

## Техническое задание

### «Спроектировать трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» со следующими данными:

1. Номинальная мощность  $P_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  кВт. ( )
  2. Номинальное напряжение  $U_n = \underline{\hspace{2cm}}$  В (схема обмотки статора –                     ).
  3. Частота сети  $f = \underline{\hspace{2cm}}$  Гц.
  4. Число полюсов  $2p = \underline{\hspace{2cm}}$ .
- Также задаются значения  $\cos\varphi_{ном} = \underline{\hspace{2cm}}$  и  $\eta_{ном} = \underline{\hspace{2cm}}$ .

5. Конструктивное исполнение **IM1001** [Л.1, с. 23-25].

Условное обозначение конструктивного исполнения и способа монтажа электрической машины IM1001 означает – машина на лапах с двумя подшипниковыми щитами и горизонтальным валом; конец вала – цилиндрический.

6. Исполнение по способу защиты от воздействия окружающей среды **IP44** [Л.1 с. 27, 28, рис 1.4; с. 315, 316, рис. 9.7 на с. 319].

Машины исполнения IP44 выполнены защищенными от возможности соприкосновения инструментов, проволоки и других подобных предметов, толщина которых превышает 1 мм, с токоведущими частями, а также от попадания внутрь машины предметов, диаметром более 1 мм (первая цифра 4). Вторая цифра 4 обозначает, что машина защищена от попадания внутрь корпуса водяных брызг любого направления. Такие машины называют также *закрытыми*.

7. Категория климатического исполнения **У3** [Л.1 с. 26, 27].

Машины исполнения У3 предназначены для эксплуатации на суше, реках или озерах в макроклиматических районах с умеренным климатом (буква У) в закрытых помещениях, в которых колебания температуры и влажности, а также воздействия песка и пыли на машину существенно меньше, чем на открытом воздухе (цифра 3).

### Основные разделы курсовой работы

Раздел	Глава 9 [Л.1]	Пример расчета [Л.1]	Примечание Ссылки на [Л.1]
Выбор главных размеров	с. 340-348	с. 456, 457	
Определение $Z_1$ , $w_1$ и сечения провода обмотки статора	с. 349-356	с. 457, 458	Табл. 3-16 на с. 112. Табл. П-3.1, П-3.2 на с. 713, с. 714, сл. Табл. 3.1 на с. 77, с.78
Расчет размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора	с. 356-368	с.458,459	
Расчет ротора	с. 368-385	с.459, 460	
Расчет намагничивающего тока	с. 385-396	с.461, 462	Табл. П-1.5, П-1.6 и П-1.7 на с. 696-698
Параметры рабочего режима	с. 396-411	с.462-464	Формула (5-19) на с. 195
Расчет потерь	с. 411-417	с.465, 466	
Расчет рабочих характеристик <sup>1)</sup>	с. 418-425	с.466, 467	Аналитический метод расчета
Расчет пусковых характеристик <sup>2)</sup>	с. 425-440	с.467-473	

#### Примечание:

<sup>1)</sup> – расчет рабочих характеристик осуществляется для значения скольжения  $s = 0.01$  «вручную», а для значений  $s = 0.005, 0.015, 0.02, 0.03$  и  $s_{ном}$  на компьютере [Л.2] (см. с. 4, 5);

<sup>2)</sup> – расчет пусковых характеристик осуществляется только для значения скольжения  $s = 1$ .

