Содержание

 Введение 4

 1. Выбор прототипа 5

 2. Расчет токоведущего контура 8

 2.1. Определение размеров токоведущих частей 8

2.2. Рассчитаем температуру нагрева токоведущих частей в

номинальном режиме 9

 2.3. Расчет термической стойкости 10

2.4. Определение переходного сопротивления 10

 2.5. Расчет температуры контактного соединения 12

 3. Расчет системы дугогашения 12

 4. Расчет механической характеристики 14

 5. Расчет электромагнитного привода 17

 Заключение 23

 Перечень использованных источников 24

**Введение**

Магнитным пускателем называется электрический аппарат, предназначенный для пуска и отключения трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. В пускатель помимо контактора могут быть встроены электротепловые токовые реле, для защиты управляемых двигателей от токовых перегрузок недопустимой продолжительности, в том числе возникающих при выпадении одной из фаз. Работа асинхронных двигателей в значительной степени зависит от таких свойств пускателя, таких как: механическая и коммутационная износостойкость, надежность защиты двигателя от перегрузок. В процессе эксплуатации довольно часто обрывается одна из фаз трехфазного питающего напряжения, например, из-за перегорания предохранителя. К двигателю при этом подводятся только две фазы и ток в статоре резко возрастает, что приводит к выходу из строя из-за нагрева обмотки до высокой температуры. Тепловые реле пускателя от этих токов должны срабатывать и отключать двигатель. При включении асинхронного двигателя пусковой ток в 6 раз превышает номинальный. При таком токе даже незначительная вибрация контактов быстро выводит их из строя. Это накладывает высокие требования в отношении вибрации и износа контактов. С целью уменьшения времени вибрации контакты и подвижные части контакторов магнитного пускателя делаются возможно легче, уменьшается их скорость, увеличивается контактное нажатие. После разгона двигателя ток падает до номинального значения. Поэтому отключение происходит при меньшей токовой нагрузке контакторов. Для повышения срока службы пускателя его необходимо выбирать на ток, превышающий ток двигателя. С учетом широкого распространения магнитных пускателей большое значение приобретает снижение потребляемой ими мощности, которая расходуется в электромагните контактора и других элементах схемы (тепловое реле). Потери мощности в электромагните составляют 60%, а при наличии тепловых реле в них теряется до 40% общих потерь пускателя.

**1. Выбор прототипа**

При выборе прототипа необходимо учитывать технические характеристики выбираемого аппарата, такие как ток, напряжение, режим работы и габариты. В виду большей экономичности, принимаются в качестве прототипа близкие по параметрам пускатели, т. е. серийные магнитные пускатели, выпущенные на номинальный ток 10 А, это магнитные пускатели серии ПМ12, ПМЛ и ПМЕ. Для принятия решения необходимо рассмотреть параметры магнитных пускателей в отдельности. Определяющим фактором при выборе прототипа является цена и габариты. Магнитный пускатель серии ПАЕ312 производится на «Кашинском заводе электроаппаратуры», г. Кашин.

Таблица 1 - Технические характеристики пускателя ПАЕ312

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение, | 220/380 |
| Номинальный ток, А | 40 |
| Коммутационная износостойкость, млн. циклов | А – 0.32; Б – 0.1; В – 0,03 |
| Габариты, мм | 275x114x121 |

Преимущества магнитного пускателя ПАЕ:

 - малые габариты в сравнении с другими отечественными пускателями;

- длительный ресурс работы;

- возможность увеличения дополнительных контактов;

- защита от прикосновения руками;

- соответствие контакторов и проектируемого магнитного пускателя и КМД:

1. Контакторы и пускатели серии КМД имеют идентичные габаритно установочные размеры с проектируемым магнитным пускателем, поэтому при замене изделий на объектах у потребителей не возникает проблем с установкой.

2. Изделия имеют идентичные установочные размеры для подключения силовой нагрузки, т. е. размеры силовых шин, межосевые расстояния, диаметры отверстий в шинах полностью совпадают.

3. Пускатели и контакторы за счет идентичных конструкций магнитных систем «прямоходовая Ш-образная система», идентичного сечения токоведущих шин, аналогичного способа дугогашения, способны коммутировать одинаковые мощности электродвигателей. Магнитный пускатель ПМЛ производится на заводе «Электроконтактор», г. Москва.

