

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта -  
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(УУКЖТ ИрГУПС)

М.Н.Кузнецов

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению контрольной работы

МДК.01.02 Электроснабжение электротехнологического оборудования

для специальности

13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

*Базовая подготовка*

*среднего профессионального образования*

*Очная форма обучения на базе*

*основного общего образования / среднего общего образования*

*Заочная форма обучения на базе среднего общего образования*

Улан-Удэ - 2021

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



УДК 621.332.3  
ББК 39.217  
Т-98

Кузнецов М.Н.

**Т-98 МДК.01.02 Электроснабжение электротехнологического оборудования для специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) [Текст]:** Методические указания по выполнению контрольной работы МДК.01.02 Электроснабжение электротехнологического оборудования для обучающихся заочной формы обучения специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) / М.Н.Кузнецов; Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта ИрГУПС. – Улан-Удэ: Сектор информационного обеспечения учебного процесса УУКЖТ ИрГУПС, 2021. –10 с.

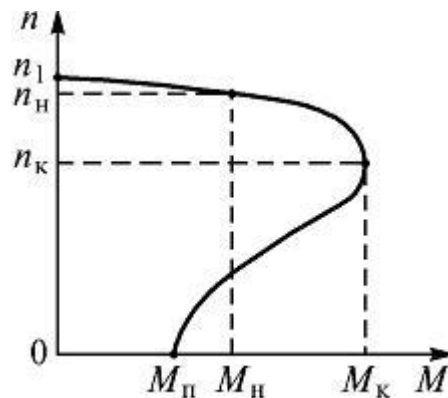
В учебном пособии рассматривается пример выполнения домашней контрольной работы. Представлены все необходимые формулы, определен порядок выполнения домашней контрольной работы

Предназначено для обучения студентов среднего профессионального образования и может быть полезно техническим специалистам.

УДК 621.332.3  
ББК 39.217

Рассмотрено на заседании ЦМК протокол №11 от 15.04.21 и одобрено на заседании Методического совета колледжа протокол №5 от 18.05.21

Механической характеристикой двигателя называется зависимость частоты вращения ротора от момента на валу  $n = f(M_2)$ . Так как при нагрузке момент холостого хода мал, то  $M_2 \approx M$  и механическая характеристика представляется зависимостью  $n = f(M)$ . Если учесть взаимосвязь  $s = (n_1 - n) / n_1$ , то механическую характеристику можно получить, представив ее графическую зависимость в координатах  $n$  и  $M$  (рис.1).



**Рис.1. Механическая характеристика асинхронного двигателя**

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя соответствует основной (паспортной) схеме его включения и номинальным параметрам питающего напряжения. Искусственные характеристики получаются, если включены какие-либо дополнительные элементы: резисторы, реакторы, конденсаторы. При питании двигателя не номинальным напряжением характеристики также отличаются от естественной механической характеристики.

Механические характеристики являются очень удобным и полезным инструментом при анализе статических и динамических режимов электропривода.

**Данные для расчета механических характеристик для данного привода и двигателя:**

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с напряжением = 380 В при = 50 Гц.

Параметры двигателя 4АМ160S4:

$P_H = 12,5$  кВт,

$n_H = 1460$  об/мин,

$\cos\varphi_H = 0,86, z_H = 0,89, k_H = 2,2$

Определить: номинальный ток в фазе обмотки статора, число пар полюсов, номинальное скольжение, номинальный момент на валу, критический момент, критическое скольжение и построить механическую характеристику двигателя. **Решение.**

(3.1) Номинальная мощность, потребляемая из сети:

$$P_{1H} = \frac{P_H}{\eta_H} = \frac{12,5}{0,89} = 14,04$$

кВт

(3.2) Номинальный ток, потребляемый из сети:

$$I_{1H} = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3}U_{1H} \cos\varphi_H} = \frac{14,04 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,86} = 42,89 \text{ A}$$

(3.3) Число пар полюсов

$$p = \frac{60 f}{n_1} = \frac{60 \cdot 50}{1500} = 2$$

где  $n_1 = 1500$  - синхронная частота вращения, ближайшая к номинальной частоте  $n_H = 1460$  об/мин.

