Титульный лист. Лист печатается из файла «Титульные листы для курсовой работы (2018) Microsoft Excel 97–2003 (.xls)».

Задание

СОДЕРЖАНИЕ

Данные по варианту 5

1 Предварительный выбор электродвигателя 6

2. Проверка предварительно выбранного электродвигателя 8

3. Расчёт и выбор автоматического выключателя 21

4.Электрическая схема управления 23

Литература 24

Данные по вариантам

В первой части курсовой работы необходимо выбрать и проверить двигатель на перегрузочную способность и на нагрев. Исходные данные для проведения расчётов берутся из таблиц №1 по предпоследней цифре номера зачётной книжки из первого столбца вариантов и по последней цифре номера зачётной книжки из второго столбца вариантов. Значение «0» в номере зачётной книжки соответствует номеру варианта «10».

Вторая часть курсовой работы заключается в вычерчивании на отдельном листе формата А4 электрической схемы управления электродвигателем, название которой выбирается из таблицы №2 по последней цифре зачётной книжки.

Таблица №1 –Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта  (предпоследняя цифра номера зачётной книжки) | Нагрузка на валу электродвигателя по периодам работы, кВт | | | | № варианта  (последняя цифра номера зачётной книжки) | Продолжительность  работы по периодам, мин | | | |
| Р1 | Р2 | Р3 | Р4 | t1 | t2 | t3 | t4 |
| {variant1} | {P1} | {P2} | {P3} | {P4} | {variant2} | {t1} | {t2} | {t3} | {t4} |

Таблица № 2 – Исходные данные

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Электрическая схема управления электродвигателем |
| {variant2} | - |

