**Практическая работа №5 «Расчет и выбор устройств защиты цеховых сетей»**

**Краткие теоретические сведения**. Основными видами защит электрических сетей и электроприемников напряжением до 1 кВ являются защиты от перегрузки и токов короткого замыкания (КЗ). Защита от токов КЗ должна осуществляться для всех электрических сетей и электроприемников.

В качестве аппаратов защиты применяются автоматические выключатели и предохранители.

Для защиты электродвигателей от перегрузки и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз, применяются также тепловые реле магнитных пускателей.

Выбор аппаратов защиты (предохранителей, автоматов) выполняется с учетом следующих основных требований:

1. Номинальный ток и напряжение аппарата защиты должны соответствовать расчетному длительному току и напряжению электрической цепи.
2. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей необходимо выбирать по возможности меньшими по длительным расчетным токам с округлением до ближайшего большего стандартного значения.
3. Аппараты защиты не должны отключать установку при кратковременных перегрузках, возникающих в условиях нормальной ра боты, например, при пусках электродвигателей.
4. Время действия аппаратов защит должно быть по возможности меньшим и должна быть обеспечена селективность (избирательность) действия защиты при последовательном расположении аппаратов защит в электрической цепи.
5. Ток защитного аппарата (номинальный ток плавкой вставки, номинальный ток или ток срабатывания расцепителя автомата) должен быть согласован с допустимым током защищаемого проводника.
6. Аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение в конце защищаемого участка двух- и трехфазных КЗ при всех видах режима работы нейтрали сетей, а также однофазных КЗ в сетях с глухозаземленной нейтралью.

Надежное отключение токов КЗ в сети напряжением до 1 кВ обеспечивается в том случае, если отношение наименьшего однофазного расчетного тока КЗ ($I\_{кз}^{´}$) к номинальному току плавкой вставки предохранителя (*I*н.вст) или расцепителя автоматического выключателя (*I*н.р), имеющего обратнозависимую от тока характеристику будет не менее 3, а во взрывоопасных зонах соответственно:

$$\frac{I\_{кз}^{´}}{I\_{н.вст}}\geq 4; \frac{I\_{кз}^{´}}{I\_{н.р}}\geq 6. (1)$$

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), для автоматов с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки тока мгновенного срабатывания (*I*ср.р) должна быть не менее 1,4, а для автоматов с номинальным током более 100 А – не менее 1,25.

Однако, в сетях, защищаемых только от токов КЗ (не требующих защиты от перегрузки), за исключением протяженных сетей, допускается не выполнять расчетной проверки кратности токов КЗ к токам защитных аппаратов, если обеспечено согласование защитного аппарата с допустимым током защищаемого проводника.

## Выбор плавких вставок предохранителей

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя определяется по величине длительного расчетного тока (*I*р):

$I\_{н.вст}$  *I*p , (2)

и по условию перегрузок пиковыми токами:

$$I\_{н.вст}\geq \frac{I\_{п}}{α}, (3)$$

где *I*п – пиковый (максимальный кратковременный) ток, А;

** – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки;

**  2,5 – для легких пусков с длительностью пуска до 5 с, а также при редких пусках (насосы, вентиляторы, станки и т.п.) и при защите магистрали;

**  2 – для тяжелых условий пуска, а также при частых (более15 раз в час) пусках (краны, дробилки, центрифуги и т.п.);

**  1,6 – для ответственных электроприемников.

При выборе предохранителя для одиночного электроприемника в качестве *I*р принимается его номинальный ток *i*н, а в качестве *I*п – пусковой ток *i*пуск**.**

Для линий, питающих группу электроприемников, максимальный пиковый ток определяется:

$$I\_{пик}=I\_{пуск}^{´}+I\_{р}^{´}, (4)$$

где $I\_{пуск}^{´}$ – пусковой ток электроприемника или группы одновременно включаемых электроприемников, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшей величины, А;

$I\_{р}^{´}$ – длительный расчетный ток, определяемый без учета рабочего тока пускаемых электроприемников, А.

При отсутствии данных о количестве одновременно пускаемых электроприемников пиковый ток линии может быть определен по формуле:

$$I\_{пик}=i\_{п.max}+\left(I\_{р}-k\_{и}∙i\_{н.п}\right), (5)$$

где $i\_{п.max}$ – наибольший пусковой ток электроприемника группы, А;

*I*p – расчетный по нагреву ток группы электроприемников, А;

$i\_{н.п}$ – номинальный ток электроприемника с наибольшим пусковым током, А;

$k\_{и}$ – коэффициент использования электроприемника с наибольшим пусковым током.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление к сварочному аппарату, выбирается из соотношения:

$$I\_{н.вст}\geq 1,2∙i\_{н.с}∙\sqrt{ПВ}, (6)$$

где $i\_{н.с}$ – номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения (ПВ).

