**МДК 01.03 ЭиЭО**

**Контрольная работа №1**

## 2.1. Задание контрольной работы №1

Задание к контрольной работе состоит из двух частей:

1. Произвести расчет и выбор аппаратуры в релейно-контакторной схеме управления электроприводом асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (рис. 2.1) в соответствии с техническими данными двигателя. Двигатель выбирается из табл. 2.1 в соответствии с номером варианта (выдается преподавателем).

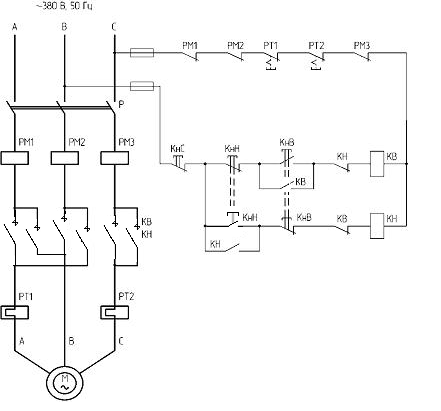
  
  
Рис. 2.1. Принципиальная схема реверсивного пуска асинхронного   
короткозамкнутого электродвигателя с реверсом скорости

Таблица 2.1

Технические данные асинхронных двигателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  варианта | Типоразмер | Мощность, кВт | Скольжение s,% | КПД, % | cosφ | Ммакс/Мном | Мпуск/Мном | Iпуск/Iном |
| Синхронная скорость вращения 3000 об/мин | | | | | | | | |
| 1 | 4А160M2У3 | 18.5 | 2.3 | 88.5 | 0.92 | 2.2 | 1.4 | 7.5 |
| 2 | 4А180S2У3 | 22 | 2 | 88.5 | 0.91 | 2.2 | 1.4 | 7.5 |
| 3 | 4А160M2У3 | 30 | 1.9 | 90.5 | 0.9 | 2.2 | 1.4 | 7.5 |
| 4 | 4А200M2У3 | 37 | 1.9 | 90 | 0.89 | 2.2 | 1.4 | 7.5 |
| 5 | 4А200L2У3 | 45 | 1.8 | 91 | 0.9 | 2.2 | 1.4 | 7.5 |
| 6 | 4А225M2У3 | 55 | 2.1 | 91 | 0.92 | 2.2 | 1.2 | 7.5 |
| 7 | 4А250S2У3 | 75 | 1.4 | 91 | 0.89 | 2.2 | 1.2 | 7.5 |
| 8 | 4А280M2У3 | 90 | 1.4 | 92 | 0.9 | 2.2 | 1.2 | 7.5 |
| 9 | 4А250S2У3 | 110 | 2 | 91 | 0.98 | 2.2 | 1.2 | 7 |
| Синхронная скорость вращения 1500 об/мин | | | | | | | | |
| 10 | 4А160M4У3 | 18.5 | 2.7 | 90 | 0.88 | 2.2 | 1.4 | 7 |
| 11 | 4А180S4У3 | 22 | 2 | 90 | 0.9 | 2.2 | 1.4 | 7 |
| 12 | 4А180M4У3 | 30 | 2 | 91 | 0.89 | 2.2 | 1.4 | 7 |
| 13 | 4А200M4У3 | 37 | 1.7 | 91 | 0.9 | 2.2 | 1.4 | 7 |
| 14 | 4А200L4У3 | 45 | 1.8 | 92 | 0.9 | 2.2 | 1.4 | 7 |
| 15 | 4А225M4У3 | 55 | 2 | 92.5 | 0.9 | 2.2 | 1.2 | 7 |
| 16 | 4А250S4У3 | 75 | 1.4 | 93 | 0.9 | 2.2 | 1.2 | 7 |
| 17 | 4А250M4У3 | 90 | 1.3 | 93 | 0.91 | 2.2 | 1.2 | 7 |
| 18 | 4А250S4У3 | 110 | 2.3 | 92.5 | 0.9 | 2 | 1.2 | 7 |
| 19 | 4А280M4У3 | 132 | 2.3 | 93 | 0.9 | 2 | 1.2 | 6.5 |

**Примечание.** Питание двигателей осуществляется от трехфазной сети промышленной частоты f = 50Гц и номинальным напряжением Uном.сети = 380 В.

На рис. 2.1 представлена принципиальная схема управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем с реверсом скорости при помощи реверсивного магнитного пускателя. При включенном рубильнике Р схема подготовлена к работе.

Для пуска двигателя в нужном направлении, например вперед, необходимо нажать кнопку КнВ. При этом включается группа контактов КВ магнитного пускателя и присоединяет двигатель к сети. Одновременно замыкающий блок-контакт КВ блокирует кнопку КнВ. Для остановки двигателя необходимо нажать кнопку КнС, которая отключит контакты магнитного пускателя, и двигатель будет отсоединен от сети.

Для пуска двигателя в обратном направлении необходимо нажать кнопку КнН, которая включит группу контактов КН. Две фазы статора двигателя (А и В) поменяются местами, и он начнет вращаться в обратном направлении. Если нажать кнопку КнН при включенных контактах КВ, то размыкающий контакт этой кнопки отключит контакты КВ, после чего включатся контакты КН. В результате произойдет торможение противовключением с последующим реверсом двигателя.

Защита двигателя осуществляется с помощью максимальных токовых реле РМ1, РМ2, РМ3 и тепловых реле РТ1 и РТ2. При срабатывании любого из реле размыкается его контакт в цепи контакторов в схеме управления. Последние отключаются и отсоединяют двигатель от сети. В схеме используются кнопки с двумя контактами – замыкающим и размыкающим. Эти контакты включены в разные цепи, обеспечивая надежную электрическую блокировку.

2. Произвести расчет и выбор аппаратуры для защиты системы   
ПЧ-АД (асинхронный двигатель выбирается в соответствии с первой частью задания).

Принципиальная схема защиты преобразователя частоты (ПЧ) с автономным инвертором напряжения (АИН) представлена на рис. 2.2.

