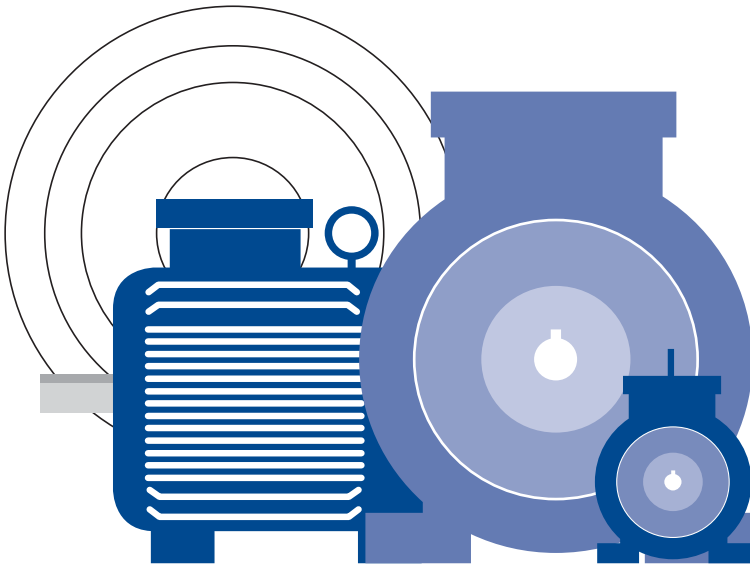


# **ВЭМЗ**

*Владимирский электромоторный завод*

---

## **АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ**



---

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Асинхронные двигатели, их преимущества и значение</b>	
<b>2. Стандартизация асинхронных электродвигателей</b>	
2.1. Номинальные мощности.....	4
2.2. Сynchronous частота вращения.....	4
2.3. Установочные размеры.....	4
2.4. Увязка рядов мощности и установочных размеров.....	5
<b>3. Конструкция двигателей</b>	
3.1. Конструктивная схема.....	8
3.2. Конструкция активных частей.....	10
3.3. Подшипниковые узлы.....	11
3.4. Степень защиты.....	11
3.5. Способы охлаждения.....	13
3.6. Исполнение по способу монтажа.....	13
<b>4. Характеристики асинхронных двигателей</b>	
4.1. Энергетические характеристики.....	15
4.2. Механические характеристики и пусковые свойства.....	16
4.3. Виброшумовые характеристики.....	18
4.4. Сервис-фактор.....	19
<b>5. Условия эксплуатации</b>	
5.1. Напряжение и частота.....	19
5.2. Температура окружающей среды; высота над уровнем моря; механические воздействия.....	20
<b>6. Режимы работы</b>	
<b>7. Серия стандартных двигателей</b>	
7.1. Терминология серии.....	25
7.2. Структура серии.....	25
7.3. Модификации.....	26
7.4. Исполнения по условиям окружающей среды.....	27
7.5. Исполнение по точности установочных и присоединительных размеров.....	28
7.6. Двигатели со встроенной температурной защитой.....	29
7.7. Обозначение двигателей в серии.....	29
7.8. Каталожные данные.....	31

## **1. АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА И ЗНАЧЕНИЕ**

**Асинхронные двигатели являются основными преобразователями электрической энергии в механическую и составляют основу привода большинства механизмов, используемых во всех областях человеческой деятельности.**

Такое положение асинхронные двигатели завоевали благодаря чрезвычайно удачному сочетанию комплекса эксплуатационных и конструктивных характеристик – способность автоматически изменять момент вращения в соответствии с изменением момента сопротивления на валу и высокому коэффициенту полезного действия, с одной стороны, и относительной простоте и дешевизне в сочетании с высокой эксплуатационной надежностью и безопасностью, при минимальном обслуживании - с другой.

Эксплуатация асинхронных двигателей не оказывает отрицательных воздействий на окружающую среду. Пространство, занимаемое этими машинами невелико.

Асинхронные двигатели общего назначения средней мощности (от 1 до 400 кВт) на низкое напряжение (до 1000В) – наиболее широко применяемые электрические машины. Парк этих электродвигателей в промышленно развитых странах достигает 90% по количеству, а потребление ими электроэнергии составляет более 50%.

Однако достоинства асинхронных двигателей могут быть реализованы в полной мере лишь при условии правильного их выбора и применения, основанных на знании основных характеристик, базовых стандартов и умении пользоваться информацией изложенной в технических каталогах.

## **2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Широкое и разнообразное применение, а также развитие международной торговли вызвало необходимость стандартизации асинхронных двигателей, как национальной, так и международной. Международная стандартизация асинхронных двигателей осуществляется Международной электротехнической комиссией – МЭК (International Electrotechnical Commission – IEC).

В связи с этим во всех промышленно развитых странах низковольтные асинхронные двигатели общего назначения называются **стандартными асинхронными двигателями**. При этом стандартизация охватывает практически все характеристики двигателей и, в первую очередь определяющие параметры и размеры.

### 2.1. Номинальные мощности

Номинальной мощностью двигателя называют механическую мощность на валу в режиме работы, для которого он предназначен предприятием - изготовителем. Ряд номинальных мощностей электрических машин установлен ГОСТ 12139 – 0,06; 0,09; 0,12; 0,18; 0,25; 0,37; 0,55; 0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 5,5; 7,5; 11; 15; 18,5; 22; 30; 37; 45; 55; 75; 90; 110; 132; 160; 200; 250; 315; 400 кВт.

### 2.2. Синхронная частота вращения

Ряд синхронных частот вращения асинхронных двигателей установлен ГОСТ 10683-73 и при частоте сети 50 Гц имеет следующие значения: 500, 600, 750, 1000, 1500 и 3000 об/мин.

Синхронная частота вращения  $n_c$  связана с числом пар полюсов  $p$  и частотой тока сети  $f$  выражением

$$n_c = \frac{60f}{p}$$

### 2.3. Установочные размеры

Крепление электрических машин на объекте производится посредством лап, фланцев или лап и фланцев одновременно.

Электрические машины на лапах имеют четыре главных установочных размера (рис.1, а), обозначение по ГОСТ 4541, обозначения в скобках даны по публикации 60072 МЭК.

$h$  (H) – расстояние от оси вала до опорной поверхности лап (основной размер);

$b_{10}$  (A) – расстояние между осями крепительных отверстий;

$l_{10}$  (B) – расстояние между осями крепительных отверстий (боковой вид);

$l_{31}$  (C) – расстояние от опорного торца свободного конца вала до оси ближайших крепительных отверстий в лапах.

Высота оси вращения регламентирована ГОСТ 13267 – 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 132; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355мм.

Электрические машины с фланцами имеют четыре главных установочных размера (рис. 1, б)):

$d_{20}$  (M) – диаметр окружности центров крепительных отверстий;

$d_{25}$  (N) – диаметр центрирующей заточки;

$d_{24}$  (P) – внешний диаметр фланца;

$l_{39}$  (R) - расстояние от опорной поверхности фланца до опорной поверхности свободного конца вала.

Установочные размеры указываются в каталогах. Они соответствуют Публикации МЭК 60072 .

