

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ФГБОУ Тверской государственный технический университет
Кафедра электроснабжения и электротехники

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ**

по дисциплине: Электрические машины

Тема: Расчет характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

Направление «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

Составил доцент кафедры ЭСи Э

к. т. н. Зайцев В.А.

Тверь 2017

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Требования и методические указания по структуре, содержанию и выполнению работы, а также критерии оценки даются преподавателем на практических занятиях. Каждому обучающемуся выдается индивидуальное задание с параметрами конкретных двигателей по вариантам.

Требования к срокам выполнения этапов работы и представление ее окончательного варианта определяются преподавателем (руководителем). Проверку и оценку работы осуществляет руководитель в процессе защиты работы, руководитель по результатам защиты доводит до сведения обучающегося достоинства и недостатки работы и выставляет оценку за курсовую работу в зачетную книжку обучающегося и в ведомость для курсовой работы. Если обучающийся не согласен с оценкой руководителя, проводится защита работы перед комиссией, которую назначает заведующий кафедрой. В процессе выполнения курсовой работы руководитель осуществляет систематическое консультирование обучающихся.

Работа не подлежит обязательному рецензированию.

Общий объем курсовой работы составляет от 12 до 15 страниц машинописного или рукописного текста формата А4. Графическая часть выполняется на миллиметровой бумаге формата А4.

ЗАДАЧА 1

Расчет характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

1. Привести эскиз двигателя и описать его основные части.
2. Продемонстрировать процесс вращения магнитного поля, созданного трехфазной обмоткой статора двигателя. Обмотку принять в виде простейшей, когда каждая фаза состоит из одного витка. Исходные данные приведены в таблице 1 для трех моментов времени в виде относительных величин токов в фазе А для каждого момента времени (величины токов нормированы к амплитуде).
3. Используя данные таблиц 2 и 3, рассчитать параметры Г-образной схемы замещения двигателя и построить его уточненную круговую диаграмму.
4. По круговой диаграмме определить параметры двигателя для его различных режимов:
в номинальном режиме ток статора, приведенный ток ротора, коэффициент мощности двигателя, потери, КПД, скольжение;
при пуске двигателя пусковой ток, пусковой момент, кратность пускового тока, кратность пускового момента;
перегрузочную способность двигателя.
5. Пользуясь формулой для Г-образной схемы замещения и формулой Клосса, построить на одном графике механические характеристики двигателя как зависимость частоты вращения от момента на валу (две кривых). Отметить на характеристиках частоты вращения и соответствующие им моменты для режимов: холостой ход, номинальный, критический и пусковой.

ЗАДАЧА 2

Расчет параметров двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

Привести эскиз двигателя и описать его основные элементы.

По номинальным данным двигателя, приведенным в таблице 4, определить:

1. Сопротивление пускового реостата, необходимого для ограничения пускового тока до двух номинальных значений тока двигателя.
2. Сопротивление регулировочного реостата, понижающего скорость вращения двигателя до половины номинального значения при номинальном моменте на валу.
3. Частоту вращения и ток холостого хода двигателя.
4. Частоту вращения двигателя при номинальном моменте и уменьшении магнитного потока до 0,8 от номинального (механические, магнитные и добавочные потери принять постоянными).
5. Построить механические характеристики при наличии пускового реостата и без него (естественную) в диапазоне изменения момента от 0 до двух номинальных. На естественной характеристике показать точку номинального режима.

Литература

1. Копылов, И. П. Электрические машины: учебник для акад. бакалавриата вузов по инженерно-техн. направ. и спец. – в 2-х т. / Национальный исследовательский ун-т «МЭИ» - Москва: Юрайт, 2015. – 267 с. и предыдущие издания.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учеб. для студентов вузов/ Вольдек, А. И., Попов, В. В. – СПб.: Питер, 2007. – 347 с.

Таблица 3

| | Последняя цифра шифра | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------|---------------------------|-----|------|---|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Число полюсов | 0, 9 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 4 | 4 | 6 | 6 |
| | 2, 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 8 | 6 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| | 4, 7 | 2 | 2 | 6 | 6 | 2 | 2 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 6, 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 8, 5 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Коэффициент К | Для всех цифр | 0,8 | 0,7 | 0,75 | 1 | 1,1 | 1,5 | 1,25 | 1,3 | 1,4 | 1,2 |

Данные к п. I задания контрольной работы 3

Таблица 1

| Пос- ледняя цифра шифра | Момент времени $t_1 t_2 t_3$ | Относительные мгновенные значения токов фазы А (i_A / I_m) | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|--|--|--|---|--|--|---|---|--|---|
| | | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | $t_1 t_2 t_3$ | $1 \ 0 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{1}{2} \ 0$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ -\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 0 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ 1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{1}{2} \ 0$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{1}{2} \ -1$ | $-\frac{1}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 1 | $t_1 t_2 t_3$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{1}{2} \ -1$ | $\frac{1}{2} \ 0 \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $1 \ -\frac{1}{2} \ 0$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1$ | $-\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $-1 \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1$ |
| 2 | $t_1 t_2 t_3$ | $\frac{1}{2} \ 0 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ 1$ | $-\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ \frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $0 \ -\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $0 \ \frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 3 | $t_1 t_2 t_3$ | $-\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{1}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ 0$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ -1 \ \frac{1}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $-1 \ 0 \ 1$ | $1 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 0 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 4 | $t_1 t_2 t_3$ | $0 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $1 \ -\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ 1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ 1$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ |
| 5 | $t_1 t_2 t_3$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 0 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2} \ 0 \ \frac{1}{2}$ | $1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ 1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ 1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 6 | $t_1 t_2 t_3$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ 1$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1$ | $0 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1 \ -\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ -1$ |
| 7 | $t_1 t_2 t_3$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1 \ -\frac{1}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $1 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ 1 \ -\frac{1}{2}$ | $0 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $1 \ 0 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ 1 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 8 | $t_1 t_2 t_3$ | $1 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $1 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ -\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1$ | $-\frac{1}{2} \ -1 \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-1 \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ -1$ |
| 9 | $t_1 t_2 t_3$ | $-1 \ 0 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ \frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1 \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $0 \ -\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ 0$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} \ 1 \ -\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ \frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2} \ 0 \ \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $1 \ -\frac{\sqrt{3}}{2} \ \frac{\sqrt{2}}{2}$ |