## Литература

1. Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов / Под ред. И.П. Копылова. – М.: Высшая школа, 2002. – 757 с.
2. Забудский Е.И. Компьютерная Паскаль-программа «Расчет рабочих характеристик асинхронного двигателя». Методические указания по использованию программы. – Москва: МГАУ. Кафедра Электроснабжение и электрические машины, 2000. (см. с. 4, 5)
3. ГОСТ Машины электрические вращающиеся. Общие технические условия.
4. ГОСТ 28330-89 Е. Машины электрические асинхронные мощностью от 1 до 400 кВт включительно. Двигатели. Общие технические требования.
5. Забудский Е.И. Математическое моделирование управляемых электроэнергетических устройств.: Учебное пособие для вузов. – Ульяновск: УлГТУ, 1998. – 120 с.
6. Забудский Е.И. Анализ управляемых электроэнергетических устройств методом конечных элементов: Учебное пособие для вузов. – Москва: МГАУ, 1999. – 141 с.
7. Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 1. Трансформаторы. Учебное пособие для вузов. – Москва: МГАУ, 2002. –166 с.
8. Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 3. Синхронные машины. Учебное пособие для вузов. – Москва: МГАУ, 2008. –195 с.
9. . . . 2. Ас . . . " . . . ", 2017. – 304 . Color.
10. . . . 4. . . . , 2011. - 217 .
11. А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е. А. Соболенская **Асинхронные двигатели серии 4А**: **Справочник**/ А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с

Техническое задание получил 02.09.2020 студент группы           -30            
Дата предоставления курсовой работы к защите 25.11.2020

### Методические рекомендации к курсовой работе

#### “Расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором»

1. Исполнение двигателя по способу защиты от воздействия окружающей среды – IP44 – для всех вариантов.

Конструктивное исполнение и способ монтажа двигателя – IM1001 – для всех вариантов.

Категория климатического исполнения двигателя – У3 – для всех вариантов.

Мощность на валу двигателя в диапазоне (0.55 ≤ P<sub>2</sub> < 15) кВт [Л.1, табл. 9.1 на с. 315].

Напряжение обмотки статора 220 или 380 В. Частота сети **50 Гц** или **60 Гц**.

Номинальная частота вращения ротора – см. *Каталог Владимирского электро-моторного завода: vemp.ru eldin.ru*

Число полюсов 2p = 2, 4, 6, 8, 12

В качестве базовой модели принять конструкцию асинхронного двигателя серии 4А см. с. 6...8.

*Информация в пункте 1 предназначена для преподавателей – руководителей курсовой работы*

2. Обмотка статора. Трехфазная, однослойная, всыпная [Л.1, с. 71-75; с. 114-118]. К пунктам 7, 10, 15, 16 Примера расчета [Л.1, с. 457, 458].

Число полюсов обмотки 2p	Возможное число параллельных ветвей a	Принять a равным
2	1	1
4	1 или 2	1
6	1 или 3	1
8	1, 2 или 4	1

Рекомендацию по выбору числа элементарных проводников n<sub>эл</sub> см. на с. 190, с. 354 [Л.1]

3. Марка провода обмотки статора ПЭТ-155А (круглое сечение) [Л.1, с. 62-65]. **К пункту 17** Примера расчета [Л.1, с. 458].
4. Класс изоляции F [Л.1, с. 57, 58].
5. Материал магнитопровода. Электротехническая сталь марки 2013 (холоднокатаная изотропная), толщина листа 0,5 мм [Л.1, с. 52, табл. 9.13 на с. 358]. **К пункту 19** Примера расчета [Л.1, с. 458].
6. Паз статора. Трапецеидальный [Л.1, рис. 9.29 на с. 361, 362]. **К пункту 20** Примера расчета [Л.1, с. 458].
7. Паз ротора. Трапецеидальный [Л.1, рис.9.40, а, б на с. 380]. **К пункту 33** Примера расчета [Л.1, с. 459].
8. Пазы ротора скошены на одно зубцовое деление [Л.1, с. 409, 410].
9. Алюминиевый сплав для заливки ротора АК10 [Л.1, табл. 2.2 на с. 55].
10. Станина и подшипниковые щиты чугунные литые [Л.1, с. 316].

**К пункту 9** Примера расчета [Л.1, с. 457]. Проверить найденное значение отношения  $\lambda=l_8/\tau$  по рис. 9.25, а на с. 348 [Л.1].

**К пункту 15** Примера расчета [Л.1, с. 457]. Сопоставить найденные значения электромагнитных нагрузок  $A$  и  $B_8$  с данными рис. 9.22, а или рис 9.22, б [Л.1, с. 340].