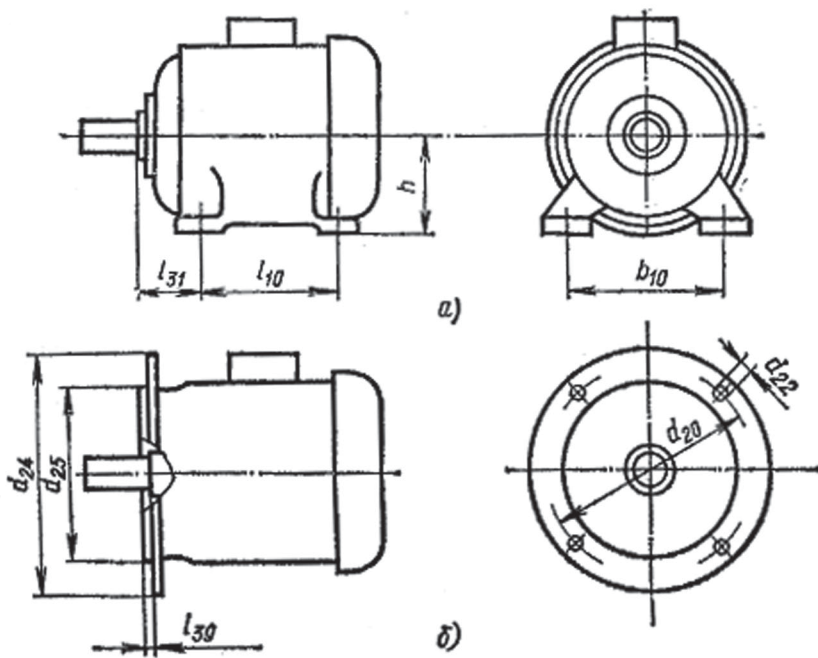


Рисунок 1

Установочные размеры электрических машин на лапах (а)  
и с фланцем (б)

#### 2.4. Увязка рядов мощности и установочных размеров

Увязка стандартизированных рядов мощности и установочных размеров производится таким образом, чтобы каждому значению номинальной мощности в зависимости от синхронной частоты вращения или числа полюсов, соответствует определенная высота оси вращения и условная длина станины (S, M или L), т.е. определенные установочные размеры. Увязка рядов мощностей и установочных размеров регламентируется ГОСТР 51689-2000 в двух вариантах:

I – вариант принятый на территории Российской Федерации и некоторых стран СНГ (**таблица 1**).

II – вариант, принятый в странах Европейского Союза, соответствующий нормам Европейского комитета по координации электротехнических стандартов (CENELEC) (**таблица 2**).

Таблица 1

Увязка мощностей и установочных размеров по варианту I  
ГОСТ Р 51689

Высота оси вращения	Условная длина станции	Мощность, кВт при числе полюсов					
		2	4	6	8	10	12
56	-	0,18	0,12	-	-	-	-
		0,25	0,18	-	-	-	-
63	-	0,37	0,25	0,18	-	-	-
		0,55	0,37	0,25	-	-	-
71	-	0,75	0,55	0,37	-	-	-
		1,10	0,75	0,55	0,25	-	-
80	-	1,50	1,10	0,75	0,37	-	-
		2,20	1,50	1,10	0,55	-	-
90	L	3.00	2.20	1.50	0.75	-	-
		-	-	-	1.10	-	-
100	S	4.00	3.00	-	-	-	-
		5.50	4.00	2.20	1.50	-	-
112	M	7.50	5.50	3.00	2.20	-	-
		-	-	4.00	3.00	-	-
132	S	-	7.5	5.5	4.0	-	-
		11.0		7.5	5.5	-	-
160	S	15.0		11.0	7.5	-	-
		18.5		15.0	11.0	-	-
180	S	22.0		-	-	-	-
		30.0		18.5	15.0	-	-
200	M	37.0		22.0	18.5	-	-
		45.0		30.0	22.0	-	-
225	M	55.0		37.0	30.0	-	-
250	S	75.0		45.0	37.0	22.0	-
		90.0		55.0	45.0	30.0	-
280	S	110.0		75.0	55.0	37.0	-
		132.0		90.0	75.0	45.0	-
315	S	160.0		110.0	90.0	55.0	45.0
		200.0		132.0	110.0	75.0	55.0
355	S	250.0		160.0	132.0	90.0	75.0
		315.0		200.0	160.0	110.0	90.0

Таблица 2

**Увязка мощностей и установочных размеров по варианту II  
ГОСТ Р 51689**

Высота оси вращения	Условная длина станины	Мощность, кВт при числе полюсов			
		2	4	6	8
56	-	0,09	0,06	-	
		0,12	0,09		
63	-	0,18	0,12	-	
		0,25	0,18		
71	M	0.37	0.25	0.18	0.09
		0.55	0.37	0.25	0.12
80	M	0.75	0.55	0.37	0.18
		1.10	0.75	0.55	0.25
90	S	1.50	1.10	0.75	0.37
	L	2.2	0.15	0 1.10	0.55
100	L	3.00	2.20	1.50	0.75
			3.00		1.10
112	M	4.00	4.00	2.20	1.50
132	S	5.50	3.00		
	M	7.50	5.50	4.00	2.20
160	M	11.0			4.00
	L	15.00	11.00	7.50	5.50
180	M	18.5	15.00	11.00	7.50
	L	22.0	18.5	-	-
200	L	-	22.0	15.0	11.0
		30.0		18.5	
225	S	37.0	30.0	22.0	15.0
	M	-	37.0	-	18.5
250	M	45.0	45.0	30.0	22.0
	M	55.0	55.0	37.0	30.0
280	S	75.0	75.0	45.0	37.0
	M	90.0	90.0	55.0	45.0
315	S	110.0	110.0	75.0	55.0
	M	132.0	132.0	90.0	75.0
	L	160; 200	160; 200	110; 132	90; 110
355	S	-	-	160	132
	M	250; 315	250; 315	200	160
	L	-	-	250	200

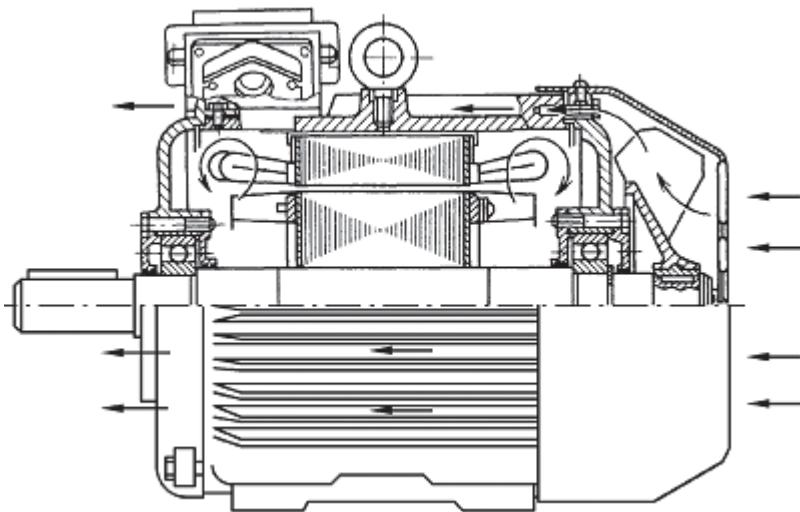
### 3. КОНСТРУКЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

#### 3.1. Конструктивная схема

Конструкция двигателя определяется степенью защиты, способом охлаждения и способом монтажа. По конструктивному исполнению асинхронные двигатели общего назначения делятся на две основные группы: закрытые обдуваемые и защищенные.

Закрытые обдуваемые двигатели (рис.2) имеют станину с продольными охлаждающими ребрами, отлитую из чугуна или алюминиевого сплава.

Обдув осуществляется внешним вентилятором, закрытым направляющим кожухом.