Таблица 2 - Технические характеристики пускателя ПМ -412

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение, | 220/380 |
| Номинальный ток, А | 63 |
| Коммутационная износостойкость, млн. циклов | А – 3; Б – 1.5; В – 0,3 |
| Габариты, мм | 290x183x135 |

Преимущества пускателей ПМ:

- наличие единой линейки пускателей и тепловых реле в широком диапазоне токов от 10 до 100 А (в будущем до 400 А);

- наличие самых современных тепловых биметаллических реле на базе единого исполнительного механизма для различных величин (до 93 А) и электронных реле на токи свыше 100 А;

- высокие технические характеристики, подтвержденные результатами испытаний, проведенных в сертификационном центре АНО «Магнит» и ООО «ВНИИР-Прогресс», г. Чебоксары;

- улучшенный дизайн, единая цветовая гамма на всю линейку;

- выгодное сочетание цена-качество;

- в отличие от пускателей старых серий ПМЛ и ПМ12: пускатели ПМ устойчивы к воздействию импульсного напряжения, равного 8 кВ, и в комбинации с аппаратом защиты от коротких замыканий (АЗКЗ) выдерживают воздействие ожидаемого испытательного тока короткого замыкания до 1 кА, обеспечивают координацию типа 1 по ГОСТ Р 50030.4.1-2002;

- пускатели ПМ имеют привлекательный внешний вид и современный дизайн, а также отвечают перспективному уровню мирового

 электроаппаратостроения, соответствуют всем требованиям новых стандартов и способны конкурировать на рынке с аналогичными образцами как отечественного, так и зарубежного производства. Магнитный пускатель ПМЕ производится на заводе «УралЭлектроКонтактор», г. Медногорск.

Таблица 3 - Технические характеристики пускателя ПММ - 4

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение, | 220/380 |
| Номинальный ток, А | 50 |
| Коммутационная износостойкость, млн. циклов | А – 2; Б – 1; В – 0,3 |
| Габариты, мм | L=108; H=110; B=70 |

Преимущества:

- малые габариты в сравнении с другими отечественными пускателями;

- монтаж под винт или на DIN-рейку;

- длительный ресурс работы;

- возможность увеличения дополнительных контактов;

- наличие тепловой защиты.

Вывод: исходя из критериев выбора, по габаритам и по цене магнитного пускателя, выбираем в качестве прототипа магнитный пускатель серии ПАЕ312.

**2. Расчет токоведущего контура**

**2.1. Определение размеров токоведущих частей**

Токоведущий контур коммутационного электрического аппарата включает в себя токоведущие части (проводники различной формы и сечения), контактные соединения (зажимы), гибкие соединения и коммутирующие контакты. Задача проектирования токоведущих частей электрических аппаратов включает в себя проведение теплового расчета в различных режимах работы. Для проводников прямоугольного сечения:



где р - периметр поперечного сечения проводника, принимающего участие в теплообмене с окружающей средой, см;

S - поперечное сечение проводника, см;

ρ0 = 1,62·10-6 Ом·см - удельное сопротивление меди;

α = 4,3·10-3 ºС-1 - температурный коэффициент сопротивления меди;
Θдоп = 105 ºС - допустимая температура нагрева проводника;

Θо = 40 ºС - температура окружающей среды;

Кт = 7·10-4 - коэффициент теплоотдачи.



Для неизолированной прямоугольной шины со сторонами a и b с учетом m = a/b, когда pS = 2m (1 + m) b3:



где m - отношение между сторонами шины; m равно 0,25;



Значение размера a можно найти из выражения m = a/b:

a = m∙b,

a = 0,25∙0,663 = 0,166 см.

Поперечное сечение шины рассчитывается по формуле

,

см2.

В соответствии с ГОСТ 434-78 выбирают ближайшее большее стандартное сечение шины S и стандартные значения размеров a и b

S = 0,111 см2; a = 0,166 см; b = 0,663 см.

**2.2. Рассчитаем температуру нагрева токоведущих частей в номинальном режиме**

Рассчитаем температуру нагрева токоведущих частей в номинальном режиме:



где р - периметр поперечного сечения шины, который рассчитывается по формуле

p = 2∙(a+b),

p = 2∙(0,166+0,663) = 1,658 см.

Стационарная температура нагрева шины:

100,54 0С.

При этом выполняется условие <.

**2.3. Расчет термической стойкости**

В режиме короткого замыкания рассчитаем термическую стойкость токоведущих частей. Допустимую температуру нагрева в режиме короткого замыкания примем равной = 250 0С.



