Контрольная работа отражает механику электромеханической системы ТП-Д и электромеханические свойства двигателя и представляется в виде расчётно-пояснительной записки и графической части. Она включает в себя расчёт мощности двигателя постоянного тока независимого возбуждения, по заданной тахограмме и механической характеристике механизма, выбор двигателя и преобразователя, расчёт и построение статических механических характеристик электропривода по системе ТП-Д (тиристорный преобразователь-двигатель). В таблице №1 приведены исходные данные для расчёта системы ТП-Д.



Согласно заданию необходимо:

1. Построить тахограмму рабочей машины  за цикл работы и найти расчётную продолжительность включения ПВ%.
2. Построить механическую характеристику М рабочей машины.
3. Построить нагрузочную диаграмму М рабочей машины.
4. Определить требуемую мощность двигателя.
5. Выбрать электродвигатель по мощности и определить требуемое передаточное отношение редуктора между двигателем и механизмом.
6. Выбрать управляемый тиристорный преобразователь.
7. Построить тахограмму работы двигателя .
8. Рассчитать приведённые к валу двигателя статические моменты сопротивления  рабочей машины и построить зависимость.
9. Рассчитать и построить статические механические характеристики системы ТП-Д, на которых двигатель должен работать в течении цикла.
10. Проверить предварительно выбранный двигатель по нагреву методом средних потерь.
11. Изобразить принципиальную электрическую схему системы ТП-Д.

Методические указания по выполнению контрольной работы.

К п1. Тахограмма рабочей машины  строится по данным таблицы =1. В ней указаны 3 установившиеся скорости , , , и время работы с этими скоростями , , . Время паузы =.

Расчётная ПВ% определяется как

ПВ%

К п.2. Механическая характеристика рабочей машины  задана уравнением в таблице №1. При её построении (в том числе и в 3 квадранте) в уравнение подставляется абсолютное значение скорости.

К п.3. Нагрузочная диаграмма рабочей машины М строится на основании её тахограммы и механической характеристики. Для каждой из 3 установившихся скоростей по механической характеристике определяются моменты сопротивления. Нагрузочная диаграмма получается путём замены на тахограмме скорости соответствующим ей моментом М сопротивления.

К п.4. Для определения требуемой мощности двигателя по нагрузочной диаграмме механизма сначала находится средний статический момент сопротивления:



Требуемый номинальный момент двигателя:

М

где 1,1-1,3 коэффициенты, учитывающие дополнительную нагрузку двигателя в переходных режимах из-за появления динамических моментов.

Требуемая мощность двигателя:



где - основная скорость, на которой двигатель должен работать. За  рекомендуется принимать максимальную скорость при однозонном регулировании или меньшую (но не самую малую) при 2 зонном регулировании, например при ослаблении магнитного потока. Двухзонное регулирование целесообразно применять в тех случаях, когда  уменьшается с ростом скорости.

Найденную расчетную мощность следует пересчитать на номинальную по формуле:

P=P

К п.5 По найденному значению Р выбирается двигатель повторно – кратковременного режима серии Д согласно условию:

>P при ПВ%=40%

Студент самостоятельно принимает решение о величине напряжения двигателя (на 220 В или 440 В) и о том, каким он должен быть – быстроходным или тихоходным. Основные технические данные двигателей независимого возбуждения серии Д приведены в таблице №2.

Передаточное число найдётся как отношение номинальной скорости двигателя к основной скорости:



К п.6. По справочнику выбирается тиристорный преобразователь согласно условию

,  

Основные технические данные тиристорных преобразователей приведены в таблице №3. Если требуется изменение направления вращения, что видно из тахограммы механизма, преобразователь выбирается реверсивный. Одновременно с выбором преобразователя выбирается тип и мощность питающего трансформатора. Расчётное значение его мощности:



где Р,  - номинальные значения мощности двигателя его КПД и КПД преобразователя;

 и - номинальный КПД трансформатора и его коэффициент использования;

( ).

Условие выбора трансформатора: S>S.

По справочнику выбирается трансформатор серии ТСП (трёхфазный сухой преобразовательный). Технические данные трансформаторов серии ТСП приведены в таблице №4.

Если студенты выбирают двигатель по напряжению 440 В, трансформатора не требуется, вместо него тиристорный преобразователь подключается к сети 380 В через токоограничивающие реакторы. Расчётное значение индуктивности ТОР.

; I=(7-8)I, где

I и I- допустимый ударный ток короткого замыкания и номинальный выпрямленный ток преобразователя.

Условия выбора ТОР:>; >

Основные технические данные токоограничивающих реакторов приведены в таблице №5.