**Рисунок 2**  
**Закрытый обдуваемый двигатель**

Защищенные двигатели выполняются либо с симметричной радиальной, либо с комбинированной системой вентиляции. Двигатели с симметричной радиальной вентиляцией (рис. 3а) имеют станину с отверстиями для выхода воздуха. На внутренней поверхности станины предусмотрены выступы, образующие каналы для прохода воздуха в аксиальном направлении. Воздух прогоняется через двигатель вентилятором, отлитым вместе с короткозамыкающими кольцами ротора. Для направления воздуха внутри двигателя служат диффузоры, установленные на обоих подшипниковых щитах.



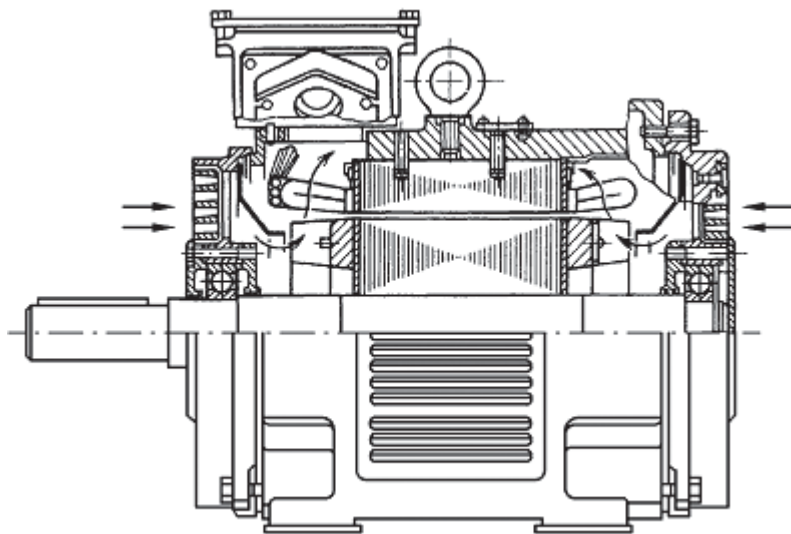


Рисунок 3 а)

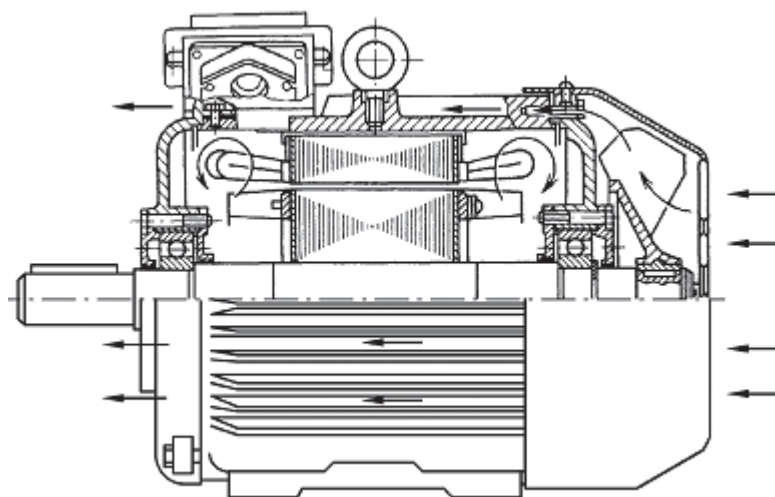


Рисунок 3 б)

**Рисунок 3**  
**Защищенный двигатель**

- а) – с симметричной двухсторонней радиальной вентиляцией.
- б) – с комбинированной вентиляцией.

Охлаждение двигателей с комбинированной вентиляцией осуществляется центробежным вентилятором расположенным на валу двигателя со стороны, противоположной приводу, обдувающим ребристую станину и вентиляционными лопатками ротора всасывающими воздух через нижнюю часть отверстий в подшипниковых щитах. Воздух омывает лобовые части обмотки и выбрасывается через верхнюю часть отверстий в щитах..

Конструкция станины, сердечников, обмотки статора и ротора, подшипниковых узлов и вводного устройства аналогична конструкции двигателей закрытого исполнения.

### 3.2. Конструкция активных частей

Сердечники статора и ротора выполнены из штампованных листов электротехнической стали. Обмотка статора выполнена из круглого эмалированного провода и пропитана в нагревостойком электроизоляционном лаке. «Беличья клетка» ротора – литая из чистого алюминия или алюминиевого сплава (двигатели с повышенным скольжением). Изоляция пазов статора, изоляция обмоточного провода, пропиточный состав и другие изоляционные детали статора образуют систему изоляции. Изоляционные материалы, применяемые в электрических машинах, разделяются по гревостойкости на классы по ГОСТ 8865-70.

Изоляционный материал относится к тому или иному классу в зависимости от максимальной допустимой температуры (**таб.3**). Двигатели работают при различных температурах окружающего воздуха. За номинальную температуру окружающего воздуха для умеренного климата, если не оговорено противное, по ГОСТ 15150-69 принимают температуру 40°С. Предельно допустимое превышение температуры обмотки двигателя получается вычитанием из температурного индекса системы изоляции числа 40 (**таб. 3**).

**Таблица 3**

Класс нагревостойкости системы изоляции	Температурный индекс материала, °С	Максимальное допустимое превышение температуры наиболее нагретой точки, °С	Максимальное допустимое превышение средней температуры обмотки, измеренное по методу сопротивления, °С
В	130	90	80
Ф	1551	115	105
Н	80	140	125

Расчетный средний ресурс систем изоляции при температурах, указанных в таблице 3 составляет 20 тыс. часов. Каждые 10°С снижения температуры увеличивает расчетный средний ресурс системы примерно в 2 раза.

### 3.3. Подшипниковые узлы

В двигателях с высотами оси вращения до 250 мм применяются шариковые подшипники, в двигателях с высотами оси вращения 250 мм и выше в зависимости от заказа могут применяться либо шариковые, либо роликовые подшипники, допускающие в 1,5-2 раза большие радиальные нагрузки. В двигателях с высотами оси вращения до 180 мм применяются подшипники с заложённой на весь срок службы (не менее 20 тыс. часов) смазкой.

Подшипниковые узлы двигателей с высотами оси вращения 200 мм и выше позволяют периодически проводить пополнение и частичную замену отработанной смазки. Периодичность замены смазки указывается в инструкции по эксплуатации. Типы и размеры применяемых в двигателях подшипников указаны в каталогах. Там же приводятся значения предельно допускаемых радиальных и осевых нагрузок на рабочий конец вала.

### 3.4. Степень защиты

Степень защиты для электрических машин установлена в ГОСТ 17494. Характеристики степеней защиты и их обозначения определены в ГОСТ 14254. Этот стандарт устанавливает степени защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением или движущимися частями, находящимися внутри машины, и от попадания твердых посторонних тел и воды внутрь машины.

Степень защиты обозначается двумя латинскими буквами IP (International Protection) и двумя цифрами. Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с движущимися или находящимися под напряжением частями, а также степень защиты от попадания внутрь машины твердых посторонних тел (**табл.4**).

**Таблица 4**

Первая цифра	Степень защиты
0	<b>Специальная защита отсутствует.</b>
1	<b>Защита от проникновения</b> внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела, например руки, и от проникновения твердых тел размером свыше 50 мм.
2	<b>Защита от проникновения</b> внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм и от проникновения твердых тел размером свыше 12 мм.

Первая цифра	Степень защиты
3	<b>Защита от проникновения</b> внутрь оболочки твердых тел (инструментов, проволоки и т.п.) диаметром или толщиной более 2,5 мм.
4	<b>Защита от проникновения</b> внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером более 1,0 мм
5	<b>Защита от пыли.</b> Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью, однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия.
6	<b>Пыленепроницаемость.</b> Проникновение пыли предотвращено полностью.

Вторая цифра обозначает степень защиты от проникновения воды внутрь машины (**табл.5**).

