**Введение**

Компрессоры – это устройства для создания направленного тока газа под давлением. Компрессорные установки довольно сильно распространены, они широко используются в холодильных установках, в пневматических устройствах, а также в контрольно-измерительной аппаратуре.

Компрессоры, упрощенно, состоят из

1. Электродвигателя или привода;
2. Нагнетающей установки;
3. Емкостей для сжатого газа;
4. Соединительных шлангов и труб.

Электродвигатели применяемые в компрессорных установках могут быть постоянного и переменного тока. Двигатели переменного тока делятся на синхронные и на асинхронные. Асинхронные двигатели в свою очередь на АД с короткозамкнутым ротором и АД с фазным ротором.

Для асинхронные двигателей с короткозамкнутым ротором преимуществами для их установки в компрессоре является их экономичность, простота, удобство конструкции и большая надежности работы. Их недостатки это пусковой ток , который в 5 – 7 раз превышает номинальный ток двигателя и малый пусковой момент.

Асинхронные двигатели используют гораздо реже (в основном в центробежных насосах). Они используются в маломощных сетях или если требуется значительный пусковой момент (при относительно небольшом пусковом токе). Но у них сложная пускорегулирующая аппаратура и требуется уход за щетками и кольцами.

Синхронные двигатели используются в компрессорах большой мощности (более 100 кВт). У них очень высокий коэффициент мощности (*cosϕ = 1*) и они не очень восприимчивы к изменениям нагрузки. Но в тоже время они значительно дороже асинхронных двигателей и при пуске у них наблюдаются те же недостатки что и у АД с короткозамкнутым ротором.

Линейные электроприводы бывают электромагнитными, магнитоэлектрическими и индукционными. У них низкий КПД, но они все равно эффективны (из-за отсутствия кривошипно-шатунного механизма и соответствующих потерь на трение). Они применяются в основном при небольших поршневых усилиях и при малом ходе поршня.

Нагнетающие устройства это устройства которые под действием силы приложенной от привода нагнетает газ в специальные емкости , которые способны выдержать то давление которое может создать компрессор.

Компрессор очень важная установка она применяется от банальных (охлаждение бытового холодильника) до космических ( охлаждение жидкостных ускорителей ракетоносителя).

1. **Техническое задание**

**1.1 Характеристика существующих электромеханических систем**

Совокупность определённым способом соединённых электрических и механических звеньев называется электромеханической системой (ЭМС).

Электродвигатели, являющиеся элементом ЭМС, по роду тока разделяют на электродвигатели переменного тока (однофазные и трёхфазные) и постоянного тока. Электродвигатели переменного тока подразделяются на: синхронные, асинхронные и линейные.

Из АД наибольшее распространение получили двигатели с короткозамкнутым ротором, так как они имеют высокую надёжность. Однако они обладают такими серьёзными недостатками, как большой пусковой ток и малый пусковой момент.

АД с фазным ротором применяют в ЭМС при маломощной сети или в компрессорных машинах с массивным маховиком. Эти двигатели обеспечивают большой пусковой момент при относительно малом пусковом токе. Однако более сложны в изготовлении, а как следствие и более дорогостоящие, обладают меньшей надёжностью.

При работе с ЭМС большой мощности (более 100 кВт) предпочитают синхронные эл. Двигатели. Они обладают постоянной частотой вращения (в пределах допустимых моментов нагрузки), высоким коэффициентом мощности (cosϕ при некотором перевозбуждении синхронные двигатели могут работать с опережающим током, при котором имеет место эффект компенсации реактивной мощности в сеть). Несмотря на все достоинства синхронных двигателей они имеют при пуске такие же недостатки как и асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Высокими показателями характеризуются системы с линейным эл. приводом. По принципу действия эти эл. двигатели подразделяются на электромагнитные, электродинамические, магнитоэлектрические и индукционные. Наибольшее распространение в приводе компрессоров и насосов получили первые два типа. ЭМС с линейным электроприводом, несмотря на низкий КПД, эффективны вследствие отсутствия кривошипно-шатунного механизма и соответствующих потерь на трение.

**1.2 Цель выбора электродвигателя**

Достоинства АД могут быть полностью реализованы лишь при условии правильного выбора и применения электродвигателя. От правильного выбора электродвигателя по мощности зависят надёжность его работы в составе ЭМС и энергетические показатели в процессе эксплуатации. При установке электродвигателя с излишней мощностью неоправданно возрастают габариты системы, её масса, стоимость, ухудшаются энергетические показатели. При установке электродвигателя излишней производительности - увеличению потерь и времени выхода на рабочий режим.

Поэтому мощность электродвигателя должна выбираться в строгом соответствии с режимом работы и нагрузкой.

Однако при расчёте не всегда оказывается полученная мощность стандартной. И в этом случае необходимо выбирать электродвигатель ближайшего большего значения.

Итак, целью выбора электродвигателя является, во-первых, определение технической возможности применения двигателя и, во-вторых, нахождение наилучшего варианта из технически возможных по каталогам, учитывая род тока и напряжение, конструктивное исполнение. Уровень шума и вибрации, режим работы.

