



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет - УПИ»
Кафедра Электротехники и электротехнологических систем

Выбор асинхронного двигателя и расчет его механической характеристики

**Методические указания и варианты исходных данных
к заданию №5 расчетно-графической работы по
дисциплине "Электротехника"**

Составители: Проскуряков В.С., Соболев С.В.

Екатеринбург 2008

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные теоретические сведения, необходимые для выполнения работы
2. Пример расчета
3. Задание и варианты исходных данных

1. Основные теоретические сведения, необходимые для выполнения работы

Основные понятия. Конструкция асинхронного двигателя.

Асинхронный двигатель – это электрическая машина, преобразующая электрическую энергию трехфазного источника в механическую энергию вращательного движения.

Устройство асинхронного двигателя схематично изображено на рис. 1.

Статор состоит из станины 1, представляющий собой стальной полый цилиндр, являющейся механическим остовом машины. Внутри станины крепится стальной цилиндрический сердечник магнитопровода статора 2. На внутренней поверхности сердечника статора имеются продольные пазы. В пазах статора уложены проводники обмотки статора 3.

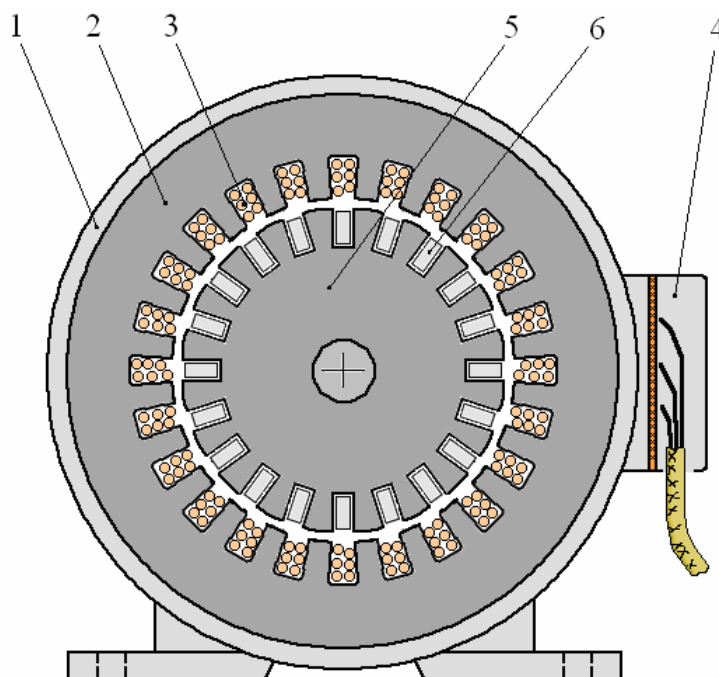


Рис. 1. Схема устройства асинхронного двигателя



Обмотка статора трехфазная, т.е. состоит из трех одинаковых частей (фаз). Каждая фаза состоит из нескольких катушек, содержащих определенное количество витков медного провода и определенным образом соединенных между собой. Фазы обмотки статора размещены в пазах сердечника статора таким образом, что смещены друг относительно друга по окружности на 120°.

Ротор асинхронного двигателя (вращающаяся часть) представляет из себя стальной цилиндрический сердечник 5 (рис. 1), являющийся частью магнитопровода. Ротор отделен от статора небольшим воздушным зазором. На наружной поверхности сердечника ротора имеются продольные пазы. В этих пазах размещена обмотка 6 ротора асинхронного двигателя. Обмотка ротора может быть двух типов: «фазная обмотка» либо «короткозамкнутая обмотка».

Наиболее распространен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. *Короткозамкнутая обмотка* ротора содержит в каждом пазу сердечника ротора один проводник, сечение которого заполняет сечение паза. Такой проводник называют стержень обмотки ротора. Все стержни замкнуты между собой двумя короткозамыкающими кольцами, расположенными на торцах ротора.

Принцип действия асинхронного двигателя

Трехфазная обмотка статора подключена к трехфазному источнику. При этом фазные токи симметричны, т.е. одинаковы по величине и отличаются по фазе на $\frac{1}{3}$ часть периода. *Симметричная трехфазная обмотка статора асинхронного двигателя, потребляющая от трехфазного источника симметричные фазные токи, создает равномерно вращающееся в пространстве магнитное поле.*

Направление вращения магнитного поля определяется последовательностью чередования фазных токов. Частота вращения магнитного поля асинхронно-



го двигателя определяется двумя параметрами: частотой тока в обмотке статора f и числом пар полюсов p :

$$n_0 = \frac{60f}{p}, [\text{об/мин}]. \quad (1)$$

Например, в табл. 1 приведены значения частоты вращения магнитного поля при разном числе пар полюсов обмотки при стандартной частоте тока $f=50\text{Гц}$.

