МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ

ФЕДЕРАЦИИ

# КУРСОВАЯ РАБОТА

**по дисциплине**

**«Электрические машины»**

**методические указания к курсовой работе для**

**студентов очной формы обучения специальности**

**«Электроснабжение»**

## Для государственных университетов

**Якутск 2015 г.**

***ЗАДАНИЕ 1.***

Построить естественную и искусственную электромеханические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при:

–введении в цепь якоря сопротивления **=** ;

–понижении напряжения на зажимах якоря  ;

–понижении магнитного потока 

Паспортные данные двигателя приведены в таблице 1.1 в соответствии с вариантом.

Таблица 1.1

Исходные данные к заданию 1

(паспортные данные ДПТ, при U=220 В)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **варианта** | **P,**  **кВт** | **n,**  **об/мин** | **Rя,**  **Ом** | **Iн,**  **А** | **d** |  |  |
| 1 | 190,0 | 560 | 27,4 | 940,0 | 4 | 0,2 | 0,15 |
| 2 | 150,0 | 580 | 23,7 | 845,0 | 5 | 0,3 | 0,25 |
| 3 | 120,0 | 500 | 35,2 | 545,0 | 6 | 0,4 | 0,35 |
| 4 | 85,0 | 512 | 34,4 | 380,0 | 7 | 0,5 | 0,45 |
| 5 | 75,0 | 550 | 46,2 | 382,0 | 8 | 0,6 | 0,28 |
| 6 | 67,0 | 575 | 44,4 | 192,0 | 9 | 0,8 | 0,38 |
| 7 | 52,0 | 616 | 62,0 | 92,0 | 10 | 0,8 | 0,48 |
| 8 | 46,0 | 690 | 70,0 | 86,0 | 1 | 0,9 | 0,58 |
| 9 | 32,0 | 770 | 94,0 | 65,0 | 2 | 0,95 | 0,68 |
| 10 | 22,0 | 840 | 107,0 | 44,0 | 3 | 0,15 | 0,78 |
| 11 | 20,0 | 990 | 125,0 | 40,0 | 4 | 0,25 | 0,1 |
| 12 | 18,0 | 1000 | 127,0 | 38,0 | 5 | 0,35 | 0,2 |
| 13 | 0,16 | 1250 | 128,0 | 8,0 | 6 | 0,45 | 0,3 |
| 14 | 0,14 | 1450 | 336,0 | 5,0 | 7 | 0,55 | 0,5 |
| 15 | 75,0 | 512 | 34,4 | 380,0 | 3 | 0,75 | 0,7 |
| 16 | 47,0 | 675,0 | 67,5 | 206,0 | 8 | 0,65 | 0,6 |
| 17 | 22,0 | 735,0 | 87,0 | 121,0 | 9 | 0,85 | 0,8 |
| 18 | 12,0 | 770 | 94,0 | 65,0 | 10 | 1,05 | 0,9 |
| 19 | 45,6 | 870 | 33,9 | 121,0 | 11 | 0,17 | 0,95 |
| 20 | 102,0 | 990 | 22,9 | 223,7 | 1 | 0,18 | 1,05 |
| 21 | 185,0 | 450 | 17,3 | 920,0 | 2 | 0,48 | 0,88 |
| 22 | 111,0 | 570 | 33,8 | 1000 | 3 | 0,28 | 0,14 |
| 23 | 8,0 | 840 | 107,0 | 44,0 | 4 | 0,78 | 0,77 |
| 24 | 10,0 | 1125 | 101,0 | 48,0 | 4 | 0,38 | 0,16 |
| 25 | 15,0 | 1250 | 104,6 | 55,0 | 5 | 0,48 | 0,19 |
| 26 | 55,0 | 550 | 46,2 | 382,0 | 8 | 0,88 | 0,22 |
| 27 | 37,0 | 575 | 44,4 | 192,0 | 7 | 0,98 | 0,33 |
| 28 | 58,0 | 670 | 56,8 | 202,0 | 6 | 0,58 | 0,44 |
| 29 | 69,0 | 776 | 87,7 | 221,0 | 9 | 0,68 | 0,55 |
| 30 | 73,5 | 887 | 89,9 | 302,0 | 10 | 0,78 | 0.66 |
| 31 | 99,8 | 1040 | 98,4 | 389,0 | 1 | 0,89 | 0.77 |
| 32 | 150,0 | 480 | 24,7 | 745,0 | 2 | 0,53 | 0,45 |
| 33 | 145,0 | 510 | 67,9 | 556,5 | 3 | 0,12 | 0,99 |
| 34 | 134,0 | 550 | 76,5 | 343,0 | 4 | 0,14 | 0,125 |
| 35 | 128,0 | 650 | 89,9 | 121,0 | 5 | 0,24 | 0,225 |
| 36 | 118,7 | 750 | 111,2 | 111,6 | 6 | 0,34 | 0,335 |
| 37 | 110,0 | 500 | 35,2 | 545,0 | 7 | 0,64 | 0,555 |
| 38 | 68,9 | 560 | 88,8 | 376,0 | 8 | 0,44 | 0,665 |
| 39 | 22,0 | 616 | 62,0 | 92,0 | 9 | 1,04 | 0,455 |
| 40 | 16,0 | 690 | 70,0 | 86,0 | 0,5 | 0,44 | 0,568 |

