

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования « Курганская государственная сельскохозяйственная
академия имени Т.С.Мальцева»

Филиал КГУ

Факультет инженерный
Кафедра механизации и электрификации сельского хозяйства

Расчетно графическая работа
по дисциплине «Электропривод»

Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия
Профиль – Электрооборудование и электротехнологии
Квалификация – Бакалавр

Преподаватель _____ Родионов С.С.

Обучающийся _____..

Лесниково

2022

Содержание:

ЗАДАЧА №2. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....3

ЗАДАЧА №4. ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО МОЩНОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ S1.....8

Задача №2. Построение графика механической характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя

Цель занятия: освоить методику уточненного расчета механической характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя и упрощенного расчета его электромеханической характеристики и научиться строить графики механической и электромеханической характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя.

Задача. По данным, приведенным в табл. 5.1, построить графики механической и электромеханической характеристик электродвигателя.

Таблица 2.1- исходные данные

Вариант	Типоразмер электродвигателя	Номинальная мощность электродвигателя P _н , кВт	Номинальная угловая скорость электродвигателя ω _н , рад/с	Кратность момента, о.е.			Кратность пускового тока	cos φ, о.е.	КПД номинальный о.е.
				Пускового	Критического	Минимального			
23	АИР112М4	5.5	150.4	2.0	2.5	1.6	7	0.86	0.855

Механическую характеристику асинхронного электродвигателя рассчитывают по уточненной формуле Клосса:

$$M = \frac{2 M_{\max} (1 + E)}{\frac{S}{S_{\max}} + \frac{S_{\max}}{S} + 2 E} \quad (2.1)$$

где M , M_{\max} – рассчитываемый и максимальный моменты, Н·м;
 E – коэффициент, $E = f(S)$;
 S , S_{\max} – задаваемое значение скольжения и максимальное (критическое) скольжение, о.е.

Номинальный момент:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} \quad (2.2)$$

$$M_n = \frac{5500}{150.4} = 36.56$$

Максимальный момент:

$$M_{\text{макс}} = M_n * \mu_{\text{макс}} \quad (2.3)$$

где M_n – номинальный момент, Н·м;

$\mu_{\text{макс}}$ – кратность максимального момента, о.е.

$$M_{\text{макс}} = 36.56 * 2,5 = 91.4$$

Номинальное скольжение:

$$S_n = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0} \quad (2.4)$$

где ω_0 – синхронная угловая скорость, рад/с; $\omega_0 = 157$ рад/с;

ω_n – номинальная угловая скорость, рад/с.

$$S_n = \frac{157 - 150.4}{157} = 0,042$$

Критическое скольжение:

$$S_{\text{макс}} = S_n \left\{ \frac{\mu_{\text{макс}} + \sqrt{\mu_{\text{макс}}^2 + 2 S_n (\mu_{\text{макс}} - 1) - 1}}{1 - 2 S_n (\mu_{\text{макс}} - 1)} \right\} \quad (2.5)$$

Где $\mu_{\text{макс}}$ - кратность максимального момента электродвигателя

S_n - номинальное скольжение, о.е.

$$S_{\text{макс}} = 0,057 \left\{ \frac{2,5 + \sqrt{2,5^2 + 2 * 0,042(2,5 - 1) - 1}}{1 - 2 * 0,042(2,5 - 1)} \right\} = 0,231$$

Коэффициент E находится в сложной зависимости от скольжения S . Изобразить изменение коэффициента $E = f(S)$ в виде ломаной линии, как показано на рис. 5.1, вычислив его значения по формуле (5.6) в четырех характерных точках:

- 1) при $S = S_n$ $\mu = \mu_n = 1$, а коэффициент $E = E_n$;
- 2) при $S = S_{\text{макс}}$ $\mu = \mu_{\text{макс}}$, а коэффициент $E = 0$;
- 3) при $S = S_{\text{мин}} = 0,85$ $\mu = \mu_{\text{мин}}$, а коэффициент $E = E_{\text{мин}}$;
- 4) при $S = 1$ $\mu = \mu_{\text{пуск}}$, а коэффициент $E = E_{\text{пуск}}$.