1 Предварительный выбор электродвигателя

По исходным данным строим нагрузочную диаграмму двигателя *Р = f(t).*

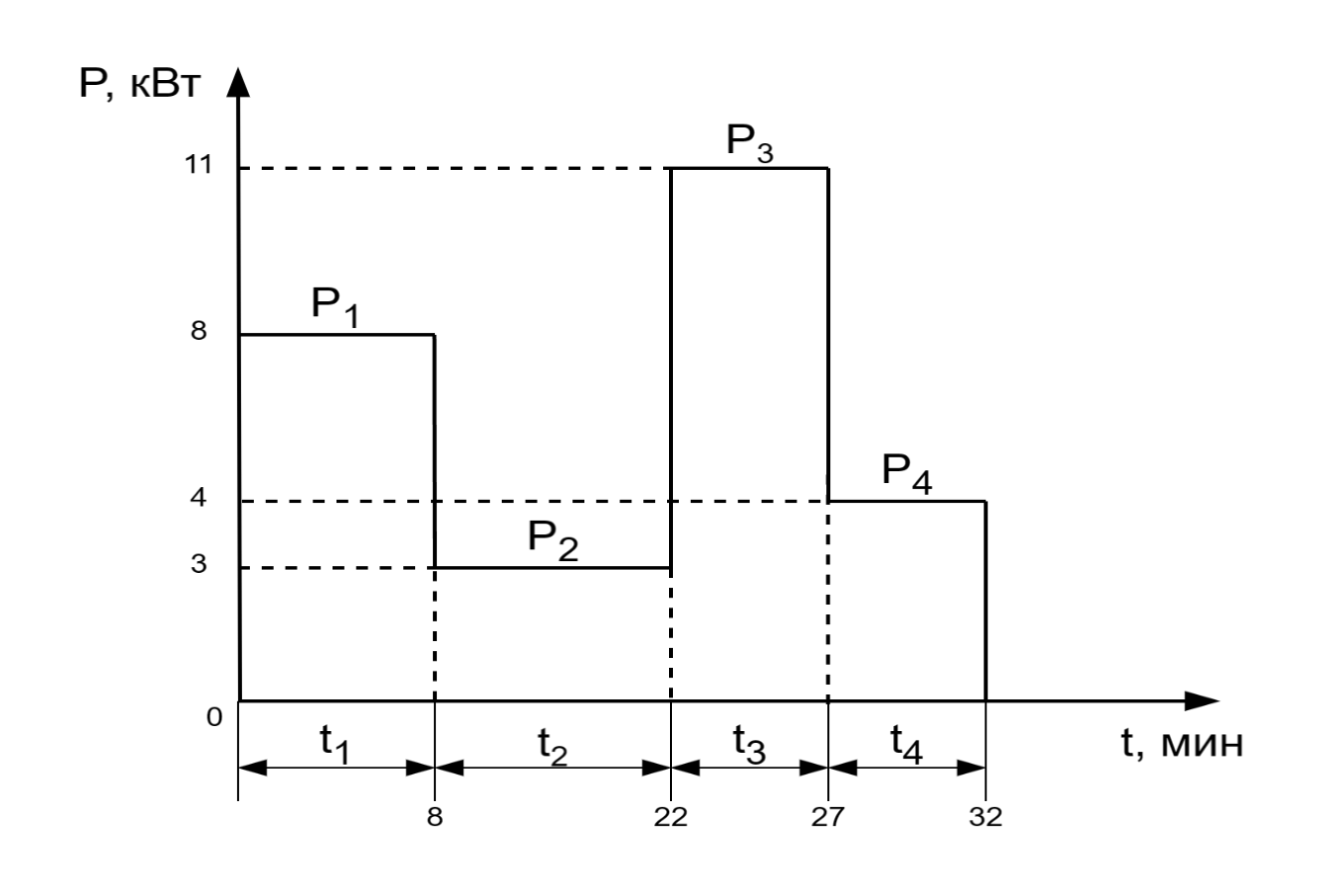


Рис. 1 - Нагрузочная диаграмма рабочей машины

Эквивалентная мощность двигателя за время работы:

(1)

В задании предполагается, что после отключения двигатель охлаждается до температуры окружающей среды. Время работы не превышает 90 мин, за которое двигатель не достигнет установившейся температуры. Следовательно, в задании имеет место кратковременный режим работы электродвигателя S2.

Расчетная мощность электродвигателя:

, (2)

где Км – коэффициент механической перегрузки двигателя, определяемый

, (3)

где α =0,6 – коэффициент, равный отношению постоянных потерь мощности двигателя к переменным;

е = 2,7 – основание натурального логарифма

tр = t1 + t2 + t3 + t4 – время работы двигателя, мин;

Тн – постоянная времени нагрева двигателя, мин. На предварительном этапе расчётов принять Тн = 20 мин.

Обратите внимание, что бы tр и Тн имели одну и ту же единицу измерения (мин., с и т.д), а КМ ≥ 1.

Выбираем электродвигатель из условия Р2ном ≥ Ррасч и синхронной скоростью n0 = 1500 об/мин.

Выписываем технические данные электродвигателя в таблицу 1.

Таблица №1 – технические данные электродвигателя 4АМ180M4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Р2ном | n0 | ηН | cosφН | mП | mМ | mК | SН | SК | kiДВ | JДВ | m |
| кВт | об/мин | % | - | - | - | - | % | % | - | кг∙м2 | кг |
| {P2nom} | {n0} | {kpd} | {cosFi} | {mP} | {mM} | {mK} | {sNp} | {sKp} | {ki} | {J} | {m} |

2 Проверка предварительно выбранного электродвигателя

2.1 На перегрузочную способность

Номинальный момент двигателя:

, (4)

где ω0 = 2πn0/60 – синхронная угловая скорость электродвигателя, рад/с.

ω0 = 2\*3,14\*1500/60=157 рад/с

Критический момент:

, (5)

Максимальный рабочий момент:

, (6)

Рмакс выбирается как наибольшее значение из Р1, Р2, Р3 или Р4 нагрузка на валу электродвигателя по периодам работы (Таблица 1). Рмакс = {PmaxK} кВт

Проверка на перегрузочную способность:

, (7)

→ Условие выполняется.

где ΔU = 10 %, в расчётах ΔU = 0,1.

Условие перегрузки (7) выполняется, приступаем к проверке на нагрев.

2.2 Проверка на нагрев методом средних потерь

Температура нагрева двигателя не превышает допустимую величину при условии:

, (9)

где ΔРНОМ= Р2НОМ (1-ηНОМ)/ηНОМ, ΔРСР – номинальные и средние потери

электродвигателя, Вт.