Табл. 1

p	1	2	3	4	5
n_0 , об/мин	3000	1500	1000	750	600

Вращающееся магнитное поле статора индуцирует в обмотке ротора ЭДС, под действием которой возникает ток ротора. Электромагнитный вращающий момент асинхронного двигателя создается при взаимодействии вращающегося магнитного поля с током в обмотке ротора.

Таким образом, асинхронный двигатель, обмотка статора которого подключена к трехфазному источнику электроэнергии, создает электромагнитный вращающий момент и совершает механическую работу. Т.е. асинхронный двигатель преобразует электрическую энергию в механическую.

Необходимым условием создания вращающего электромагнитного момента является неравенство частоты вращения ротора n и магнитного поля n_0 , т.е. ротор и магнитное поле должны вращаться асинхронно. В связи с этим двигатель носит название асинхронный. Разница между величинами частоты вращения ротора и магнитного поля характеризуется параметром, называемым скольжение (s):

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}. \quad (2)$$

В режиме холостой ход, когда частота вращения ротора максимальна и равна синхронной, скольжение $s=0$. При неподвижном роторе, когда его частота вращения равна нулю ($n=0$) скольжение $s=1$. Таким образом, во всем возможном диапазоне частоты вращения (от нуля до синхронной) скольжение меняется от $s=1$ до $s=0$. Поэтому скольжение удобно использовать для характеристики режима работы асинхронного двигателя.

Механическая характеристика асинхронного двигателя

Механической характеристикой называется зависимость частоты вращения двигателя от вращающего момента на валу $n=f(M)$. Она позволяет анализировать поведение двигателя при изменении его механической нагрузки, определять изменение частоты вращения при изменении момента нагрузки на валу и формировать алгоритмы регулирования частоты вращения. Механическая характеристика $n=f(M)$ показана на рис. 2.

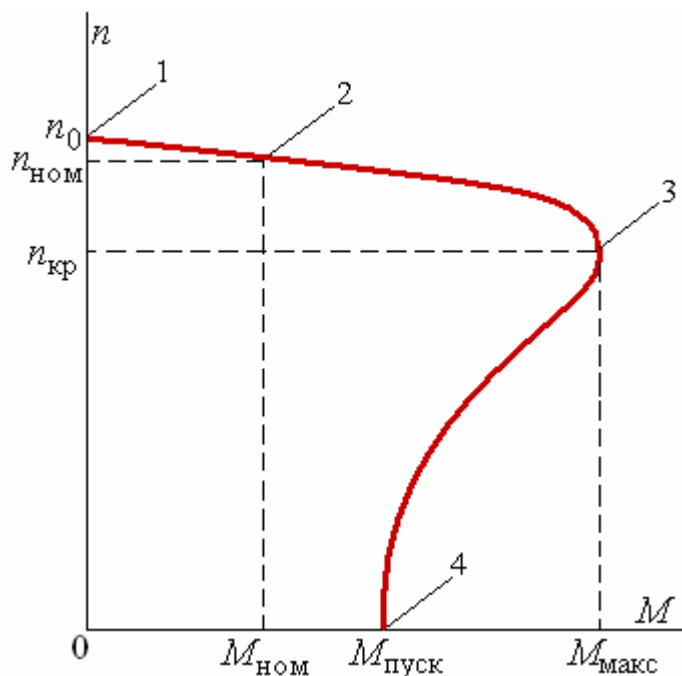


Рис. 2. Механическая характеристика асинхронного двигателя



Точка 1 механической характеристики соответствует режиму холостой ход асинхронного двигателя, когда частота вращения равна синхронной ($n=n_0$), а скольжение $s=0$. При этом вращающий момент $M=0$. Точка 4 соответствует пусковому режиму, когда частота вращения $n=0$, а скольжение $s=1$. В этом режиме двигатель создает пусковой момент $M_{\text{пуск}}$. Точка номинального режима работы находится на рабочей ветви механической характеристики 1-3 (точка 2). В этом режиме двигатель развивает номинальный момент $M_{\text{ном}}$ и вращается с номинальной частотой вращения $n_{\text{ном}}$. При этом скольжение равно номинальному $s_{\text{ном}}$. Как видно, номинальная частота вращения близка к синхронной. Точка 3 соответствует критическому режиму, когда двигатель развивает максимальный момент $M_{\text{макс}}$. При превышении момента нагрузки над максимальным двигатель останавливается.