Технические данные некоторых серий отечественных преобразователей частоты приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Технические данные электроприводов серии ТРИОЛ-АТ04

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Полная мощность ПЧ Sн.печи, кВА | Номинальная мощность двигателя Pн, кВт | Питающая сеть.  Выходное напряжение | Номинальный ток нагрузки, А | Выходная частота f2, Гц | Ток перегрузки Iмакс.пч, А |
| АТ04-5,5 | 7,5 | 5,5 | 3 × 380  (415, 440)  3×(0 … 380) | 11 | 1-50  (1-100) | 13,2 |
| АТ04-7,4 | 10 | 7,5 | 15 | 18 |
| АТ04-11 | 15 | 7,5/11 | 22 | 26,4 |
| АТ04-15 | 18 | 11/15 | 30 | 36 |
| АТ04-22 | 28 | 17/18,5/22 | 45 | 54 |
| АТ04-37 | 45 | 30/37 | 75 | 90 |
| АТ04-55 | 72 | 45/55 | 110 | 132 |
| АТ04-75 | 100 | 75 | 150 | 180 |
| АТ04-90 | 120 | 90 | 180 | 216 |
| АТ04-110 | 145 | 90/110 | 220 | 264 |
| АТ04-132 | 175 | 110/132 | 264 | 316,8 |
| АТ04-160 | 210 | 160 | 320 | 384 |
| АТ04-200 | 260 | 180/200 | 400 | 480 |
| АТ04-250 | 330 | 250 | 500 | 600 |
| АТ04-315 | 400 | 315 | 630 | 756 |

  
  
Рис. 2.2. Принципиальная схема системы ПЧ-АД

**Примечание.**Питание электроустановки осуществляется от трехфазной сети промышленной частоты f=50 Гц и номинальным напряжением Uном.сети=380 В.

Указанные частотно регулируемые электроприводы имеют следующие общие технические характеристики (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Общие технические характеристики ТРИОЛ-АТ04

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное напряжение питающей сети Uном.сети, В | 380, (415, 440) |
| Выходное напряжение U2, В | 0–380 |
| Выходная частота f2, Гц | 1–50 (100) |
| Ток перегрузки Iмакс.пч в течение 120 с | 120% от Iн.пч |
| Ток перегрузки Iмакс.пч в течение 150 с | 150% от Iн.пч |
| КПД ηпч (без учета электродвигателя) | 0,95 |
| сosφ сети, не менее | 0,95 |

## 2.2. Методика расчета

В промышленности в настоящее время применяются следующие виды защит:

* максимально- и минимально-токовая;
* тепловая;
* от исчезновения напряжения;
* нулевая и ряд других зашит.

К любой защите предъявляется ряд обязательных требований, без соответствия которым защита не может считаться надежной и безопасной. Речь идет о следующих требованиях:

* селективность – это способность защитных устройств отключать только поврежденные участки электрической цепи;
* максимальное быстродействие – позволяет резко снизить последствия аварии, сохранить устойчивость системы при аварийных режимах, обеспечить высокое качество электроэнергии;
* чувствительность – минимальное значение входного параметра, при котором происходит срабатывание защиты.

Кроме того, любая защита должна быть по возможности помехоустойчивой, простой в настройке и обслуживании.

Для реализации упомянутых выше защит используют предохранители, автоматические выключатели, тепловые реле, максимальные и минимальные токовые реле, реле напряжения и другие аппараты.

### 2.2.1. Выбор рубильников и автоматических выключателей

Рубильники применяются для ручного отключения силовых цепей с созданием видимого разрыва цепи. Рубильники могут выполняться как с дугогасительным устройством, так и без него.

В первом случае рубильники позволяют осуществлять коммутацию цепей под нагрузкой. К таким рубильникам относятся рубильники серий РП, РПЦ, РПБ, ППЦ. Во втором случае рубильники применяются только в качестве разъединителей, т.е. для коммутации предварительно обесточенных цепей. К рубильникам второй группы относят, например, рубильники серий Р и П.

Выбор рубильников необходимо осуществлять, исходя из следующих условий:

* Uном ≥ Uном.сети;
* Iном ≥ Iпрод.расч;
* Iоткл.доп ≥ Iраб τ (в случае, если рубильник имеет дугогасительные камеры или разрывные контакты)

В указанных выше соотношениях представлены следующие обозначения: Uном–номинальное напряжение, на которое рассчитан рубильник; Uном.сети – номинальное напряжение сети; Iном – номинальный ток контактов рубильника; Iпрод.расч – продолжительно допустимый ток проводника; Iоткл.доп – предельно допустимое значение тока отключения; Iрабτ – рабочий ток цепи в момент начала расхождения дугогасительных контактов аппарата.

Технические данные некоторых трехполюсных переключателей-разъединителей представлены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Технические данные переключателей-разъединителей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Тип | Номинальное напряжение | Номинальный ток, А | |
| постоянный | переменный |
| Переключатели-разъединители с центральной рукояткой | П31 | 380~  220= | 100 | 100 |
| П32 | 250 | 250 |
| П34 | 400 | 400 |
| Переключатели-разъединители с центральным рычажным  приводом | ППЦ-31 | 100 | 100 |
| ППЦ-32 | 250 | 250 |
| ППЦ-34 | 400 | 400 |
| ППЦ-36 | 600 | 600 |
| Переключатели-разъединители с центральной рукояткой | П2115/2 | 800 | 800 |
| П2315/2 | 1500 | 1500 |
| П2515/2 | 3000 | 3000 |
| Переключатели-разъединители с центральной цапфой | П2545/2 | 3000 | 3000 |
| П2745/2 | 5000 | 5000 |
| Переключатели-разъединители с центральным рычажным  приводом | П2126/2 | 800 | 800 |
| П2326/2 | 1500 | 1500 |
| П2525/2 | 3000 | 3000 |
| П2725/2 | 5000 | 5000 |

Таким образом, были описаны основные условия выбора рубильников, переключателей-разъединителей. Кроме рубильников, в настоящее время получили широчайшее распространение автоматические выключатели (автоматы), которые сочетают в себе как функции рубильников, т.е. подключение и отключение силовых цепей к питающим, так и функции защиты от различных аварийных режимов (режимов КЗ, снижения и исчезновения напряжения, изменения направления тока, перенапряжения и др.).

Как стало ясно, в автомате предусмотрены определенные устройства защиты, по сигналу которых происходит воздействие на удерживающий элемент аппарата и, как следствие, происходит освобождение его подвижной системы, которая при срабатывании отключает потребитель от сети. Эти устройства получили название расцепителей. Выделяют несколько наиболее распространенных видов расцепителей:

* тепловые;
* электромагнитные;
* полупроводниковые.

Кроме того, так как автоматические выключатели обеспечивают функции коммутации силовых цепей, следует отметить, что в любом автоматическом выключателе конструкцией предусмотрена дугогасительная система.