**Таблица 5**

Вторая цифра	Степень защиты
0	<b>Степень защиты отсутствует.</b>
1	<b>Защита от капель воды.</b> Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного действия на изделие.
2	<b>Защита от капель воды.</b> Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного действия на изделие при наклоне его на любой угол до 15° относительно нормального положения.
3	<b>Защита от капель дождя.</b> Дождь, падающий на оболочку под углом до 60° от вертикали, не должен оказывать вредного действия на изделие.
4	<b>Защита от брызг.</b> Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного действия на изделие.
5	<b>Защита от водяных струй.</b> Струя воды, выбрасываемая в любом направлении, на оболочку не должна оказывать вредного действия на изделие.
6	<b>Защита от волн воды.</b> Вода при волнении не должна попадать внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия.

Современные стандартные асинхронные двигатели в брызгозащищенном исполнении имеют степень защиты IP23, а двигатели в закрытом исполнении имеют степень защиты IP54 или IP55.

### 3.5. Способы охлаждения

Обозначения способов охлаждения обозначаются двумя латинскими буквами IC (International Cooling) и характеристикой цепи охлаждения.

Каждая цепь охлаждения машины имеет характеристику, обозначаемую латинской буквой, указывающей вид хладагента, и двумя цифрами. Первая цифра обозначает устройство цепи для циркуляции хладагента, вторая – способ подвода энергии для циркуляции хладагента. Если машина имеет две или более цепи охлаждения, то в обозначении указываются характеристики всех цепей охлаждения. Если воздух является единственным хладагентом машины, то разрешается опускать букву, обозначающую природу газа.

Для стандартных асинхронных двигателей применяются следующие способы охлаждения:

IC01 – двигатели со степенями защиты IP20, IP22, IP23 с вентилятором, расположенным на валу двигателя;

IC05 – двигатели со степенями защиты IP20, IP22, IP23 с пристроенным вентилятором, имеющим независимый привод;

IC0141 – двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP54, IP55 с наружным вентилятором, расположенным на валу двигателя.

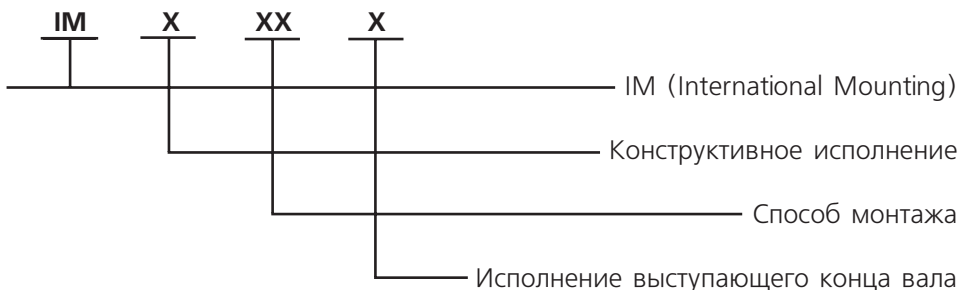
IC0541 – двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP54, IP55 с пристроенным вентилятором, имеющим независимый привод.

### 3.6. Исполнение по способу монтажа

Конструктивные исполнения по способу монтажа устанавливаются ГОСТ2479.

#### Структура обозначения монтажного исполнения

Первая цифра в обозначении – конструктивное исполнение:



1 – двигатели на лапах, с подшипниковыми щитами;

2 – двигатели на лапах, с подшипниковыми щитами и с фланцем на подшипниковом щите (или щитах);

3 – двигатели без лап, с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном подшипниковом щите;




























4 – двигатели без лап, с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине;

5 – двигатели без подшипниковых щитов.

Цифры 6-9 – в асинхронных двигателях общего назначения не применяются.

**Вторая и третья цифры – способ монтажа (табл.6)**

**Таблица 6**

Вторая цифра	Третья цифра									Установка или монтаж
	0	1	2	3	4	5	6	7	8* <sup>3</sup>	
0	 IM1001	 IM1011	 IM1021*1	 IM1031	 IM1041*2	 IM1051	 IM1061	 IM1071	 IM1081	Крепление к основанию, к стене или потолку
0	 IM2001	 IM2011	 IM2021*1	 IM2031	 IM2041*2				IM2081	
1	 IM2101	 IM2111	—	 IM2131	—				IM2181	Крепление к основанию, стене или потолку с помощью лап с дополнительным креплением фланца
0	 IM3001	 IM3011	 IM3021*1	 IM3031	 IM3041*2				IM3081	
6	 IM3601	 IM3611	 IM3621*1	 IM3631	 IM3641*2				IM3681	Крепление с помощью фланца
0										
2										Встраиваемое исполнение

\*1 - Способ монтажа соответствует цифрам 0 и 1.

\*2 - Способ монтажа соответствует цифрам 0, 1 и 3.

\*3 - Способ монтажа соответствует цифрам 0 и 1.

**Четвертая цифра** — исполнение конца вала:

0 — без конца вала;

1 — с одним цилиндрическим концом вала;

2 — с двумя цилиндрическими концами вала;

3 — с одним коническим концом вала;

4 — с двумя коническими концами вала;

Цифры 5-9 — в асинхронных двигателях общего назначения не применяются.

## 4. ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**4.1. Энергетические характеристики** (показатели энергоэффективности, скольжение).

Показателями энергоэффективности являются:

- коэффициент полезного действия (КПД) представляющий отношение полезной мощности на валу двигателя, выраженной в киловаттах, к активной мощности, потребляемой двигателем из сети, выраженной в киловаттах;

- коэффициент мощности ( $\cos\phi$ ) представляющий отношение потребляемой активной мощности, выраженной в киловаттах, к полной мощности, потребляемой из сети, выраженной в киловольтамперах.

В соответствии с ГОСТ Р. 51677-2000 в зависимости от требований к уровню энергоэффективности, асинхронные двигатели общепромышленного назначения подразделяются на двигатели с нормальным КПД и двигатели с повышенным КПД (энергосберегающие двигатели). При этом двигатели с повышенным КПД имеют суммарные потери не менее чем на 20%, ниже чем двигатели с нормальным КПД той же мощности и частоты вращения.

Коэффициент мощности ( $\cos\phi$ ) асинхронных двигателей также регламентирует ГОСТ.Р 51677. Конкретные значения КПД и  $\cos\phi$  каждого двигателя указываются в каталогах.

Величина КПД и  $\cos\phi$  двигателя зависит от нагрузки машины. В каталогах обычно приводятся эти зависимости. Зная номинальную полезную мощность ( $P_2$ , кВт), номинальные напряжения ( $U_n$ , В), КПД ( $\eta$ ) и  $\cos\phi$  можно определить линейный ток двигателя

$$I = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cos \phi}, \text{ А}$$

и потребляемую из сети мощность:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta}, \text{ кВт}$$

Скольжение характеризует разницу между номинальной  $n_1$  и синхронной  $n_c$  частотой вращения двигателя:

$$S = \frac{n_c - n_1}{n_c} 100\%$$

В каталогах приводятся значения номинальной частоты вращения ротора ( $n_1$ ) или скольжения ( $S$ , %).

#### **4.2. Механические характеристики и пусковые свойства двигателя**

Механическая характеристика представляет зависимость вращающего момента двигателя от его частоты вращения при неизменных напряжении и частоте питающей сети.

Пусковые свойства характеризуются значениями пускового момента  $M_n$ , минимального момента  $M_{\min}$ , максимального (критического) момента  $M_{\text{кр}}$ , пускового тока  $I_n$  или пусковой мощности  $S_n$  или их кратностями. Зависимость момента, отнесенного к номинальному моменту, от скольжения называется **относительной механической характеристикой**.