Коэффициент тепловой перегрузки КТ определяется по формуле:

, (10)

где Тн – постоянная времени нагрева проверяемого двигателя, мин;

, (11)

где m – масса двигателя, кг; τдоп – предельно–допустимое превышение температуры нагрева обмоток двигателя, ◦С. Для двигателей с высотой оси вращения 50…132 мм применяется класс B (τдоп=80◦С). 160…355 мм – класс F (τдоп=100◦С).

Определим потери мощности двигателя на каждом периоде нагрузки:

(12)

Значение Рi берутся из нагрузочной диаграммы (Р1 – Р4). Коэффициент полезного действия ηi при любой нагрузке определяется:

(13)

где хi показатель загрузки двигателя на i-ом интервале нагрузочной диаграммы.

(14)

Величина средних потерь в двигателе за время работы:

, (15)

,  → условие выполняется.

Условие выполняется (9), при заданной нагрузке температура двигателя не превысит допустимую величину.

2.3 Проверка на нагрев методом расчета температуры

В расчётах температуры нагрева двигателя τ определяют не действительное её значение, а превышение над температурой окружающей среды.

Значение температуры превышения τ в любой момент времени определяется по выражению:

, (16)

где *τустi –* установившееся значение температуры превышения на участке диаграммы, град.

Установившееся значение температуры превышения на каждом интервале нагрузки:

. (17)

Теплоотдача А, Вт/град:

, (18)

Начальное значение температуры превышения принимается равным 0, а далее конечное значение температуры превышения на первом интервале равное начальному на втором и т.д.

Расчет температуры превышения на первом участке (0…t1) через t1/2 и t1 минут:

, (19)

, (20)

На втором участке: τ2нач=τ1кон

, (21)

, (22)

На третьем и четвёртом участке расчёт производится аналогично.

Кривая охлаждения двигателя:

, (23)

где Т0 – постоянная времени охлаждения двигателя, мин;

τнач – начальная температура охлаждения двигателя после его отключения, принимается равной τ4кон, ◦С. Т0=2∙Тн  = {T0}.

Принимаем t=Т0, 2Т0, 3Т0, 4Т0, 5Т0.

Результаты расчетов сводим в таблицу № 2 и 3.

Таблица №2 – Данные расчетов нагрева двигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Нагрев | Р1 | | | Р2 | | Р3 | | Р4 | |
| Расчетная  точка | 0 | 0,5t1 | t1 | 0,5t2 | t2 | 0,5t3 | t3 | 0,5t4 | t4 |
| Время, мин | 0 | {t1sr} | {t1kon} | {t2sr} | {t2kon} | {t3sr} | {t3kon} | {t4sr} | {t4kon} |
| Темп-ра, ◦С | 0 | {T1sr} | {T1kon} | {T2sr} | {T2kon} | {T3sr} | {T3kon} | {T4sr} | {T4kon} |

Таблица №3 – Данные расчетов охлаждения двигателя

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчетная  точка | 0 | Т0 | 2Т0 | 3Т0 | 4Т0 | 5Т0 |
| Время, мин | {t4kon} | {T01} | {T02} | {T03} | {T04} | {T05} |
| Темп-ра, ◦С | {T4kon} | {T1ohl} | {T2ohl} | {T3ohl} | {T4ohl} | {T5ohl} |

По результатам расчета нагрева и охлаждения двигателя строим график рис. 3.