**К пункту 36** Примера расчета [Л.1, с. 461]. Сопоставить найденные значения магнитных индукций  $B_{z1}, B_{z2}, B_a, B_j$ , с данными табл. 9.12 [Л.1, с. 357].

**К пункту 42** Примера расчета [Л.1, с. 462]. Проверить значение коэффициента насыщения зубцовой зоны  $k_z$ . Значение коэффициента должно находиться в пределах  $1,2 < k_z < (1,5...1,6)$  [Л.1, с. 391, формула (9.115)]. Полученное значение коэффициента позволяет предварительно оценить правильность выбранных размерных соотношений и обмоточных данных асинхронного двигателя.

**К пункту 43** Примера расчета [Л.1, с. 462]. Сопоставить найденное относительное значение намагничивающего тока  $I_\mu$  с рекомендациями, приведенными на с. 396 [Л.1].

**К пункту 56** Примера расчета [Л.1, с. 466]. Сопоставить найденные при расчете рабочих характеристик значения  $\cos\varphi_{ном}$  и  $\eta_{ном}$  со значениями принятыми в начале расчета асинхронного двигателя (пункт 4 на с. 456 и рис. 9.21, а на с. 345 [Л.1]; см. также Каталог Владимирского электромоторного завода, с. 2, 3, 4).

**К пункту 58** Примера расчета [Л.1, с. 472]. Сопоставить найденные значения кратностей пускового тока и пускового момента с данными, приведенными в табл. 9.31 на с. 436 [Л.1]. Сопоставить найденное значение кратности максимального момента с данными, приведенными в **ГОСТ** [Л.3].

**Содержание и оформление расчетно-пояснительной записки**  
соответствуют примеру расчета асинхронного двигателя [Л.1 с. 456-473].

**В записке приводятся следующие рисунки:**

Рис.1. Развернутая схема трехфазной однослойной обмотки статора [Л.1 с. 114-118]

Рис.2. Изоляция паза обмотки статора (см. один из рисунков в табл. 3.1 или табл. 3.2 на с.77, 78 [Л.1]).

Рис 3. Пазы двигателя: а) – статора, б) – ротора (см. рис. 9.73 на с. 458 [Л.1]).

Рис 4. Рабочие характеристики двигателя (см. рис . 9.74 на с. 466 [Л.1]).

Каждый из рисунков выполняется на отдельном листе формата А4 или А3 в среде AutoCad.

**Выполнить чертеж Асинхронного двигателя на листе формата А1 в среде AutoCad. На чертеже нанести установочные и габаритные размеры.**

<a href="http://www.vemp.ru/">http://www.vemp.ru/</a>	ОАО "Владимирский электромоторный завод", г. Владимир
<a href="http://www.eldin.ru">http://www.eldin.ru</a>	ОАО «Ярославский электромашиностроительный завод» г. Ярославль)
o	o
	. . .

## Результаты расчета рабочих характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

(расчет выполнен на компьютере в соответствии с программой [Л. 2])

### 1. Исходные данные (см. с.467 [Л.1], выше табл. 9.36)

$P_{2н} = 15.00$  кВт;     $U_{1н} = 220$  В;     $I_{1н} = 28.40$  А;  
 $P_{ст} = 0.369$  кВт;     $P_{мех} = 0.117$  кВт;  
 $I_{оа} = 0.520$  А;     $I_{ор} = 7.910$  А;     $r_1 = 0.355$  Ом;     $r_2' = 0.186$  Ом;  
 $c_1 = 1.025$ ;     $a' = 1.051$  Ом;     $a = 0.364$  Ом;  
 $b' = 0.000$  Ом;     $b = 1.650$  Ом;     $s_{ном} = 0.024$