Допускается *I*н.вст для сварочного аппарата принимать равным допустимому току провода, питающего сварочный аппарат.

Выбранные плавкие вставки должны обеспечивать также селективность (избирательность) срабатывания. Это значит, что при КЗ на каком-либо участке сети должна перегореть плавкая вставка предохранителя только этого поврежденного участка. В общем случае защита считается селективной, когда характеристики срабатывания аппаратов защиты последовательно расположенных в цепи с учетом зон разброса характеристик не пересекаются.

Учитывая, что разница во времени срабатывания плавких вставок с ростом тока КЗ и в области больших токов КЗ уменьшается, а также тот фактор, что с многократным повторением циклов нагрева время срабатывания предохранителя высшей ступени может уменьшаться, то для обеспечения селективности срабатывания каждый предохранитель на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь плавкую вставку не менее, чем на две ступени выше, чем предыдущий.

## Задание № 1.

Рассчитать токи электроприемников и выбрать плавкие предохранители в распределительном шкафу, схема которых приведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема распределительной сети

Таблица 1 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ вар.** | **М1** | **М2** | **М3** | **М4** | **М5** | **М6** |
| 1 | АИР100S2У3 | АИР180S2У3 | АИР160М4У3 | АИР180S4У3 | АИР160М8У3 | АИР112МВ8У3 |
| 2 | АИР180М6У3 | АИР180S4У3 | АИР112М4У3 | АИР160М2У3 | АИР112МВ6У3 | АИР90L4У3 |
| 3 | АИР200L6У3 | АИР100L4У3 | АИР100S4У3 | АИР132S4У3 | АИР80В2У3 | АИР80В4У3 |
| 4 | АИР200L4У3 | АИР160М4У3 | АИР200L6У3 | АИР71В2У3 | АИР80В4У3 | АИР112М4У3 |
| 5 | АИР225М6У3 | АИР132S6У3 | АИР200L6У3 | АИР112М4У3 | АИР112М4У3 | АИР90L4У3 |
| 6 | АИР112МВ8У3 | АИР132S6У3 | АИР100S2У3 | АИР200L6У3 | АИР112МВ6У3 | АИР112М4У3 |
| 7 | АИР160М8У3 | АИР160М2У3 | АИР100L4У3 | АИР180М6У3 | АИР250S2У3 | АИР200L4У3 |
| 8 | АИР180S4У3 | АИР112М4У3 | АИР132S4У3 | АИР225М6У3 | АИР160М4У3 | АИР180S2У3 |
| 9 | АИР100S4У3 | АИР160М4У3 | АИР112МВ8У3 | АИР200L6У3 | АИР160М2У3 | АИР200L6У3 |
| 10 | АИР71В2У3 | АИР80В2У3 | АИР180М6У3 | АИР100S4У3 | АИР160М8У3 | АИР112М4У3 |
| 11 | АИР200L4У3 | АИР132S4У3 | АИР160М4У3 | АИР180S2У3 | АИР112М4У3 | АИР112М4У3 |
| 12 | АИР112МВ6У3 | АИР250S2У3 | АИР160М2У3 | АИР80В2У3 | АИР100L4У3 | АИР90L4У3 |
| 13 | АИР112МВ8У3 | АИР100S4У3 | АИР71В2У3 | АИР200L4У3 | АИР180М6У3 | АИР132S6У3 |
| 14 | АИР160М8У3 | АИР160М4У3 | АИР112М4У3 | АИР250S2У3 | АИР100S2У3 | АИР132S4У3 |
| 15 | АИР132S6У3 | АИР225М6У3 | АИР200L6У3 | АИР160М4У3 | АИР80В2У3 | АИР80В4У3 |

**Выбор автоматических выключателей**

Номинальные токи автоматического выключателя и расцепителя выбирают по длительному расчетному току линии:

$$I\_{н.а}\geq I\_{р}, \left(7\right)$$

$$I\_{н.р}\geq I\_{р}. (8)$$

Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного или комбинированного расцепителя (*I*ср.р) проверяется по пиковому току линии *I*пик:

$I\_{ср.р}\geq 1,25∙I\_{пик}$, (9)

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя устанавливается изготовителем в зависимости от $I\_{н.р}$:

$$I\_{ср.р}=k\_{то}∙I\_{н.р},$$

где $k\_{то}$ – кратность тока отсечки.

С учетом (9) расчетное значение кратности тока отсечки опре деляется по выражению:

$$k\_{то}\geq \frac{1,25∙I\_{пик}}{I\_{н.р}}, (10)$$

Селективность срабатывания последовательно включенных автоматических выключателей обеспечивается в тех случаях, когда их защитные характеристики не пересекаются. При отсутствии защитных характеристик каждый автомат на схеме сети по мере приближения к ИП должен иметь номинальный ток расцепителя не менее, чем на ступень выше, чем предыдущий.