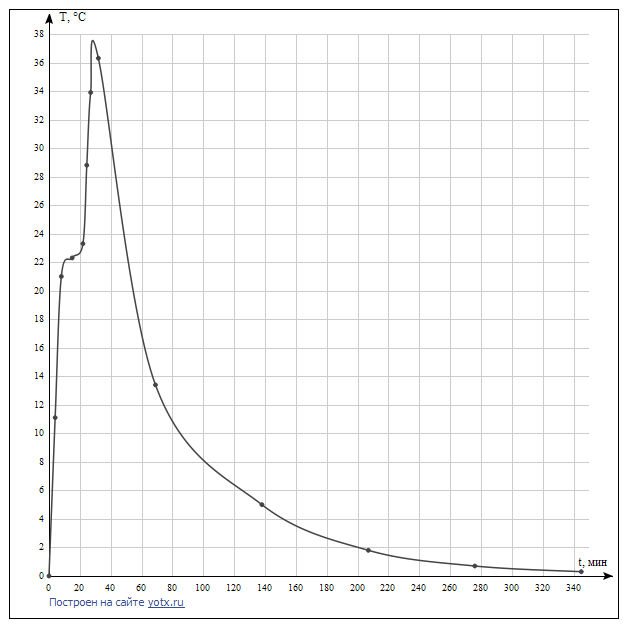


Рис. 3 – График изменения температуры электродвигателя

Анализирую график рис. 3, делаем вывод о превышении или не превышении электродвигателем допустимой величины температуры в процессе работы и, как правило, о прохождении двигателя по нагреву или нет.

2.4 Проверка выбранного двигателя на нагрев методом эквивалентных величин

2.4.1 По паспортным данным двигателя строим нагрузочную диаграмму при пуске

По заданию пуск осуществляют с постоянным моментом сопротивления, равным 0,3МН. Момент инерции рабочей машины равен 2Jд.

Каждая точка механической характеристики имеет две координаты: угловая скорость ω и момент, развиваемый электродвигателем, М.

Точка 1: координаты - ωо, М0=0.

, (24)

где ωо– угловая синхронная скорость, рад/с;

n0 – синхронная скорость, об/мин

Точка 2: координаты – ωН, МН.

, (25)

, (26)

где ωН – угловая номинальная скорость, рад/с;

SН = (n0 – n)/n0 – номинальное скольжение;

МН – номинальный момент, Н∙м;

РН – номинальная мощность двигателя, Вт.

Точка 3: координаты – ωК, МК.

, (27)

, (28)

где ωК – угловая скорость, соответствующая критическому моменту, рад/с;

SК - критическое скольжение (таблица №1);

МК – критический момент, Н∙м;

mК– кратность критического момента (таблица №1).

Точка 4: координаты – ωМ, ММ.

, (29)

, (30)

где ωМ- угловая скорость, соответствующая минимальному моменту, рад/с;

SМ – минимальное скольжение, SМ =0,85…0,87;

ММ – минимальный момент, Н∙м;

mМ– кратность минимального момента.

Точка 5: координаты – ωП=0, МП.

, (31)

где МП – пусковой момент, Н∙м;

mП– кратность пускового момента.

Электромеханическая характеристика.

Точка 1: имеет координаты – ω0, I0.

, (32)

, (33)

, (34)

где Iо – ток на холостом ходу, А;

IН – номинальный ток, А;

UН = 380 – номинальное напряжение, В;

ηН – КПД при номинальной скорости;

cosφН – коэффициент мощности при номинальной скорости.

Значение скоростей ω0, ωН, ωК берём из предыдущих расчётов механической характеристики электродвигателя по пяти точкам.

Точка 2: имеет координаты – ωН, IН.

Точка 3: имеет координаты – ωК, IК.

, (35)

, (36)

где IП – пусковой ток, А;

IК –ток при критическом моменте, А;

*iП* – кратность пускового тока.

Точка 4: имеет координаты – ωП=0, IП.

По этим данным во втором квадранте системы координат, построим механическую М(ω), электромеханическую I(ω) характеристики электродвигателя и механическую характеристику рабочей машины МC(ω) и определям установившуюся скорость ωу(точку пересечения механических характеристик электродвигателя и рабочей машины).

Отрезок оси от 0 до ωу, разделим на 6 отрезков. Для каждой скорости ω1, ω2, ω3 … по графикам МД(ω) определим значения моментов двигателя МП, M1, М2... и внести их в таблицу 4.

Рассчитаем динамический момент системы МДИНi= МДi - МС для каждого i значения скорости. Допустим для ω2: М42 = М12- МС = М12–0,3МН. По данным расчетов построим график МДИНi(ω). Операция определения МДИН выполняется графическим способом.