Значение E в этих точках вычислить по выражению, подставив в его значения S и μ в характерных точках 1, 3, 4

$$E = \frac{\frac{S}{S_{\max}} + \frac{S_{\max}}{S} - \frac{2\mu_{\max}}{\mu}}{\frac{2\mu_{\max}}{\mu} - 2} \quad (2.6)$$

Например, в первой точке формула имеет следующий вид:

$$1 \dot{E} \dot{i}_n = \frac{\frac{S_n}{S_{\max}} + \frac{S_{\max}}{S_n} - \frac{2\mu_{\max}}{\mu_n}}{\frac{2\mu_{\max}}{\mu_n} - 2} = \frac{\frac{0,042}{0,231} + \frac{0,231}{0,042} - \frac{2 * 2,5}{1}}{\frac{2 * 2,5}{1} - 2} = 0,227$$

$$2 \dot{E} \dot{i}_{\max} = 0$$

$$3 \dot{E} \dot{i}_{\min} = \frac{\frac{0,85}{0,231} + \frac{0,231}{0,85} - \frac{2 * 2,5}{1,6}}{\frac{2 * 2,5}{1,6} - 2} = 0,734$$

$$4 \dot{E} \dot{i}_{\text{пуск}} = \frac{\frac{1}{0,231} + \frac{0,231}{1} - \frac{2 * 2,5}{2}}{\frac{2 * 2,5}{2} - 2} = 4,1$$

Если электродвигатель имеет $\mu_{\max} = \mu_{\text{пуск}}$, то по формуле в точке 4 имеем деление на ноль. Чтобы этого избежать, не вычисляем $E_{\text{пуск}}$ по формуле для точки 4, а в табл при $S = 1$ проставляем знак «-». Значение момента для этой точки (третья снизу строка табл) вычислить по формуле

$$M_{\text{пуск}} = M_n * \mu_{\text{пуск}} \quad (2.7)$$

$$M_{\text{пуск}} = 36,56 * 2 = 67,12$$

$$M_1 = \frac{2 * 91,4(1+0,227)}{\frac{0,042}{0,231} + \frac{0,231}{0,042} + 2 * 0,227} = 36,55$$

$$M_2 = \frac{2 * 91.4(1+0)}{\frac{0.231}{0.231} + \frac{0.231}{0.231} + 2 * 0} = 91.4$$

$$M_3 = \frac{2 * 91.4(1+0.734)}{\frac{0.85}{0.231} + \frac{0.231}{0.85} + 2 * 0.734} = 58.4$$

$$M_4 = \frac{2 * 91.4(1+4.1)}{\frac{1}{0.231} + \frac{0.231}{1} + 2 * 4.1} = 73.06$$

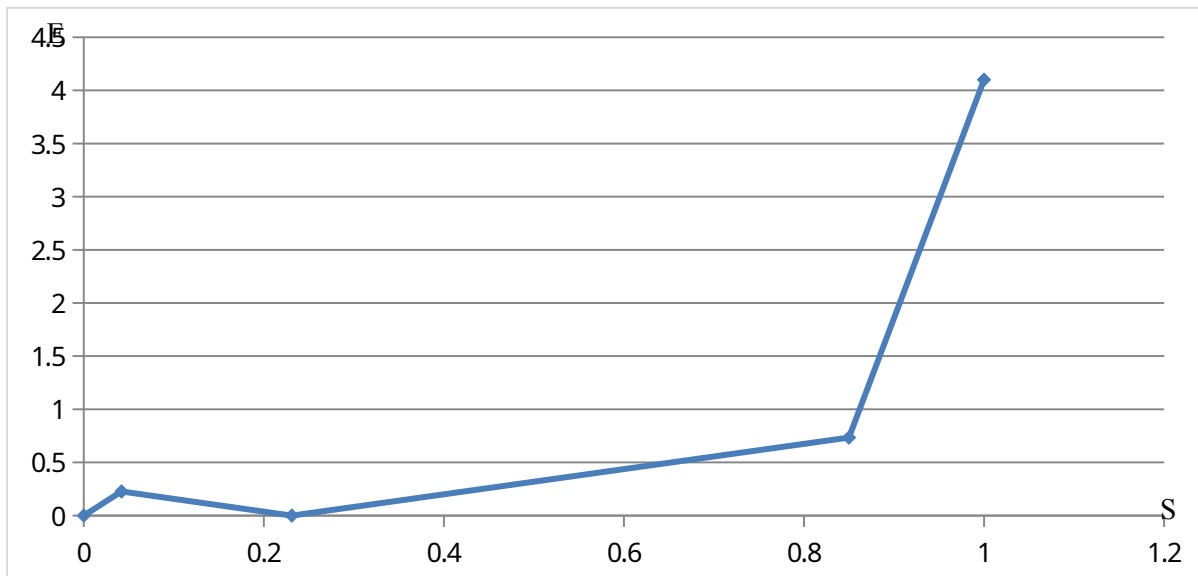


Рисунок 2.1- примерный вид зависимости E=f(S)