### 2. Результаты расчета (см. табл. 9.36 на с. 467 [Л.1])

Скольжение $s =$			0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.024
3	R	Ом	39.46	19.91	13.40	10.14	8.18	6.88	8.51
4	X	Ом	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650
5	Z	Ом	39.50	19.98	13.50	10.27	8.35	7.08	8.67
6	$I_2$	А	5.57	11.01	16.30	21.42	26.35	31.09	25.38
7	$\cos_{fi2}'$	-	0.999	0.997	0.993	0.987	0.980	0.972	0.982
8	$\sin_{fi2}'$	-	0.042	0.083	0.122	0.161	0.198	0.233	0.190
9	$I_{1a}$	А	6.09	11.49	16.70	21.66	26.35	30.76	25.44
10	$I_{1p}$	А	8.14	8.82	9.90	11.35	13.12	15.16	12.74
11	<b><math>I_1</math></b>	А	10.17	14.49	19.41	24.45	29.44	34.29	<b>28.45</b>
12	$I_2'$	А	5.71	11.29	16.71	21.95	27.01	31.87	26.02
13	$P_1$	кВт	4.02	7.59	11.02	14.30	17.39	20.30	16.79
14	$P_{э1}$	кВт	0.11	0.22	0.40	0.64	0.92	1.25	0.86
15	$P_{э2}$	кВт	0.02	0.07	0.16	0.27	0.41	0.57	0.38
16	$P_{доб}$	кВт	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.08
17	sum_P	кВт	0.63	0.82	1.10	1.46	1.90	2.41	1.81
18	<b><math>P_2</math></b>	кВт	3.38	6.77	9.92	12.83	15.49	17.89	<b>14.98</b>
19	<b>кпд</b>	-	0.842	0.892	0.900	0.898	0.891	0.881	<b>0.892</b>
20	<b><math>\cos_{fi}</math></b>	-	0.599	0.793	0.860	0.886	0.895	0.897	<b>0.894</b>

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ студенту-расчетчику по анализу результатов:

- сравнить рассчитанное значение мощности  **$P_2$**  на валу двигателя (см. в таблице строку 18) с заданным значением  **$P_2$**  (см. Задание);
- сравнить рассчитанные значения КПД и коэффициента мощности (см. в таблице строки 19 и 20) с принятыми значениями (см. Задание).

