

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНЫЙ КУРС ДИСЦИПЛИНЫ**

Судовые электрические машины

**Направление подготовки 26.05.07спец.**

**«Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»**

Профиль «Эксплуатация электроэнергетических систем кораблей»

Ведет дисциплину преподаватель: ассистент Рахимов Ф.М., тел. 8-914-330-8593

**Учебная нагрузка:**

**6 семестр – практические занятия, Группа Б3117-26.05.07спец**

**практические занятия 18 часа**

**Семестр 8 (44 часа).**

На практических занятиях 8 семестра используется навыки по проектированию электрических сетей, «наработанные» в 7 семестре. При этом преподаватель корректирует ход расчёта районной электрической сети (РЭС).

**Рабочая программа**

При выполнении расчётной работы необходимо определить параметры и произвести расчёт характеристик асинхронного двигателя, имеющего технические данные по варианту №…… (приложения 1 и 2).

Варианты заданий выдаёт преподаватель.

**Содержание задания на работу**

1. Расшифровать тип двигателя.

2. Изучить устройство и принцип действия асинхронного двигателя.

3. Определить параметры Г– образной схемы замещения в абсолютных единицах для рабочего режима и начального момента пуска (режима короткого замыкания).

4. Рассчитать и построить графики зависимости токов статора и ротора и электромагнитного момента в зависимости от скольжения , , , . Сделать вывод, какой ток определяет электромагнитный момент асинхронного двигателя.

5.Рассчитать и построить графики рабочих характеристик , , , ,  по параметрам рабочего режима. Определить номинальные величины, соответствующие заданной номинальной мощности , , , , , .

6. Рассчитать и построить механическую характеристику . На графике отметить особые точки: точку идеального холостого хода , точку номинального режима, пусковой момент , критический момент , и соответствующую ему частоту вращения , а также область устойчивой работы двигателя.

Приложение 1

**Задание на расчётную работу по АД**

Выполнить расчёт характеристик асинхронного двигателя, имеющего следующие технические данные (вариант №…… по приложению 2):

Типоразмер двигателя……………..;

номинальная мощность *Р2Н* = ……кВт;

номинальные линейные напряжения *U1НЛ* = …… / ….. В;

схема соединения обмотки статора ∆/ Y ;

частота сети *f1* = 50 Гц;

номинальный коэффициент полезного действия *ηН* ….%;

номинальный коэффициент мощности *cosφH* =……

**Параметры Г- образной схемы замещения в относительных единицах**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *xμ\** | *rμ\** | *C1* | В рабочем режиме | | | | В режиме к.з. | |
| *C1r1\** | *C1x1\** | *C12r2\*’* | *C12x2\*’* | *RКП\** | *XКП\** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Приложение 2

**ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  вар | Типоразмер  двигателя | *Р2Н*,  кВт | КПД  % | *Cosφ* | Параметры Г- образной схемы замещения в относительных единицах | | | | | | | | |
| *Xμ\** | *rμ\** | C1 | В рабочем режиме | | | | В режиме к.з. | |
| *C1r1\** | *C1x1\** | *C12r2\*’* | *C12x2\*’* | *RКП\** | *XКП\** |
|  | Исполнение IP23 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4AH160S4У3 | 18,5 | 88,5 | 0,87 | 4,8 | 0,45 | 1,024 | 0,064 | 0,12 | 0,033 | 0,19 | 0,11 | 0,21 |
| 2 | 4AH160M4У3 | 22,0 | 90,0 | 0,88 | 5,1 | 0,38 | 1,021 | 0,054 | 0,11 | 0,030 | 0,18 | 0,10 | 0,20 |
| 3 | 4AH180S4У3 | 30,0 | 90,0 | 0,84 | 4,4 | 0,34 | 1,022 | 0,049 | 0,097 | 0,025 | 0,16 | 0,091 | 0,18 |
| 4 | 4AH180M4У3 | 37,0 | 90,5 | 0,89 | 4,4 | 0,30 | 1,019 | 0,043 | 0,087 | 0,023 | 0,15 | 0,082 | 0,16 |
| 5 | 4AH200M4У3 | 45,0 | 91,0 | 0,89 | 4,0 | 0,30 | 1,023 | 0,042 | 0,096 | 0,020 | 0,16 | 0,080 | 0,16 |
| 6 | 4AH200L4У3 | 55,0 | 92,0 | 0,89 | 4,3 | 0,26 | 1,020 | 0,037 | 0,089 | 0,018 | 0,15 | 0,074 | 0,15 |
| 7 | 4AH225M4У3 | 75,0 | 92,5 | 0,89 | 4,6 | 0,26 | 1,021 | 0,037 | 0,10 | 0,017 | 0,16 | 0,073 | 0,17 |
| 8 | 4AH250S4У3 | 90,0 | 93,5 | 0,89 | 4,4 | 0,20 | 1,022 | 0,028 | 0,10 | 0,016 | 0.12 | 0,059 | 0,17 |
| 9 | 4AH180S6У3 | 18,5 | 87,0 | 0,85 | 3.4 | 0.26 | 1,034 | 0,064 | 0,12 | 0,028 | 0,14 | 0,11 | 0,20 |
| 10 | 4AH180M6У3 | 22,0 | 88,5 | 0,87 | 3,1 | 0,22 | 1,034 | 0,056 | 0,11 | 0,026 | 0,13 | 0,10 | 0,18 |
| 11 | 4AH200M6У3 | 30,0 | 90,0 | 0,88 | 3,5 | 0,20 | 1,030 | 0,051 | 0,11 | 0,024 | 0,14 | 0,095 | 0,17 |
| 12 | 4AH200L6У3 | 37,0 | 90,5 | 0,88 | 3,3 | 0,17 | 1,029 | 0,042 | 0,098 | 0,021 | 0,12 | 0,080 | 0,15 |
| 13 | 4AH225M6У3 | 45,0 | 91,0 | 0,87 | 3,8 | 0.19 | 1,031 | 0,047 | 0,12 | 0,022 | 0,15 | 0,089 | 0,18 |
| 14 | 4AH250S6У3 | 55,0 | 92,5 | 0,87 | 3,3 | 0,15 | 1,026 | 0,037 | 0,089 | 0,015 | 0,14 | 0,069 | 0.16 |
| 15 | 4AH250M6У3 | 75,0 | 93,0 | 0,87 | 3,4 | 0,13 | 1,021 | 0,031 | 0,083 | 0,014 | 0,14 | 0,062 | 0,15 |
| 16 | 4AH280S6У3 | 90,0 | 92,5 | 0,89 | 3,4 | 0,13 | 1,034 | 0,032 | 0,12 | 0,021 | 0,13 | 0,077 | 0,19 |
| 17 | 4AH180S8У3 | 15,0 | 86.0 | 0,80 | 2,5 | 0,15 | 1,053 | 0,066 | 0,14 | 0,031 | 0,17 | 0,13 | 0,23 |
| 18 | 4AH180M8У3 | 18,5 | 87,5 | 0,80 | 2,9 | 0,14 | 1,046 | 0,061 | 0,14 | 0,032 | 0,18 | 0,12 | 0,24 |
| 19 | 4AH200M8У3 | 22,0 | 89,0 | 0,84 | 2,9 | 0,13 | 1,043 | 0,056 | 0,13 | 0,027 | 0,17 | 0,11 | 0,20 |
| 20 | 4AH200L8У3 | 30,0 | 89,5 | 0,82 | 2,9 | 0,11 | 1,043 | 0,049 | 0,13 | 0,026 | 0,17 | 0,099 | 0,19 |

Линейные напряжения 220/380 или 380/660 В задаёт преподаватель.

