

Практична робота 2.

Тема: Вивчення будови та розрахунків статичних характеристик асинхронних двигунів

Мета: ознайомлення з призначенням, маркуванням та будовою асинхронних двигунів серії 4А; вивчення механічних властивостей асинхронних двигунів; набуття навичок побудови та аналізу природних та штучних характеристик двигуна.

Хід роботи.

I. Вивчити призначення, маркування та будову асинхронного двигуна серії 4А.

II. Для АД з к.з. ротором необхідно:

1. Розрахувати та побудувати природну механічну характеристику.
2. Розрахувати та побудувати штучну механічну характеристику двигуна при зміні напруги живлення.
3. Розрахувати та побудувати штучну механічну характеристику двигуна при зміні частоти мережі живлення.
4. Визначити $R_{l\partial}$, увімкнення якого в три фази АД зменшить пусковий струм.

Дані для розрахунку приведені в таблиці 4.

Теоретичні відомості.

Серія 4А є масовою серією АД, розрахованих на використання в різних галузях промисловості. Вона охоплює діапазон номінальних потужностей від 0,06 до 400 кВт і виконана на 17 висотах осі обертання – від 50 до 355 мм. Двигуни виготовляють на синхронні частоти обертання 3000, 1500, 1000, 750, 600 та 500 об/хв.

Серія включає основне виконання АД, ряд модифікацій та спеціалізовані виконання. Двигуни основного виконання сприяють загальним вимогам і призначені для нормальних умов роботи (двигуни загального призначення). Це трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором і розраховані на частоту 50 Гц, мають ступінь захисту IP44(закрите виконання) або IP23(захищене виконання).

Модифікації та спеціальні виконання електродвигунів 4А побудовані на базі їх основного виконання. До електричних модифікацій АД серії 4А відносять АД з підвищеним пусковим моментом, з підвищеним номінальним ковзанням, багатошвидкісні, двигуни з частотою живлення 60 Гц.

До конструктивних модифікацій АД серії 4А віднесені АД з фазним ротором, малошумні, з вмонтованими електромагнітними гальмами, з вмонтованим температурним захистом, для моноблочних насосів.

До спеціалізованого виконання віднесені високочастотні двигуни, двигуни приводу ліфтів, частотно-керовані.

В серії 4А прийнята наступна система позначень:

4А X X X X X X X

1 2 3 4 5 6 7 8

де 1 назва серії 4А;

2 – виконання за способом захисту: буква Н – виконання IP23, відсутність букви означає виконання IP44;

З – виконання АД по матеріалу станини та щитів: А – станина і щити алюмінієві; Х – станина алюмінієва, щити чавунні (або навпаки); відсутність букви – станина і щити чавунні або сталеві;

4 – висота осі обертання (дві або три цифри);

5 – установочний розмір по довжині станини: букви S, М або L (менший, середній та великий);

6 – довжина осердя: А – менша, В – більша за умови збереження установочного розміру; відсутність букви означає, що при даному установочному розмірі (S, М або L) виконується лише одна довжина осердя;

7 – число полюсів АД (одна або дві цифри);

8 – кліматичне виконання і категорія розміщення по ГОСТ 15150-69.

Двигуни серії 4А виготовляють в двох виконаннях: закритий обдуваний та захищений з внутрішньою самовентиляцією (рис.1)

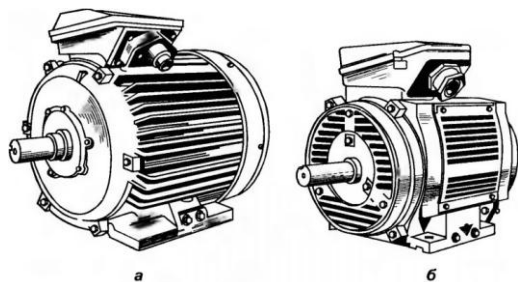


Рис.1 Асинхронні двигуни серії 4А:
а – закритого обдуваного виконання
б – захищеного виконання

Двигуни закритого виконання всього діапазону осей обертання виготовляють з короткозамкненим ротором, а осей обертання 200, 225 та 250 мм – ще і з фазним ротором (4АК). Двигуни захищеного виконання виготовляють з короткозамкненим ротором (4АН) при висоті осі обертання $h > 160$ мм, а при висоті осі обертання $h > 200$ мм – ще і з фазним ротором (4АНК).