К п.7. Тахограмма  работы двигателя с установившимися скоростями строится по тахограмме рабочей машины и передаточному числу редуктора.

К п.8. При расчёте приведённых к валу двигателя моментов сопротивления механизма необходимо учесть момент холостого хода двигателя:

,

где - номинальный электромагнитный момент двигателя и номинальный момент на валу.

 где  -коэффициент ЭДС двигателя



Фактический момент сопротивления рабочей машины:



Приведенный момент сопротивления рабочей машины, соответствующий каждой из установившихся скоростей .

.

К п.9 Для расчёта и построения статических механических характеристик системы ТП-Д, соответствующих установившимся скоростям вращения двигателя, необходимо предварительно определить эквивалентное сопротивление якорной цепи:



где m-число пульсаций выпрямленного напряжения. Для мостовой схемы m=6.Активное и реактивное сопротивление согласующего трансформатора:

 

где -потери короткого замыкания трансформатора, Вт,

-напряжение короткого замыкания трансформатора,

- коэффициент трансформации трансформатора,

 -номинальный первичный ток трансформатора, который определяется по формуле:

= Сопротивления сглаживающего и уравнительного дросселей (реакторов):

; ;

Здесь - падение напряжения на дросселях при номинальном токе выпрямителя (преобразователя).

При бес трансформаторной схеме преобразователя (с ТОР) эквивалентное сопротивление якорной цепи определяется по формуле:



где  и  - индуктивное и активное сопротивление токоограничивающего реактора, причём:

 Здесь .

Статические механические характеристики рассчитываются по уравнению: ,

Здесь .

Угол задержки открывания вентилей , необходимый для обеспечения работы двигателя с установившейся скоростью :

 ,

где - ток статической нагрузки, которому соответствует приведённый момент .

В данной контрольной работе предлагается пренебрегать зоной прирывистых токов преобразователя и считать характеристики линейными.

При построении статических механических характеристик системы ТП-Д на том же графике следует изобразить механические характеристики рабочей машины и указать установившиеся скорости. Если привод реверсивный, характеристики располагаются в 1 и 3 квадрантах графика.

К п.10. При проверке выбранного двигателя по нагреву методом средних потерь, не учитывать потери в переходных режимах.

Порядок определения средних потерь следующий:

Определяются мощности, развиваемые двигателем на каждой из установившихся скоростей

, где-приведённый момент сопротивления, соответствующий каждой из установившихся скоростей двигателя .

Определяются коэффициенты загрузки двигателя  по мощности на каждой из.



Определяются полные номинальные, номинальные переменные и постоянные потери двигателя, а также коэффициент потерь

 ; К=; а=

Потери в двигателе  на каждом участке работы с установившейся скоростью



Средние потери в двигателе за цикл работы:

, где - потери в двигателе на возбуждении принять равными 2% от .

Пересчёт потерь из условий, что , 



Делается вывод о возможности установки двигателя если выполняется указанное условие. Если необходимо выбрать двигатель ближайшей большей мощности.

Таблица №1 Исходные данные по моему варианту.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта  тахограммы |  |  | |  | |  |  |  | |  | | №варианта  механической  характеристики | Закон изменения момента сопротивления рабочей машины | Момент инерции рабочей машины J в долях от момента инерции двигателя,  кг |
| рад/с | | | | | сек. | | | | | |
| 1 | 20 | | 10 | | 2 | 180 | 20 | | 20 | | 180 | 4 | 600+50 | 6,0 |
|  |

Таблица №2 Основные технические и обмоточные данные краново-металлургических двигателей независимого возбуждения серии Д, закрытых с естественным охлаждением при ПВ%=40%.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Серия | квт | А | n,  об/мин | N | 2а |  | мВб | А | ,  Ом | ом | J |  |