Автоматы выбирают по номинальному току, номинальному напряжению, частоте питающего напряжения, роду тока. Кроме того, учитывается максимально допустимый ток короткого замыкания. Уставки токов расцепителей определяют по следующим соотношениям:

1. Для силовых одиночных электроприемников:
   * ток уставки теплового расцепителя

Iт ≥ 1,25Iн;

* + ток уставки электромагнитного расцепителя

Iэм ≥ 1,2Iпуск,

где Iн – номинальный ток электроприемника;

Iпуск – пусковой ток электроприемника (в нашем случае это ток перегрузки ПЧ макс.пч).

1. Для группы силовых (двигательных) электроприемников соответственно:
   * ток уставки теплового расцепителя

Iт ≥ 1,1Imax;

* + ток уставки электромагнитного расцепителя

Iэм ≥ 1,2(Iпуск + Imax),

где Imax – наибольший суммарный ток группы электроприемников в номинальном режиме.

Следует различать номинальный ток самого автомата – его контактов и прочих токоведущих частей – и номинальный ток встроенного в него расцепителя. Для большинства автоматов на один и тот же номинальный ток возможна установка расцепителей на меньшие номинальные токи. И такие случаи иногда встречаются на практике.

Технические данные некоторых серий автоматических трехполюсных выключателей приведены ниже (табл. 2.5–2.7).

Таблица 2.5

Технические данные автоматов серии А3700 токоограничивающих   
с электромагнитными расцепителями

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип выклю­чателя | Род тока | ƒ, Гц | Uном | Номинальный ток, А | | Уставка по току срабатывания расцепителя, А |
| выключателя | расцепителя |
| А3712Б | ~ | 50, 60 | 380, 660 | 160 | 160 | 630, 1000, 1600 |
| А3722Б | ~ | 50, 60 | 380, 660 | 250 | 250 | 1600, 2000, 2500 |
| А3732Б | ~ | 50, 60 | 380, 660 | 400 | 400 | 2500, 3200, 4000 |
| А3742Б | ~ | 50, 60 | 380, 660 | 630 | 630 | 4000, 5000, 6300 |

Таблица 2.6

Технические данные автоматов серии А3700 токоограничивающих   
с электромагнитными и тепловыми расцепителями

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Род тока | ƒ, Гц | Uном, В | Номинальный ток, А | | | Уставка по току  срабатывания, А | |
| выключателя | электромагнитного расцепителя | теплового расцепителя | теплового расцепителя | электромагнитного расцепителя |
| А3716Б | ~ | 50, 60 | 380, 660 | 160 | 160 | 16 | 18 | 630 |
| 20 | 23 |
| 25 | 29 |
| 32 | 37 | 630, 1600 |
| 40 | 46 |
| 50 | 57 |
| 63 | 72 |
| 80 | 92 |
| 100 | 115 |
| 125 | 145 |
| 160 | 185 |
| А3726Б | ~ | 50, 60 | 380, 660 | 250 | 250 | 160 | 185 | 2500 |
| 200 | 230 |
| 250 | 290 |
| А3736Б | ~ | 50, 60 | 380, 660 | 400 | 400 | 250 | 290 | 2500 |
| 320 | 370 | 3200 |
| 400 | 460 | 4000 |

Таблица 2.7

Технические данные автоматов серии А, АП, АЕ, АК

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номинальный ток, А | | Род расцепителя | Уставка на ток мгновенное срабатывания, А |
| выключателя | расцепителя |
| A3163 | 50 | 40-50 | Тепловой | – |
| A3114/1  А3114/5 | 100 | 15-100 | Комбинированный, электромагнитный | 150–1000 |
| А3124 | 100 | 15-100 | Электромагнитный | 430–600; 800 |
| А3134 | 200 | 200 | Электромагнитный | 840; 1050; 1400 |
| А3144 | 600 | 600 | Электромагнитный | 1750-4200 |
| АП50-3МТ | 50 | 1,6-50 | Комбинированный | 11*Iн*  7*Iн*  3.5*Iн*н |
| АП50-3М | Электромагнитный |
| АП50-3Т | Тепловой | – |
| АП50-3 |  | Без расцепителя |  |
| АЕ-2010 | 25 | 0,32-1,6 | Комбинированный | – |
| 8-10 | Тепловой |
| АЕ-2030 | 25 | 0,6-1,6 | Комбинированный |
| 2-12,5 | Комбинированный |
| 2-4 | Тепловой |
| 5-12,5 | Тепловой |
| 16-25 | Комбинированный |
| АЕ-2040 | 25 | 10-12,5 | Комбинированный |
| 16-25 | Комбинированный |
| АЕ-2050 | 63 | 16-25 | Комбинированный |  |
| 32-63 | Комбинированный |
| 100 | 50-100 | Комбинированный |
| АК-50 | 50 | 0,6; 0,8;  …; 40; 45; 50 | Электромагнитный с замедлением  и без него | 1.35*Iн*  5*Iн*  7*Iн*  10*Iн* |
| АК-63 | 63 | 0,63; 0,8; …; 63 | Электромагнитный с замедлением  и без него | 1.35*Iн*  3*Iн*  14*Iн* |

### 2.2.2. Выбор максимальных токовых реле

Реле максимального тока применяется в качестве защиты от коротких замыканий и ненормальных увеличений тока. Преимущества защиты, построенной на максимально-токовых реле, перед плавкими предохранителями состоит в том, что эта защита обладает многократностью действия, обеспечивая одновременное отключение всех трех фаз главной цепи, позволяет осуществить четкую отстройку защиты от пусковых и тормозных токов двигателя без снижения быстродействия и надежности срабатывания даже при малых кратностях тока короткого замыкания.

Для защиты от коротких замыканий в главных цепях двигателя с короткозамкнутым ротором катушки максимальных реле включаются во все три фазы статора. Наличие трех реле позволяет обеспечить в сетях 380 В с заземленной нейтралью защиту от однофазных замыканий на землю. В сетях же с изолированной нейтралью можно ограничиться включением реле в две фазы. При этом в пределах одной и той же установки защиту следует осуществлять в одних и тех же фазах.

К основным техническим данным реле относятся:

* номинальный ток реле Iном.р – наибольший длительно допустимый ток через катушку реле, не приводящей к его срабатыванию;
* ток срабатывания реле Iсраб.р– наименьший ток, при котором происходит срабатывание реле;
* ток уставки реле Iуст.р – значение тока Iсраб.р, на которое настраивается реле;
* ток возврата Iвозв.р – наибольший ток, при котором якорь реле возвращается в исходное состояние после срабатывания;
* коэффициент возврата k*в* – отношение Iвозв.р/Iсраб.р. Чем ближе к единице значение k*в*, тем в более узких пределах реле будет осуществлять контроль входного параметра.