Продолжение приложения 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  Вар | Типоразмер  двигателя | *Р2Н*,  кВт | КПД  *ηH,*  % | *CosφH* | | | Параметры Г- образной схемы замещения в относительных единицах | | | | | | | | |
| *xμ\** | *rμ\** | C1 | В рабочем режиме | | | | В режиме к.з. | |
| *C1r1\** | *C1x1\** | *C12r2\*’* | *C12x2\*’* | *RКП\** | *XКП\** |
| 21 | 4AH225M8У3 | 37,0 | 90,0 | 0,81 | | | 2,9 | 0,12 | 1,043 | 0,050 | 0,13 | 0,023 | 0,18 | 0,099 | 0,20 |
| 22 | 4AH250S8У3 | 45,0 | 91,0 | 0,81 | | | 3,0 | 0,11 | 1,035 | 0,044 | 0,11 | 0,018 | 0,19 | 0,086 | 0,20 |
| 23 | 4AH250M8У3 | 55,0 | 92,0 | 0,81 | | | 3,0 | 0,10 | 1,035 | 0,042 | 0,11 | 0,018 | 0,19 | 0,086 | 0,20 |
| 24 | 4AH280S8У3 | 75,0 | 92,0 | 0,85 | | | 2,8 | 0,08 | 1,044 | 0,030 | 0,13 | 0,023 | 0,14 | 0,079 | 0,21 |
| 25 | 4AH280M8У3 | 90,0 | 92,5 | 0,86 | | | 2,9 | 0,07 | 1,043 | 0,029 | 0,13 | 0,023 | 0,14 | 0,080 | 0,22 |
|  | Исполнение IP44 | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 4A90L2У3 | 3,0 | 84,5 | | 0.88 | 3,4 | | 0,86 | 1,021 | 0,062 | 0,077 | 0,047 | 0,10 | 0,12 | 0,15 |
| 27 | 4A112M2У3 | 7,5 | 87,5 | | 0,88 | 3,7 | | 0,55 | 1,022 | 0,046 | 0,078 | 0,028 | 0,11 | 0,077 | 0,15 |
| 28 | 4A132 M2У3 | 11,0 | 88,0 | | 0,90 | 4,2 | | 0,48 | 1,020 | 0,040 | 0,081 | 0,025 | 0,12 | 0,068 | 0,16 |
| 29 | 4A160S2У3 | 15,0 | 88,0 | | 0,91 | 4,0 | | 0,62 | 1,022 | 0,052 | 0,092 | 0,022 | 0,12 | 0,081 | 0,16 |
| 30 | 4A160M2У3 | 18,5 | 88,5 | | 0,92 | 4,5 | | 0,59 | 1,020 | 0,049 | 0,092 | 0,022 | 0,12 | 0,079 | 0,16 |
| 31 | 4A180S2У3 | 22,0 | 88,5 | | 0,91 | 3,6 | | 0,47 | 1,025 | 0,039 | 0,091 | 0,020 | 0,11 | 0,065 | 0,15 |
| 32 | 4A180M2У3 | 30,0 | 90,5 | | 0,90 | 3,8 | | 0,36 | 1,019 | 0,030 | 0,073 | 0,018 | 0,11 | 0,054 | 0,13 |
| 33 | 4A90L4У3 | 2,2 | 80,0 | | 0,83 | 2,1 | | 0,41 | 1,035 | 0,058 | 0,078 | 0,040 | 0,11 | 0,10 | 0,14 |
| 34 | 4A100S4У3 | 3,0 | 82,0 | | 0,83 | 2,2 | | 0,48 | 1,035 | 0,068 | 0,079 | 0,053 | 0,11 | 0,13 | 0,14 |
| 35 | 4A100L4У3 | 4,0 | 84,0 | | 0,84 | 2,4 | | 0,47 | 1,032 | 0,067 | 0,079 | 0,053 | 0,14 | 0,13 | 0,15 |
| 36 | 4A112M4 У3 | 5.5 | 85,5 | | 0,85 | 2,8 | | 0,45 | 1.027 | 0,064 | 0,078 | 0,041 | 0,13 | 0,11 | 0,14 |
| 37 | 4A132S4У3 | 7,5 | 87,5 | | 0,86 | 3,0 | | 0,34 | 1,028 | 0,048 | 0,085 | 0,033 | 0,13 | 0,088 | 0,15 |
| 38 | 4A132M4У3 | 11,0 | 87,5 | | 0,87 | 3,2 | | 0,30 | 1,026 | 0,043 | 0,085 | 0,032 | 0,13 | 0,082 | 0,15 |
| 39 | 4A160S4У3 | 15,0 | 88,5 | | 0,88 | 4,0 | | 0,33 | 1,021 | 0,047 | 0,086 | 0,025 | 0,13 | 0,085 | 0,15 |
| 40 | 4A180S4У3 | 22,0 | 90,0 | | 0,90 | 4,0 | | 0,29 | 1,020 | 0,041 | 0,080 | 0.021 | 0,12 | 0,076 | 0,15 |
| 41 | 4A200L4У3 | 45,0 | 92,0 | | 0,90 | 4,6 | | 0,24 | 1,018 | 0,034 | 0,082 | 0,017 | 0,14 | 0,059 | 0,16 |

Линейные напряжения 220/380 или 380/660 В задаёт преподаватель.