**1.3 Каталожные данные**

Каталоги содержат все необходимые данные для выбора элелектродвигателей. В каталога указывается типоразмер двигателя, номинальная мощность, частота вращения, ток статора, КПД, коэффициент мощности cosφ кратность пускового тока, кратность пускового момента, кратность минимального момента, кратность максимального момента, динамический момент инерции ротора.

**1.3.1 Типоразмер двигателя**

Серия 4А является массовой серией АД. Она охватывает диапазон номинальных мощностей от 0.06 до 400 кВт с высотой оси вращения   
от 50 до 355 мм.

В серии 4А принята система обозначений см. таблицу 1:

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4А | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

где 1 - название серии (4А);

2 - исполнение АД по способу защиты: буква Н - исполнение IP 23, отсутствие буквы - IP 44;

3 - исполнение АД по материалу станины и щитов: А - станина и щиты алюминиевые; Х - станина алюминиевая, щиты чугунные или наоборот; отсутствие буквы - станина и щиты, чугунные или стальные;

4 - высота оси вращения, мм;

5 - установочный размер по длине станины: S - меньший, М - средний, L - больший;

6 - длина сердечника статора: А - меньшая, В - большая, отсутствие буквы означает, что при данном установочном размере (S, M или L) выполняется только одна длина сердечника;

7 - число полюсов АД;8 - модификация по конструкции и условиям окружающей среды: Н - малошумные, Б - со встроенной температурной защитой, Е - с электромагнитным тормозом, П - с повышенной точностью к установочным размерам, Ш - с подшипниками скольжения, Ф - фреономаслостойкие, Х - химостойкие, СХ - сельскохозяйственные;

9 - климатическое исполнение: У - для умеренного климата, ХЛ - для холодного климата, Т - для тропического, О - для всех климатических районов на суше, М - с умеренным холодным морским климатом, ОМ - для любого района плавания;

10 - категория размещения: 1 - на открытом воздухе, 2 - в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха незначительны, 3 - в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, 4 - в помещениях с искусственно регулируемым климатом, 5 - в помещениях с повышенной влажностью.

**1.3.2 Номинальные данные**

Режим работы, для которого электрическая машина предназначена предприятием-изготовителем, называется номинальным.

Номинальные данные электрической машины, характеризующие номинальный режим её работы, относятся к работе на высоте до 1000 м над уровнем моря и при температуре газообразной охлаждающей среды не более 40 0С и охлаждающей воды не более 30 0С.

Номинальной мощностью электрического двигателя называют полезную механическую мощность на валу. Стандартизованный ряд мощностей установлен ГОСТ 12139 - 84.

Двигатели должны сохранять номинальную мощность при отклонениях напряжения сети от номинального значения в пределах ± 10 % и отклонениях частоты сети в пределах ± 2.5 %.

Ряд синхронных частот вращения устанавливает ГОСТ 10683 - 73. Наиболее распространёнными значениями являются: 750; 1000; 1500; 3000 об/мин.

Номинальные значения напряжений устанавливает ГОСТ 23366 - 78. В настоящее время широко распространены следующие значения: 0,22; 0,38; 0,66; 6; 10 кВ.

В зависимости от мощности и номинального напряжения, соединение обмоток статора может быть выполнено по схеме "звезда" или "треугольник".

*Начальный пусковой ток электрического двигателя* - это установившийся ток в обмотке статора при неподвижном роторе и номинальных значений напряжения, частоты и схемы соединения обмоток статора.

*Начальный пусковой момент электродвигателя* – это вращающий момент электродвигателя, развиваемый при неподвижном роторе, установившемся токе и номинальных значений напряжения и частоты.

*Максимальный вращающий момент* - наибольший момент вращения, развиваемый двигателем при номинальных условиях.

*Минимальный вращающий момент* - наименьший вращающий момент, развиваемый АД с короткозамкнутым ротором в процессе разгона от неподвижного состояния до частоты вращения, соответствующей максимальному моменту при номинальных условиях.

*Критическое скольжение* – это скольжение, при котором АД развивает максимальный вращающий момент.

Момент инерции является мерой инертности тела и влияет на динамические характеристики машины.

**1.3.3 Конструктивное исполнение и способ монтажа**

Согласно ГОСТ 2479 - 79 электрические машины классифицируются по конструктивному исполнению и способу монтажа. Условное обозначение состоит из двух букв IM и четырёх цифр (см. таблицу 2).

Таблица

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| IM | Х | Х | Х | Х |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 |

Первая цифра - конструктивное исполнение:

1 - на лапах с подшипниковыми щитами (с пристроенным редуктором);

2 - на лапах с фланцем на подшипниковом щите;

3 - без лап с подшипниковыми щитами, с цокольным фланцем;

4 - без лап с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине;

5 - машины без подшипников;

6 - на лапах с подшипниковыми щитами и стояковыми подшипниками;

7 - машины со стояковыми подшипниками;

8 - с вертикальным валом, кроме групп от IM1 до IM4;

В каждой из восьми групп машины подразделяются в зависимости от способа монтажа (вторая и третья цифры в условном обозначении).