Номинальный вращающий момент определяется по формуле:

$$M_n = 9550 \frac{P_{2н}}{n_{1н}}, \text{ Нм}$$

где  $P_{2н}$  – номинальная мощность, кВт,

$n_{1н}$  – номинальная частота вращения, об/мин.

#### **Пусковые свойства стандартных асинхронных двигателей:**

$M_n/M_n$  – кратность пускового момента к номинальному;

$M_{\text{кр}}/M_n$  – кратность максимального момента к номинальному;

$M_{\min}/M_n$  – кратность минимального момента к номинальному;

$I_n/I_n$  – кратность пускового тока к номинальному;

$S_n = \frac{S_n}{P_{2н}}$  – кратность пусковой мощности, кВа к номинальной  $P_{2н}$ , кВт,

регламентируются ГОСТ 28327 ( МЭК 60034 – 12). Конкретные значения пусковых свойств двигателей приводятся в каталогах.

В соответствии с ГОСТ 28327 и МЭК 60034 – 12 стандартные асинхронные двигатели могут иметь два исполнения по механическим характеристикам N – нормальный момент и H – повышенный момент.

Двигатели исполнения H должны быть рассчитаны на два последовательных пуска (с остановкой между пусками) из холодного



состояния или на один пуск из нагретого состояния после работы при номинальной нагрузке.

Момент сопротивления нагрузки при пуске пропорционален квадрату частоты вращения и равен номинальному моменту при номинальной частоте вращения, а значение внешнего момента инерции,  $\gamma$ , кг.м<sup>2</sup>, не должно превышать рассчитанного по формуле

$$\gamma = 0,04 \cdot P^{0,9} \cdot p^{2,5},$$

где  $P$  – номинальная мощность двигателя, кВт;

$p$  – число пар полюсов;

Двигатели исполнения Н должны допускать два последовательных пуска (с остановкой между пусками) из холодного состояния или один пуск из нагретого состояния при работе в номинальных условиях. Момент сопротивления нагрузки предполагается постоянным, равным номинальному моменту и не зависящим от частоты вращения, а значение внешнего момента инерции не должно превышать 50% значения, получаемого по приведенной выше формуле.

Механические характеристики асинхронных двигателей зависят от типа ротора, номинальной мощности, а также от числа полюсов. Однако разность в значениях момента при соответствующих скольжения у двигателей с числом полюсов 2, 4, 6 невелика и не превышает значения поля допуска на моменты.

Разновидности механических характеристик для различных исполнений асинхронных двигателей показаны на рис.4

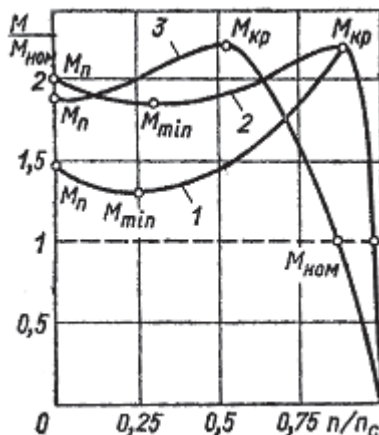


Рисунок 4

**Механические характеристики:**

1 – исполнение Н; 2 – исполнение Н; 3 – с повышенным скольжением.

Механические характеристики группы двигателей, представляющих отрезок серии, укладываются в некоторую зону. Среднюю линию этой зоны называют *групповой механической характеристикой*. Ширина зоны групповой характеристики не превышает поля допуска на моменты.

### 4.3. Виброшумовые характеристики

#### Уровень шума

Предельные значения уровней шума электрических машин определены ГОСТ 16372, который соответствует Публикации 60034 – 9 МЭК.

В качестве шумовой характеристики принимают средний уровень звука на расстоянии 1 м от контура машины  $L_{PA}$  либо скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{WA}$ . Уровень звуковой мощности указывается для машин, поставляемых на экспорт. Зная уровень шума можно рассчитать уровень звуковой мощности по формуле

$$L_{WA} = L_{PA} + 10 \lg \frac{S}{S_0}$$

Значение  $10 \lg \frac{S}{S_0}$  в зависимости от габарита двигателя составляют

Н мм	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	355
$10 \lg \frac{S}{S_0}$	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12

Конкретные значения уровней звука и звуковой мощности в зависимости от габарита (высоты оси вращения) и частоты вращения двигателя приводятся в каталогах.

Интенсивность собственной вибрации асинхронных двигателей в соответствии с ГОСТ20815 и МЭК 60034-14 характеризуется среднеквадратичным значением вибрационной скорости.

#### По уровню вибрации двигатели подразделяются на три категории:

- N – нормальной точности,
- R – повышенной точности,
- S – высокой точности.

Конкретные значения вибрационной скорости двигателей в зависимости от габарита (высоты оси вращения) и частоты вращения (числа полюсов) указываются в каталогах.

#### **4.4. Сервис – фактор**

В соответствии с ГОСТР 51689-2000 сервис-фактор определяется, как допустимая перегрузка электродвигателя при номинальных напряжении и частоте. При этом превышение температуры обмотки не должно быть больше допустимого для данного класса нагревостойкости системы изоляции, на 10%.

Значение сервис-фактора (1,15 или 1,1) указывается в каталогах.

Сервис-фактор характеризует температурный резерв двигателя и может быть реализован потребителем:

- для избежания переустановленной мощности, если потребляемая по расчету мощность двигателя превышает номинальную не более чем на 5%;
- при эксплуатации двигателя с периодическими перегрузками, не превышающими значение сервис-фактора;
- при эксплуатации двигателя при температуре окружающей среды до 50°C без снижения мощности;
- при работе двигателя от сети с колебаниями напряжения  $\pm 10\%$ .

## **5. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

### **5.1. Напряжение и частота**

Асинхронные двигатели имеют трехфазную обмотку с соединением фаз треугольником ( $\Delta$ ) или звездой ( $Y$ ).

Двигатели выпускаются на номинальное напряжение 220В ( $\Delta$ ) / 380В ( $Y$ ), 380В ( $\Delta$ ) / 660В ( $Y$ ), 400В ( $\Delta$ ) / 690В ( $Y$ ) при частоте 50Гц. По заказу потребителей 240В ( $\Delta$ ) / 415В ( $Y$ ) и другие при частоте 50Гц.

Необходимо учитывать, что промышленные сети Российской Федерации имеют напряжение 380В. Поэтому двигатели мощностью более 55-75 кВт, запускающиеся при переключении со звезды на треугольник следует заказывать на напряжение 380В ( $\Delta$ ) / 660В ( $Y$ ).

Двигатели имеют исполнения на частоту 60Гц при номинальных напряжениях 230В ( $\Delta$ ) / 400В ( $Y$ ), 220В ( $YY$ )/440В ( $Y$ ), 230В ( $YY$ )/460В ( $Y$ ). По заказу потребителей двигатели могут быть изготовлены на номинальные напряжения 380В ( $\Delta\Delta$ )/660В ( $Y$ ), 200В ( $\Delta$ ), 575В ( $Y$ ) при частоте 60Гц.

Двигатели на номинальное напряжение 220В ( $\Delta$ )/380В ( $Y$ ), на частоту 50Гц могут использоваться на частоту 60Гц при номинальных напряжениях 240В ( $\Delta$ )/ 415В ( $Y$ ).