Продолжение приложения 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  Вар | Типоразмер  двигателя | *Р2Н*,  кВт | КПД  *ηH,*  % | *CosφH* | Параметры Г- образной схемы замещения в относительных единицах | | | | | | | | |
| *xμ\** | *rμ\** | C1 | В рабочем режиме | | | | В режиме к.з. | |
| *C1r1\** | *C1x1\** | *C12r2\*’* | *C12x2\*’* | *RКП\** | *XКП\** |
| 42 | 4A225M4У3 | 55,0 | 92,5 | 0,90 | 4,2 | 0.19 | 1,020 | 0,027 | 0,086 | 0,015 | 0,14 | 0,058 | 0.15 |
| 43 | 4A250S4У3 | 75,0 | 93,0 | 0,90 | 4,4 | 0,18 | 1,020 | 0,025 | 0,089 | 0,014 | 0,11 | 0,052 | 0,15 |
| 44 | 4A100L6У3 | 2,2 | 81,0 | 0,73 | 1,9 | 0,28 | 1,055 | 0,068 | 0,081 | 0,057 | 0,11 | 0,14 | 0,16 |
| 45 | 4A132S6У3 | 5,5 | 85,0 | 0,80 | 1,9 | 0,27 | 1,037 | 0,067 | 0,072 | 0,041 | 0,11 | 0,12 | 0,14 |
| 46 | 4A160M6У3 | 15,0 | 87,5 | 0,87 | 3.0 | 0,25 | 1,032 | 0,062 | 0,10 | 0,028 | 0,16 | 0,11 | 0,19 |
| 47 | 4A180M6У3 | 18,5 | 88,0 | 0,87 | 2,9 | 0,23 | 1,037 | 0,056 | 0,11 | 0,026 | 0,13 | 0,10 | 0,18 |
| 48 | 4A200L6У3 | 30,0 | 90,5 | 0,90 | 3,7 | 0,19 | 1,031 | 0,046 | 0,12 | 0,022 | 0,13 | 0,085 | 0,16 |
| 49 | 4A225M6У3 | 37,0 | 91,0 | 0,89 | 3,7 | 0,17 | 1,026 | 0,042 | 0,10 | 0,019 | 0,13 | 0,078 | 0,16 |
| 50 | 4A250S6У3 | 45,0 | 91,5 | 0,89 | 3,8 | 0,15 | 1,023 | 0,037 | 0,090 | 0,015 | 0,14 | 0,069 | 0,16 |
| 51 | 4A250M6У3 | 55,0 | 91,5 | 0,89 | 3,4 | 0,14 | 1,024 | 0,034 | 0,083 | 0,014 | 0,13 | 0,064 | 0,15 |
| 52 | 4A280S6У3 | 75,0 | 92,0 | 0,89 | 3,7 | 0,13 | 1,031 | 0,032 | 0,12 | 0,021 | 0,13 | 0,079 | 0,20 |
| 53 | 4A132S8У3 | 4,0 | 83,0 | 0,70 | 1,6 | 0,16 | 1,059 | 0.068 | 0,10 | 0,058 | 0,17 | 0,14 | 0,21 |
| 54 | 4A132M8У3 | 5,5 | 83,0 | 0,74 | 1,8 | 0,16 | 1,058 | 0,070 | 0,11 | 0,061 | 0,19 | 0,14 | 0,23 |
| 55 | 4A160S8У3 | 7,5 | 86,0 | 0,75 | 2,0 | 0,17 | 1,066 | 0,075 | 0,14 | 0,032 | 0,18 | 0,13 | 0,20 |
| 56 | 4A160M8У3 | 11,0 | 87.0 | 0,75 | 2,0 | 0,15 | 1.061 | 0,066 | 0,13 | 0,031 | 0,18 | 0,12 | 0,19 |
| 57 | 4A180M8У3 | 15,0 | 87,0 | 0.82 | 2,4 | 0,15 | 1,052 | 0,064 | 0,13 | 0,030 | 0,17 | 0,12 | 0,22 |
| 58 | 4A200M8У3 | 18,5 | 88,5 | 0,84 | 2,6 | 0,13 | 1,048 | 0,057 | 0,13 | 0,026 | 0,16 | 0,11 | 0,19 |
| 59 | 4A200L8У3 | 22,0 | 88,5 | 0,84 | 3,1 | 0,14 | 1,043 | 0,062 | 0,14 | 0,029 | 0,18 | 0,12 | 0,21 |
| 60 | 4A225M8У3 | 30,0 | 90,5 | 0,81 | 2,3 | 0,11 | 1,050 | 0,045 | 0,12 | 0,022 | 0,17 | 0,090 | 0,19 |
| 61 | 4A250S8У3 | 37,0 | 90,0 | 0,83 | 2,8 | 0,11 | 1,038 | 0,047 | 0,11 | 0,017 | 0,18 | 0.088 | 0,20 |
| 62 | 4A250M8У3 | 45,0 | 91,0 | 0,84 | 2,6 | 0,085 | 1,037 | 0,037 | 0,099 | 0,016 | 0,17 | 0,075 | 0,18 |
| 63 | 4A280S8У3 | 55,0 | 92,0 | 0,84 | 2,5 | 0.080 | 1,046 | 0,035 | 0,12 | 0,022 | 0,14 | 0,082 | 0,22 |
| 64 | 4A280M8У3 | 75,0 | 92,5 | 0,85 | 2,6 | 0,064 | 1,044 | 0,028 | 0,12 | 0,021 | 0,13 | 0,074 | 0,19 |