Для аналитического описания удобно использовать упрощенное аналитическое выражение зависимости момента от скольжения:

$$M = \frac{2M_{\text{макс}}}{\frac{s}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s}}, \quad (3)$$

где $s_{\text{кр}}$ – критическое скольжение.

Это выражение позволяет получить достаточно точный результат в рабочей части механической характеристики.

Потери энергии и коэффициент полезного действия асинхронного двигателя.

Преобразование энергии в асинхронном двигателе сопровождается потерями энергии. В АД можно выделить четыре источника потерь:

1) электрические потери в обмотке статора, пропорциональные квадрату тока и сопротивлению:



$$\Delta p_{\text{эл}1} = 3I_{1\phi}^2 R_1. \quad (4)$$

где $I_{1\phi}$ - фазный ток обмотки статора;

R_1 - сопротивление фазы обмотки статора.

2) магнитные потери в магнитопроводе ($\Delta p_{\text{маг}}$), определяемые переменным магнитным потоком. Магнитные потери составляют от 1 до 3 %.

3) электрические потери в обмотке статора, пропорциональные квадрату тока и сопротивлению:

$$\Delta p_{\text{эл}2} = 3I_2^2 R_2. \quad (5)$$

4) механические потери ($\Delta p_{\text{мех}}$) при вращении ротора (трения в подшипниках, трения вращающихся частей о воздух), которые составляют от 1 до 2%.

Полезная мощность (P_2) образуется из потребляемой за вычетом всех потерь и передается рабочему механизму, который вращается двигателем с частотой вращения n :

$$P_2 = P_1 - (\Delta p_{\text{эл}1} + \Delta p_{\text{маг}} + \Delta p_{\text{эл}2} + \Delta p_{\text{мех}}). \quad (6)$$

Полезная мощность двигателя определяется вращающим моментом M на его валу и частотой вращения n :

$$P_2 = P_{\text{мех}} = \frac{Mn}{9,55}, [\text{Вт}]. \quad (7)$$

Коэффициент полезного действия двигателя определяется соотношением полезной и потребляемой мощностей:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma \Delta p}. \quad (8)$$



К.п.д. асинхронного двигателя зависит от мощности. При номинальной мощности машины 100кВт номинальный к.п.д. 85÷90%, а при номинальной мощности 100Вт – 60-65%.

Следует иметь в виду, что номинальной мощностью двигателя считается полезная, т.е. механическая мощность, отдаваемая потребителю:

$$P_{ном} = P_{2ном} = \frac{M_{ном} n_{ном}}{9,55}. \quad (9)$$

Паспортные данные асинхронного двигателя

Паспортные данные асинхронного двигателя определяют его номинальный режим работы, позволяют рассчитывать характеристики, анализировать режимы его работы. В табл. 2 приведен перечень параметров асинхронного двигателя, составляющих его паспортные данные.

Табл. 2

Паспортные данные асинхронного двигателя

№	Наименование	Обозначение
1	Номинальная мощность	$P_{ном}$, кВт
2	Номинальное напряжение (Y / Δ)	$U_{ном}$, В
3	Номинальная частота тока	f , Гц
4	Номинальная частота вращения	$n_{ном}$, об/мин
7	Номинальный КПД	$\eta_{ном}$, %
5	Номинальный коэффициент мощности	$\cos\varphi_{ном}$, д.е.
6	Кратность максимального момента	$M_{макс}/M_{ном}$
7	Кратность пускового момента	$M_{пуск}/M_{ном}$



Номинальная мощность двигателя $P_{\text{ном}}$ - механическая мощность на валу, определяемая номинальными моментом и частотой вращения:

$$P_{\text{ном}} = \frac{M_{\text{ном}} n_{\text{ном}}}{9550}. \quad (10)$$

Номинальная частота f и номинальное напряжение (Υ / Δ) $U_{\text{ном}}$ – частота и напряжение трехфазного источника электроэнергии, к которому подключается асинхронный двигатель при разном способе соединения фаз обмотки статора. Например, $U_{\text{ном}} = 380/220 \text{ В}$ означает, что при соединении фаз обмотки способом «звезда» двигатель подключается к трехфазному источнику напряжением 380В, а при соединении «треугольником» - 220В.

Номинальная частота вращения $n_{\text{ном}}$ – частота вращения ротора в номинальном режиме работы при номинальном моменте нагрузки на валу.

Номинальный коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{ном}}$ – коэффициент мощности двигателя в цепи синусоидального тока в номинальном режиме работы.

Кратность максимального момента $M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$ – отношение максимального момента к номинальному, определяет перегрузочную способность двигателя.

