

## Контрольное задание №7 «Трехфазный асинхронный двигатель»

### Методические рекомендации к расчету контрольного задания

Основным параметром, характеризующим режим работы асинхронного двигателя, является скольжение  $s$  – относительная разность частоты вращения ротора двигателя  $n$  и его поля  $n_0$ :  $s = (n_0 - n) / n_0$ .

Область механической характеристики, соответствующая  $0 \leq s \leq 1$  – область двигательных режимов, причем при  $s < s_{кр}$  работа двигателя устойчива, при  $s > s_{кр}$  – неустойчива. При  $s < 0$  и  $s > 1$  момент двигателя направлен против направления вращения его ротора (соответственно рекуперативное торможение и торможение противовключением).

Устойчивый участок механической характеристики двигателя часто описывается формулой Клосса, подстановкой в которую параметров номинального режима можно определить критическое скольжение  $s_{кр}$ :

$$M = \frac{2M_{кр}}{s/s_{кр} + s_{кр}/s}; \quad s_{кр} = s_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1})$$

где:  $\lambda = M_{кр} / M_n$  – перегрузочная способность двигателя.

Механическая характеристика по данным справочника или каталога приближенно может быть построена по четырем точкам (рис.7.1):

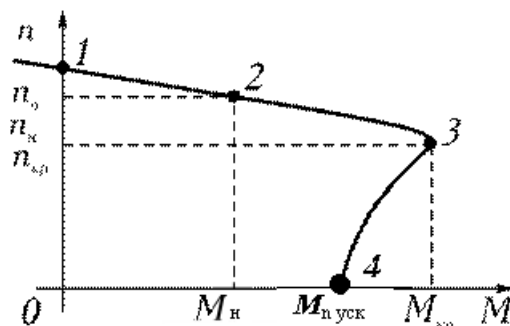


Рис. 7.1

- точка 1 – идеальный холостой ход,  $n = n_0 = 60 f / p$ ,  $M = 0$ , где:  $p$  - число пар полюсов магнитного поля двигателя;
- точка 2 - номинальный, режим:  $n = n_n$ ,  $M = M_n = 9550 P_n / n_n$ , где  $P_n$  – номинальная мощность двигателя в кВт;
- точка 3 – критический режим:  $n = n_{кр}$ ,  $M = M_{кр} = \lambda M_n$ ;
- точка 4 – режим пуска:  $n = 0$ ,  $M = M_{пуск} = \beta M_n$ .

При анализе работы двигателя в диапазоне нагрузок до  $M_n$  и несколько больше устойчивый участок механической характеристики можно приближенно описать уравнением прямой линии  $n = n_0 - vM$ , где коэффициент “v” легко определяется подстановкой в уравнение параметров номинального режима  $n_n$  и  $M_n$ .

### 7.2.2. Расчет основных параметров трехфазного асинхронного двигателя

#### Задача 1 (для четных вариантов)

Трехфазный короткозамкнутый асинхронный двигатель с номинальной мощностью  $P_n$  и номинальными напряжениями 660/380 В при схемах соединения обмоток звезда / треугольник подключен к сети с линейным напряжением 380 В (нечетные варианты) или 660 В (четные варианты) частотой 50 Гц. Двигатель имеет  $p$  пар полюсов магнитного поля и скольжение в номинальном режиме  $s_n$ ; КПД и коэффициент мощности в номинальном режиме равны соответственно  $\rho_n$  и  $\cos \phi_n$ . Кратность максимального момента двигателя  $\lambda = M_{max} / M_n$ , пускового -  $\beta = M_{пуск} / M_n$ , кратность пускового тока  $I_{пуск} / I_n$  равна 7 (см. табл. 7.3).