Таблица №4 – Результаты расчетов нагрузочных диаграмм при пуске двигателя и рабочей машины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка i | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | скорость ωi | рад/с | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 157 |
| 2 | ∆ ωi | рад/с | 0 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 27 |
| 3 | МДi | Нм | 98,4 | 77 | 86 | 93 | 100 | 118 | 49 |
| 4 | МCi | Нм | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 |
| 5 | МДИН.i | Нм | 83,6 | 62,2 | 71,2 | 78,2 | 85,2 | 103,2 | 34,2 |
| 6 | МДИН.СР | Нм | 0 | 72,9 | 66,7 | 74,7 | 81,7 | 94,2 | 68,7 |
| 7 | ∆ti | с | 0 | 0,029 | 0,031 | 0,028 | 0,026 | 0,022 | 0,03 |
| 8 | Ii  I | А | 113,55 | 112 | 108 | 103 | 95 | 85 | 25 |
| 9 | ti | с | 0 | 0,029 | 0,06 | 0,088 | 0,114 | 0,136 | 0,166 |

Рис. 4 – Графоаналитический метод построения нагрузочных диаграмм

Меняющийся динамический момент системы на каждом участке скорости заменяем постоянным – средним. Результаты расчетов заносим в таблицу.

Значения приращения скорости во второй строке определим как разность между двумя соседними участками скорости ωi и ωi-1.

Время изменения скорости двигателя на Δω:

(37)

Суммарный момент инерции JΣ= JДВ +JРМ = JДВ + 2JДВ = 3JДВ.

JΣ= 3\*0,028=0,084кг\*м2.

Суммарное время разгона электродвигателя определяем по формуле:

(38)

2.4.2 Эквивалентный ток за время пуска

(39)

IСР–среднее значение тока двигателя на интервалах времени Δt1…Δt6.

2.4.3 Нагрузочная диаграмма двигателя за время работы.

Ток двигателя по интервалам:

, (40)

Величины η и cosφ определяем из пункта 2.2.

С учетом полученных результатов строим нагрузочную диаграмму.

Эквивалентный ток двигателя за время работы:

, (41)