кратность пускового момента $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$ – отношение пускового момента к номинальному, определяет пусковые свойства двигателя.

Паспортные данные двигателя определяются при его проектировании и разработке, уточняются при контрольных испытаниях и указываются в техническом паспорте двигателя. Для типовых асинхронных двигателей серийного производства паспортные данные указываются в каталогах оборудования.

Выбор мощности двигателя при переменной нагрузке

Асинхронный двигатель используется для привода различных технологических механизмов. Режим работы этих механизмов могут быть разными. Различают три основных режима работы: длительный, кратковременный и повторно-кратковременный. Длительный режим работы может быть с постоянной нагрузкой, либо с переменной нагрузкой.

В длительном установившемся режиме работы с постоянным моментом нагрузки температура обмоток двигателя увеличивается до установившегося значения (рис. 3) и остается неизменной. В номинальном режиме работы она соответствует допустимому нагреву двигателя.

В длительном режиме работы при переменной нагрузке меняется момент нагрузки на валу, ток в обмотках двигателя и его тепловое состояние (рис. 4).

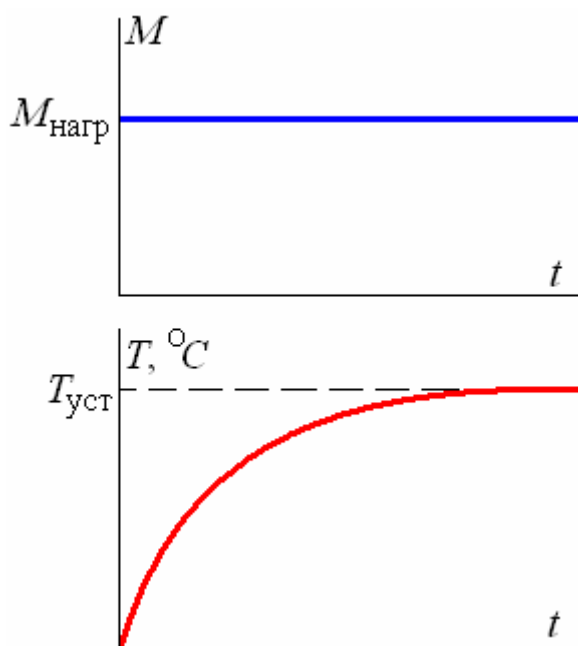


Рис. 3. Нагрузочная диаграмма и график изменения температуры двигателя при постоянной нагрузке

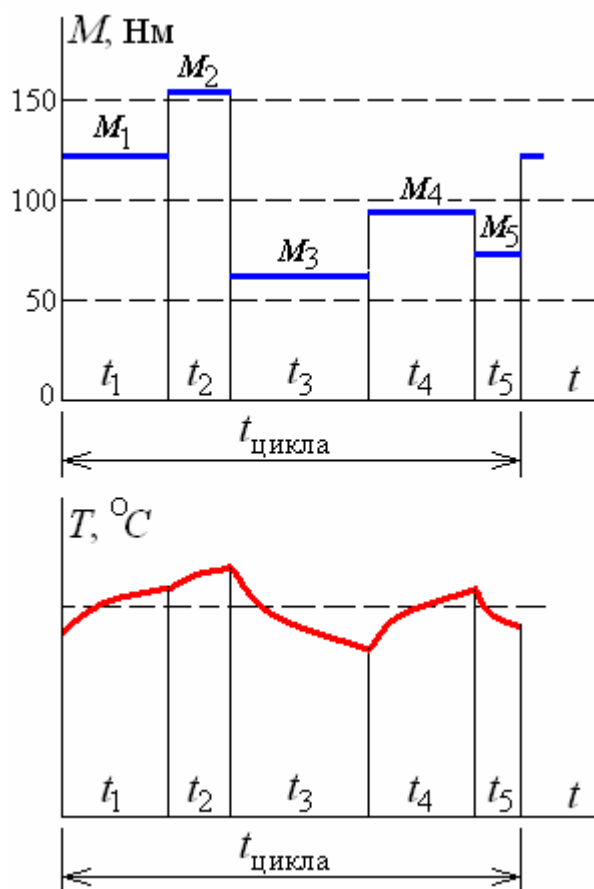


Рис. 4. Нагрузочная диаграмма и график изменения температуры двигателя при переменной нагрузке

Правильный выбор двигателя имеет важное значение. При моменте нагрузки, существенно меньшем номинального, двигатель оказывается недогруженным, т.е. используется нерационально. При превышении момента нагрузки по сравнению с номинальным двигатель перегружен, токи обмоток существенно больше номинальных значений. При этом двигатель перегревается и может выйти из строя (сгореть).