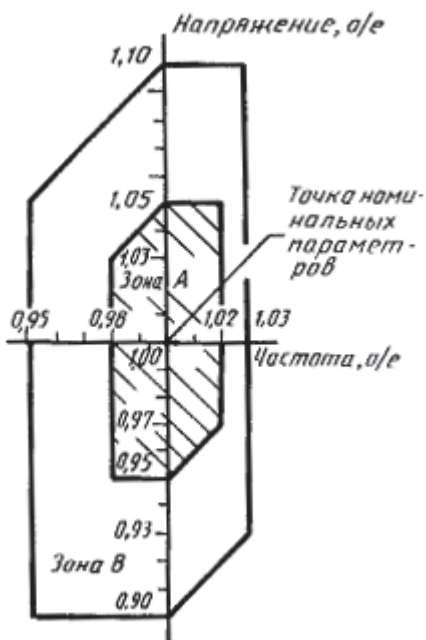
Двигатели на 60Гц имеют большую на 20% частоту вращения.

В соответствии с ГОСТ 28173 (МЭК 34-1) двигатели могут эксплуатироваться при отклонении напряжения  $\pm 5\%$  или отклонении частоты  $\pm 2\%$  и одновременных отклонениях напряжения и частоты, ограниченных зоной «А» ГОСТ28173 (рис.5). При этом параметры двигателей могут отличаться от номинальных, а превышения температуры обмоток могут быть более

предельного по ГОСТ28173 на 10°C.

Двигатели могут стабильно работать при отклонении напряжения  $\pm 10\%$  или отклонении частоты от +3% до -5% и одновременных отклонениях напряжения и частоты, ограниченных зоной «В» ГОСТ 28173. Время работы в крайних пределах зоны «В» рекомендуется ограничивать.

Двигатели, имеющие сервис-фактор 1,15 могут длительно работать при отклонении напряжения  $\pm 10\%$  и номинальной нагрузке.



**Рисунок 5**

**Предельные значения напряжения и частоты для двигателей.**

### **5.2. Температура окружающей среды; высота над уровнем моря; механические воздействия**

Двигатели имеют исполнения для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным (У), тропическим (Т), умеренно холодным (УХЛ) и холодным (ХЛ) климатом в условиях, определяемых категориями размещения:

- 1 – на открытом воздухе;
- 2 – под навесом при отсутствии прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков;

3 – в закрытых помещениях без искусственного регулирования климатических условий;

4 – в закрытых помещениях с искусственно регулируемыеми климатическими условиями.

В таблице 7 приведены значения климатических факторов – температуры и влажности воздуха для перечисленных выше условий, регламентированных ГОСТ15150.

**Таблица 7**

Климатическое исполнение	Категория размещения	Рабочая температура		Максимальное значение относительной влажности, %
		верхнее значение	нижнее значение	
У	1,2	+40	- 45	100 при 25°С
У	3	+40	- 45	98 при 25° С
У	4	+35	+ 1	80 при 25° С
Т	2	+45	- 10	100 при 35°С
УХЛ	4	+40	- 50	100 при 25°С
ХЛ	1,2	+40	- 60	100 при 25°С

Двигатели могут работать длительно при температуре окружающей среды, превышающей максимальную рабочую. В этом случае во избежание недопустимого превышения температуры обмоток отдаваемая двигателем мощность должна быть снижена до следующих значений.

Температура окружающей среды, °С	40	45	50	55	60
Отдаваемая мощность, %	100	96	92	87	82

Двигатели, имеющие сервис-фактор 1,15, допускают длительную эксплуатацию при номинальной мощности и номинальном напряжении при температуре окружающей среды до + 50°С.

В соответствии с ГОСТ 28173 (МЭК 60034-1) двигатели выдерживают 1,5-кратную перегрузку по току в течение 2 минут.

Двигатели предназначены для эксплуатации на высоте до 1000м над уровнем моря. Если двигатели эксплуатируются при высоте более 1000м, то их отдаваемая мощность должна быть снижена до следующих величин:

Высота над уровнем моря, м	1000	500	2000	2500	3000	3500	4000	4300
Отдаваемая мощность, %	100	98	95	92	88	84	80	74

По условиям в части воздействия механических факторов внешней среды (вибрации, удары) двигатели в соответствии с ГОСТ 17516 подразделяются на группы в зависимости от назначения и места установки.

Двигатели общего назначения выдерживают вибрации с ускорением до  $1g(10m/c^2)$  при частоте до 55 Гц.

Двигатели со степенью защиты IP23 могут работать в средах с содержанием пыли до  $2 \text{ мг}/\text{м}^3$ , двигатели со степенью защиты IP44 - до  $10 \text{ мг}/\text{м}^3$ . При большей концентрации пыли следует применять двигатели со степенью защиты IP54.

## 6. РЕЖИМЫ РАБОТЫ

В ГОСТ 28173 в соответствии с Публикацией 60034 –1 МЭК систематизированы разнообразные режимы, в которых работают электрические двигатели.

**Продолжительный режим работы S1.** (рис. 6.1) – работа машины при неизменной нагрузке достаточно длительное время для достижения установившейся ( неизменной) температуры всех ее частей.

**Кратковременный режим работы** (рис.6.2) – работа машины при неизменной нагрузке в течение времени  $\Delta t_p$ , недостаточного для достижения всеми частями машины установившейся температуры, после сего следует остановка машины на время, достаточное для охлаждения машины до температуры, не более чем на  $2^\circ\text{C}$  превышающей температуру окружающей среды.

**Периодический повторно-кратковременный режим работы S3** (рис.6.3).

Последовательность идентичных циклов работы, каждый из которых включает время работы  $\Delta t_p$  при неизменной нагрузке, за которое машина не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки  $\Delta t_s$ , за которое машина не охлаждается до температуры окружающей среды. При этом потери при пуске не оказывают влияния на температуру частей машины.

**Периодический повторно-кратковременный режим с влиянием пусковых процессов S4** (рис. 6.4) – последовательность идентичных режимов работы, каждый из которых включает время пуска  $\Delta t_0$ , время работы при постоянной нагрузке  $\Delta t_p$ , за которое двигатель не нагревается до установившейся температуры, и время стоянки  $\Delta t_s$ , за которое двигатель не охлаждается до температуры окружающей среды.

**Периодический повторно–кратковременный режим с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением S5** (рис.6.5) – режим, включающий в себя те же элементы, что и S4, с дополнительным периодом  $\Delta t_f$  быстрого электрического торможения.

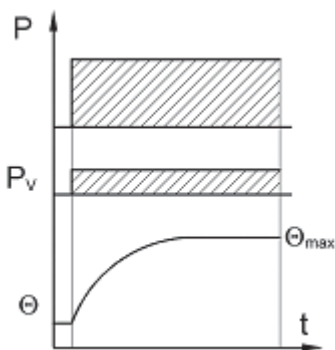
**Переключающийся режим работы S6** (рис.6.6) – последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает время работы  $\Delta t_p$  с постоянной нагрузкой и время работы на холостом ходу  $\Delta t_v$ , причем длительность этих периодов такова, что температура двигателя не достигает установившегося значения.

**Периодический переключающийся режим с влиянием пусковых процессов и электрическим торможением S7** (рис.6.7) – последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает достаточное время пуска  $\Delta t_D$ , время работы  $\Delta t_p$  с постоянной нагрузкой и быстрое электрическое торможение E.

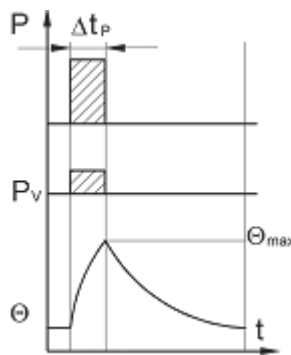
**Периодический переключающийся режим с периодически изменяющейся частотой вращения S8** (рис.6.8) – это последовательность идентичных циклов, каждый из которых включает время разгона D, работу  $N_1$  с неизменной нагрузкой и частотой вращения, электрическое торможение, работу  $N_2$  при другой частоте вращения и нагрузке, электрическое торможение и т.д.