Линейные напряжения 220/380 или 380/660 В задаёт преподаватель.

Список литературы

1. Копылова И.П. Проектирование электрических машин: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980.

2. Копылова И.П. Проектирование электрических машин: Учеб. для вузов.- В 2-х кн.: кн.1 // Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; Под ред. И.П.Копылова. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1993.

3. Сергеев В.Д. Проектирование асинхрнных двигателей с короткозамкнутым ротором: Учеб. – метод.пособие // В.Д.Сергеев, С.С.Проскуренко, А.С.Чернышова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007.– 100 с.

4. Сергеев В.Д., Проскуренко С.С., Шельмакова Н.С. Параметры и рабочие характеристики асинхронного двигателя. Учебно-методическое пособие /Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017. – 33 с.

5. ГОСТ 15150-69 Климатические исполнения и категории изделий. Изд-во стандартов. – М.

6. ГОСТ19523-81 Двигатели трёхфазные асинхронные короткозамкнутые серии 4А с высотой оси вращения от 50 до 355 мм. Технические условия.- М.: Изд-во стандартов, 1983.

**Материалы для организации самостоятельной работы студентов**

1)Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся:

Сергеев В.Д., Проскуренко С.С., Шельмакова Н.С. Параметры и рабочие характеристики асинхронного двигателя: метод. указ. к контрольной и курсовой работам [Электронный ресурс] / Инженерная школа ДВФУ. –Электрон. Дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017. – [35с.]. – Acrobat Reader, Foxit Reader либо любой другой их аналог.

**Режим доступа:** <http://www.dvfu.ru/schools/engineering/science/scientific-and-educational-publications/manuals/>

2) Контроль достижений целей курса: Поэтапное выполнение курсовой работы.

Контроль при индивидуальном общении:

02.04.20 – Структура обозначения типоразмера двигателей серии 4А;

16.03.20 - Конструкция и принцип действия асинхронного двигателя; Определение параметров Г-образной схемы замещения;

30.04.20 – Расчёт характеристик асинхронного двигателя;

14.05.20 – оформление пояснительной записки и графической части курсовой работы;

3) Рекомендации по самостоятельной работе студентов:

- индивидуальные консультации.

Контрольно-измерительные материалы (КИМ)

Вопросы к защите курсовой работы

1. Каков принцип действия асинхронного двигателя? От чего зависит частота и направление вращения магнитного поля обмотки статора, а также частота ЭДС и тока обмотки ротора? От чего зависит скорость вращения ротора? Как связаны скольжение и скорость вращения поля и ротора? Как соотносятся электромагнитный и статический моменты при пуске и в установившемся режиме работы.

2. Как устроен асинхронный двигатель?

3. Укажите назначение элементов его конструкции?

4. Какие материалы используют для изготовления обмоток и магнитопровода?

5. Как различаются по конструкции и как охлаждаются асинхронные двигатели со степенями защиты IP23 и IP44?

6. Какие потери мощности возникают в асинхронном двигателе, от каких факторов и как они зависят и где выделяются?

7. Почему необходимо снижать потери мощности в машинах?

8. Как зависят коэффициент мощности и КПД асинхронного двигателя от нагрузки?

9. С какой целью укорачивают шаг обмотки статора и распределяют её по пазам? Как рассчитывают шаг обмотки?

10. Покажите на схеме обмотки статора полюсное деление, катушку, её шаг, катушечную группу, параллельную ветвь, фазную обмотку.

11. Как обеспечивается необходимый пространственный сдвиг фаз на схеме обмотки?

12. Что представляет собой катушка и катушечная группа? Сколько катушечных групп в фазе спроектированного двигателя и как они соединены?

13. В каком случае и как обмотку статора спроектированного двигателя следует соединить в звезду или треугольник? Изменяются ли при этом номинальные значения мощностей, частоты вращения, фазных и линейных токов и напряжений?