На рис.2 приведено загальний вид асинхронного двигуна серії 4А зі ступенем захисту IP44:

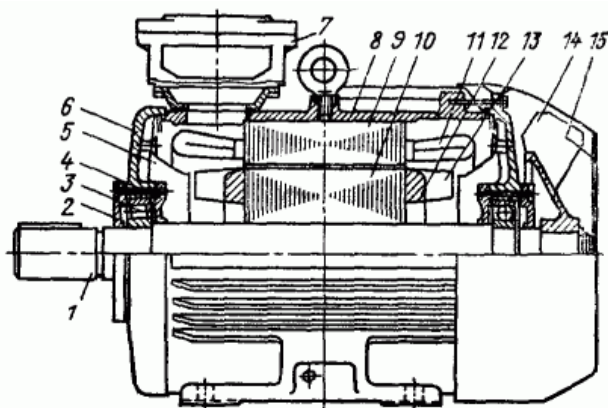


Рис.2 Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором 4А200:

1 – вал; 2 – кришка підшипника зовнішня; 3 – підшипник; 4 – кришка підшипника внутрішня; 5 – щиток повітронаправляючий; 6 – щит підшипниковий; 7 – ввідний пристрій; 8 – станина; 9 – осердя статора; 10 – осердя ротора; 11 – обмотка статора; 12 обмотка ротора; 13 – вентиляційні лопатки ротора; 14 – вентилятор; 15 – кожух

Осердя статора та ротора зібрані із штампованих листів електротехнічної сталі товщиною 0,5 мм. В попередньо ізольовані пази осердя статора вкладена обмотка.

Станина має повздовжні ребра, які збільшують поверхню охолодження, і прилиті лапи.

Двигуни мають на роторі литу короткозамкнену клітку з алюмінію марки А7 або А5. З торців клітки передбачені лопатки, які служать для відведення теплоти від активних частин ротора і для змішування повітря всередині двигуна.

Осердя ротора з короткозамкненою обмоткою посаджені на вал. Вал лежить на двох підшипникових опорах, які складаються з підшипників кочення та підшипникових щитів.

Асинхронні двигуни з фазним ротором мають більш складну конструкцію і менш надійні, але вони мають кращі регульовальні та пускові властивості, ніж двигуни з короткозамкненим ротором.

Вказівки до виконання.

I. Дати відповіді на контрольні питання.

II. Провести розрахунки відповідно варіанту в наступній послідовності:

1. Природну механічну характеристику АД будують, використовуючи спрощену формулу Клосса:

$$M = \frac{2M_{кр}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}$$

де $M_{кр}$ – критичний (максимальний) момент, Нм

$$M_{кр} = \lambda_m \cdot M_{ндв}$$

$M_{ндв}$ – номінальний момент двигуна, Нм

$s_{кр}$ – критичне ковзання

$$s_{кр} = s_n \cdot (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1})$$

Задаючись різними значеннями s (від 0 до 1, включаючи $s_{кр}$), розраховують значення M та ω . Результати розрахунку звести в таблицю 1.

Таблиця 1.

s	0			1
$\omega = \omega_0(1-s), \text{с}^{-1}$				
$M, \text{Нм}$				

Примітка: чим більше точок, тим точніша характеристика.

За даними таблиці 1 будують характеристику АД $\omega=f(M)$.

2. Розраховуємо та будуємо характеристику АД при зміні напруги живлення:

$$M_{ш1} = M \cdot \left(\frac{U_1}{U_n} \right)^2$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.

Таблиця 2.

$\omega, \text{с}^{-1}$				
$M, \text{Нм}$				
$M_{ш1}, \text{Нм}$				

За даними таблиці 2 будують характеристику АД $\omega=f(M_{ш1})$.

3. Розраховуємо та будуємо штучну характеристику АД при зміні частоти мережі живлення:

$$M_{\text{ш2}} = M \cdot \left(\frac{f_1}{f_n} \right)^2$$

$$\omega_{\text{ш2}} = \omega \cdot \left(\frac{f_1}{f_n} \right)$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.

Таблиця 3.

$\omega, \text{с}^{-1}$				
$M, \text{Нм}$				
$\omega_{\text{ш2}}, \text{с}^{-1}$				
$M_{\text{ш2}}, \text{Нм}$				

За даними таблиці 3 будують характеристику АД $\omega_{\text{ш2}} = f(M_{\text{ш2}})$.

Примітка: Всі розраховані механічні характеристики (природну та штучні) будують в одній системі координат.