Возможность использования асинхронных двигателей в тех или иных режимах определяются техническими условиями на двигатели и указывается в каталогах.

**Рисунок 6. Режимы работы электродвигателей**



**Рисунок 6.1**



**Рисунок 6.2**

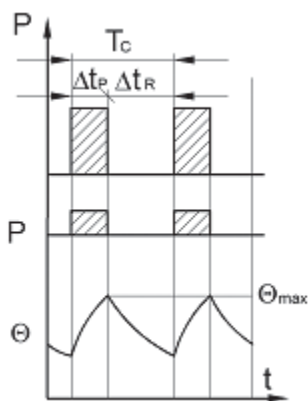


Рисунок 6.3

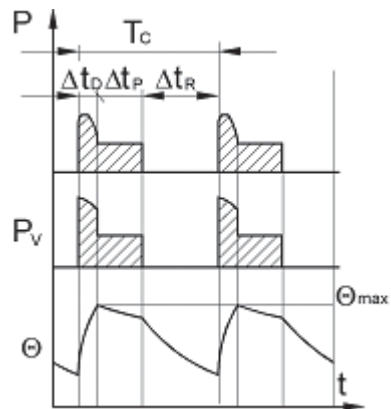


Рисунок 6.4

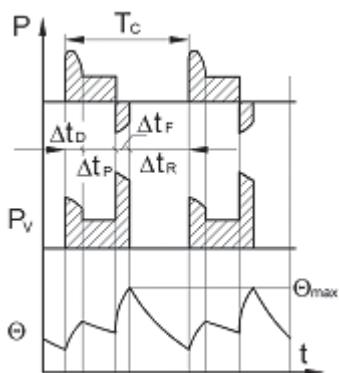


Рисунок 6.5.

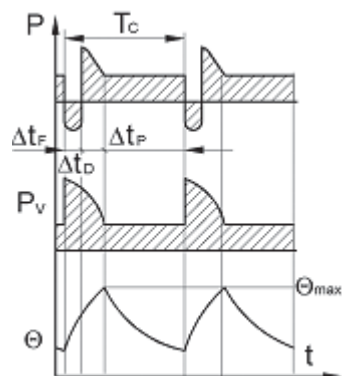


Рис.6.6.

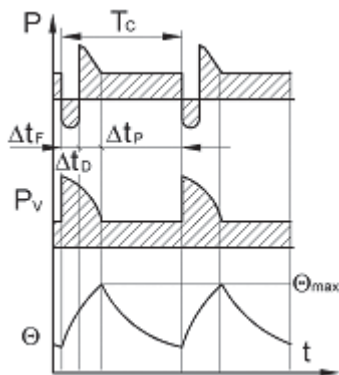


Рисунок 6.7.

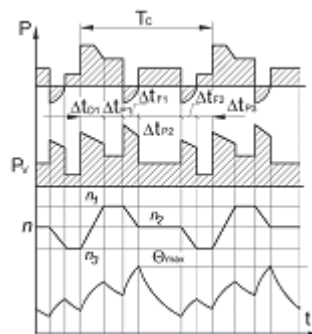


Рис.6.8.



## **7. СЕРИЯ СТАНДАРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **7.1. Терминология серии**

Асинхронные двигатели общего назначения выпускаются в виде стандартизованных рядов-серий.

Двигатель общего назначения – двигатель, удовлетворяющий совокупности технических требований, общих для большинства случаев применения.

*Серия* – ряд электрических машин, объединенных общностью принципа электромагнитного преобразования, (электродвигатели), общностью конструкции, имеющих общее наименование, с закономерно возрастающими определяющими параметрами (высота оси вращения и номинальная мощность).

*Пример: серия асинхронных двигателей 5А.*

Серия может состоять из нескольких подсерий.

*Подсерия* - часть машин сгруппированных по специфической общности конструкции или степени защиты.

*Пример: Подсерия асинхронных двигателей защищенного исполнения со степенью защиты IP23 – двигатели 5АМН.*

Подсерия состоит из типов двигателей.

*Тип* – совокупность машин подсерии имеющих одинаковый определяющий параметр (высоту оси вращения).

*Пример: Асинхронные двигатели с высотой оси вращения 180 мм – 5А180.*

Тип включает в себя ряд типоразмеров.

*Типоразмер* – совокупность двигателей, имеющих одинаковую высоту оси вращения и одинаковые свойства: мощность, синхронную частоту вращения и вид механической характеристики.

*Пример: Асинхронный двигатель 5А160М8.*

### **7.2. Структура серии**

Серия состоит из основного (базового) исполнения, модификаций и специализированных исполнений.

*Двигатели основного исполнения (базовый ряд)* – двигатель основные составные элементы которого, применяются для конструирования модификаций и специализированных исполнений для различных случаев

применения. Двигатели основного исполнения предназначены для нормальных условий работы в части энергетических, пусковых и виброшумовых характеристик, а также условий окружающей среды. Номинальная мощность двигателей задана для режима S1. Возможность работы в других режимах указана в каталогах.

*Модификации* – разновидности двигателей, создаваемая на основе базового исполнения с целью расширения или специализации сферы их применения.

*Специализированные исполнения* – разновидность двигателей, удовлетворяющие повышенным требованиям в части условий эксплуатации (окружающая среда, точность выполнения установочных размеров и т.д.)

### **7.3. Модификации.**

Наиболее распространенными модификациями являются:

*Двигатели с повышенным скольжением* предназначены для привода механизмов с пульсирующей нагрузкой (прессы, молоты), механизмов с частыми пусками или реверсами, механизмов с тяжелыми условиями пуска (центрифуги).

Двигатели отличаются от базовых обмоточными данными и беличьей клеткой короткозамкнутого ротора, отливаемой из алюминиевого сплава повышенного сопротивления. Номинальная мощность двигателей задана для режима S3. Двигатели также могут работать в режимах S4,...-S7.

Методы расчета параметров двигателей в этих режимах приводятся в каталогах. Типовая механическая характеристика показана на рис.4 (3)

*Двигатели с повышенным пусковым моментом* предназначены для привода механизмов с высокими статическими или динамическими моментами на валу – транспортеров, центрифуг, поршневых компрессоров, мешалок.

Двигатели спроектированы на базе двигателей базового ряда и отличаются от последних обмоточными данными и формой паза ротора. Типовая механическая характеристика двигателей показана на рис. 4 (2). Мощность двигателя указана для режима S1 как правило не отличается от мощности двигателей базового ряда соответствующего габарита и частоты вращения.

*Многоскоростные двигатели* спроектированы на основе двигателей базового ряда. Они отличаются только обмотками статора.

Число частот вращения может быть две, три или четыре. В серии предусмотрены многоскоростные двигатели со следующими соотношениями частот вращения: 3000/1500, 1500/1000, 1500/750, 1000/500, 1000/750, 3000/1500/1000, 1500/1000/750, 3000/1500/1000/750, 1500/1000/750/500 об/мин.

Двухскоростные двигатели имеют одну полюсно-переключаемую обмотку с шестью выводными концами. Трехскоростные двигатели имеют две независимых обмотки двухскоростную полюснопереключаемую с шестью выводными концами и односкоростную с тремя выводными концами. Четырехскоростные двигатели имеют две независимых полюсно-переключаемых обмотки с шестью выводными концами каждая.