(3.4) Номинальное скольжение:

$$S_H = \frac{(n_1 - n_H)}{n_1} = \frac{(1500 - 1460)}{1500} = 0.03$$

(3.5) Номинальный момент на валу двигателя:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{P_H}{\frac{\pi * n_H}{30}} = \frac{12500}{\frac{3,14 * 1500}{30}} = 249,5 \text{ Н * м}$$

(3.6) Критический момент

$$M_k = k_M * M_H = 1,5 * 249,5 = 374,25 \text{ Нм.}$$

(3.7) Критическое скольжение находим подставив  $M = M_H$ ,  $s = s_H$  и  $M_k / M_H = k_M$ .

$$S_k = k_M S_H + \sqrt{(k_M S_H)^2 - S_H^2} = S_H (k_M + \sqrt{k_M^2 - 1}) = 0,03 (1,5 + \sqrt{2,25 - 1}) =$$

$$0.078$$

Для построения механической характеристики двигателя с помощью  $n = (n_1 - s)$  определим характерные точки: точка холостого хода  $s = 0$ ,  $n = 1500$  об/мин,  $M = 0$ , точка номинального режима  $s_H = 0,03$ ,  $n_H = 1500$  об/мин,  $M_H = 249.5$  Нм и точка критического режима  $s_k = 0,078$ ,  $M_k = 374.25$  Нм.

Для точки пускового режима  $s_p = 1$ ,  $n = 0$  находим

По полученным данным строят механическую характеристику двигателя. Для более точного построения механической характеристики следует увеличить число расчетных точек и для заданных скольжений определить моменты и частоту вращения.

Построение естественной механической характеристики двигателя

Механической характеристикой двигателя называется, зависимость частоты вращения  $n$  от момента  $M$  нагрузки на валу.

Различают естественные и искусственные характеристики электродвигателей.

Естественной механической характеристикой называется - зависимость оборотов двигателя от момента на валу при номинальных условиях работы двигателя в отношении его параметров (номинальные напряжения, частота, сопротивление и тому подобное). Изменение одного или нескольких параметров вызывает соответствующее изменение механической характеристики двигателя. Такая механическая характеристика называется искусственной.

Для построения уравнения механической характеристики асинхронного двигателя воспользуемся формулой Клоса (4.1):

$$M = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}}$$

где  $M_k$  - критический момент двигателя (4.1.1);

$$M_k = 975 \cdot \frac{\lambda \cdot P_n}{n_n}$$

$S_k$  - критическое скольжение двигателя (4.1.2);

$$S_k = S_n \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})$$

- перегрузочная способность двигателя ( $\lambda = 3$ );

$S_n$  - номинальное скольжение двигателя (4.1.3):

$$S_n = \frac{n_1 - n_n}{n_1}$$

где  $n_n$  - скорость вращения ротора;

$n_1$  - синхронная скорость поля статора (4.1.4);

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{P}$$

где  $f$  - промышленная частота тока питающей сети, ( $f = 50$  Гц) (4.1.5);

$P$  - число пар полюсов (для двигателя 4AM132S4  $P=2$ )

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{P} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ об/мин.}$$

Номинальное скольжение двигателя 4AM132S4

$$S_n = \frac{n_1 - n_n}{n_1} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0.04$$

Критическое скольжение двигателя

$$S_k = S_n \cdot \left( \lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) = 0.03 \cdot \left( 12.5 + \sqrt{12.5^2 - 1} \right) = 0.74$$