Таблица 2.2-Результаты расчета механической характеристики асинхронного электродвигателя

Расчеты величины	Значения расчётной величины при скольжении S , равном						
	S_n	$3S_n$	$S_{\text{макс}}$	0,4	0,65	0,85	1
Е по графику $E=f(S)$	0.227	0.18	0	0.2	0.230	0.80	4.1
$(1+E)$	1.227	1.18	1	1.2	1.230	1.8	5.1
$2E$	0.454	0.36	0	0.4	0.46	1.6	8.2
$S/S_{\text{макс}}$	0.18	0.54	1	1.73	2.81	3.67	4.3
$S_{\text{макс}}/S$	5.5	2.31	1	0.57	0.35	0.27	0.231
$S/S_{\text{макс}} + S_{\text{макс}}/S + 2E$	6.134	3.21	2	2.7	3.62	5.47	12.7
$2M_{\text{макс}}(1+E)$	184.02	183.98	183.8	184	184.03	184.6	932.2
$M = \frac{2M_{\text{макс}}(1+E)}{\frac{S}{S_{\text{макс}}} + \frac{S_{\text{макс}}}{S} + 2E}$	36.5	67.17	91.9	67.9	56.6	58.4	73.06
$\omega = \omega_0(1-S)$	150.4	137.21	120.7	94.2	54.95	23.55	0

Построить ломанную линию $E=f(S)$, как указано на рис

Далее, задав значение скольжения S , найти E по кривой $E=f(S)$ и вычислить значения, приведённые в табл

По данным табл построить график механической характеристики электродвигателя $\omega = f(M)$

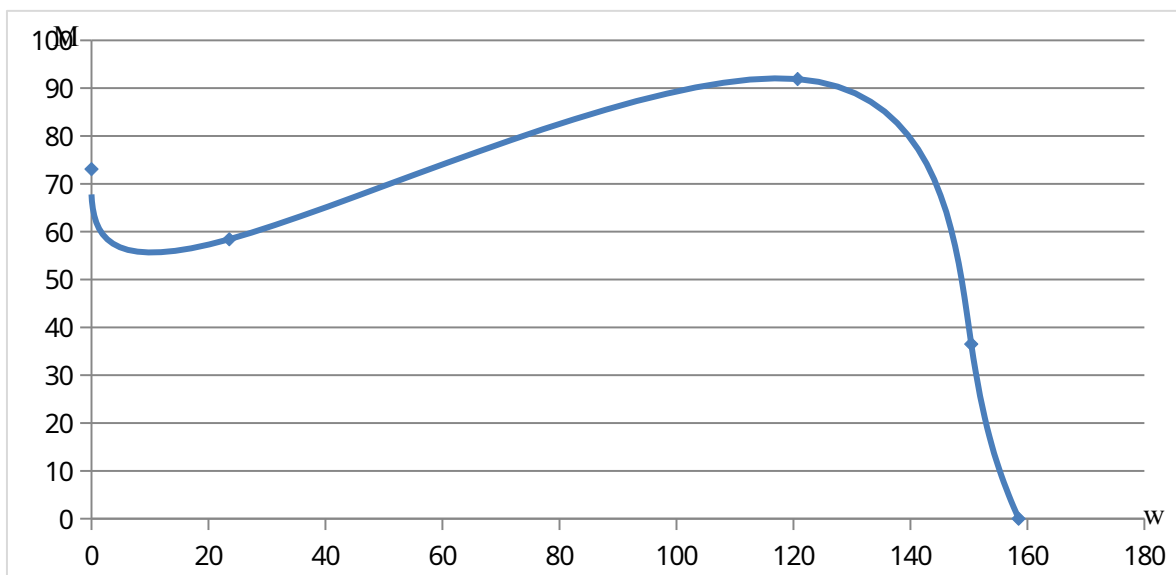


Рисунок 2.2 – График механической характеристики $E=f(\omega)$

Задача №4. Выбор электродвигателя по мощности для работы в режиме S1

Цель задания: освоить методику выбора по мощности асинхронного электродвигателя для работы в режиме S1.

Задача. Для заданной нагрузочной диаграммы рабочей машины выбрать четырёхполюсный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором. Рабочий вал машины связан с валом электродвигателя через ременную передачу.