Таблица 7.3

Вариант	$P_n$ , кВт	$s_n$ , %	$\eta_n$ , %	$\cos \varphi_n$	$p$	$\lambda$	$\beta$
1	10	4	88	0,89	1	2,2	1,5
2	13	3,5	88	0,89	1	2,2	1,5
3	17	3,5	88	0,9	2	2,3	1,2
4	22	3,5	87	0,9	2	2,3	1,1
5	30	3	89	0,9	1	2,2	1,1
6	40	3	89	0,91	1	2	1
7	55	3	90	0,92	3	2	1
8	75	3	90	0,92	3	2,2	1
9	100	2,5	91	0,92	4	2,2	1,4
10	10	2,5	89	0,87	4	2	1,4

Для заданного напряжения сети начертить схему соединения обмоток двигателя. Определить частоту вращения магнитного поля, номинальную частоту вращения ротора, номинальный момент, номинальные линейный и фазный токи и пусковой ток двигателя. Рассчитать критическое скольжение и критическую частоту вращения, максимальный и пусковой моменты двигателя и построить его естественную механическую характеристику. Оценить возможность пуска двигателя при номинальном моменте на валу и снижении питающего напряжения на 15%. Ответить на дополнительный вопрос к задаче в соответствии с вариантом.

Задача 2 (для нечетных вариантов)

Асинхронный короткозамкнутый двигатель с номинальной мощностью  $P_n$  и номинальной частотой вращения  $n_n$  подключен к сети с линейным напряжением 380 В и частотой 50 Гц. В режиме холостого хода двигатель потребляет ток  $I_0$  при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_0$ . КПД двигателя в номинальном режиме  $\rho_n$ , перегрузочная способность –  $\lambda = M_{max} / M_n$ . При пуске ток двигателя равен  $I_{пуск} = k_I I_n$ , пусковой момент –  $M_{пуск} = \beta M_n$ . Исходные данные приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4

Вариант	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$\eta_n$ , %	$I_0$ , А	$\cos \varphi_0$	$k_I$	$\lambda$	$\beta$
1	22	2940	88,5	18,3	0,341	7,5	2,5	1,4
2	55	2945	91	42,4	0,392	7,5	2,5	1,4
3	1	1465	88,5	15,6	0,474	7	2,3	1,4
4	30	980	90,5	27	0,436	6,5	2,4	1,3
5	37	1475	91	32,1	0,368	7	2,5	1,4
6	45	740	91	51,5	0,363	6	2	1,2
7	75	590	92	95,5	0,243	6	1,8	1
8	55	490	91	85	0,312	6	1,8	1
9	11	975	86	12,6	0,403	6	2	1,2
10	90	2960	92	81,6	0,475	7,5	2,5	1,2

Определить активную  $P_0$ , реактивную  $Q_0$  мощности, потребляемые двигателем в режиме холостого хода, и активную мощность  $P_{1n}$ , потребляемую из сети при номинальной нагрузке на валу. Считая реактивную мощность не зависящей от нагрузки, рассчитать полную мощность  $S_n$ , ток  $I_n$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_n$  двигателя в номинальном режиме. Определить номинальный  $M_n$ , максимальный  $M_{max}$ , пусковой  $M_{пуск}$  моменты двигателя и его пусковой ток  $I_{пуск}$ .

Рассчитать частоту вращения магнитного поля двигателя  $n_0$ , его номинальное  $s_n$  и критическое  $s_{кр}$  скольжения, критическую частоту вращения  $n_{кр}$ . По результатам расчетов по четырем точкам (холостой ход, номинальный, критический и пусковой режимы) построить естественную характеристику. Ответить на дополнительный вопрос к задаче в соответствии с вариантом.

Задача 3

В таблице 7.5 приведены технические характеристики трехфазных двухскоростных короткозамкнутых асинхронных двигателей (в числителе – для низшей скорости, в знаменателе – для высшей). Номинальное линейное напряжение двигателя – 380 В, 50 Гц. В таблице обозначено:

- $2p$  – число полюсов магнитного поля;
- $s_n, \rho_n, I_n, \cos \varphi_n$  – скольжение, КПД, ток и коэффициент мощности двигателя в номинальном режиме;
- $\lambda = M_{max} / M_n$  – перегрузочная способность двигателя;

•  $\beta = M_{\text{пуск}} / M_{\text{н}}$  – кратность пускового момента.