**Методические указания:**

1.Частота вращения двигателя при и введенном сопротивлении в цепь якоря 



2.Частота вращения идеального холостого хода при понижении напряжения на якоре 



3. Частота вращения двигателя, соответствующая  при номинальном токе якоря



4.Частота вращения идеального холостого хода при понижении магнитного потока 



5.Частота вращения двигателя, соответствующая номинальному току якоря при понижении магнитного потока 



Привести в одних осях: естественная и искусственные характеристики: при введении сопротивления в цепь якоря , понижении напряжения на зажимах якоря  и понижении магнитного потока возбуждения , построенные по двум точкам.

***ЗАДАНИЕ 2.***

Для двигателя постоянного тока независимого возбуждения (паспортные данные приведены в таблице 1.1):

1. определить сопротивления пусковых резисторов аналитическим и графическим способами при нормальном пуске;
2. рассчитать сопротивления тормозных резисторов (торможение в одну ступень) в режимах рекуперативного торможения, динамического и противовключения.

При пуске задано число ступеней пускового реостата **m**, ; при рекуперативном торможении: **= k1**; при динамическом торможении : ; при торможении противовключением: **= k3.** Расчетные данные приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Расчетные данные к заданию 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **m** |  | **k1** | **k2** | **k3** |
| 1 | 1 | 1,1 | 1,0 | 0,1 | 0,8 |
| 2 | 2 | 1,2 | 1,1 | 0,2 | 0,7 |
| 3 | 3 | 1,3 | 1,2 | 0,3 | 0,6 |
| 4 | 4 | 1,4 | 1,3 | 0,4 | 0.9 |
| 5 | 5 | 1,5 | 1,11 | 0,5 | 0,75 |
| 6 | 1 | 1,6 | 1,21 | 0.65 | 0,8 |
| 7 | 2 | 1,7 | 1,31 | 0,75 | 0,7 |
| 8 | 3 | 1,8 | 1,41 | 0,85 | 0.85 |
| 9 | 4 | 1,9 | 1,15 | 0,95 | 0,75 |
| 10 | 5 | 2,0 | 1,18 | 0,55 | 0,8 |
| 11 | 1 | 0.5 | 0,5 | 0,1 | 0,8 |
| 12 | 2 | 0,6 | 0,6 | 0,2 | 0,7 |
| 13 | 3 | 0,7 | 0.7 | 0,3 | 0,6 |
| 14 | 4 | 0,8 | 0.8 | 0,4 | 0.9 |
| 15 | 5 | 0.9 | 0.9 | 0,5 | 0,75 |
| 16 | 1 | 1,0 | 0,52 | 0.65 | 0,8 |
| 17 | 2 | 1,1 | 0,65 | 0,75 | 0,7 |
| 18 | 3 | 1,2 | 0.75 | 0,85 | 0.85 |
| 19 | 4 | 1,3 | 0.85 | 0,95 | 0,75 |
| 20 | 5 | 1,4 | 0.95 | 0,55 | 0,8 |
| 21 | 1 | 1,5 | 0,53 | 0,1 | 0,8 |
| 22 | 2 | 1,6 | 0,63 | 0,2 | 0,7 |
| 23 | 1 | 1,7 | 0.73 | 0,3 | 0,6 |
| 24 | 2 | 1,8 | 1,5 | 0,4 | 0.9 |
| 25 | 3 | 1,9 | 1,6 | 0,5 | 0,75 |