При постоянной нагрузке выбор двигателя осуществляется по его номинальной мощности, которая не должна быть ниже мощности нагрузки, определяемой моментом нагрузки, создаваемым исполнительным механизмом:



$$P_{ном} \geq P_{нагр} = \frac{M_{нагр} n}{9550}. \quad (11)$$

Однако, мощность двигателя не должна быть чрезмерной.

При этом номинальная частота вращения двигателя должна быть близка к требуемой частоте вращения механизма ($n_{ном} \approx n$).

Для выбора двигателя при переменной нагрузке используют понятие эквивалентной мощности и эквивалентного момента нагрузки.

Эквивалентный момент определяется как среднеквадратичное значение момента нагрузки за рабочий цикл:

$$M_{эkv} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + \dots + M_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (12)$$

Необходимая номинальная мощность двигателя:

$$P_{ном} \geq P_{эkv} = \frac{M_{эkv} n}{9550}. \quad (13)$$

При выборе двигателя для переменной нагрузки необходима проверка его перегрузочной способности. Для этого необходимо выполнение условия

$$M_{макс} > M_{нагр.макс},$$

где $M_{макс}$ - максимальный момент выбранного двигателя;

$M_{нагр.макс}$ - максимальный момент нагрузочной диаграммы рабочего механизма.

Для анализа работы двигателя рассчитывается и строится его механическая характеристика. Основные точки механической характеристики определяются паспортными данными двигателя.

Точка характеристики, соответствующая режиму "холостой ход", характеризуется синхронной частотой вращения ($n = n_0$) и моментом, равным нулю. Син-



хронная частота вращения определяется из ряда стандартных значений при стандартной частоте тока $f = 50\text{Гц}$ при разном числе пар полюсов с учетом соотношения (1) (табл. 2.1).

Точка характеристики, соответствующая номинальному режиму работы двигателя, характеризуется номинальной частотой вращения ($n_{\text{ном}}$) и номинальным моментом:

$$M_{\text{ном}} = \frac{9550 \cdot P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}}. \quad (14)$$

Точка характеристики, соответствующая критическому режиму работы, характеризуется критической частотой вращения ($n_{\text{кр}}$) и максимальным моментом, определяемым по паспортным данным. При этом максимальный момент определяется кратностью максимального момента:

$$M_{\text{макс}} = M_{\text{ном}} \left(\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}} \right). \quad (15)$$

Критическая частота вращения определяется синхронной частотой вращения и критическим скольжением:

$$n_{\text{кр}} = n_{\text{ном}} (1 - s_{\text{кр}}), \quad (16)$$

где критическое скольжение, исходя из (3):

$$s_{\text{кр}} = s_{\text{ном}} \left(k + \sqrt{k^2 - 1} \right); \quad (17)$$

номинальное скольжение

$$s_{\text{ном}} = \frac{n_0 - n_{\text{ном}}}{n_0}; \quad (18)$$

кратность максимального момента

$$k = \frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}. \quad (19)$$



Точка характеристики, соответствующая пусковому режиму работы, характеризуется частотой вращения, равной нулю ($n=0$) и пусковым моментом, определяемым по паспортным данным кратностью пускового момента:

$$M_{\text{пуск}} = M_{\text{ном}} \left(\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}} \right). \quad (20)$$

2. Пример

Выбрать асинхронный двигатель для заданной нагрузочной диаграммы, показанной на рис. 4. Параметры нагрузочной диаграммы приведены в табл. 3.

Табл. 3

M_1 , Н·м	M_2 , Н·м	M_3 , Н·м	M_4 , Н·м	M_5 , Н·м	t_1 , мин	t_2 , мин	t_3 , мин	t_4 , мин	t_5 , мин	n , об/мин
120	155	65	94	75	5,0	2,5	5,5	5,0	1,8	980

Эквивалентный момент нагрузочной диаграммы

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3 + M_4^2 \cdot t_4 + M_5^2 \cdot t_5}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}} =$$
$$\sqrt{\frac{120^2 \cdot 5,0 + 155^2 \cdot 2,5 + 65^2 \cdot 5,5 + 94^2 \cdot 5,0 + 75^2 \cdot 1,8}{5,0 + 2,5 + 5,5 + 5,0 + 1,8}} = 102,9 \text{ Н·м.}$$

Эквивалентная мощность

$$P_{\text{экв}} = \frac{M_{\text{экв}} n}{9550} = \frac{102,9 \cdot 980}{9550} = 10,5 \text{ кВт.}$$

По каталогу асинхронных двигателей серии 4А выбираем двигатель 4А160S6У3 мощностью 11,0 кВт с номинальной частотой вращения 975 об/мин.