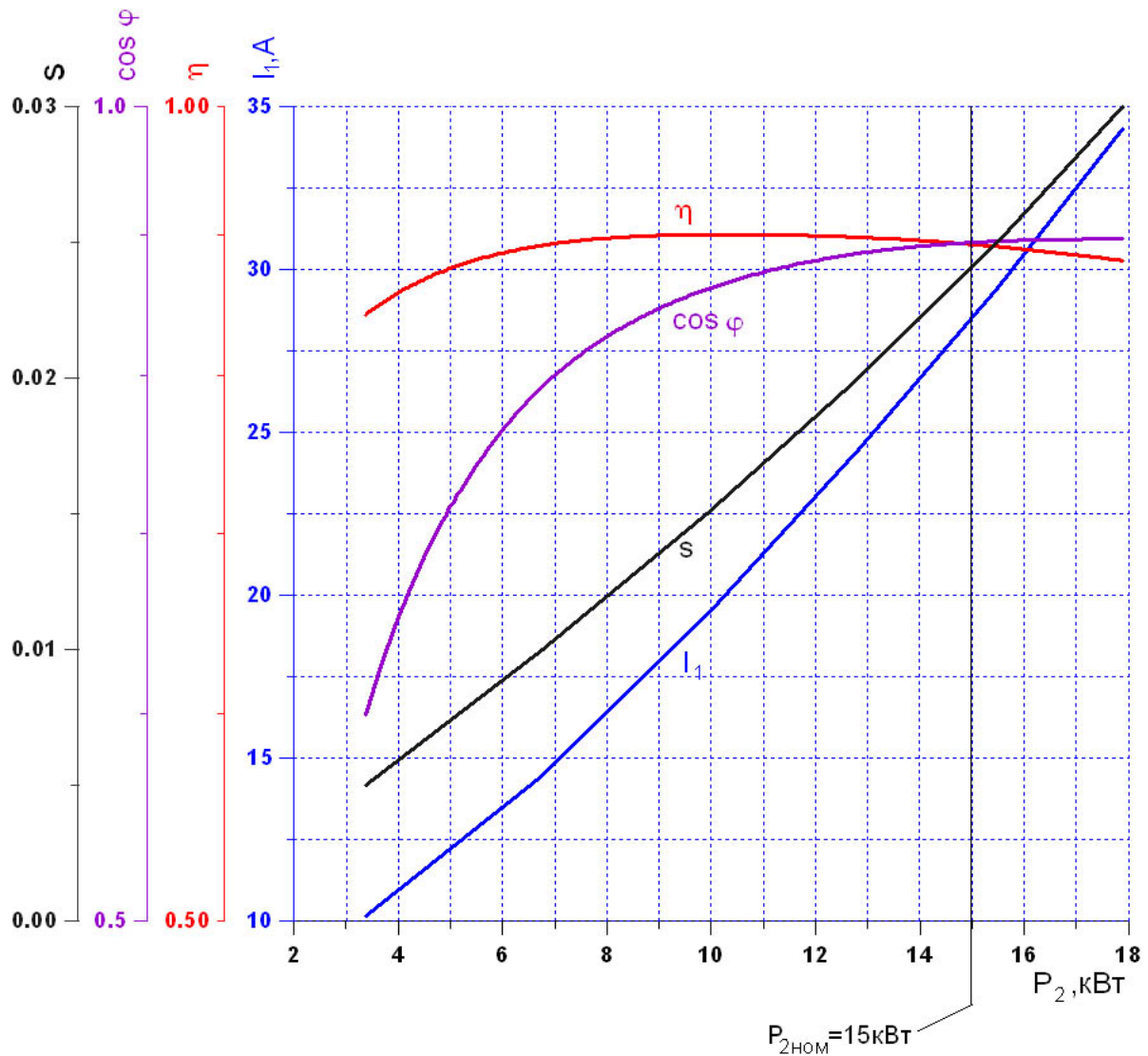
Если рассчитанные величины отличаются от заданных более чем на 15 %, то необходимо внести коррективы в расчет и выполнить его еще раз.

## Рабочие характеристики асинхронного двигателя: $I_1$ , $\eta$ , $\cos\varphi$ , $s = f(P_2)$ .

Значения номинальных величин:

$P_{2\text{НОМ}}=15$  кВт,  $U_{1\text{НОМ}}=220/380$  В,  $I_{1\text{НОМ}}=28,4$  А,  $\cos\varphi_{\text{НОМ}}=0,894$ ,  $\eta_{\text{НОМ}}=0,892$ ,  $s_{\text{НОМ}}=0,024$

(графики построены в пакете Grafer)



Студенту необходимо рассчитать на компьютере

таблицу значений (с. 4) и построить графики (с. 5)

в соответствии с данными своего Проекта.

См. следующие две гиперссылки на Web-странице Учебно-методического комплекса:

[Паскаль-программа "Расчет рабочих характеристик асинхронного двигателя"](#) (к курсовой работе "Расчет АД с к.з. ротором"; руководство пользователю):

загрузить файл [rx\\_ad.rar](#). Файл сохранить в корне диска C (в архивном файле находятся выполнимый файл `RX_AD.exe` и файл с исходными данными `RX_AD_dn.dat`)

Составитель –  
профессор Забудский Е.И.  
August 27 2020 is Edited

## Единые серии асинхронных двигателей.

Краткая характеристика

Первая единая серия	(1950 г.) ...
Вторая единая серия	(1960 г.) ...
Единая серия 4А	(1972 г.) ...
Унифицированная серия АИ	(1982 г.) ...
Серия 5А ...	
Серия РА	(1992 г.) ...

Асинхронные двигатели имеют *массовое* распространение в мировой и отечественной практике. Они потребляют около половины вырабатываемой электрической энергии.

Современные асинхронные электрические машины общепромышленного назначения производятся во всем мире в виде *серий*, объединенных общностью конструктивного исполнения и условий работы при строено нарастающей взаимосвязи мощностей с высотами оси вращения и предназначенных для широкого ряда потребителей.