| 26 | 4 | 2,0 | 1.7 | 0.65 | 0,8 |
| 27 | 5 | 1,1 | 1.8 | 0,75 | 0,7 |
| 28 | 1 | 0.55 | 0.98 | 0,85 | 0.85 |
| 29 | 2 | 0,66 | 0,58 | 0,95 | 0,75 |
| 30 | 3 | 0,75 | 0,68 | 0,55 | 0,8 |
| 31 | 4 | 0,88 | 0.78 | 0,1 | 0,8 |
| 32 | 5 | 0.93 | 0.83 | 0,2 | 0,7 |
| 33 | 1 | 1,07 | 0.95 | 0,3 | 0,6 |
| 34 | 1 | 0.53 | 0,54 | 0,4 | 0.9 |
| 35 | 2 | 0,64 | 0,64 | 0,5 | 0,75 |
| 36 | 3 | 0,77 | 0.74 | 0.65 | 0,8 |
| 37 | 4 | 0,82 | 0.84 | 0,75 | 0,7 |
| 38 | 5 | 0.91 | 0.94 | 0,85 | 0.85 |
| 39 | 1 | 1,06 | 1,21 | 0,95 | 0,75 |
| 40 | 2 | 1,12 | 1,12 | 0,55 | 0,8 |

**Методические указания:**

1. Расчет сопротивлений пусковых резисторов аналитическим способом.

1.1. При нормальном пуске задаемся величиной тока переключения



1.2. Отношение пускового тока к переключающему току

,

где – относительное сопротивление якорной цепи;

 – номинальное сопротивление якорной цепи.

При этом должно выполнится условие: .

1.3.Расчет сопротивлений ступеней в абсолютных единицах (для примера взято m=3)



1.4.Расчет сопротивлений секций в абсолютных единицах:



* 1. Проверка:



1. Расчет сопротивлений пусковых резисторов графическим способом.
2. Строим естественную электромеханическую характеристику в относительных единицах по двум точкам.

Первая точка – режим идеального холостого хода:



Вторая точка – режим короткого замыкания:



1. Откладываем значения



1. Строим пусковую диаграмму (рис.2.1.).
2. Определяем относительные значения сопротивлений ступеней и секций:



1. Определяем абсолютные значения сопротивлений ступеней и секций:





При этом очевидно, что небольшая разница в расчетах сопротивлений аналитическим и графическим путем вызвана неточностью построений.



3. Расчет сопротивления тормозного резистора в режиме рекуперативного торможения.

1. Для заданного значения  сопротивление тормозного резистора

,

где  – относительное значение тока в начальный период торможения.

Значение **Iт** не должно превосходить (2,0 – 2,5) номинального тока.

1. Абсолютное значение тормозного резистора



1. Расчет сопротивления тормозного резистора в режиме динамического торможения.

Для начального значения  и выбранному допустимому начальному значению тока при торможении  сопротивление тормозного резистора

.

1. Расчет сопротивления тормозного резистора в режиме торможения противовключением.