где γ - плотность материала шины; γ = 8,9 г/см3;

С = 0,385 - удельная теплоёмкость, Дж/г⋅°С.

.

Время термостойкости tТ.С. можно рассчитать по следующей формуле:

,



 **2.4. Определение переходного сопротивления**

Суммарное сопротивление контактного соединения RК0 состоит из переходного сопротивления контакта RК и омического сопротивления RК1 проводящих частей, образующих контактное соединение.

RК0 = RК + RК1.

Переходное сопротивление контакта можно рассчитать по формуле

,

где ε = 0,24⋅10-3 - коэффициент, зависящий от материала и состояния поверхности контактирующих поверхностей;

m1 - количество болтов в контактном соединении;

FК - сила контактного нажатия, Н;

m2 - коэффициент, зависящий от количества точек контакта и типа контакта (для двумерного контакта m2= 0,7... 1,0).

Сила FК контактного нажатия определяется рекомендуемыми значениями удельного давления в контактирующих частях fК = 600 Н/см2 и площадью контактирующей поверхности S1.

FК = fК · S1.

Площадь контактирующей поверхности

,

где j = 0,31 А/мм2 для медных шин при токе, меньшим 200 А.

=1,77 см2.

Тогда

FК = 600⋅1,77 = 1062 Н.

По величине необходимого контактного нажатия выбираем болты М6 с расчетной силой затяжки F = 2,9 кН, число болтов m1 = 1.

Согласно полученному контактному давлению FК может быть определено переходное сопротивление контакта RК:

.

Омическое сопротивление контакта



где SБОЛТ - поперечное сечение болта, которое =;

*l* - длина контактного соединения, *l* = 2,726 см;

ρ0 - удельное электрическое сопротивление, равное 1,62⋅10-6 Ом·см;

Sк1= S1-SБОЛТ=S1- см2,

где d = 0,65 см.

Sк1=1,77-2⋅3,14⋅0,652/4=1,1 см2,

=f(2,726/0,166)=f(2,726/0,166)=0,5.

Тогда

2,01⋅10-6 Ом.

Тогда переходное сопротивление контакта

RК0 =8⋅10-6 +2,01⋅10-6=10⋅10-6 Ом.

**2.5. Расчет температуры контактного соединения**

Температуру деталей в точке контакта можно определить по формуле

=40+=85,83 °С,

Условие  выполнено, поэтому расчет выполняется правильно.

**3. Расчет системы дугогашения**

Напряжение восстановления контактного зазора

где kcx = 1,5 - коэффициент схемы;

ϕ - угол фазового смещения и равен 66,5 0C.

Дуговой выдув в процессе колебаний более сложен. Средняя скорость восстановления равна

где Fо- фундаментальная частота, равная 5 000... 20 000 Гц;

 - коэффициент амплитуды

,

Индуктивность прерывистой цепи

Длина дуги с токами под 80A утверждается окончательным проемом

 = 0,5 см.

Активное сопротивление дуги

Эквивалентное сопротивление дуги на одном полюсе

где n - число разрывов на одном полюсе, n=2.

Теперь количество разрывов необходимо пересчитать, чтобы проверить, достаточно ли выдувать дугу

де kн, Ax и M0 - коэффициенты, которые являются

,

βк = 2; kΣ = 1.

,

2> 0.34,

1478 Гц <7000 Гц.

Все условия выполнены, так что для выдувания дуги достаточно 2 обрыва. Никакие другие устройства, такие как дуговой желоб или дополнительные детали, такие как оболочки, рамы или зажимы, не требуются.

**4. Расчет механической характеристики**

Электромагнитные контакторы имеют два приводных механизма: электромагнитный привод, реализующий включение контактора и пружинный для переключения контактора. Предварительный расчет электромагнитного привода возможен только после расчета и построения характеристики пружинного привода, называемой характеристикой противоположных сил.

Основными элементами пружинного механизма являются контактные и оттягивающие пружины, создающие силы, отрывающие якорь от сердечника после выключения электромагнитного привода.

Одним из исходных параметров расчета контактных и оттягивающих пружин являются силы предварительного F1 и окончательного F2 сжатия контактных пружин и силы предварительного F1ОТ и конечного F2ОТ сжатия оттягивающих пружин. Для определения значений F1 и F2 контактной пружины необходимо уменьшить ранее рассчитанное усилие контактного давления FК к оси контактной пружины, используя эскиз проектирующего устройства с предварительно взятыми линейными размерами.