Таблица 7.5

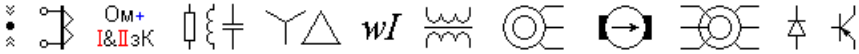
Вариант	2p	$s_{\text{н}}$ , %	$\eta_{\text{н}}$ , %	$I_{\text{н}}$ , А	$\cos \varphi_{\text{н}}$	$\lambda$	$\beta$
1	4 / 2	5,33 / 7,33	76,0 / 74,0	3,7 / 4,8	0,81 / 0,86	2,1 / 1,9	1,7 / 1,7
2	8 / 4	2,53 / 1,47	89,5 / 88,5	68 / 88	0,75 / 0,90	1,8 / 1,9	1,6 / 1,4
3	12 / 6	1,40 / 1,50	83,0 / 90,0	55,5 / 55,7	0,53 / 0,85	1,8 / 1,8	1,7 / 1,5
4	8 / 4	1,33 / 2,67	76,5 / 84,0	12,0 / 17,7	0,69 / 0,92	2,0 / 2,0	1,5 / 1,2
5	6 / 4	2,00 / 2,00	83,0 / 81,5	29,6 / 28,4	0,68 / 0,85	2,2 / 2,2	1,4 / 1,3
6	4 / 2	1,53 / 1,50	93,0 / 87,0	95,2 / 118	0,86 / 0,89	2,0 / 2,2	1,8 / 1,8
7	6 / 4	5,00 / 5,33	76,0 / 76,0	8,2 / 7,4	0,68 / 0,86	1,8 / 1,8	1,3 / 1,3
8	12 / 6	2,00 / 1,50	77,5 / 88,0	32,0 / 28,2	0,55 / 0,86	1,8 / 2,0	1,5 / 1,5
9	8 / 4	2,53 / 4,33	90,8 / 91,3	148 / 158	0,85 / 0,94	1,8 / 2,3	1,3 / 1,3
10	6 / 4	1,00 / 1,33	86,5 / 87,0	38,2 / 43,0	0,78 / 0,89	2,2 / 2,2	1,5 / 1,5

Для каждой из скоростей двигателя определить частоту вращения магнитного поля  $n_o$  и номинальную частоту вращения ротора  $n_n$ , потребляемую мощность  $P_{1н}$ , мощность на валу  $P_n$ , момент  $M_n$  в номинальном режиме работы, рассчитать максимальный  $M_{\text{max}}$  и пусковой  $M_{\text{пуск}}$  моменты, критическое скольжение  $s_{\text{кр}}$  и соответствующую ему частоту вращения  $n_{\text{кр}}$ . По результатам расчетов построить (по четырем точкам) в одной системе координат механические характеристики двигателя.

Ответить на дополнительный вопрос к задаче в соответствии с вариантом.

7.2.3. Дополнительные вопросы к задачам 1, 2, 3

- 1. Каковы особенности процессов в асинхронном двигателе (частота вращения, скольжение, момент, ток) при торможении противовключением? Покажите этот режим на механической характеристике.
- 2. Почему асинхронный двигатель имеет низкий коэффициент мощности на холостом ходу?
- 3. Как изменяется механическая характеристика асинхронного двигателя с фазным ротором при введении в цепь ротора резисторов? Проиллюстрируйте механическими характеристиками.
- 4. Как осуществить реверс асинхронного двигателя? Чем объясняется возникающий при этом бросок тока статора?
- 5. Что такое рекуперативное торможение асинхронного двигателя? Как оно реализуется? Покажите на характеристиках.
- 6. Объяснить, почему короткозамкнутый асинхронный двигатель имеет пусковой момент, соизмеримый с номинальным, хотя его пусковой ток превышает номинальный в 5...7 раз.
- 7. Рассмотреть физическую природу мощности потерь в стали двигателя. Как они зависят от нагрузки двигателя? Почему мощность потерь в стали ротора много меньше, чем в стали статора?
- 8. Каким способом можно плавно регулировать частоту вращения асинхронного двигателя? Покажите на механических характеристиках.
- 9. Какими физическими причинами объясняется изменение перегрузочной способности асинхронного двигателя при изменении величины питающего напряжения?
- 10. Что такое динамическое торможение асинхронного двигателя? Покажите на характеристиках и объясните, как создается тормозной момент в этом режиме.



Лицензия	Model.Exponenta.Ru	Jigrein
----------	--------------------	---------