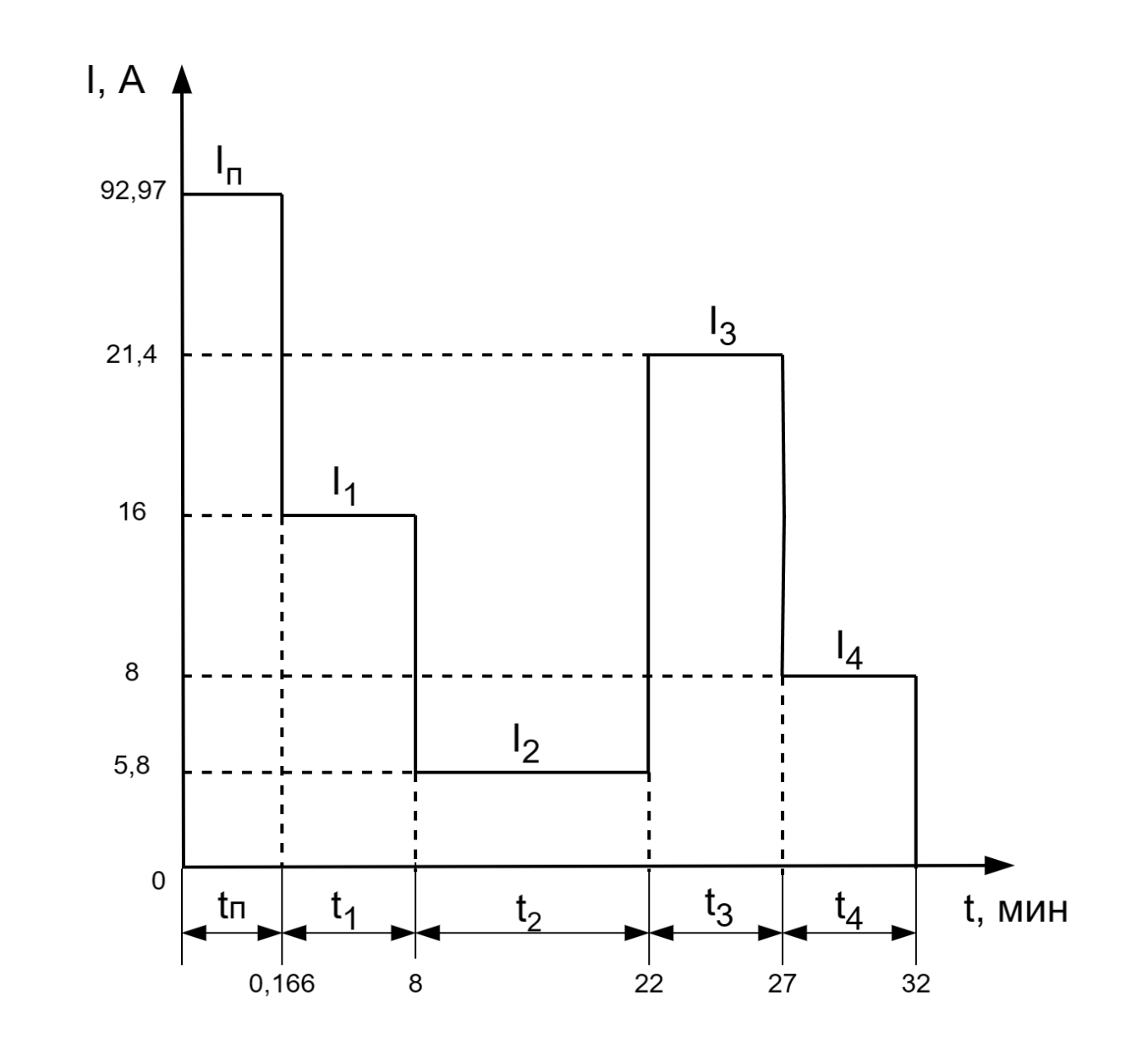


Рис. 5 – Нагрузочная диаграмма электродвигателя

Коэффициент механической перегрузки:

, (42)

Проверяем на нагрев:

, (43)

Условие (43) выполняется, → расчёт выполнен верно.

3 Расчет и выбор автоматического выключателя

Автоматический выключатель выбирается по условиям:

1)UНОМ ≥ UСЕТИ НОМ

2) IНОМ  ≥ IН ДВ

Подбираем АЕ2020 на 16А

Номинальный ток максимальных расцепителей тепловой защиты и электромагнитной отсечки IНР выбираются наименьшими близкими к номинальному току двигателя

IНР ≥ IН ДВ (44)

16 А≥ 15,14А

Проверка уставки тепловой защиты. Ток срабатывания защиты двигателя от перегрузки

IСР = КТ⋅IНР, (45)

где КТ – кратность срабатывания теплового расцепителя тока (приложение 4).

IСР = 1,25⋅ 16=20А

Проверка электромагнитной отсечки. Ток уставки электромагнитного расцепителя

IЭМ ≥ К ⋅IНР (46)

где К – коэффициент кратности тока уставки электромагнитного расцепителя (приложение 4). К = 12.

IЭМ ≥ 192

Выбранные токи уставки необходимо проверить.

Электромагнитный расцепитель не должен срабатывать во время пуска двигателя:

IЭМ ⋅(1 - ΔI) ≥IН ДВ ⋅iП⋅ КОТКЛ, (47)