Можно рекомендовать следующий порядок выбора максимальных токовых реле:

1. Выбираем ток уставки реле в зависимости от типа асинхронного двигателя:

* с короткозамкнутым ротором – Iуст.р= (1,2 *÷* 1,3) Iпуск.дв;
* с фазным ротором – Iуст.р= (2,25 *÷* 2,5) Iном.дв.

2. Выбираем номинальный ток реле Iном.р:

Iном.р ≥ Iном.дв.

В настоящее время промышленностью освоен выпуск различных серий максимально-токовых реле. Это реле таких серий, как РТ-40, РТ-140, РЭО-401. Кроме того, существуют максимальные токовые реле с выдержкой времени на срабатывание, такие как РТ-80 и многие другие.

Реле данных серий имеют достаточно широкий диапазон регулирования уставок срабатывания, высокий коэффициент возврата и достаточно малое время срабатывания.

Основные технические данные реле серий РТ-40 и РТ-140 представлены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Основные технические данные реле серий РТ-40 и РТ-140

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Пределы уставки на ток  срабатывания реле, А | | Номинальный ток, А | | Потребляемая мощность  при токе  минимальной уставки, В⋅А |
| Соединение катушек | | Соединение катушек | |
| последова­тельное | параллельное | последова­тельное | параллельное |
| РТ-40/0,2 | 0,05–0,1 | 0,1–0,2 | 0,4 | 1,0 | 0,2 |
| РТ-40/0,6 | 0,15–0,3 | 0,3–0,6 | 1,6 | 2,5 | 0,2 |
| РТ-40/2 | 0,5–1 | 1–2 | 2,5 | 6,3 | 0,2 |
| РТ-40/6 | 1,5–3 | 3–6 | 10 | 16 | 0,5 |
| РТ-40/10 | 2,5–5 | 5–10 | 16 | 16 | 0,5 |
| РТ-40/20 | 5–10 | 10–20 | 16 | 16 | 0,5 |
| РТ-40/50 | 12,5–25 | 25–50 | 16 | 16 | 0,8 |
| РТ-40/100 | 25–50 | 50–100 | 16 | 16 | 1,8 |
| РТ-40/200 | 50–100 | 100–200 | 16 | 16 | 8 |
| РТ-140/0,2 | 0,05–0,1 | 0,1–0,2 | 0,4 | 1,0 | 0,2 |
| РТ-140/0,6 | 0,15–0,3 | 0,3–0,6 | 1,6 | 2,5 | 0,2 |
| РТ-140/2 | 0,5–1 | 1–2 | 2,5 | 6,3 | 0,2 |
| РТ-140/6 | 1,5–3 | 3–6 | 10 | 16 | 0,5 |
| РТ-140/10 | 2,5–5 | 5–10 | 16 | 16 | 0,5 |
| РТ-140/20 | 5–10 | 10–20 | 16 | 16 | 0,5 |
| РТ-140/50 | 12,5–25 | 25–50 | 16 | 16 | 0,8 |
| РТ-140/100 | 25–50 | 50–100 | 16 | 16 | 1,8 |
| РТ-140/200 | 50–100 | 100–200 | 16 | 16 | 8 |

Отличие между сериями РТ-40 и РТ-140 состоит лишь в том, что последнее выполняется в унифицированном корпусе «Сура», в остальном же эти серии идентичны.

Ниже представлены технические данные максимальных токовых реле серии РЭО-401. Хотя эти реле и предназначены для защиты асинхронных двигателей с фазным ротором, их все же можно использовать и для защиты асинхронных короткозамкнутых двигателей. Здесь основное условие – удовлетворение условиям выбор реле по току, которые были указаны выше.

Технические данные максимальных токовых реле серии РЭО-401 приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Основные технические данные реле серии РЭО-401

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип | Номинальный ток, А | Пределы регулирования тока срабатывания электромагнита, А |
| РЭО-401 | 2,5 | 3,3–10 |
|  | 4 | 5,2–16 |
|  | 6 | 8–24 |
|  | 10 | 13–40 |
|  | 16 | 21–64 |
|  | 25 | 33–100 |

Окончание табл. 2.9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип | Номинальный ток, А | Пределы регулирования тока срабатывания электромагнита, А |
|  | 40 | 52–160 |
|  | 63 | 82–252 |
|  | 100 | 130–400 |
|  | 160 | 210–640 |
|  | 250 | 325–1000 |
|  | 320 | 420–1280 |

### 2.2.3. Выбор магнитных пускателей

Магнитный пускатель – это электрический аппарат, предназначенный для пуска, остановки, реверсирования и защиты асинхронных электродвигателей. Его практически единственное отличие от контакторов – наличие защиты от токовых перегрузок (тепловые реле). Выбор магнитных пускателей осуществляется исходя из следующих условий:

* + Uном ≥ Uном.сети;
  + Iном ≥ Iпрод.расч;
  + Iпред ≥ Iпуск.дв;
  + Выбор теплового реле.

В указанных выше соотношениях представлены следующие обозначения: Uном – номинальное напряжение, на которое рассчитан магнитный пускатель; Uном.сети – номинальное напряжение сети; Iном –номинальный ток магнитного пускателя; Iпрод.расч – расчетный ток продолжительного режима (в нашем случае это номинальный ток двигателя Iном.дв); Iпред – предельный включаемый и отключаемый ток.

Технические данные некоторых серий магнитных пускателей приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Технические данные магнитных пускателей

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | ПМЕ-000 | ПМЕ-10 | ПМЕ-200 | ПАЕ-300 | ПАЕ-400 | ПАЕ-500 | ПАЕ-600 |
| Номинальный ток, А, при 380/500 В | 3/1,5 | 10/6 | 25/14 | 40/21 | 63/35 | 110/61 | 146/80 |
| Предельный включаемый и отключаемый ток, А, при 380 В и cosφ = 0,4 | 30 | 100 | 280 | 400 | 630 | 1000 | 1500 |
| Пусковая  мощность, потребляемая обмоткой, В⋅А | 65 | 130 | 160 | 260 | 465 | 800 | 3400 |
| Номинальная мощность  обмотки, В⋅А | 3,6 | 6 | 8 | 17 | 20 | 26 | 38 |

Магнитные пускатели серии ПМЕ – это пускатели с прямоходовой магнитной системой и управлением на переменном токе. Напряжение от 36 до 500 В. Используются для управления асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором. Выпускаются в открытом, защищенном и пылебрызгонепроницаемом исполнениях, с тепловыми реле и без них, бывают реверсивными и нереверсивными.