## Задание № 2

Рассчитать токи электроприемников и выбрать автоматические выключатели в распределительном шкафу серии ПР8501 (рис. 2).



Рисунок 2 –Схема распределительной сети

Таблица 2 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ вар.** | **Р1** | **Р2** | **Р3** | **Р4** | **Р5** | **Р6** |
| 1 | АИР100S2У3 | АИР180S2У3 | АИР160М4У3 | АИР180S4У3 | АИР160М8У3 | АИР112МВ8У3 |
| 2 | АИР180М6У3 | АИР180S4У3 | АИР112М4У3 | АИР160М2У3 | АИР112МВ6У3 | АИР90L4У3 |
| 3 | АИР200L6У3 | АИР100L4У3 | АИР100S4У3 | АИР132S4У3 | АИР80В2У3 | АИР80В4У3 |
| 4 | АИР200L4У3 | АИР160М4У3 | АИР200L6У3 | АИР71В2У3 | АИР80В4У3 | АИР112М4У3 |
| 5 | АИР225М6У3 | АИР132S6У3 | АИР200L6У3 | АИР112М4У3 | АИР112М4У3 | АИР90L4У3 |
| 6 | АИР112МВ8У3 | АИР132S6У3 | АИР100S2У3 | АИР200L6У3 | АИР112МВ6У3 | АИР112М4У3 |
| 7 | АИР160М8У3 | АИР160М2У3 | АИР100L4У3 | АИР180М6У3 | АИР250S2У3 | АИР200L4У3 |
| 8 | АИР180S4У3 | АИР112М4У3 | АИР132S4У3 | АИР225М6У3 | АИР160М4У3 | АИР180S2У3 |
| 9 | АИР100S4У3 | АИР160М4У3 | АИР112МВ8У3 | АИР200L6У3 | АИР160М2У3 | АИР200L6У3 |
| 10 | АИР71В2У3 | АИР80В2У3 | АИР180М6У3 | АИР100S4У3 | АИР160М8У3 | АИР112М4У3 |
| 11 | АИР200L4У3 | АИР132S4У3 | АИР160М4У3 | АИР180S2У3 | АИР112М4У3 | АИР112М4У3 |
| 12 | АИР112МВ6У3 | АИР250S2У3 | АИР160М2У3 | АИР80В2У3 | АИР100L4У3 | АИР90L4У3 |
| 13 | АИР112МВ8У3 | АИР100S4У3 | АИР71В2У3 | АИР200L4У3 | АИР180М6У3 | АИР132S6У3 |
| 14 | АИР160М8У3 | АИР160М4У3 | АИР112М4У3 | АИР250S2У3 | АИР100S2У3 | АИР132S4У3 |
| 15 | АИР132S6У3 | АИР225М6У3 | АИР200L6У3 | АИР160М4У3 | АИР80В2У3 | АИР80В4У3 |

**Выбор магнитных пускателей**

Электромагнитный пускатель – это коммутационный аппарат, который предназначен для управления и защиты электродвигателей переменного тока.

В исполнении с тепловыми реле пускатели также защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Номинальные токи магнитных пускателей выбирают по длительному расчетному току:

*I*н.мп  *I*p. (11)

Номинальные токи тепловых реле выбирают по длительному расчетному току:

*I*н.т  *I*p . (12)

*I*н.т  14 А .

## Задание № 3

Рассчитать ток и выбрать уставки тепловых реле магнитных пускателей для защиты электродвигателей от перегрузки.

Таблица 3 – Технические данные электродвигателей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ варианта** | **Тип электродвигателя** | **Pн****кВт** | **cosн** | **н,****%** |
| 1 | 4А71А4У3 | 0,55 | 0,7 | 70,5 |
| 2 | 4А71В4У3 | 0,75 | 0,73 | 72,0 |
| 3 | 4А80А4У3 | 1,1 | 0,81 | 75,0 |
| 4 | 4А80В4У3 | 1,5 | 0,83 | 77,0 |
| 5 | 4А90L4У3 | 2,2 | 0,83 | 80,0 |
| 6 | 4А100S4У3 | 3,0 | 0,83 | 82,0 |
| 7 | 4А100L4У3 | 4,0 | 0,84 | 84,0 |
| 8 | 4А132S4У3 | 7,5 | 0,86 | 87,5 |
| 9 | 4А132М4У3 | 11,0 | 0,87 | 87,5 |
| 10 | 4А160S4У3 | 15,0 | 0,88 | 88,5 |
| 11 | 4А160М4У3 | 18,5 | 0,88 | 89,5 |
| 12 | 4А180S4У3 | 22,0 | 0,9 | 90,0 |
| 13 | 4А180М4У3 | 30,0 | 0,89 | 91,0 |
| 14 | 4А200М4У3 | 37,0 | 0,9 | 91,0 |
| 15 | 4А200L4У3 | 45,0 | 0,90 | 92,0 |