Исходные данные для расчёта трёхфазного асинхронного двигателя

Таблица 2

| Параметры | Последняя цифра шифра | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Номинальная мощность $P_{2н}$, кВт | 30 | 10 | 55 | 100 | 75 | 13 | 4 | 22 | 7,5 | 40 |
| Номинальное фазное напряжение $U_{ф}$, В | 220 | | | | | | | | | |
| Активное сопротивление обмотки статора r_1 , Ом | 0,15 | 0,7 | 0,1 | 0,025 | 0,05 | 0,4 | 1,4 | 0,25 | 0,85 | 0,1 |
| Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора X_1 , Ом | 0,5 | 1,5 | 0,25 | 0,15 | 0,2 | 1,0 | 3,0 | 0,75 | 1,7 | 0,1 |
| Приведенное активное сопротивление обмотки ротора r_2' , Ом (см. табл. 7) | 0,1к | 0,4к | 0,05к | 0,025к | 0,03к | 0,25к | 0,8к | 0,15к | 0,5к | 0,06к |
| Приведенное индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора X_2 , Ом | 0,6 | 1,5 | 0,4 | 0,2 | 0,25 | 1,0 | 3,5 | 0,8 | 1,9 | 0,65 |
| Ток холостого хода I_{0A} | 20 | 7,5 | 45 | 52 | 45 | 10 | 4,5 | 15 | 7 | 42 |
| Потери холостого хода P_0 , Вт | 1200 | 460 | 2100 | 3300 | 2800 | 700 | 220 | 900 | 370 | 1800 |
| Потери механические $P_{мех}$, Вт | 150 | 70 | 330 | 600 | 450 | 100 | 40 | 120 | 60 | 230 |

Таблица 4

| № варианта | Рном, кВт | Uном, В | $\eta_{ном}$, % | Rя, Ом | Rв, Ом | Пном, об/мин |
|------------|-----------|---------|------------------|--------|--------|--------------|
| 1 | 1,6 | 110 | 68 | 0,97 | 80 | 750 |
| 2 | 2,5 | 110 | 72 | 0,6 | 80 | 1000 |
| 3 | 2,5 | 220 | 73,5 | 2,3 | 134 | 1000 |
| 4 | 2,0 | 110 | 81 | 0,26 | 80 | 3000 |
| 5 | 4,0 | 220 | 79 | 1,12 | 134 | 1500 |
| 6 | 3,7 | 110 | 79,5 | 0,2 | 55 | 2200 |
| 7 | 3,7 | 220 | 81 | 0,71 | 202 | 2360 |
| 8 | 4,5 | 110 | 81 | 0,095 | 55 | 3150 |
| 9 | 4,5 | 220 | 81,5 | 0,42 | 202 | 3150 |
| 10 | 4,5 | 220 | 84 | 0,60 | 189 | 2200 |
| 11 | 4,0 | 110 | 77,5 | 0,29 | 43 | 1500 |
| 12 | 5,3 | 220 | 85,5 | 0,36 | 216 | 3000 |
| 13 | 5,5 | 220 | 80,5 | 0,73 | 101 | 1500 |
| 14 | 5,5 | 110 | 79 | 0,18 | 21 | 1500 |
| 15 | 6,0 | 220 | 83,5 | 0,53 | 111 | 2360 |
| 16 | 6,3 | 110 | 80,5 | 0,146 | 88 | 1000 |
| 17 | 6,7 | 220 | 86 | 0,26 | 138 | 3000 |
| 18 | 7,5 | 110 | 83 | 0,117 | 43 | 2200 |
| 19 | 8,0 | 220 | 86,5 | 0,31 | 148 | 2240 |
| 20 | 8,0 | 220 | 80 | 0,48 | 49 | 1000 |
| 21 | 9,5 | 110 | 86 | 0,047 | 53 | 3000 |
| 22 | 10 | 220 | 88,5 | 0,146 | 117 | 2360 |
| 23 | 11 | 110 | 84 | 0,051 | 13,4 | 1500 |
| 24 | 12 | 220 | 89 | 0,093 | 117 | 3000 |
| 25 | 13 | 220 | 87 | 0,17 | 82 | 2240 |
| 26 | 14 | 220 | 89 | 0,118 | 98 | 2120 |
| 27 | 15 | 220 | 85,5 | 0,175 | 55,5 | 1500 |
| 28 | 16 | 440 | 87,5 | 0,374 | 49,4 | 2360 |
| 29 | 18,5 | 220 | 87,5 | 0,051 | 60 | 3150 |
| 30 | 17 | 440 | 90,5 | 0,53 | 204 | 2120 |
| 31 | 18,5 | 220 | 83 | 0,18 | 63 | 750 |