Сила контактного давления, приведенная к оси контактной пружины, может быть вычислена по следующей формуле:

,

где, FK1 - является силой давления контакта, Н; FК1 = 9,135 Н;

Н.

Отношение между предварительным F1 и окончательным F2 сжатием контактной пружины можно принять за

F1 = 0,6·F2.

Значение F2 может быть получено из выражения

,

,

H.

По значению окончательного сжатия F2 значение предварительного сжатия F1 может быть определено как

H.

Величину начального усилия оттягивающей пружины F1от принимают на величину конечного F2 сжатия пружины, приведенную к оси оттягивающей пружины. Для аппаратов с нормально разомкнутыми контактами

,

К - количество контактов основного аппарата; K равно 1.

.

Конечное давление оттягивающей пружины F2ОТ приблизительно можно предположить

,

Н.

Для построения противоположных сил, характерных для контактного отверстия β и последующих через контакт δf, силы предварительного F1 и конечного F2 сжатия контактных пружин и силы предварительного F1ОТ и конечного F2ОТ сжатия оттягивающих пружин сводятся к оси электромагнитной катушки.

Рис. 4.1. Характеристики противостоящих сил

Сила электромагнита, которую он может развить при критическом воздушном зазоре λ 'f, рассчитывается по следующей формуле:

Fэл= Кзап · Fпрот,

где Кзап - коэффициент запаса прочности, для контакторов равен 1,3... 1,7;

 Fпрот - величина общей противолежащей силы при критическом воздушном зазоре;

Fэл=1,3 · 53,1=79,65 Н.

Поскольку тяговая характеристика контактора переменного тока почти прямая, точка Fэл не так важна, чтобы показать. Наиболее важным моментом является верхняя на противоположной характеристике, которая равна



13,36+3⋅22,837=81,871 Н.

Тяговые и противоположные характеристики были выполнены на рис. 4.1.

**5. Расчет электромагнитного привода**

Целью расчета является предварительное определение размеров магнитопровода, намагничивающей силы обмотки и ее геометрических размеров.

Диаметр сердечника определяется из соотношения, рекомендованного в литературе [3]

 ,

Поперечное сечение сердечника рассчитывается по следующей формуле:



Поперечное сечение каркаса можно найти из выражения



где σИСК. - коэффициент искажения, в предварительном расчете принимается равным 1,1 - 1,5.

Поперечное сечение ярма принято равным сечению якоря Sяр, равно Sяк и составляет 4,276 см2.

Толщина якоря рассчитывается по формуле.



Для критического воздушного зазора рассчитывается намагничивающая сила работы обмотки



где Kf - коэффициент с учетом падения намагничивающей силы в нерабочих зазорах и стали магнитопровода, равен 1,2-1,5; δ - воздушный зазор в критической точке; δ ; μо - магнитная проницаемость воздуха, равная 4δ·10-7 Н/м.

Размеры обмотки определяются тепловым коэффициентом. Длина катушки может быть вычислена по следующей формуле:



где П - является отношением длины катушки *l*кат к толщине hкат = 4÷8;

 ПВ - рабочий цикл; при длительной эксплуатации ПВ составляет 1;

KЗАП - коэффициент запаса прочности; обычно равно 1,3 - 2,0;

f0 - коэффициент пространства обмотки, в предварительном расчете принимается равным 0,5;

КТ - коэффициент теплопередачи, выбирается по рисунку 5.1 в зависимости от повышения температуры нагрева обмотки



Рисунок 5.1. Соотношение КТ = f (τ) [1]

Толщина катушки равна



где n - для катушки постоянного тока принимается 3... 5.



Ширина ярма приблизительно может быть найдена из выражения

bЯР ≈ dЯР + 2hЯР,

и его толщина составляет



Рассчитывают ширину ярма

Теперь толщину ярма можно вычислить

По расчетным соображениям воздушный зазор между ярмом и обмоткой h - hк принимается 0,5÷1,5 см для уменьшения потоков утечки. Таким образом, расстояние между ярмом и сердечником принимается равным h = hc + 1 = 2,124 см.

Эскиз электромагнита прямоходного типа представлен на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 - Эскиз электромагнита

Катушка является основным блоком всех электромагнитов; обеспечивает необходимую намагничивающую силу для работы электромагнита.