Магнитные пускатели серии ПАЕ – это пускатели с управлением на переменном токе. Применяются преимущественно в станкостроении.

Выпускаются в открытом, защищенном исполнении, бывают реверсивными, нереверсивными, с тепловой защитой и без нее.

### 2.2.4. Выбор тепловых реле

Тепловые реле служат для защиты электроустановок от токовых перегрузок недопустимой продолжительности. Такая защита имеет огромное значение, т.к. тепловые перегрузки вызывают, в первую очередь, ускоренные старение и разрушение изоляции двигателя, что может привести к коротким замыканиям, т.е. к серьезной аварии и преждевременному выходу электрооборудования из строя.

Основой конструкции теплового реле является биметаллический элемент, который при нагреве изгибается, воздействуя на механизм переключения контактов.

Реле срабатывает, если ток перегрузки равен току уставки реле или больше него. Следует отметить, что тепловой процесс инерционен по своей природе, поэтому срабатывание реле происходит с некоторой выдержкой времени, которая тем меньше, чем больше величина перегрузок; при очень больших перегрузках реле срабатывает почти мгновенно. Однако, вследствие инерционности теплового процесса, реле не может обеспечить защиту от режима КЗ, и должно быть само защищено от него. Если этого не сделать, то реле будет нагреваться без отдачи тепла в окружающую среду и выйдет из строя до того, как успеет воздействовать на контактную систему.

При выборе тепловых реле следует ориентироваться на следующие номинальные данные:

* номинальное напряжение реле Uном.р – наибольшее из номинальных напряжений сетей, в которых допускается применение данного типа реле;
* номинальный ток реле Iном.р – наибольший ток, длительное протекание которого не вызывает срабатывания реле;
* номинальный ток нагревателя Iном.нагр – номинальный ток, при длительном протекании которого через реле с данным нагревателем оно не срабатывает;
* номинальный ток уставки реле Iном.уст – наибольший длительный ток, на который должно быть настроено реле, не вызывающий его срабатывание.

Iном.уст.мин = (0,75 ÷ 0,85) Iном.нагр.

Iном.уст.макс = (1,15 ÷ 1,25) Iном.нагр.

Тепловое реле может надежно защищать электродвигатель только в том случае, если законы нагревания и охлаждения теплового элемента реле и защищаемого двигателя подобны. А это возможно лишь в длительном режиме работы при спокойном характере нагрузки. Кроме того, при выборе тепловых реле дополнительную трудность представляет влияние на работу реле температуры окружающей среды, которую необходимо учитывать.

Можно рекомендовать следующий порядок выбора тепловых реле (считаем, что работа ведется в длительном режиме, номинальная температура окружающего воздуха tокр.н., как правило, принимается равной 40°С):

1. Выбираем предварительно, что

Iном.р ≥ Iном.нагр≈ Iном.дв.

2. Приводим Iном.нагр к действительной температуре окружающей среды, т.е. к tокр.

, (2.1)

где δ –изменение Iном.нагр на каждые 10°С разницы величины tокр по сравнению с tокр.н. Берется из паспорта реле.

Принимаем δ в зависимости от серии реле, %:

* реле серии РТ – 6%;
* реле серии ТРП – 5%;
* реле серии ТРТ – 4%;
* реле серии ТРН – 2%.

3. Выбираем номинальное значение тока уставки Iном.уст:

Iном.уст. = Iном.дв, если t = tокр;

Iном.уст. = Iном.дв/α, если t ≠ tокр.

4. Окончательно выбираем номинальный ток нагревателя Iном.нагр:

.

Выбранные таким образом тепловые реле при тщательной нагрузке будут вполне надежно защищать двигатель от нежелательных длительных перегрузок свыше 15–20%.

В настоящее время промышленностью широко выпускаются реле серий РТЛ, ТРН, ТРП, ТРТ и некоторые другие.

Технические данные реле серии РТЛ представлены в табл. 2.11, серии ТРН – в табл. 2.12, серии ТРТ – в табл. 2.13, серии ТРП – в табл. 2.14.

Таблица 2.11

Основные технические данные тепловых реле серии РТЛ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип реле | Номинальный ток реле, А | Диапазон регулирования номинального тока несрабатывания, А | Максимальный ток продолжительного режима при tокр=40°С, А | Мощность,  потребляемая  одним полюсом реле, Вт |
| РТЛ-1001 | 25 | 0,1 – 0,17 | 0,17 | 2,15 |
| РТЛ-1002 | 25 | 0,16 – 0,26 | 0,26 | 2,25 |
| РТЛ-1003 | 25 | 0,24 – 0,4 | 0,4 | 2,05 |
| РТЛ-1004 | 25 | 0,38 – 0,65 | 0,65 | 1,99 |
| РТЛ-1005 | 25 | 0,61 – 1,0 | 1,0 | 2,0 |
| РТЛ-1006 | 25 | 0,95 – 1,6 | 1,6 | 2,0 |
| РТЛ-1007 | 25 | 1,5 – 2,6 | 2,6 | 1,8 |
| РТЛ-1008 | 25 | 2,4 – 4,0 | 4,0 | 1,87 |
| РТЛ-1010 | 25 | 3,8 – 6,0 | 6,0 | 1,84 |
| РТЛ-1012 | 25 | 5,5 – 8,0 | 8,0 | 1,68 |
| РТЛ-1014 | 25 | 7,0 – 10 | 10 | 1,75 |
| РТЛ-1016 | 25 | 9,5 – 14 | 14 | 2,5 |
| РТЛ-1021 | 25 | 13 – 19 | 19 | 3,0 |
| РТЛ-1022 | 25 | 18 – 25 | 25 | 3,0 |
| РТЛ-2053 | 80 | 23 – 32 | 32 | 2,43 |
| РТЛ-2055 | 80 | 30 – 41 | 41 | 3,03 |
| РТЛ-2057 | 80 | 38 – 52 | 52 | 3,3 |
| РТЛ-2059 | 80 | 47 – 64 | 64 | 3,69 |
| РТЛ-2061 | 80 | 54 – 74 | 74 | 4,38 |
| РТЛ-2063 | 80 | 63 – 86 | 86 | 5,62 |