Тихоходные 

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д12 | 2,4 | 14 | 1200 | 990 | 2 | 1800 | 4,6 | 0,7 | 1,63 | 270 | 0,05 | 57 |
| Д21 | 3,6 | 21 | 1060 | 920 | 2 | 1650 | 5,8 | 1,2 | 0,95 | 128 | 0,125 | 90 |
| Д22 | 4,8 | 26 | 1120 | 696 | 2 | 1480 | 7,4 | 1,18 | 0,57 | 130 | 0,155 | 108 |
| Д31 | 6,8 | 37 | 850 | 738 | 2 | 1700 | 8,8 | 1,18 | 0,42 | 107 | 0,3 | 201 |
| Д32 | 9,5 | 51 | 770 | 558 | 2 | 1470 | 13,2 | 1,62 | 0,27 | 94 | 0,425 | 319 |
| Д41 | 13 | 70 | 700 | 492 | 2 | 1480 | 17 | 2,16 | 0,17 | 70 | 0,8 | 476 |
| Д806 | 16 | 84 | 700 | 372 | 2 | 1400 | 25 | 2,7 | 0,1085 | 65 | 1,0 | 678 |
| Д808 | 22 | 112 | 620 | 278 | 2 | 1250 | 38 | 3,93 | 0,054 | 44 | 2,0 | 1290 |
| Д810 | 29 | 148 | 590 | 234 | 2 | 1500 | 47,5 | 3,9 | 0,0356 | 46,2 | 3,6 | 1915 |
| Д812 | 38 | 192 | 555 | 210 | 2 | 1350 | 57,2 | 5,74 | 0,023 | 34,4 | 7,0 | 2800 |
| Д814 | 55 | 280 | 550 | 608 | 8 | 1200 | 82,1 | 6,25 | 0,0129 | 35,2 | 10,25 | 4270 |
| Д816 | 70 | 350 | 525 | 504 | 8 | 1160 | 104 | 7,44 | 0,0087 | 24,7 | 11,25 | 6640 |
| Д818 | 83 | 415 | 460 | 604 | 8 | 1000 | 111 | 10,2 | 0,0066 | 17,5 | 12,5 | 7950 |

Тихоходные 

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д21 | 3,1 | 9,5 | 1280 | 1610 | 2 | 1650 | 5,6 | 1,24 | 3,54 | 128 | 0,125 | 54 |
| Д31 | 5,2 | 14,5 | 890 | 1476 | 2 | 1700 | 8,8 | 1,42 | 2,08 | 107 | 0,3 | 128 |
| Д41 | 12,5 | 34 | 710 | 984 | 2 | 1480 | 17 | 2,2 | 0,695 | 70 | 0,8 | 349 |
| Д808 | 22 | 56 | 620 | 556 | 2 | 1250 | 38,6 | 3,6 | 0,208 | 50 | 2,0 | 1030 |
| Д810 | 29 | 74 | 590 | 468 | 2 | 1500 | 46,8 | 3,85 | 0,146 | 46,2 | 3,82 | 1511 |
| Д812 | 36 | 92 | 560 | 418 | 2 | 1350 | 57,3 | 5,1 | 0,099 | 36,4 | 7,0 | 2060 |
| Д814 | 55 | 138 | 550 | 1216 | 8 | 1200 | 82,1 | 5,5 | 0,052 | 34 | 10,25 | 3390 |
| Д816 | 70 | 175 | 530 | 1008 | 8 | 1060 | 103 | 7,44 | 0,0324 | 24,7 | 16,25 | 4760 |
| Д818 | 83 | 205 | 460 | 1008 | 8 | 1000 | 111 | 10,2 | 0,026 | 17,3 | 27,5 | 6370 |

Быстроходные 

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д21 | 4,4 | 25 | 1460 | 690 | 2 | 1650 | 5,8 | 1,24 | 0,531 | 128 | 0,125 | 79 |
| Д22 | 6,5 | 34 | 1510 | 522 | 2 | 1460 | 7,45 | 1,18 | 0,322 | 130 | 0,155 | 119 |
| Д31 | 9,5 | 50 | 1360 | 492 | 2 | 1700 | 8,8 | 1,42 | 0,194 | 107 | 0,3 | 183 |
| Д32 | 13 | 68 | 1190 | 372 | 2 | 1470 | 13,2 | 1,6 | 0,125 | 94 | 0,425 | 305 |
| Д41 | 17,5 | 90 | 1120 | 310 | 2 | 1480 | 17 | 2,16 | 0,072 | 70 | 0.8 | 438 |
| Д806 | 21 | 110 | 1050 | 246 | 2 | 1400 | 25 | 2,7 | 0,047 | 65 | 1,0 | 645 |
| Д808 | 26 | 134 | 810 | 210 | 2 | 1250 | 37,2 | 3,9 | 0,0295 | 44 | 2,0 | 1180 |

Быстроходные 

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д22 | 5,6 | 16 | 1510 | 1044 | 2 | 1145 | 7,45 | 3,6 | 1,69 | 45 | 0,155 | 79 |
| Д32 | 12 | 32 | 1200 | 738 | 2 | 1140 | 13,2 | 4,3 | 0,534 | 57 | 0.425 | 235 |
| Д806 | 21 | 55 | 1050 | 492 | 2 | 1400 | 25 | 2,7 | 0,205 | 65 | 1,0 | 510 |

Примечание: Двигатели допускают увеличение скорости в 2 раза за счёт ослабления магнитного потока. При этой скорости максимальный момент не должен превышать 0,8

М при  и 0,64 М при . Сопротивление обмоток даны при : рабочая температура обмоток :число пар полюсов р.