Целью расчета является определение диаметра проволоки d, числа витков W и сопротивления обмотки, обеспечивающих необходимую намагничивающую силу при допустимых температурах нагрева.

В данном курсовом проекте выбрана самоподдерживающаяся катушка (без каркаса).

По конструктивным соображениям размеры обмотки уточняются, так что h0 равно 1,2 см; l0 составляет 4,5 см; d0 равняется dкат и составляет 2,7 см.

Средняя длина витка обмотки для круглой катушки рассчитывается по следующей формуле:

.

Диаметр круглого провода обмотки может быть определен:



где U1 - напряжение катушки электромагнита; U1 равен 99 В.

В текущем курсовом проекте выбирают намоточную проволоку товарного знака ПЭЛ с эмалевой изоляцией и допустимым подъемом температуры намотки δдоп , равным 85 0С.

Теперь число витков обмотки можно рассчитать по следующей формуле



.

Активное сопротивление обмотки определяется выражением

Для теплового расчета необходимо знать максимальный ток обмотки. Напряжение в цепи управления постоянным током равно 99 В



и его максимальная мощность

.

Максимальный ток обмотки



Максимальная мощность обмотки

Р = 0,0982⋅1119 = 9,658 Вт.

Величина силы намагничивания обмотки должна быть уточнена

 F = I · W,

F = 0,098 · 12200 = 1134 Н.

и проверено по условию F ≥ Fcp · K3

1134 Н > 1,070 Н.

Условие выполнено, поэтому размеры катушки и электромагнита верны.

Рост температуры обмотки над температурой окружающей среды рассчитывается по формуле Ньютона



где Р - максимальная тепловая мощность, производимая в обмотке;

Sc - поперечное сечение зоны охлаждения змеевика.

Поперечное сечение зоны охлаждения змеевика можно найти из выражения



где КВ - коэффициент, характеризующий отношение теплопередачи между внутренней и внешней поверхностями змеевика; для самоподдерживающейся катушки она приблизительно равна 0,9;

D0 - внешний диаметр катушки; D0 - сумма d0 и 2h0 и равна 5,1 см.

Повышение температуры

Критерием валидации расчета обмотки является выполнение условия

τпов.≤ τдоп.,

где 69,79 0С< 85 0С.

Условие выполнено, поэтому расчет обмотки выполнен правильно.

**Заключение**

Магнитные пускатели широко используются во многих отраслях промышленности для управления электродвигателями, освещением, отоплением, конденсаторными батареями, тепловыми испарителями и другими электрическими нагрузками.

В результате этого проекта был разработан магнитный пускатель переменного тока с номинальным током 55 А и номинальным напряжением 380 В. Прототипом проектируемого контактора является магнитный пускатель ПМ12.

В ходе курса выполнялся расчетный расчет токоведущих контурных элементов. Включает в себя выбор и расчет выходных шин, контактных соединений, коммутационных контактов, износа и следования контактов, конструирование гибкой связи. Основным материалом токоведущих контурных элементов является медь. Также с учетом режима непрерывной работы были разработаны серебряные покрытия на переключающих контактах. Шины вывода, контактные соединения и коммутационные контакты проверялись на термостойкость.

Следующим шагом было проектирование механизма аппарата. В результате этого была построена характеристика противостоящих сил. Затем производился предварительный расчет электромагнитов, в котором определялись размеры магнитопровода, намагничивающая сила обмотки и ее геометрические размеры.

При расчете дуговой системы управления был выбран способ свободной продувки с 2 точками разрыва. Процесс дуговой продувки проверен на состояние дугового тушения.

Прилагается чертеж устройства.

**Перечень использованных источников**

1. Электрические и электронные аппараты: учеб. пособие / сост. Н.Ю. Сипайлова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 236 с.

2. Таев И.С. Электрические аппараты управления. - М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.

3. Сахаров П.В. Проектирование электрических аппаратов. - М.: Энергия, 1971. – 560 с.

4. Таев И.С. Электрические аппараты управления. - М.: Высшая школа, 1969. – 444 с.

5. Чунихин А.А. Электрические аппараты. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 518 с.

6. Кляйн Р.Я. Электрические и электронные аппараты. Ч. 2. Элек-тромеханические аппараты / Р.Я. Кляйн.– Томск: Изд-во Томского по-литехнического университета, 2009. –161 с.