Для заданного значения  и выбранному допустимому начальному значению тока при торможении  сопротивление тормозного резистора



***ЗАДАНИЕ 3.***

Для асинхронного двигателя с фазным ротором построить механические характеристики: естественную и искусственные: реостатную характеристику с  и характеристику при . Исходные данные приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Исходные данные к заданию 3

(паспортные данные АД даны при Uн=380 В)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **варианта** | **Pн,**  **кВт** | **nн,**  **об/мин** | **R1, Ом** | **Х1, Ом** | **R2, Ом** | **Х2, Ом** | **ke** | **d** |  |
| 1 | 2,2 | 895 | 3,77 | 2,57 | 0,62 | 0,61 | 2,69 | 1 | 0,1 |
| 2 | 3,5 | 940 | 2,19 | 2,55 | 0,77 | 0,72 | 1,7 | 2 | 0,2 |
| 3 | 5,0 | 970 | 1,21 | 1, 7 | 0,24 | 0,408 | 2,23 | 3 | 0,4 |
| 4 | 7,5 | 985 | 0,65 | 0,715 | 0,29 | 0,54 | 1,5 | 4 | 0,3 |
| 5 | 3,5 | 990 | 2,9 | 1,565 | 0,77 | 0,731 | 1,7 | 5 | 0,5 |
| 6 | 7,5 | 983 | 0,88 | 0,88 | 0,211 | 0,331 | 1,9 | 6 | 0,6 |
| 7 | 11,0 | 755 | 0,435 | 0,55 | 0,084 | 0,173 | 2,3 | 7 | 0,7 |
| 8 | 16,0 | 788 | 0,278 | 0,34 | 0,105 | 0,24 | 1,6 | 8 | 0,25 |
| 9 | 22,0 | 743 | 0,199 | 0,27 | 0,05 | 0,16 | 1,8 | 9 | 0,35 |
| 10 | 30,0 | 765 | 0,146 | 0,25 | 0,059 | 0,17 | 1,4 | 10 | 0,22 |
| 11 | 32,5 | 1244 | 0,142 | 0,22 | 0,058 | 0,167 | 1,43 | 1,5 | 0,15 |
| 12 | 33,3 | 1268 | 0,4 | 0,219 | 0,053 | 0,165 | 1,41 | 2,5 | 0,25 |
| 131 | 35,8 | 1278 | 0,39 | 0,216 | 0,052 | 0,163 | 2,69 | 3,5 | 0,45 |
| 4 | 40,0 | 1389 | 0,385 | 0,211 | 0,05 | 0,161 | 1,7 | 4,5 | 0,35 |
| 15 | 42,3 | 1350 | 0,382 | 0,2 | 0,048 | 0,158 | 2,23 | 5,5 | 0,55 |
| 16 | 46,7 | 1360 | 0,38 | 0,195 | 0,046 | 0,155 | 1,5 | 6,5 | 0,65 |
| 17 | 49,0 | 1376 | 0,377 | 0,19 | 0,045 | 0,153 | 1,7 | 7,5 | 0,75 |
| 18 | 51,6 | 1410 | 0,37 | 0,188 | 0,044 | 0,15 | 1,9 | 8,5 | 0,28 |
| 19 | 54.3 | 1415 | 0,365 | 0,186 | 0,042 | 0,149 | 2,3 | 9,5 | 0,38 |
| 20 | 55,8 | 1420 | 0,36 | 0,183 | 0,041 | 0,147 | 1,6 | 10,5 | 0,28 |
| 21 | 56,9 | 1430 | 0,3 | 0,18 | 0,038 | 0,145 | 1,8 | 0,1 | 0,18 |
| 22 | 57,0 | 1435 | 0,285 | 0,178 | 0,037 | 0,143 | 1,4 | 0,2 | 0,27 |
| 23 | 58,9 | 1440 | 0,26 | 0,172 | 0,035 | 0,141 | 1,43 | 0,3 | 0,47 |
| 24 | 60,0 | 1445 | 0,255 | 0,17 | 0,034 | 0,14 | 1,41 | 1 | 0,37 |
| 25 | 61,9 | 567 | 0,245 | 0,168 | 0,033 | 0,139 | 2,69 | 2 | 0,57 |
| 26 | 67,0 | 580 | 0,236 | 0,167 | 0,032 | 0,138 | 1,7 | 3 | 0,67 |
| 27 | 73,9 | 590 | 0,225 | 0,164 | 0,031 | 0.137 | 2,23 | 4 | 0,77 |
| 28 | 77,9 | 610 | 0,215 | 0,16 | 0,029 | 0.133 | 1,5 | 5 | 0,22 |
| 29 | 80,2 | 655 | 0,2 | 0,156 | 0,028 | 0,131 | 1,7 | 6 | 0,32 |
| 30 | 85,9 | 677 | 0,178 | 0,155 | 0,026 | 0,13 | 1,9 | 7 | 0,22 |
| 31 | 88,6 | 678 | 0,167 | 0,153 | 0,024 | 0,126 | 2,3 | 8 | 0,11 |
| 32 | 90,7 | 689 | 0,16 | 0,15 | 0,022 | 0,122 | 1,6 | 9 | 0,21 |
| 33 | 92,6 | 699 | 0,158 | 0,148 | 0,02 | 0,099 | 2,69 | 10 | 0,41 |
| 34 | 96,8 | 705 | 0,157 | 0,143 | 0,018 | 0,087 | 1,7 | 0,4 | 0,31 |
| 35 | 98,3 | 1345 | 0,15 | 0,141 | 0,016 | 0,083 | 2,23 | 0,5 | 0,51 |
| 36 | 101,6 | 1456 | 0,145 | 0,14 | 0,013 | 0,082 | 1,5 | 0,6 | 0,61 |
| 37 | 105,6 | 1405 | 0,141 | 0,133 | 0,011 | 0,078 | 1,7 | 0,7 | 0,71 |
| 38 | 115,9 | 889 | 0,14 | 0,13 | 0,008 | 0,071 | 1,9 | 0,8 | 0,5 |
| 39 | 120,8 | 905 | 0,13 | 0,121 | 0,007 | 0,068 | 2,3 | 0,9 | 0,5 |
| 40 | 131,3 | 930 | 0,11 | 0,12 | 0,06 | 0,066 | 1,6 | 1,8 | 0,2 |