Таблица 4.1 – исходные данные

вариант	Мощность (кВт) на валу рабочей машины по периодам						Продолжительность (мин) работы по периодам					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
23	7,5	11,0	15,0	12,0	7,0	3,0	10	15	5	15	10	5

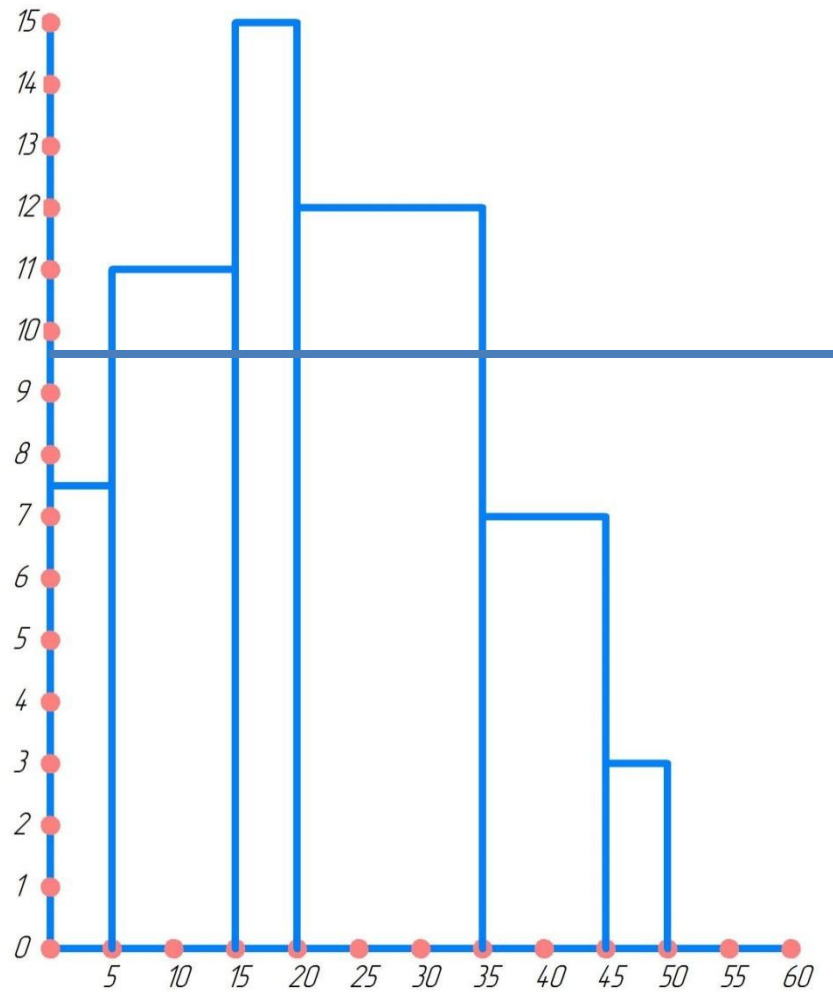


Рисунок 4.1- Нагрузочная диаграмма

Определим среднюю мощность нагрузочной диаграммы по формуле

$$P_{cp} = P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_n \cdot t_n \quad (4.1)$$

$$P_{cp} = \frac{7.5 \cdot 10 + 11 \cdot 15 + 15 \cdot 5 + 12 \cdot 15 + 7 \cdot 10 + 3 \cdot 5}{10 + 15 + 5 + 15 + 5 + 10} = 9.6$$

Определим приведенную к валу электродвигателя среднюю мощность за цикла работы по формуле

$$P_{cp}^I = \frac{P_{cp}}{\eta_{nep}} \quad (4.2)$$

$$P_{cp}^I = \frac{9.6}{0.95} = 10.1$$

Определим мощность электродвигателя по методу средних потерь.

$$P_n \geq P_{cp}^I$$

Таблица 4.2 – технические данные асинхронного электродвигателя

Типоразмер электродвигателя	Номинальная мощность P_n , кВт	КП Д η_n %	$\cos\varphi_n$, о.е	$\mu_{пуск}$, о.е	$\mu_{мин}$, о.е	$\mu_{к}$, о.е	Скольжение	
							S_n , %	S_k , %
4А132М4	11,0	87,5	0,87	2,2	1,7	3,0	2,8	19,5

Найти номинальные потери электродвигателя по формуле

$$\Delta P_H = P_H \left(\frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \quad (4.3)$$

$$\Delta P_H = 11 \left(\frac{1 - 0.875}{0.875} \right) = 1.571$$

где η_H – номинальный КПД электродвигателя, о.е.;

P_H – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Определить потери в электродвигателе при частных нагрузках:

$$\Delta P_1 = \frac{P_1}{\eta_{пер}} \left(\frac{1 - \eta_1}{\eta_1} \right) \quad (4.4)$$

где η_H – номинальный КПД электродвигателя, о.е.;