В России асинхронные двигатели, изготавливаемые на различных электромашиностроительных заводах, разбиты на ряд серий, охватывающих отдельные интервалы номинальных мощностей. В каждой серии проводится *типизация, стандартизация и унификация* установочных размеров асинхронных двигателей. Наиболее распространены двигатели мощностью от **0,06 до 100 кВт**.

Начиная с **1950** г. в России асинхронные двигатели выпускаются в виде единых серий.

Первая единая серия предусматривала двигатели двух конструктивных исполнений: *защищенное* исполнение (обозначение *А*) и *закрытое обдуваемое* (обозначение *АО*). Серия включает двигатели 14 типоразмеров со шкалой мощностей: **0,4; 0,6; 1,0; 1,7; 2,8; 4,5; 7; 10; 14; 20; 28; 40; 55; 75; 100 и 125 кВт**. Номинальные напряжения двигателей **127, 220, 380 и 500 В**.

Первая единая серия состоит из двигателей семи габаритов от 3-го до 9-го (*габарит определяется внешним диаметром сердечника статора*). Двигатели всех габаритов изготавливаются с чугунной станиной и подшипниковыми щитами. Каждый габарит соответствует при данной синхронной частоте вращения (числе полюсов) двум номинальным мощностям и имеет две длины сердечника.

Двигатели 3-го и 4-го габаритов закрытого обдуваемого исполнения изготавливаются также со станиной и подшипниковыми щитами из алюминиевого сплава; их обозначение – *АОЛ*.

В станину двигателей *защищенного* исполнения охлаждающий воздух входит через отверстия в подшипниковых щитах и выходит через боковые отверстия в станине, которые защищены от попадания внутрь машины капель воды, падающих под углом  $45^\circ$  к вертикали.

В *закрытых обдуваемых двигателях* станина имеет снаружи продольные ребра для увеличения внешней поверхности охлаждения.

Двигатели *А* и *АО*, помимо основного исполнения (двигатели общего применения с короткозамкнутым ротором), имеют следующие модификации:

- 1) двигатели короткозамкнутые с повышенным начальным пусковым моментом (*АП* и *АОП*),
- 2) двигатели короткозамкнутые с повышенным скольжением (*АС* и *АОС*),
- 3) двигатели короткозамкнутые многоскоростные на две, три и четыре синхронные скорости вращения,
- 4) двигатели короткозамкнутые с повышенными значениями коэффициента полезного действия и коэффициента мощности для текстильной промышленности (*АОТ*),
- 5) двигатели с *фазным* ротором (*АК*),
- 6) двигатели короткозамкнутые для встраивания в корпуса станков и механизмов (*АВ*).

Примеры обозначения типа двигателей:

- 1) тип двигателя **А71-8**. Трехфазный асинхронный двигатель защищенного исполнения (буква *А*) с короткозамкнутым ротором, седьмого габарита (цифра 7), первый порядковый номер длины сердечника (цифра 1), восемь полюсов (цифра 8). Мощность этого двигателя – 10 кВт;
- 2) тип двигателя **АО62-6**. Трехфазный асинхронный двигатель закрытого обдуваемого исполнения (буквы *АО*) с короткозамкнутым ротором, шестого габарита (цифра 6), второй порядковый номер длины сердечника (цифра 2), шесть полюсов (цифра 6). Мощность этого двигателя – 10 кВт;

3) тип двигателя **AK51-4**. Трехфазный асинхронный двигатель защищенного исполнения (буква А) с фазным ротором (буква К), пятого габарита (цифра 5), первый порядковый номер длины сердечника (цифра 1), четыре полюса (цифра 4). Мощность этого двигателя – 2,8 кВт

**Вторая единая серия** трехфазных асинхронных двигателей выпускается с **1960** г. Она предусматривала двигатели двух конструктивных исполнений: **защищенное** исполнение (обозначение **A2**) и **закрытое обдуваемое** (обозначение **AO2**). Число типоразмеров двигателей второй серии увеличено до 18 со шкалой мощностей: **0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 1,5; 2,2; 3; 4; 5,5; 7,5; 10; 13; 17; 22; 30; 40; 55; 75; 100 и 125 кВт**. Номинальные напряжения двигателей **220, 380 и 500 В**.