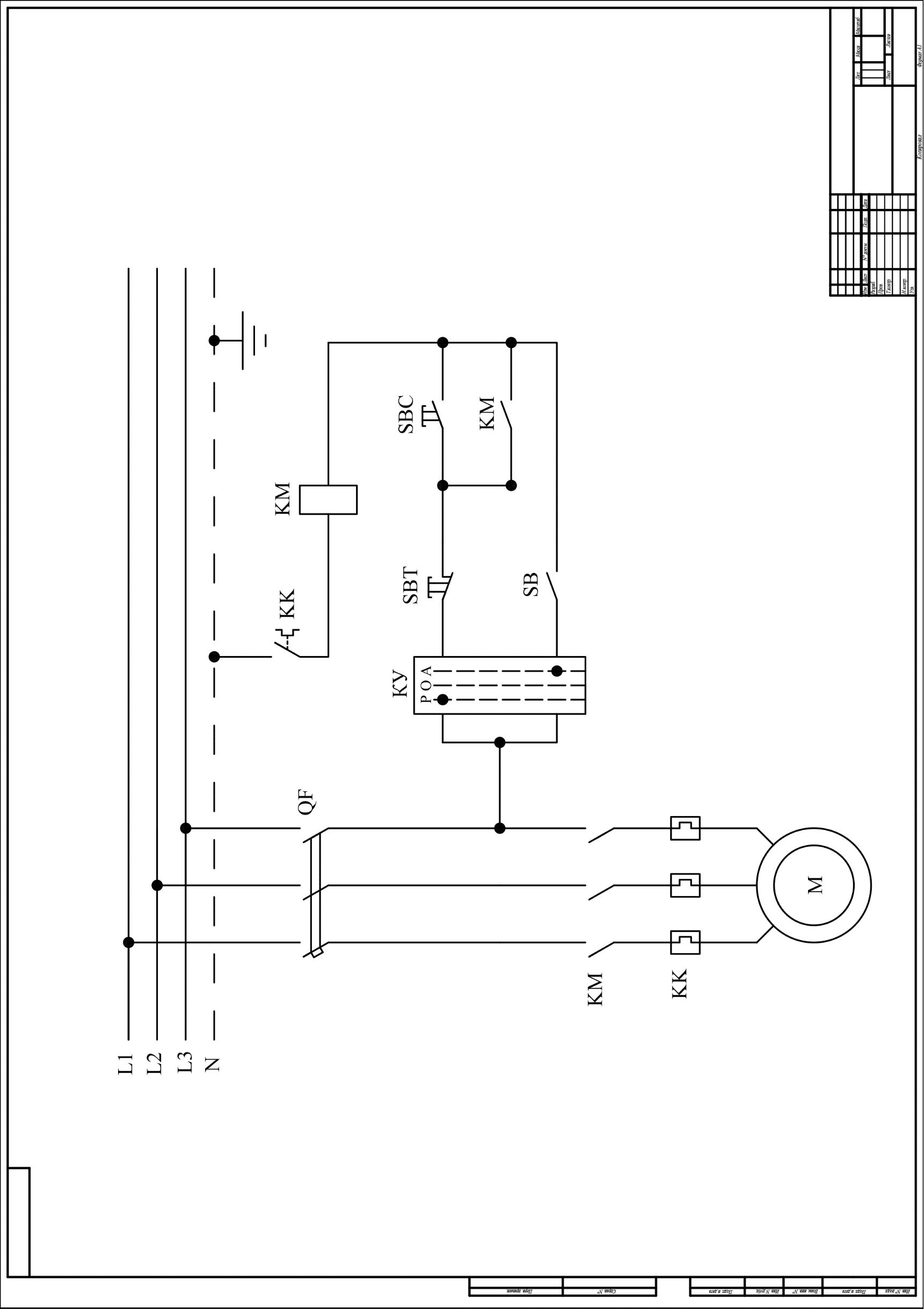
где ΔI = 0,15 – относительная погрешность тока срабатывания электромагнитного расцепителя; iП – кратность пускового тока; КОТКЛ = 1,1…1,2 – коэффициент учитывающий колебания тока двигателя.

192⋅(1 –0,15) ≥15,14⋅7,5⋅1,15

163,2 > 130,6 - условие выполняется.

Расход электроэнергии за время выполнения работы:

, (48)

****

|  |
| --- |
|  |

4 Электрическая схема управления

Схема управления электроприводом водоподъемной установки:



Литература

1. Бурков А. Ф., Сериков А. В Электродвигатели электрических приводов - СПб.: Лань, 2023.
2. Онищенко, Г.Б. Теория электропривода: Учебник / Г.Б. Онищенко. - М.: Инфра-М, 2018
3. Неменко, А.В. Механические компоненты электропривода машин: расчет и проектирование: Учебное пособие / А.В. Неменко. - М.: Вузовский учебник, 2017
4. Курбанов, С.А. Основы электропривода: Учебное пособие / С.А. Курбанов, Д.С. Магомедова. - СПб.: Лань П, 2016.
5. Фролов, Ю.М. Регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - СПб.: Лань, 2018.
6. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного упр. электропривода: Уч. / В.В. Москаленко. - М.: Инфра-М, 2018.