Таблица 2.12

Основные технические данные тепловых реле серии ТРН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип реле | Номинальный ток реле, А | Номинальный ток  теплового элемента Iн при 25°С, А | Пределы  регулирования  номинального  тока уставки | Максимальный ток продолжительного режима при tокр=40°С, А |
| ТРН-8А  ТРН-10А | 3,2 | 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8;  1; 1,25; 1,6 | (0,75–1,3)Iн | 1,25Iн |
| ТРН-8  ТРН-10 | 10 | 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4,5; 6,3; 8; 10 | (0,75–1,3)Iн | 1,25Iн |
| ТРН-20  ТРН-25 | 25 | 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16;  20; 25 | (0,75–1,3)Iн | 1,25Iн  1,05Iн |
| ТРН-32  ТРН-40 | 40 | 12,5; 16; 20; 25; 32; 40 | (0,75–1,3)Iн | 1,25Iн  1,05Iн |

Таблица 2.13

Основные технические данные тепловых реле серии ТРТ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  реле | Номинальный ток реле, А | Номинальный ток  теплового элемента Iн  при 25°С, А | Пределы  регулирования номинального  тока уставки | Максимальный ток продолжительного режима  при tокр=40°С, А |
| ТРТ-111 | 1,75 | 1,75 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-112 | 2,5 | 2,5 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-113 | 3,5 | 3,5 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-114 | 5 | 5 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-115 | 7 | 7 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-121 | 9 | 9 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-122 | 11,5 | 11,5 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-131 | 14,5 | 14,5 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-132 | 18 | 18 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-133 | 22 | 22 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-134 | 28 | 28 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-135 | 35 | 35 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-136 | 45 | 45 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-137 | 56 | 56 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-138 | 71 | 71 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-139 | 90 | 90 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-141 | 110 | 110 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-142 | 140 | 140 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-151 | 155 | 155 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-152 | 190 | 190 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-153 | 230 | 230 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-154 | 285 | 285 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-155 | 360 | 360 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-156 | 450 | 450 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРТ-157 | 550 | 550 | (0,85÷1,15)Iн | 1,15Iн |

Таблица 2.14

Основные технические данные тепловых реле серии ТРП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  реле | Номинальный ток реле, А | Номинальный ток  теплового элемента Iн при 25°С, А | Пределы регулирования номинального тока  уставки | Максимальный ток продолжительного режима  при tокр=40°С, А |
| ТРП-25 | 25 | 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25 | (0,8÷1,15)Iн | 1,15Iн |
| ТРП-60 | 60 | 20; 25; 30; 40; 50; 60 | (0,75÷1,25)Iн | 1,25Iн |
| ТРП-150 | 150 | 50; 60; 80; 100; 120; 150 | (0,75÷1,25)Iн | 1,25Iн |
| ТРП-600 | 600 | 150; 200; 250; 300; 400; 500; 600 | (0,75÷1,25)Iн | 1,25Iн |

### 2.2.5. Выбор плавких предохранителей

Предохранители – это электрические аппараты, с помощью которых осуществляется максимально-токовая защита, т.е. защита от токовых перегрузок и токов КЗ. Основными конструктивными элементами любого предохранителя являются:

* плавкая вставка – включается последовательно в цепь тока, разрывая ее при срабатывании (расплавлении);
* дугогасительное устройство – предназначено для гашения электрической дуги, возникающей при срабатывании.

При выборе плавких предохранителей необходимо обеспечить выполнение нескольких основных условий:

1. Номинальное напряжение предохранителя Uном должно быть не меньше номинального напряжения сети Uном.сети, т.е.

Uном ≥ Uном.сети.

2. Номинальный ток плавкой вставки Iном.в выбирается исходя из двух условий. Первое – несрабатывание при максимальном рабочем токе двигателя, т.е.

Iном.в ≥ Iраб.макс.

Второе условие выбирается в зависимости от условий пуска.

Исходя из этого, можно записать, что номинальный ток плавкой вставки Iном.в выбирается:

* при защите электродвигателя с легкими условиями пуска (двигатели металлорежущих станков, вентиляторов, насосов и т.п. – время пуска менее 5 с):

Iном.в ≥ Iпуск/2,5;

* при защите электродвигателя с частыми пусками или большой длительностью пускового периода (электродвигатели кранов, центрифуг, дробилок – время пуска более 5 с):

Iном.в ≥ Iпуск/(1,6–2,0).

Кроме применения предохранителей в качестве максимально-токовой защиты двигателей, эти устройства применяются для защиты цепей управления. Как правило, цепь управления включается на межфазное напряжение. Выбор плавких вставок защиты цепей управления следует проводить следующей формулой:

, (2.2)

где ΣPр – наибольшая суммарная мощность, потребляемая катушками аппаратов, сигнальными лампами и т.д. при одновременной работе, В⋅А или Вт;

0,1ΣPв – наибольшая суммарная мощность, потребляемая при включении катушек одновременно включенных аппаратов, В⋅А или Вт;

Uн – номинальное напряжение сети.

В том случае, если известны не мощности, а токи, то номинальный ток плавкой вставки можно определить по следующей формуле:

 (2.3)

Из сказанного следует, что предохранители для защиты цепей управления выбираются в последнюю очередь.

Промышленностью выпускаются различные виды предохранителей для защиты силовых цепей. Например, предохранители серии ПР-2 с гашением дуги в закрытом объеме, предохранители серии ПН-2 с гашением дуги в мелкозернистом наполнителе (в кварцевом песке) и некоторые другие.

Ниже в качестве справочного материала приведены технические данные предохранителей серий ПН-2 и ПР-2 при 500 В (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Основные параметры предохранителей при 500 В

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номинальный ток, А | | Предельный ток  отключения, А |
| предохранителя | плавких  вставок |
| ПН-2-100 | 100 | 30; 40; 50; 60; 80; 100 | 50000 |
| ПН-2-250 | 250 | 80; 100; 120; 150; 200; 250 | 40000 |
| ПН-2-400 | 400 | 200; 250; 300; 350; 400 | 25000 |
| ПН-2-600 | 600 | 300; 400; 500; 600 | 25000 |
| ПН-2-1000 | 1000 | 500; 600; 750; 800; 1000 | 10000 |
| ПР-2-15 | 15 | 6; 10; 15 | 7000 |
| ПР-2-60 | 60 | 15; 20; 25; 35; 45; 60 | 3500 |
| ПР-2-100 | 100 | 60; 80; 100 | 3500 |
| ПР-2-200 | 200 | 100; 125; 160; 200 | 10000 |
| ПР-2-350 | 350 | 200; 225; 260; 300; 350 | 11000 |
| ПР-2-600 | 600 | 350; 430; 500; 600 | 11000 |
| ПР-2-1000 | 1000 | 600; 1000; 850; 700 | 20000 |

Для защиты же цепей управления, как правило, используются слаботочные предохранители (плавкие вставки) таких серий, как ВП, ВПТ, ВПБ, ПН, ПК, ПЦ, ПНО, а также FU, FST, FSBT и некоторые другие предохранители.