4. Визначаємо пусковий струм за відсутності резисторів в колі статора:

$$I_{1\text{пн}} = \lambda_n \cdot I_{1\text{н}}; \text{А.}$$

Повний опір к.з.: $z_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{1\text{пн}}}; \text{Ом}$

$$r_k = z_k \cdot \cos \varphi_n; \quad \cos \varphi_n = 0,4 \quad x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2}; \quad \text{Ом}$$

Опір додаткового резистора, увімкнення якого в три фази АД зменшить пусковий струм (кратність пускового струму

$$\alpha = \frac{I_{1\text{пн}}}{I_{1\text{п}}});$$

$$R_{1\phi} = \sqrt{\left(\frac{z_k}{\alpha} \right)^2 - x_k^2 - r_k}; \quad \text{Ом}$$

Таблиця 4. Вихідні дані для розрахунку

варіант	$P_n, \text{кВт}$	$n_c, \text{об/хв}$	$n_n, \text{об/хв}$	$U_n, \text{В}$	$I_{1\text{н}}, \text{А}$	λ_n	λ_m	$s_n, \%$	$\frac{U_1}{U_n}$	$\frac{f_1}{f_n}$	α
1	15	1500	1465	380	29,6	7,5	2,2	-	0,9	0,6	0,5
2	11	1000	975	380	23,5	7,0	2,2	-	0,8	0,65	0,7
3	7,5	750	730	380	17,6	6,0	2,0	-	0,85	0,7	0,8
4	8	3000	2850	380	17,2	7,5	2,4		0,75	0,75	0,75
5	11	1500	1410	380	25,0	7,0	2,2		0,85	0,8	0,6
6	16	1000	940	380	36,1	6,5	2,1		0,75	0,9	0,5
7	4,5	750	690	380	12,9	6,0	2,0		0,8	1,1	0,7
8	400	1500	-	6000	47	5,7	2,3	1,3	0,9	1,2	0,75
9	500	1500	-	6000	58	5,7	2,3	1,3	0,78	1,3	0,8
10	315	1000	-	6000	38	5,3	2,0	1,3	0,75	1,4	0,5
11	250	750	-	6000	32	5,2	1,9	1,5	0,8	0,85	0,8
12	200	600	-	6000	27,5	4,8	1,9	2,2	0,85	0,95	0,7
13	250	500	-	6000	34,5	4,8	1,8	2,2	0,85	1,2	0,5
14	30	1500	1460	380	57,5	7,5	2,2	-	0,9	1,1	0,75
15	18	1000	970	380	40,4	6,0	2,2	-	0,8	0,8	0,8
16	15	750	730	380	34,2	5,5	2,0	-	0,75	0,7	0,6
17	630	1500	-	6000	72,5	5,7	2,3	1,3	0,95	1,1	0,5

18	400	1000	-	6000	47,5	5,3	2,0	1,3	0,9	1,2	0,7
19	315	750	-	6000	39,5	5,0	1,9	1,5	0,85	1,3	0,75
20	250	600	-	6000	34	4,8	1,9	2,2	0,8	0,75	0,8
21	37	1500	1470	380	69,5	7,5	2,2	-	0,75	0,8	0,5
22	30	1000	975	380	58,5	6,5	2,2	-	0,7	0,85	0,5
23	22	750	730	380	47,3	5,5	2,0	-	0,75	0,9	0,7
24	800	1500	-	6000	92	5,5	2,0	1,2	0,75	1,1	0,8
25	500	1000	-	6000	59,5	5,3	1,9	1,5	0,8	0,75	0,75
26	400	750	-	6000	50	4,8	1,9	1,4	0,9	0,7	0,5
27	400	600	-	6000	50	4,8	1,8	2,2	0,85	0,6	0,5
28	75	1500	1475	380	139	7,5	2,2	-	0,75	0,65	0,6
29	45	1000	980	380	91	6,5	2,2	-	0,9	1,2	0,7
30	37	750	735	380	87	5,5	2,0	-	0,75	1,4	0,5

Контрольні питання:

1. Які існують модифікації двигунів серії 4А?
2. Розшифруйте умовні позначення двигуна: 4А200М4УЗ; 4АА63А6УЗ
3. Назвіть основні елементи двигуна серії 4А.

Критерії оцінок:

I.Відповідь на теоретичне питання: 0÷3 бали

II.Розв'язок задачі:

виконання пункту 1: 1÷3 бали

виконання пункту 2: 1÷3 бали

виконання пункту 3: 1÷3 бали

виконання пункту 4: 1÷3 бали

За дострокове виконання та захист практичної роботи: + 2 бали

За несвоєчасне виконання та захист практичної роботи: - 4 бали

Оцінки:

«відмінно» - 14-15 балів

« добре» - 9 - 13 балів

«задовільно» - 4 - 8 балів

Література

1. В.В. Москаленко. Электрический привод. М., ВШ, 1991.
2. Електричні машини та електропривод побутової техніки. За ред. Д.Б.Головка, М.Г.Поповича. К., Либідь, 2004.
3. И.П. Копылов. Электрические машины. Москва. Энергоиздат., 2004