*Двигатели для частотно-регулируемого электропривода.*

Предназначены для приводов с регулируемой частотой вращения и отличаются от двигателей базового ряда наличием датчика положения ротора (инкодера), наличием устройства независимой вентиляции (по заказу) – вентилятора наездника и наличием пристроенного электромагнитного тормоза (по заказу).

**7.4. Исполнения по условиям окружающей среды.**

Вредное воздействие окружающей среды на двигатель выражается в разрушении изоляции, защитных покрытий и ускоренном износе подшипников; поэтому предусмотрены различные климатические модификации двигателей, способные надежно работать в специфических средах.

ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543 предусматривают исполнения для различных климатических районов категорий размещения.

ГОСТ 15963 устанавливает дополнительные требования к двигателям, предназначенным для работы в условиях тропического климата.

ГОСТ 24682 устанавливает дополнительные требования к двигателям, предназначенным для работы в условиях агрессивных сред.

Правила Морского Регистра СССР устанавливают требования к двигателям, предназначенным для эксплуатации в условиях морского климата.

В составе серии имеются следующие исполнения по условиям окружающей среды:

*исполнение УЗ* – для умеренного климата. Двигатели выполняются со степенью защиты IP54;

*исполнение Т2* – для тропического климата. Двигатели выполняются со степенями защиты IP54 и IP55;

*исполнение ОМ2* – для условий морского климата. Двигатели выполняются со степенью защиты IP55;

*исполнение Х2* – для эксплуатации в химически агрессивных средах. Двигатели выполняются со степенью защиты IP54.

Двигатели отличаются от базовых усиленной изоляцией, лакокрасочными и гальваническими покрытиями. Условие работы двигателей этих исполнений показаны в **таблице 7**.

### 7.5. Исполнение по точности установочных и присоединительных размеров

ГОСТ 8592 предусматривает три исполнения в зависимости от точности установочных и присоединительных размеров: нормальной (N), повышенной (R) и высокой (S) точности. Двигатели отличаются от базовых более точным выполнением размеров сопрягаемых деталей и установочно-присоединительных размеров, а также пониженным уровнем собственной вибрации (см. таблицу 8).

**Таблица 8**

Категория	Виброскорость $V_{эфф.м}$ , мм/с, для габаритов			
	2р	80 – 132	160 – 225	250 – 315
N	2	1,8	2,8	4,5
	4 – 10	1,8	1,8	2,8
R	2	1,12	1,8	2,8
	4 – 10	0,71	1,12	1,8
S	2	0,71	1,12	1,8
	4 – 10	0,45	1,12	1,8
	4 – 10	0,45	0,71	1,12

### 7.6. Двигатели со встроенной температурной защитой.

Для защиты двигателей в аварийных режимах, следствием которых может быть нагрев обмотки до недопустимой температуры, по заказу потребителя двигатели могут быть укомплектованы встроенными температурными датчиками.

В качестве датчиков используются полупроводниковые терморезисторы с положительным температурным коэффициентом – позисторы.

Датчики встраиваются в лобовые части обмотки статора со стороны, противоположной вентилятору наружного обдува, по одному в каждую фазу, соединяются последовательно, концы цепи датчиков выводятся на специальные клеммы в коробке выводов. К этим клеммам подключают реле или иной аппарат, реагирующий на сигнал датчиков.

Датчики реагируют только на температуру, и их действие не зависит от причин возникновения опасного нагрева. Поэтому такая система

обеспечивает защиту двигателя как в режимах с медленным нагреванием (перегрузка, работа на двух фазах), так и в режимах с быстрым нагреванием (заклинивание ротора, выход из строя подшипников и др.). Согласно требованиям ГОСТ 27895 (МЭК 34-11) температура срабатывания защиты должна соответствовать значениям, приведенным в таблице 9.

**Таблица 9**

Тепловой режим	Температура	Значение температуры обмотки обмотки статора для системы изоляции класса нагревостойкости, °C	
		B	F
Установившийся	Предельно допустимое среднее значение	120	140
Медленное нагревание	Срабатывание защиты	145	170
Быстрое нагревание	Срабатывание защиты	200	225

В качестве встроенных датчиков температурной защиты используются позисторы СТ14.2 с температурой срабатывания 130,145 и 160°C. Время срабатывания позисторов СТ14.2 не превышает 15 с.

### **7.7. Обозначение двигателей в серии.**

Обозначение двигателей в серии показано в таблице 10.

Таблица 10

Признак	Позиции в обозначении типоразмеров	Состав признака, значения символов
Обозначение серии	1 – 2	5А (5АМ) пятая серия асинхронных двигателей АИ – серия асинхронных двигателей, унифицированная среди стран Интерэлектро
Степень защиты	3	СО* - IP54 Н - IP23
Материал станины и подшипниковых щитов	4	СО* - станина и щиты чугунные или стальные А – станина и щиты алюминиевые Х – любое сочетание чугуна и алюминия в качестве материалов стангины и щитов
Модификация	5 – 6	Р – с повышенным пусковым моментом С – с повышенным скольжением Ч – для частотно–регулируемого привода
Высота оси вращения, мм	7 – 9	50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 1321, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355.
Установочный размер по длине станины	10	С – короткая станина М – средняя станина L – длинная станина
Длина сердечника статора при сохранении установочного змер	11	СО* - одна длина сердечника А – короткий сердечник В – длинный сердечник
Число полюсов	12 – 19	2, 4/2, 6/4/2 4, 6/4, 8/6/4, 12/8/6/4, 6, 8, 8/6, 10, 12/6, 12
Исполнение по конструкции и условиям окружающей среды	20–21	В – встраиваемые Б – со встроенной температурой К – с увязкой шкалы мощностей с установочными размерами по CENELEK П – с повышенной точностью по установочным размерам
Климатическое исполнение	22–23	У – для умеренного климата, Т – для тропического климата, ХЛ – для холодного климата.
Категория размещения	24	1, 2, 3, 4, 5 – по ГОСТ 15150

\*СО – символ отсутствует, пробел опускается

### **7.8. Каталожные данные**

Каталог асинхронных двигателей содержит данные для выбора двигателей. В каталогах указываются: типоразмер двигателя, номинальная мощность для режима S1 (длительный режим). Для двигателей с повышенным скольжением номинальная мощность указывается для режима S3. В каталоге приводятся формулы определения параметров двигателей при работе в режимах, отличных от S1 (S2, S3, S4, S6).

В каталоге указывается частота вращения при номинальной мощности, коэффициент мощности при номинальной мощности, кратность начального пускового тока, т.е. отношение начального пускового тока к номинальному, или кратность пусковой мощности, т.е. отношение полной мощности при пуске к номинальной мощности, кратность начального пускового момента, кратности минимального момента

Кроме этих данных, относящихся к номинальному или пусковому режимам, в каталоге сообщаются более подробные данные об изменении КПД и коэффициента мощности при изменении нагрузки на валу. Эти данные приводятся в табличной форме.

В каталоге указаны номера применяемых в двигателях подшипников, схемы подшипниковых узлов, а также приводятся данные о допустимых радиальных и осевых нагрузках на рабочий конец вала.

В каталоге указываются также размеры, необходимые для установки двигателя на объекте и присоединения его к питающей сети. Двигатели, изготавливаемые в РФ, полностью соответствуют рекомендациям Международной электротехнической комиссии. (МЭК). Эти рекомендации сосредоточены в Публикациях 60034 и 60072.

# **ВЭМЗ**

***Владимирский электромоторный завод***

**600009, г.Владимир, ул.Электрозаводская, 5**

**Тел./факс: (0922) 332-120**

**<http://www.vemp.ru>**

**E-mail: [smis@vemp.ru](mailto:smis@vemp.ru)**