Паспортные данные двигателя

Тип	$P_{\text{ном}}$, кВт	$U_{\text{ном}}$, В	f , Гц	$n_{\text{ном}}$, об/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$, д.е.	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}}$
4A160S6Y3	11,0	380/220	50	975	86,0	0,86	2,0	1,2

Точки механической характеристики.

1. Холостой ход:

Синхронная частота вращения $n_0 = 1000$ об/мин. Момент $M = 0$.

2. Номинальный режим:

Номинальная частота вращения $n_{\text{ном}} = 975$ об/мин.

Номинальный момент

$$M_{\text{ном}} = \frac{9550 \cdot P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} = \frac{9550 \cdot 11,0}{975} = 107,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

3. Критический режим:

Максимальный момент $M_{\text{макс}} = M_{\text{ном}} \left(\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}} \right) = 107,7 \cdot 2,0 = 215,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$

Критическая частота вращения $n_{\text{кр}} = n_0 (1 - s_{\text{кр}}) = 1000(1 - 0,093) = 907$ об/мин,

где номинальное скольжение $s_{\text{ном}} = \frac{n_0 - n_{\text{ном}}}{n_0} = \frac{1000 - 975}{1000} = 0,025$;

критическое скольжение $s_{\text{кр}} = s_{\text{ном}} \left(k + \sqrt{k^2 - 1} \right) = 0,025 \left(2 + \sqrt{2^2 - 1} \right) = 0,093$.

4. Пусковой режим:

Частота вращения $n = 0$.

Пусковой момент $M_{\text{пуск}} = M_{\text{ном}} \left(\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}} \right) = 107,7 \cdot 1,2 = 129,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$

Механическая характеристика выбранного двигателя показана на рис. 5.

На графике обозначены точки, соответствующие моментам нагрузочной диаграммы. Как видно, максимальный момент двигателя больше максимального момента нагрузочной диаграммы (точка 2), что обеспечивает работоспособность двигателя на заданную нагрузочную диаграмму. При изменении режима работы в соответствии с нагрузочной диаграммой частота вращения изменяется в диапазоне от 958 об/мин до 982 об/мин.