**Методические указания:**

1. Приведенные значения сопротивлений цепи ротора асинхронного двигателя



2.Критическое скольжение на естественной характеристике в двигательном режиме



3.Критический момент в двигательном режиме

.

4. Критическое скольжение при введении сопротивления  в цепь ротора



5.Критический момент при Uн

.

6. Расчет механических характеристик: естественной и искусственных при введении  в цепь ротора и при понижении напряжения до  свести в таблицу.

7. Характеристика механическая искусственная при введении добавочного сопротивления в цепь ротора 



Задаваясь во всех трех случаях скольжением **s** , находим значения моментов.

***ЗАДАНИЕ 4.***

Для асинхронного двигателя с фазным ротором (паспортные данные в соответствии с вариантом приведены в предыдущем задании в таблице 3.1) требуется:

* рассчитать значение сопротивления , которое требуется ввести в цепь ротора асинхронного двигателя, чтобы он при номинальной нагрузке в режиме противовключения обеспечивал частоту вращения ;
* построить механическую характеристику асинхронного двигателя при введении в цепь ротора ;
* рассчитать при работе двигателя в режиме рекуперативного торможения значения критического момента и критического скольжения, а также частоту вращения двигателя  при 
* построить механическую характеристику асинхронного двигателя в режиме рекуперативного торможения.