Основным исполнением второй серии является закрытое обдуваемое, более удобное и надежное в эксплуатации.

Другими отличиями второй серии являются:

- 1) повышенные энергетические показатели (КПД и коэффициент мощности);
- 2) меньший вес на единицу мощности;
- 3) меньшие габаритные размеры;
- 4) соответствие установочных размеров рекомендациям Международной электротехнической промышленности (МЭК);
- 5) большая эксплуатационная надежность вследствие применения в двигателях высокопрочных синтетических изоляционных материалов и цементирующих лаков
- 6) большие эксплуатационные удобства в связи с возможностью размещения выводов устройства с любой боковой стороны корпуса двигателя.

Двигатели серии **A2** и **AO2** имели практически те же модификации, что и двигатели серии **A** и **AO**<sup>1</sup>. Кроме того, вторая серия предусматривала изготовление двигателей следующих специализированных исполнений:

**1)** малощумных; **2)** встраиваемых в рабочие механизмы; **3)** повышенной частоты (до **400 Гц**); **4)** тельферных; **5)** рудничных; **6)** со встроенным тормозом; **7)** для работы в тропических условиях; **8)** влагостойких; **9)** морозостойких; **10)** химически стойких.

**Обозначение типа двигателей второй серии** отличается от обозначения типа первой серии наличием цифры **2** после буквы **A** или букв **AO**, например, двигатель типа **AO2-62-8**.

**Единая серия 4А** трехфазных асинхронных двигателей выпускается с **1972** г. Основная серия асинхронных машин **4А** включает в себя двигатели от **0,4 до 400 кВт**. В этой серии **17** габаритов, число ступеней мощности составляет **33**, высоты осей вращения **50...355 мм** **[10]**.

Помимо основного исполнения в серии **4А** имеется целый ряд специализированных исполнений: тропическое, химическое, на частоту **60 Гц**, **сельскохозяйственное**, текстильное и др. Выпускают двигатели с повышенным пусковым моментом, повышенным скольжением, малошумные, многоскоростные и встраиваемые.

Выпускаются двигатели специализированные по конструкции: со встроенным электромагнитным тормозом, температурной защитой, с повышенной точностью по установочным размерам, малошумные, высокоточные и др.

В основном исполнении двигатели выполняются с короткозамкнутым ротором и предназначены для применения в условиях умеренного климата. Двигатели изготавливаются двух разновидностей по степени защиты и способу охлаждения: **защищенные** (обозначение **IP23**) и **закрытые обдуваемые** (обозначение **IP44**).

Двигатели исполнения **IP44** защищены от попадания внутрь их брызг любого направления и предметов диаметром более **1 мм**, имеют внешний обдув вентилятором.

Двигатели исполнения **IP23** защищены от возможности соприкосновения пальцев рук и предметов диаметром более **12, 5 мм** с токоведущими и вращающимися частями машины. Это исполнение предусматривает защиту от попадания внутрь машины капель, падающих под углом **60°** к вертикали.

**Обозначение типа двигателей серии 4А** расшифровывается следующим образом: **4** – порядковый номер серии, **A** – асинхронный, **H** – исполнение по способу защиты от окружающей среды (**H** – защищенное, **отсутствие буквы** – закрытое обдуваемое), Следующая буква – обозначение исполнения ротора (**K** – ротор фазный, **отсутствие буквы** – ротор короткозамкнутый), затем – исполнение двигателя по материалу станины и щитов (**A** – станина и щиты алюминиевые, **отсутствие буквы** – станина и щиты чугунные). Далее указывается **высота центров**, за ней **установочный размер**, **число полюсов** и **климатическое исполнение** и

категория размещения.