Критический момент двигателя

$$M_k = 975 \cdot \frac{\lambda \cdot P_n}{n_n} = 975 \cdot \frac{12.5 \cdot 12.5}{1440} = 104.34 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Для построения характеристики в координатах переходят от скольжения к числу оборотов на основании уравнения

$$n = n_1 (1 - S)$$

Скольжением задаются в пределах от 0 до 1

Так для

$$S = 0 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0) = 1500 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.1 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.1) = 1350 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.2 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.2) = 1200 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.3 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.3) = 1050 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.4 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.4) = 900 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.5 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.5) = 750 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.6 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.6) = 600 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.7 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.7) = 450 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.8 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.8) = 300 \text{ об/мин};$$

$$S = 0.9 \quad n = 1500 \cdot (1 - 0.9) = 150 \text{ об/мин};$$

$$S = 1 \quad n = 1500 \cdot (1 - 1) = 0 \text{ об/мин}.$$

При тех же скольжениях находим по формуле Клоса соответствующие им моменты:

$$S = 0 \quad M = 0 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$S = 0.1 \quad \text{кг} \cdot \text{м}$$

$$M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.1}{0.74} + \frac{0.74}{0.1}} = 11,58$$

$$S = 0.2 \quad \text{кг} \cdot \text{м}$$

$$S = 0.3 \quad \text{кг} \cdot \text{м}$$



$$S = 0.4 \text{ кг. м}$$

$$S = 0.5 \text{ кг. м}$$

$$S = 0.6 \text{ кг. м}$$

$$S = 0.7 \text{ кг. м}$$

$$S = 0.8 \text{ кг. м}$$

$$S = 0.9 \text{ кг. м}$$

$$M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.2}{0.74} + \frac{0.74}{0.2}} = 24,12 \quad M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.3}{0.74} + \frac{0.74}{0.3}} = 31,7$$

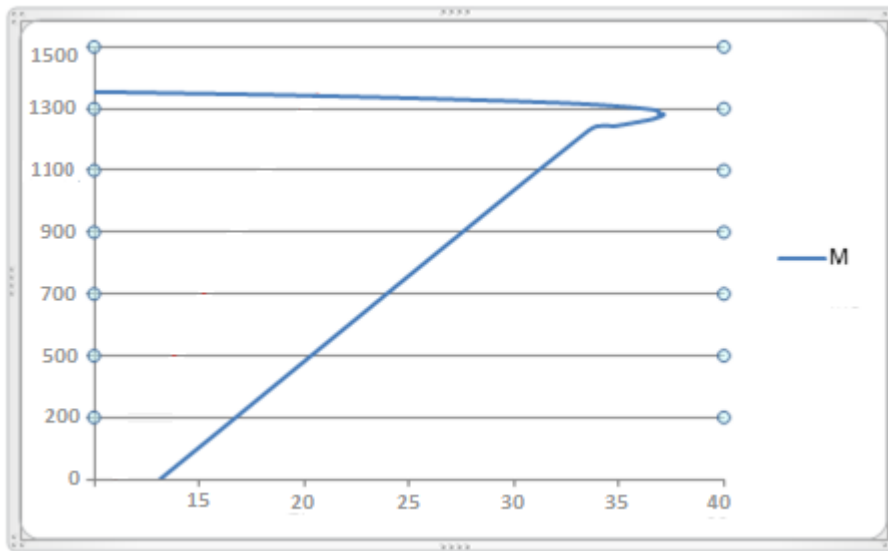
$$M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.4}{0.74} + \frac{0.74}{0.4}} = 35,3 \quad M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.5}{0.74} + \frac{0.74}{0.5}} = 36,5 \quad M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.6}{0.74} + \frac{0.74}{0.6}} = 37$$

$$M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.7}{0.74} + \frac{0.74}{0.7}} = 36,4 \quad M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.8}{0.74} + \frac{0.74}{0.8}} = 35,3 \quad M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{0.9}{0.74} + \frac{0.74}{0.9}} = 33,8$$

$$M = \frac{2 \cdot 104,34}{\frac{1}{0.74} + \frac{0.74}{1}} = 32,3$$

$$S = 1 \text{ кг. м}$$

Пользуясь этими значениями переходим к построению естественной механической характеристики двигателя.



**Рисунок 1: естественная механическая характеристика двигателя**