Технические данные некоторых слаботочных предохранителей отечественного производства при 600 В приведены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Технические данные слаботочных предохранителей

|  |  |
| --- | --- |
| Тип | Номинальный ток, А |
| ВПБ6-27, …, ВПБ6-42  (Б – быстродействующие) | 0,16; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 1; 1,25; 1,6; 2; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10 |
| ВПT6-27, …, ВПT6-42  (Т – замедленное время срабатывания) | 0,16; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 1; 1,25; 1,6; 2; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10 |
| ПК-45, ПК-55  (К – конические) | 0,15; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; |
| ПН-55  (Н – ножевые) | 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 |

Кроме перечисленных областей применения предохранителей, их можно применять также для защиты различных полупроводниковых преобразовательных установок, в частности полупроводниковых выпрямителей и преобразователей частоты.

В связи с тем, что ПЧ построен на основе кремневых полупроводниковых вентилей, возникает необходимость в применении для их защиты быстродействующих предохранителей.

При выборе быстродействующих предохранителей необходимо ориентироваться на номинальное напряжение основания предохранителя и номинальный ток плавкой вставки.

Из рис. 2.2 видно, что быстродействующие предохранители включены последовательно с тиристорами в каждом плече мостовой схемы выпрямления. Кроме того, на практике может встретиться случай с несколькими параллельно включенными тиристорами в каждом плече. С учетом всего вышесказанного можно записать следующее выражение для определения номинального тока плавкой вставки Iном.в:

, (2.4)

где Кзап – коэффициент запаса по току, не менее 1,2;

λпч – перегрузочная способность ПЧ;

Idн – номинальное значение выпрямленного тока;

n – число параллельно включенных тиристоров.

Наиболее распространенные предохранители, предназначенные для защиты преобразовательных агрегатов с силовыми кремниевыми полупроводниковыми вентилями, – предохранители серии ПП57. Технические данные этих предохранителей приведены в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Технические данные предохранителей серии ПП57

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Номинальный ток предохра-нителя, А | Номинальный ток плавкой вставки, А | Номинальное напряжения переменного тока, В | Наибольшее допустимое напряжение постоянного тока, В |
| ПП57-3127 | 100 | 25; 40; 63; 100 | 220 | 200 |
| ПП57-3427 | 250 | 160; 250 | 220 | 160 |
| ПП57-3137 | 100 | 40; 63; 100 | 380 | 440 |
| ПП57-3437 | 250 | 160; 250 | 380 | 440 |
| ПП57-3737 | 400 | 315; 400 | 380 | 440 |
| ПП57-3937 | 630 | 500; 630 | 380 | 440 |
| ПП57-3167 | 100 | 63; 100 | 660 | 600 |
| ПП57-3467 | 250 | 160; 250; | 660 | 600 |
| ПП57-3767 | 400 | 315; 400 | 660 | 600 |
| ПП57-3967 | 630 | 500; 630 | 660 | 600 |
| ПП57-3738 | 400 | 315; 400 | 380 | 440 |
| ПП57-3938 | 630 | 500; 630 | 380 | 440 |
| ПП57-3768 | 400 | 315; 400 | 660 | 600 |
| ПП57-3968 | 630 | 500; 630 | 660 | 600 |
| ПП57-4038 | 800 | 800 | 380 | 440 |
| ПП57-4068 | 800 | 800 | 660 | 600 |
| ПП57-3797 | 400 | 315; 400 | 150 | 1000 |
| ПП57-3997 | 630 | 500; 630 | 150 | 1000 |
| ПП57-3717 | 400 | 315 | 2000 | – |
| ПП57-3968Б | 630 | 500; 630 | 660 | 600 |
| ПП57-3998 | 630 | 500; 630 | 1250 | 1000 |

## 2.3. Пример выполнения контрольной работы №2

### 2.3.1. Расчет и выбор аппаратуры для управления АД

В качестве примера произведем выбор пускозащитной аппаратуры для реверсивного пуска асинхронного короткозамкнутого двигателя типа 4А225М2У3 со следующими номинальными параметрами: Pн = 55 кВт, η= 0,91, cosφ= 0,92, Iпуск.дв/Iном.дв = 7,5. Двигатель питается от сети с номинальным напряжением Uном.сети=380 В и частотой ƒ= 50 Гц.

Прежде чем приступить к непосредственному выбору пускозащитной аппаратуры, необходимо по данным номинальным параметрам двигателя и сети рассчитать номинальный ток двигателя и его пусковой ток.

Номинальный ток двигателя можно определить по следующей формуле:

,

где m – число фаз статора.

По известной кратности пускового тока можно определить его значение:

.

После определения значений номинального и пускового тока можно приступить к выбору требуемой аппаратуры.

#### Выбор рубильника

В соответствии с условиями выбора рубильников, описанными в подразд. 2.2.1, выбираем по табл. 2.4 переключатель-разъединитель с центральным рычажным приводом серии ППЦ-36 со следующими номинальными параметрами: Uном *=* 380 В, Iном = 600 А.

#### Выбор максимальных токовых реле

1. Выбираем ток уставки реле в зависимости от типа двигателя.

Так как в данной схеме используется асинхронный короткозамкнутый двигатель, то ток уставки реле выбираем по следующему выражению:

.

2. Выбираем номинальный ток реле.

Исходя из условий выбора максимальных токовых реле по номинальному току Iном.р, нужно выбирать такие реле, чтобы выполнялось условие

Iном.р ≥57,63 А.

Указанным двум условиям удовлетворяет реле серии РЭО-401 со следующими номинальными параметрами: Iном=160 А, Iсраб.р=210–640 А.