Исходные данные по вариантам приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Исходные данные к заданию 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант |  |  |
| 1 | 1,1 | 1,0 |
| 2 | 1,2 | 1,1 |
| 3 | 1,3 | 1,2 |
| 4 | 1,4 | 1,3 |
| 5 | 1,5 | 1,4 |
| 6 | 1,6 | 1,5 |
| 7 | 0,7 | 1,6 |
| 8 | 0,6 | 1,7 |
| 9 | 0,5 | 1,8 |
| 10 | 0,4 | 1,9 |
| 11 | 0,3 | 2,0 |
| 12 | 0,35 | 2,1 |
| 13 | 0,2 | 2,2 |
| 14 | 0,25 | 2,3 |
| 15 | 0,1 | 2,5 |
| 16 | 0,15 | 2,5 |
| 17 | 0,1 | 0,9 |
| 18 | 0,45 | 0,8 |
| 19 | 0,55 | 0,7 |
| 20 | 0.65 | 0,6 |
| 21 | 0,75 | 0,5 |
| 22 | 0,85 | 0,4 |
| 23 | 0,915 | 0,3 |
| 24 | 1,05 | 0,2 |
| 25 | 1,15 | 1,75 |
| 26 | 1,25 | 1,85 |
| 27 | 1,35 | 1,95 |
| 28 | 1,45 | 2,05 |
| 29 | 0,12 | 2,15 |
| 30 | 0,22 | 2,25 |
| 31 | 0,23 | 2,35 |
| 32 | 0,45 | 2,55 |
| 33 | 0,55 | 2,58 |
| 34 | 0.65 | 0,98 |
| 35 | 0,75 | 0,88 |
| 36 | 0,85 | 0,78 |
| 37 | 0,915 | 0,68 |
| 38 | 1,05 | 0,58 |
| 39 | 1,15 | 0,46 |
| 40 | 1,25 | 0,36 |

**Методические указания:**

1. Скольжение, соответствующее частоте вращения  в режиме торможения противовключением

.

2. Добавочное сопротивление, вводимое в цепь ротора для обеспечения 

.

3. Критическое скольжение двигателя в режиме рекуперативного торможения



4. Критический момент двигателя в режиме рекуперативного торможения



5. Номинальный момент

.

***ЗАДАНИЕ 5.***

Для асинхронного двигателя с фазным ротором (паспортные данные двигателя в соответствии с вариантом приведены в таблице 3.1) рассчитать сопротивления пусковых резисторов при заданных значения числа пусковых ступеней **m** и относительном значении момента статического сопротивления . Исходные данные приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Исходные данные к заданию 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | **m** |  |
| 1 | 5 | 0,7 |
| 2 | 4 | 0,6 |
| 3 | 3 | 0,5 |
| 4 | 2 | 0,4 |
| 5 | 5 | 0,3 |
| 6 | 4 | 0,2 |
| 7 | 3 | 1,75 |
| 8 | 2 | 1,85 |
| 9 | 5 | 1,95 |
| 10 | 4 | 2,05 |
| 11 | 3 | 2,15 |
| 12 | 2 | 2,25 |
| 13 | 5 | 2,35 |
| 14 | 5 | 2,55 |
| 15 | 4 | 2,58 |
| 16 | 3 | 0,98 |
| 17 | 2 | 0,88 |
| 18 | 5 | 0,78 |
| 19 | 4 | 0,68 |
| 20 | 3 | 0,58 |
| 21 | 2 | 0,46 |
| 22 | 5 | 0,36 |
| 23 | 5 | 0,7 |
| 24 | 4 | 0,6 |
| 25 | 3 | 0,5 |
| 26 | 2 | 0,4 |
| 27 | 5 | 0,3 |
| 28 | 4 | 0,2 |
| 29 | 3 | 1,75 |
| 30 | 2 | 1,85 |
| 31 | 5 | 1,95 |
| 32 | 4 | 2,05 |
| 33 | 3 | 2,15 |
| 34 | 2 | 2,25 |
| 35 | 5 | 2,35 |
| 36 | 4 | 2,55 |
| 37 | 3 | 2,58 |
| 38 | 2 | 0,98 |
| 39 | 5 | 0,88 |
| 40 | 4 | 0,78 |

**Методические указания:**

1. Величина переключающего момента

.

2. Относительное значение переключающего момента

.

3. Величина 

.

4. Относительное значение пускового момента

.

5. Величина пускового момента

.

6. Значение критического момента

.

7. Проверка условия

.

8. Значения полных сопротивлений, включаемых в цепь ротора



9. Значения сопротивлений ступеней



10. Проверка

.