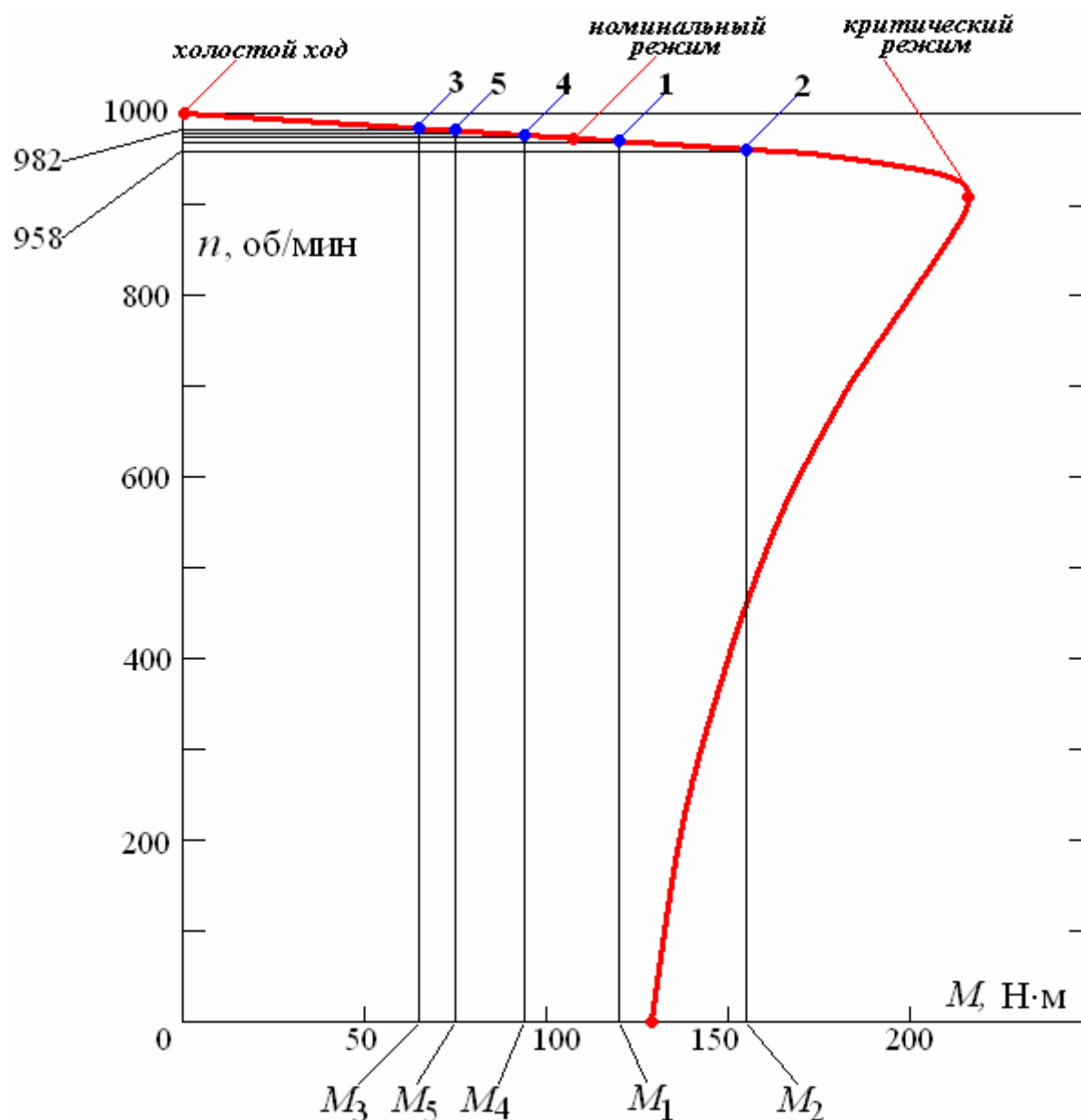


Рис. 5. Механическая характеристика двигателя 4A160S6Y3



3. Задание и варианты исходных данных

Задание

- 1). Выбрать асинхронный двигатель для заданной нагрузочной диаграммы. Параметры нагрузочной диаграммы приведены в табл. 4.
- 2). Рассчитать и построить механическую характеристику выбранного двигателя.
- 3). Определить диапазон изменения частоты вращения двигателя при работе с заданной нагрузочной диаграммой.

Табл. 4

Параметры нагрузочной диаграммы

№ вар.	M_1 , Н·м	M_2 , Н·м	M_3 , Н·м	M_4 , Н·м	t_1 , мин	t_2 , мин	t_3 , мин	t_4 , мин	n , об/мин
1	5	4	6	11	3,0	2,0	3,0	4,0	2870
2	7	5	14	22	3,5	2,5	3,5	4,0	1425
3	10	15	20	32	3,5	2,5	3,5	4,0	950
4	6	4	10	15	4,0	3,0	4,0	5,0	2870
5	10	8	17	30	3,0	2,0	3,0	4,5	1435
6	12	20	26	45	4,0	3,0	4,0	4,5	950
7	8	6	12	20	3,0	2,0	3,0	4,0	2900
8	12	10	23	38	4,5	3,5	4,5	4,0	1430
9	14	18	35	60	4,5	3,5	4,5	5,0	950
10	10	8	16	27	4,0	3,0	4,0	5,0	2895
11	16	14	30	15	4,0	3,0	4,0	5,5	1445
12	14	20	84	50	3,0	2,0	3,0	5,5	965
13	12	10	22	40	3,0	2,0	3,0	4,0	2925



14	16	17	50	80	3,0	2,0	3,0	5,0	1445
15	18	20	70	120	3,5	2,5	3,5	4,0	970
16	14	12	24	60	3,5	2,5	3,5	4,5	2930
17	24	20	70	120	3,5	2,5	3,5	4,0	1460
18	22	24	110	170	4,0	3,0	4,0	4,5	975
19	16	14	32	75	4,5	3,5	4,5	5,5	2920
20	22	25	100	150	4,0	3,0	4,0	4,5	1465
21	26	28	160	220	4,5	3,5	4,5	5,0	975
22	20	18	50	90	4,0	3,0	4,0	5,0	2920
23	20	40	120	180	4,5	3,5	4,5	5,0	1465
24	30	18	200	280	3,0	2,0	3,0	5,5	975
25	26	24	60	110	3,0	2,0	3,0	4,0	2890
26	20	28	140	220	4,0	3,0	4,0	5,5	1470
27	32	30	240	320	3,5	2,5	3,5	4,5	960
28	30	28	85	150	4,0	3,0	4,0	5,0	2900
29	28	200	8	300	3,0	2,0	3,0	5,0	1470
30	35	30	350	430	4,0	3,0	4,0	5,0	960