#### Выбор магнитного пускателя

Для пуска, реверса и аварийного отключения в схеме электропривода используется реверсивный магнитный пускатель. Для выбора требуемого магнитного пускателя обратимся к подразд. 2.2.3. Параметры выбираемых магнитных пускателей должны удовлетворять следующим условиям:

– Uном ≥ 380 В;

– Iном ≥ Iном.дв ≥ 57,63 А;

– Iпред ≥ Iпуск.дв ≥ 432,2 А.

Указанным условиям удовлетворяет магнитный пускатель типа ПАЕ-400 со следующими номинальными параметрами: Uном = 380 В; Iном = 63 А; Iпред = 630 А; пусковая мощность, потребляемая обмоткой Pв = 465 В⋅А; номинальная мощность обмотки Pр = 20 В⋅А.

#### Выбор тепловых реле

При выборе теплового реле будем придерживаться порядка, указанного в подразд. 2.2.4 настоящих методических указаний:

1. Выбираем предварительное значение номинального тока нагревателя Iном.нагр номинального тока реле Iном.р:

Iном.р ≥ Iном.нагр≈ 57,63 А

т.е. Iном.нагр = 57,63 А. В соответствии с этим значением предварительно выбираем серию реле. Таким образом, можно взять тепловое реле серии ТРП, для которого значение коэффициента δ *=* 5%.

2. Приводим Iном.нагр к действительной температуре окружающей среды, т.е. к tокр (считаем, что tокр = 75°С):

.

3. Выбираем номинальное значение тока уставки Iном.уст.

Так как двигатель работает при температуре, отличной от номинальной, то ток уставки выбирается исходя из следующего выражения:

.

4. Окончательно выбираем номинальный ток нагревателя Iном.нагр:

51,6 A < Iном.нагр < 82,6 A.

Таким образом, выбираем тепловое реле серии ТРП-60 со следующими номинальными параметрами: Iном.р= 60 А, диапазон изменения тока уставки Iуст = 45–75 А, максимальный ток продолжительного режима при tокр = 40°С, Iмакс40º = 75 А.

#### Выбор предохранителей

В данной схеме электропривода переменного тока предохранители установлены для защиты цепи управления. Выбирая предохранители для защиты цепи управления, будем ориентироваться на значения пусковой мощности, потребляемой обмоткой магнитного пускателя, и ее номинальной мощности в режиме удержания. При этом следует отметить, что в каждый момент времени (пуск, торможение, реверс) работает только одна контактная группа.

В соответствии с методикой выбора значений номинального тока плавкой вставки предохранителя для защиты цепей управления можно записать, что

.

Таким образом, выбираем слаботочные предохранители на номинальное напряжение 600 В серии ПН-55, рассчитанные на номинальный ток Iном = 0,25 А.

Таким образом, был произведен расчет и выбор всех необходимых, подходящих по условиям работы аппаратов для пуска, реверса и защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

### 2.3.2. Расчет и выбор аппаратов защиты системы ПЧ-АД

В соответствии с рис. 2.2 можно сказать, что защита преобразователя частоты осуществляется всего двумя видами аппаратов: быстродействующими предохранителями FU и автоматическим выключателем QF.

Основная трудность в данном случае заключается в том, что в преобразователе частоты имеют место как постоянные, так и переменные ток и напряжение. Например, автоматический выключатель QF должен выбираться по действующему значению основной гармоники тока. В то же время быстродействующие предохранители для защиты силовых тиристоров выбираются исходя из номинального значения выпрямленного тока. Поэтому целесообразно предварительно вычислить указанные величины. Можно рекомендовать следующий порядок вычислений:

1. Индуктивное сопротивление асинхронного двигателя

.

2. Действующее значение полного тока при номинальной нагрузке

.

3. Номинальная допустимо длительная мощность



4. Выбираем преобразователь частоты.

Выбор преобразователя частоты осуществляется исходя из следующих условий:

* Sн.пч ≥ Кз∙Sн ≥ 1,25∙50,531 ≥ 63,164 кВ⋅А;
* Uн.пч ≥ Uном.сети ≥ 380 В;
* Iн.пч ≥ Iпуск.дв/λпч = 432,2 /2≥ 216,1 А;
* Iмакс.пч ≥ Iпуск.дв ≥ 432,2 А.

Исходя из перечисленных условий и каталожных данных, выбираем преобразователь частоты типа ТРИОЛ АТ04-55 со следующими параметрами:

* Sн.пч = 75 кВ⋅А;
* Iн.пч = 110 А;
* Iмакс.пч = 132 А;
* Uн.пч = 380 В;
* ηпч = 0,95;
* Pном.дв = 55 кВт.

5. Активная мощность на выходе инвертора

.

6. Номинальное напряжение в звене постоянного тока

.

7. Номинальный выпрямленный ток



8. Действующее значение первой гармоники тока

.

Таким образом, был произведен предварительный расчет номинального значения выпрямленного тока и действующего значения первой основной гармоники тока. Кроме того, был выбран преобразователь частоты, технические параметры которого необходимо будет учесть при дальнейшем выборе автоматического выключателя.

#### Выбор автоматического выключателя

Для защиты преобразователя частоты выбираем автоматический выключатель серии А3700 с тепловым и электромагнитным расцепителями. Требуемый автоматический выключатель должен удовлетворять следующим условиям:

* номинальное напряжение Uнвыкл ≥ Uнсети ≥ 380 В;
* номинальный ток выключателя Iнвыкл ≥ I1л ≥ 81,98 А;
* уставка по току срабатывания:

– теплового расцепителя

Iт ≥ 1,25I1л ≥1,25∙ 81,98=102,48 А;

– электромагнитного расцепителя

Iэм ≥ 1,2Iмакс.пч ≥1,2∙ 132=158,4 А.

Указанным условиям удовлетворяет автоматический выключатель типа А3716Б со следующими номинальными параметрами: Uн.выкл =380 В, Iн.выкл =160 А, Iт =115 А, Iэм =160 А.

#### Выбор плавких предохранителей

Из рис. 2.2 видно, что плавкие предохранители использованы для защиты силовых полупроводниковых вентилей – тиристоров. Поэтому выбираем быстродействующие предохранители серии ПП57. Для определения номинального тока плавкой вставки воспользуемся выражением, приведенным в подразд. 2,5:

.

Кроме того, номинальное напряжение основания выбираемого предохранителя должно быть не менее 380 В.

Указанным условиям удовлетворяет плавкий предохранитель ПП57-3437 со следующими номинальными параметрами: Iном..в = 160 А, номинальный ток предохранителя Iномп = 250 А, Uном *=* 380 В.