Таблица №3 Основные технические данные тиристорных агрегатов серий ТЕ, ТЕР с естественным охлаждением.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| тип  агрегата | напряжение сети | Выходные параметры | | | |
| номинальный выпрямл.ток,А | максим.выпрямл.  ток,А | номинальное  выпрямл.напряж.,В | номинальная  мощность,кВт |

Нереверсивные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТЕ4-63/230 | 190-220 | 63 | 141,75 | 230 | 14,5 |
| ТЕ4-63/460 | 380 | 63 |  | 460 | 29 |
| ТЕ4-100/230 | 190-220 | 100 | 225 | 230 | 23 |
| ТЕ4-100/460 | 380 | 100 |  | 460 | 46 |
| ТЕ4-160/230 | 190-220 | 160 | 360 | 230 | 36,8 |
| ТЕ4-160/460 | 380 | 160 |  | 460 | 73,6 |
| ТЕ4-200/230 | 190-220 | 200 | 450 | 230 | 46 |
| ТЕ4-200/460 | 380 | 200 |  | 460 | 92 |

Реверсивные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТЕ4-63/230 | 190-220 | 63 | 141,75 | 230 | 14,5 |
| ТЕ4-63/460 | 380 | 63 |  | 460 | 29 |
| ТЕ4-100/230 | 190-220 | 100 | 225 | 230 | 23 |
| ТЕ4-100/460 | 380 | 100 |  | 460 | 46 |
| ТЕ4-160/230 | 190-220 | 160 | 360 | 230 | 36,8 |
| ТЕ4-160/460 | 380 | 160 |  | 460 | 73,6 |
| ТЕ4-200/230 | 190-220 | 200 | 450 | 230 | 46 |
| ТЕ4-200/460 | 380 | 200 |  | 460 | 92 |

Примечание: номинальный КПД =0,96

Таблица №4 Технические данные трансформаторов серии ТСП

Номинальное напряжение первичной обмотки 

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип тр-ра | кВА | Параметры вторичной обмотки | | Параметры тирист.пр-ля | | Потери мощности Вт | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| ТСП-10/0,7 | 7,5 | 118 | 20,5 | 230 | 25 | 130 | 320 | 4,7 | 16 |
| ТСП-16/0,7 | 14,6 | 118 | 41 | 230 | 50 | 140 | 550 | 5,2 | 10 |
| ТСП-16/0,7 | 14,6 | 236 | 20,5 | 460 | 25 | 140 | 550 | 5,2 |  |
| ТСП-25/0,7 | 29,1 | 118 | 82 | 230 | 100 | 210 | 1100 | 5,5 | 8 |
| ТСП-25/0,7 | 29,1 | 236 | 41 | 460 | 50 | 210 | 1100 | 5,5 |  |
| ТСП-63/0,7 | 58 | 118 | 164 | 230 | 200 | 330 | 1900 | 5,5 | 8 |
| ТСП-63/0,7 | 58 | 236 | 82 | 460 | 100 | 330 | 1900 | 5,5 |  |
| ТСП-100/0,7 | 93 | 118 | 262 | 230 | 320 | 440 | 2300 | 5,8 | 5 |
| ТСП-125/0,7 | 117 | 236 | 164 | 460 | 200 | 520 | 2700 | 5,8 | 4 |

Таблица №5 Технические данные токоограничивающих реакторов серии РТСТ(реактор трёхфазный сухой токоограничивающий), 

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип реактора |  |  | RОм |
| РТСТ-20,5-2,02 | 20,5 | 2,02 | 265 |
| РТСТ-41-1,01 | 41 | 1,01 | 102 |
| РТСТ-82-0,505 | 82 | 0,505 | 37 |
| РТСТ-165-0,25 | 165 | 0,25 | 13 |
| РТСТ-265-0,156 | 265 | 0,156 | 7,2 |
| РТСТ-410-0,101 | 410 | 0,101 | 3,8 |
| РТСТ-660-0,06 | 660 | 0,064 | 2,1 |
| РТСТ-820-0,05 | 820 | 0,05 | 1,4 |

В целях экономии времени студента по поиску в литературе схем, ниже приведена принципиальная схема реверсивной системы ТП-Д.

Принципиальная схема реверсивной системы ТП-Д с встречно параллельной схемой выпрямления.

~380 V