Табл. 5

Технические данные асинхронных двигателей серии 4А

Тип	$P_{\text{ном}},$ кВт	$U_{\text{ном}},$ В	$f,$ Гц	$n_{\text{ном}},$ об/мин	$\eta_{\text{ном}},$ %	$\cos\varphi_{\text{ном}},$ д.е.	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}}$
4А71В2У3	1,1	380/220	50	2810	77,5	0,87	2,2	2,0
4А80А2У3	1,5	380/220	50	2850	81,0	0,85	2,2	2,0
4А80В2У3	2,2	380/220	50	2850	83,0	0,87	2,6	2,1
4А90L2У3	3,0	380/220	50	2840	84,5	0,85	2,5	2,1
4А100S2У3	4,0	380/220	50	2880	86,5	0,89	2,5	2,0
4А100L2У3	5,5	380/220	50	2880	87,5	0,91	2,5	2,0
4А112M2У3	7,5	380/220	50	2900	87,5	0,88	2,8	2,0
4А132M2У3	11,0	380/220	50	2900	88,0	0,90	2,8	1,7
4А160S2У3	15,0	380/220	50	2940	88,0	0,91	2,2	1,4
4А160M2У3	18,5	380/220	50	2940	88,5	0,92	2,2	1,4
4А180S2У3	22,0	380/220	50	2940	88,5	0,91	2,5	1,4
4А180M2У3	30,0	380/220	50	2945	90,5	0,90	2,5	1,4
4А200M2У3	37,0	380/220	50	2945	90,0	0,89	2,2	1,4
4А80А4У3	1,1	380/220	50	1420	75,0	0,81	2,2	2,0
4А80В4У3	1,5	380/220	50	1415	77,0	0,83	2,2	2,0
4А90L4У3	2,2	380/220	50	1425	80,0	0,83	2,4	2,1
4А100S4У3	3,0	380/220	50	1435	82,0	0,83	2,4	2,0
4А100L4У3	4,0	380/220	50	1430	84,0	0,84	2,4	2,0
4А112M4У3	5,5	380/220	50	1445	85,5	0,85	2,2	2,0
4А132S4У3	7,5	380/220	50	1455	87,5	0,86	3,0	2,2
4А132M4У3	11,0	380/220	50	1460	87,5	0,87	3,0	2,2
4А160S4У3	15,0	380/220	50	1465	88,5	0,88	2,3	1,4

*"Электротехника"**РГР. Задание 5. "Выбор асинхронного двигателя и расчет его механической характеристики"*



4A160M4Y3	18,5	380/220	50	1465	89,5	0,88	2,3	1,4
4A180S4Y3	22,0	380/220	50	1470	90,0	0,90	2,3	1,4
4A180M4Y3	30,0	380/220	50	1470	91,0	0,89	2,3	1,4
4A200M4Y3	37,0	380/220	50	475	91,0	0,90	2,5	1,4
4A80B6Y3	1,1	380/220	50	920	74,0	0,74	2,2	2,0
4A90L6Y3	1,5	380/220	50	935	75,0	0,74	2,2	2,0
4A100L6Y3	2,2	380/220	50	950	81,0	0,73	2,2	2,0
4A112A6Y3	3,0	380/220	50	955	81,0	0,76	2,5	2,0
4A112M6Y3	4,0	380/220	50	950	82,0	0,81	2,5	2,0
4A132S6Y3	5,5	380/220	50	965	85,0	0,80	2,5	2,0
4A132M6Y3	7,5	380/220	50	970	85,5	0,81	2,5	2,0
4A160S6Y3	11,0	380/220	50	975	86,0	0,86	2,0	1,2
4A160M6Y3	15,0	380/220	50	975	87,5	0,87	2,0	1,2
4A180M6Y3	18,5	380/220	50	975	88,0	0,87	2,0	1,2
4A200M6Y3	22,0	380/220	50	975	90,0	0,90	2,4	1,3
4A200L6Y3	30,0	380/220	50	980	90,5	0,90	2,4	1,3
4A250S6Y3	45,0	380/220	50	985	91,5	0,89	2,1	1,2



Разработано по плану инновационной образовательной программы УГТУ-УПИ.

*Коллектив разработчиков
кафедры «Электротехника и электротехнологические системы»
УГТУ–УПИ*

*Сарапулов Федор Никитич – заведующий кафедрой, профессор, д.т.н.;
Проскуряков Валерий Степанович – доцент, к.т.н.;
Соболев Сергей Владимирович – доцент, к.т.н.;
Федотова Лидия Адамовна – доцент, к.т.н.;
Хрулькова Наталья Вячеславовна – ассистент.*

***Кафедра «Электротехника и электротехнологические системы»
УГТУ–УПИ
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. Тел. 375-47-51,
E-mail: vpros@mail.ru***