P_H – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Определить потери в электродвигателе при частных нагрузках:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\eta_H}{\eta_n} \right) * \left(\frac{\alpha_n + x_1}{\alpha_n + 1} \right)} \quad (4.5)$$

где α_n – коэффициент номинальных потерь, показывает отношение постоянных потерь к переменным, о.е.; принять $\alpha_n = 0,6$;

x – кратность нагрузки, о.е.:

$$x_1 = \frac{P_1}{P_H * \eta_{пер}} \quad (4.6)$$

$$x_1 = \frac{7.5}{11 * 0.95} = 0.717$$

$$x_2 = 1,052$$

$$x_3=1,435$$

$$x_4=1,148$$

$$x_5=0,669$$

$$x_6=0,287$$

$$\eta_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{1 - 0,875}{0,875} \right) * \left(\frac{\frac{0,6}{0,717} + 0,717}{0,6 + 1} \right)} = 0,878$$

$$\eta_2=0,873$$

$$\eta_3=0,858$$

$$\eta_4=0,870$$

$$\eta_5=0,877$$

$$\eta_6=0,824$$

$$\Delta P_1 = \frac{7,5}{0,95} \left(\frac{1 - 0,878}{0,878} \right) = 1,096$$

$$\Delta P_2 = 1,684$$

$$\Delta P_3 = 2,613$$

$$\Delta P_4 = 1,887$$

$$\Delta P_5 = 1,033$$

$$\Delta P_6 = 0,674$$

Определить средние потери по формуле

$$\Delta P_{cp} = \frac{1,096 \cdot 10 + 1,684 \cdot 15 + 2,613 \cdot 5 + 1,887 \cdot 15 + 1,033 \cdot 10 + 0,674 \cdot 5}{10 + 15 + 5 + 15 + 10 + 5} = 1,521$$

Сравнить потери номинальные и средние. Если электродвигатель выбран правильно, то должно выполняться условие

$$\Delta P_H \geq \Delta P_{cp}$$

$$1,571 \geq 1,521$$

Проверка по условиям пуска с учетом пониженного напряжения ($U=0,9$) производится по уравнению

$$\left. \begin{aligned} M_{\text{пуск}} U^2 &\geq 1,2 M_{\text{тр}} \\ M_{\text{мин}} U^2 &\geq 1,1 M_1 \end{aligned} \right\},$$

где $M_{\text{пуск}}$ – пусковой момент выбранного электродвигателя, Н·м;

$M_{\text{тр}}$ – момент трогания рабочей машины, Н·м;

$M_{\text{мин}}$ – минимальный момент при пуске, Н·м:

$$\omega_H = \omega_0 (1 - S_H) \quad (4.7)$$

$$\omega_H = 157 (1 - 0,028) = 152,604$$

Где $\omega_0 = 157 \text{ рад/с}$

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} \quad (4.8)$$

$$M_H = \frac{11}{152,604} = 0,072$$

$$M_n = M_H * \mu_n \quad (4.9)$$

$$M_n = 0,072 * 2,2 = 0,16$$

$$M_n = 0,072 * 1,7 = 0,122$$

$$\left\{ \begin{aligned} 0,81 * M_{\text{пуск}} &\geq 1,1 M_{\text{тр}} \\ 0,81 * M_{\text{мин}} &\geq 1,1 M_1 \end{aligned} \right.$$

$$0,81 * 0,16 \geq 1,2 * 0,061$$

$$0,81 * 0,12 \geq 1,1 * 0,051$$

$$0,129 \geq 0,073$$

$$0,098 \geq 0,056$$

$$M_{\text{тр}} = 1,2 * M_1 \quad (4.10)$$

$$M_{\text{тр}} = 1,2 * 0,051 = 0,061$$

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_H * \eta_{\text{пер}}} \quad (4.11)$$

$$M_1 = \frac{7,5}{152,604 * 0,95} = 0,051$$

Проверка на преодоление максимальной нагрузки рабочей машины производится по условию

$$M_k > 1,1 M_{\text{макс.нагр}} \quad (4.12)$$

где M_k – критический момент электродвигателя, Н·м; $M_k = \mu M_H$; приведенный к валу электродвигателя наибольший момент нагрузки, Н·м.

Из нагрузочной диаграммы следует, что

$$M_{\text{макс.нагр}} = \frac{P_3}{\eta_{\text{пер}} * \omega_H} \quad (4.13)$$

$$M_{\text{макс.нагр}} = \frac{15}{0,95 * 152.604} = 0.103$$

$$3 > 1,1 * 0,103$$

$$3 > 1.133$$