 \cdot I_{кр} \quad (3.6)$$

Для ответвления к одиночному электродвигателю максимальный кратковременный ток линии равен пусковому току электродвигателя.

3. Ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратозависимой от тока характеристикой $I_{ср.р}$ определяется по выражению:

$$I_{ср.р} \leq 1,25 \cdot I_{дл} \quad (3.7)$$

4. Номинальный ток теплового расцепителя автомата или нагревательного элемента магнитного пускателя I_T (защита от перегрузки) выбирается только по длительному расчетному току линии:

$$I_T \geq I_{дл} \quad (3.8)$$

3.2. Выбор сечения проводов и кабелей, питающих электропривод

3.2.1. Выбор проводов по нагреву

"Правила устройства электроустановок" рекомендуют производить выбор сечения проводов, токопроводов и кабелей по допустимой длительной токовой нагрузке на проводники. Температура токоведущих жил в нормальном режиме не должна достигать значений, опасный для состояния изоляции. Поэтому выбор сечения проводников в сетях напряжением до 1000 В, прокладываемых в помещениях, тесно связан с выбором плавких вставок и уставок расцепителей автоматических выключателей.

К выбору сечения проводников приступают после определения номинального тока плавкой вставки или тока уставки расцепителя автомата. По условиям нагревания длительным расчетным током:

$$I_{пр} \geq \frac{I_{дл}}{K_n} \quad (3.9)$$

По условию соответствия сечения проводов выбранному току срабатывания максимальной токовой защиты:

$$I_{\text{пр}} > \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{п}}} \quad (3.10)$$

где: $I_{\text{пр}}$ – длительно допустимый ток проводника А;

$I_{\text{дл}}$ – длительно расчетный ток электроприемника или рассматриваемого участка цепи А;

$K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов и кабелей;

K_3 – кратность допустимого длительного тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата;

I_3 – номинальный ток или ток срабатывания защитного аппарата А;

При нормальных условиях прокладки, когда температура среды равна +25°C для проводов и +15°C для кабелей, $K_{\text{п}}=1$ и соотношение (3.9) и (3.10) упрощаются:

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{дл}} \quad (3.11)$$

$$I_{\text{пр}} \geq I_3 \cdot K_3 \quad (3.12)$$

Значения K_3 определяются из следующей таблицы в зависимости от значения тока защитного аппарата I_3 , характера сети, изоляции проводников и условий их прокладки.

Кратность допустимых токов защитных аппаратов

Таблица 3.1

| Ток защитного аппарата I ₃ , А | Кратность допустимых длительных токов | | | |
|--|--|--|----------------------------|---|
| | сети, для которых защита от перегрузки обязательна | | | сети, не требующие защиты от перегрузки |
| | проводники с резиновой изоляцией | | кабели с бумажной изоляции | |
| | взрыво- и пожароопасные помещения, жилые торговые помещения и т.п. | невзрыво- и непожароопасные производственные помещения пром. предприятий | | |
| номинальный ток плавкой вставки предохранителя | 1,25 | 1,0 | 1,0 | 0,33 |
| ток уставки автоматического выключателя | 1,25 | 1,0 | 1,0 | 0,22 |

По наибольшему значению $I_{\text{пр}}$, определенному из выражения (3.12), выбирается сечение провода или кабеля по таблицам длительно допустимых токов нагрузок ПУЭ (глава 1.3).

При выборе проводников необходимо иметь в виду, что для электрических сетей, как правило, должны применяться проводники с алюминиевыми жилами. Правильность выбора защитного аппарата в сетях

с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В проверяется по условию его успешного срабатывания при одновременном коротком замыкании из равенства:

$$I'_3 \geq k \cdot I_n \quad (3.13)$$

где: I'_3 – ток однофазного замыкания А;

I_n – номинальный ток предохранителя или ток уставки автомата, А

k – кратность тока однофазного замыкания к току уставки автомата или номинальному току предохранителя.

Значение коэффициента k приводится в следующей таблице:

Наименьшие допустимые кратности тока короткого замыкания на землю

Таблица 3.2

| Вид защитного аппарата | Кратность тока замыкания | |
|---|---|---|
| | Помещения с нормальной средой | Помещения со взрывоопасной средой |
| Предохранители | $3 \cdot I_n$ | $4 \cdot I_n$ |
| Автоматы с обратной зависимой характеристикой | $3 \cdot I_n$ | $6 \cdot I_n$ |
| Автоматы с электромагнитным расцепителем | $1,4 \cdot I_n$ при $I_n = 100\text{А}$ $1,25 \cdot I_n$ при $I_n > 100\text{А}$ | $1,4 \cdot I_n$ при $I_n < 100\text{А}$ $1,25 \cdot I_n$ при $I_n > 100\text{А}$ |

При ПВ меньше 40% и сечения алюминиевых проводов 10 мм и более ПУЭ рекомендуют приводить кратковременный ток $I_{кр}$ к длительному $I_{дл}$ по формуле:

$$I_{дл} = I_{кр} \cdot \frac{\sqrt{ПВ}}{0,875} \quad (3.14)$$