Например, **тип 4AA63A6Y3** – асинхронный двигатель серии 4А, закрытое обдуваемое исполнение со станиной и щитами из алюминия, с высотой оси вращения **63 мм**, магнитопровод первой длины, шестиполосный, для районов умеренного климата, третьей категории размещения.

**Унифицированная серия АИ** (Асинхронная Интерэлектро) асинхронных двигателей создана в **1982** г. Двигатели серии имеют высоты оси вращения от **50 мм до 355 мм** мощностью **0,025...315 кВт** на напряжение **220/380; 380/660 В** частотой 50 Гц.

Увязка мощностей двигателей серии с установочными размерами принята в двух вариантах: первый вариант соответствует **РС 3031-71** (по СТ СЭВ 4447-83) и двигатели обозначаются символами **АИР**, второй вариант соответствует **CENELEK** (Европейский комитет по координации электротехнических стандартов) и двигатели обозначаются символами **АИС**.

По пусковым характеристикам серия электродвигателей соответствует рекомендациям МЭК (Международная электротехническая комиссия, публикация 34-12 1980 г.)

У двигателей серии АИ по сравнению с серией 4А выше КПД, надежность, снижена материалоемкость, уменьшены шумы и вибрация.

В **агропромышленном** комплексе наряду с двигателями основной модификации применяются двигатели сельскохозяйственной модификации (обозначение – **С(СХ)**), в том числе: сельскохозяйственные (габариты **56...200**); для птицеводческих помещений (габариты **80, 90**); хмостойкие (габариты **71...250**); влагоморозостойкие (габариты **112...355**); пылезащищенные (габариты **50...63; 112...250**); для холодного климата (габариты **71...250**). Габарит соответствует высоте оси вращения, измеренной в мм.

**Пример обозначения типа двигателей серии АИ.**

Тип двигателя **АИР 112М-4**. Серия асинхронных электродвигателей, унифицированная среди стран-членов Интерэлектро (буквы АИ), увязка мощности с установочным размером по РС 3031-71 (буква Р), высота оси вращения - 112 мм (габарит), установочный размер по длине станины – средняя станина (буква М), число полюсов – 4.

**Серия 5А** асинхронных двигателей выпускается в настоящее время Владимирским электромоторным заводом (ОАО «Владимирский электромоторный завод», г.Владимир, URL адрес – <http://www.vemp.ru> ). В этой серии выпускаются двигатели на мощности до **1000 кВт**. В двигателях серии применяются облегченные корпуса из высокопрочных алюминиевых сплавов. Для повышения КПД применяется **холоднокатаная изотропная электротехническая сталь марки 2212**, не требующая отжига после штамповки и имеющая меньшие удельные потери. Применение подшипников с постоянно заложеной смазкой и улучшенными акустическими характеристиками повышает надежность двигателей и снижает уровень шума.

**Серия RA** (Российская Асинхронная) охватывает двигатели от **120 Вт до 100 кВт** на высотах оси вращения **H = 71...355 мм**, соответствующие международным стандартам **CENELEC** и **DIN**. Двигатели этой серии выпускаются **Ярославским электромашиностроительным заводом** (г. Ярославль) (URL адрес – <http://www.eldin.ru> ).

<sup>1</sup> В целях обеспечения сельского хозяйства двигателями, отвечающими специфическим условиям эксплуатации, с 1967 г. начата разработка еще одной модификации серии АО2, а именно **трехфазных асинхронных двигателей сельскохозяйственного назначения мощностью до 22 кВт** включительно (обозначение АО2-сх). Двигатели должны быть надежными и в то же время простыми в эксплуатации, иметь химвлагоморозостойкую изоляцию, допускать надежную работу при понижении напряжения сети.

Наряду с трехфазными в сельском хозяйстве находят также применение **однофазные асинхронные двигатели** и двигатели ряда специальных типов: **погружные** водозаполненные трехфазные асинхронные двигатели для привода погружных центробежных насосов, трехфазные асинхронные двигатели **для привода машинок для стрижки овец** и др.