Четвёртая цифра обозначает исполнение конца вала электрические машины:

0 - без конца вала;

1 - с одним цилиндрическим концом вала;

2 - с двумя цилиндрическими концами вала;

3 - с одним коническим концом;

4 - с двумя коническими концами;

5 - с одним фланцевым концом;

6 - с двумя фланцевыми концами;

7 - с фланцевым концом на одной стороне и цилиндрическим концом на другой стороне;

8 - прочие исполнения конца вала.

**1.3.4 Степень защиты**

Под этим понятием понимается защита обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями, находящимися внутри электрических машин, и защита от попадания внутрь твёрдых тел и воды.

По ГОСТ 14254 - 80 условное обозначение состоит из букв IP и двух цифр. Первая цифра характеризует степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими или вращающимися частями, находящимися внутри электрических машин, и защита от попадания внутрь твёрдых тел.  
Вторая - степень защиты от проникновения воды внутрь электрических машины.

Кроме того, выпускаются электрические машины для работы в особых условиях: морозостойкие, влагостойкие, химостойкие, тропические, взрывозащищённые.

**1.3.5 Способ охлаждения**

Обозначение способов охлаждения устанавливает ГОСТ 20459 - 75.

Способы охлаждения обозначаются двумя латинскими буквами IC и характеристикой цепи охлаждения. Каждая цепь имеет характеристику, обозначаемую латинской буквой, указывающей на хладагент, и двумя цифрами. Первая цифра показывает возможность циркуляции хладагента, вторая - способ подвода энергии к хладагенту. Если хладагентом является воздух, то допускается опускать букву.

В АД применяются следующие способы охлаждения:

а) IC01 - двигатели со степенями защиты IP20, IP22, IP23 с вентилятором на валу двигателя;

б) IC05 - двигатели со степенями защиты IP20, IP22, IP23 с вентилятором, имеющим независимый привод;

в) IC0041 - двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP45 с естественным охлаждением;

г) IC0141 - двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP54 с наружным вентилятором на валу двигателя;

д) IC0541 - двигатели со степенями защиты IP43, IP44, IP54 с вентилятором, имеющим независимый привод.

**1.3.6 Нагревостойкость системы изоляции**

Согласно ГОСТ 8865 - 70 изоляционные материалы, применяемые в электрических машинах, разделяются на классы по нагревостойкости. Каждому классу соответствует определённая максимальная температура. Значения температур приведены в таблице 3.

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс нагревостойкости системы изоляции | Y | A | E | B | F | H | C |
| Температура, °С | 90 | 105 | 120 | 130 | 155 | 180 | Более 180 |

В настоящее время разработаны изоляционные материалы с допустимой температурой от 220 до 240 ОС, которые применяются в электрических машинах специального назначения.

**1.3.7 Уровень шума и вибраций**

В зависимости от требований к уровню шума электрические машины по ГОСТ 16372 - 84 разделяются на четыре класса:

1 - электрические машины без предъявления требований к уровню шума;

2 - эл. Машины с малошумными подшипниками и вентиляторами;

3 - эл. Машины с пониженным использованием активных материалов, закрытые, с подшипниками скольжения;

4 - эл. Машины со специальными звукоизолирующими кожухами.

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 16921 - 83 для электрических двигателей общего назначения установлены следующие классы вибрации: h < 80 mm - 1.1 mm/c, 80 < h < 132 mm - 1.8 mm/c, 132 < h < 225 mm - 2.8 mm/c, h > 225 mm - 4.5 mm/c. Для специальных и прецизионных эл. Приводов с особо жёсткими требованиями к вибрации и надёжности должны применяться эл. Двигатели, имеющие уровень вибрации на два класса ниже, чем у двигателей общего назначения.

1. **Исходные данные**

Выбрать электродвигатель для привода компрессора.

Условия работы: на открытом воздухе, влажность до 90 %; перепад температур от – 20°С до +20°С; высота над уровнем моря до 1000 м. Момент сопротивления, приведенный к валу компрессора показан в приложении 1 кривая 1, остальные исходные данные приведены в таб. 4.

Таблица

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Момент сопротивления, МС, Н\*м | Передаточное отношение редуктора, i | Номинальная частота вращения, nН,  об/мин | Момент инерции механизма, Jмех,  Кг\*м2 |
| 180 | 3 | 730 | 3\*10-2 |

1. **Расчет**
   1. Выбор электродвигателя
   2. Предварительный выбор электродвигателя
      1. По заданным значениям момента сопротивления, приведенный к валу двигателя

; (1)

 (Нм).

* + 1. Определяем угловую частоту вращения

;

 (рад/с).

* + 1. Определим эквивалентную мощность электродвигателя

; (2)

 (кВт).

* + 1. Выбираем асинхронный двигатель его параметры даны в табл. 5.

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | *Рн*, КВт | При номинальной  нагрузке | | | *Мк*  *Мн* | *Мп*  *Мн* | *МminMн* | *Iп*  *Iн* | J,  **кг\*м2** | nн (синхр.),  **об/мин** |
| *n*,  **об/мин** | *η*,  **%** | *cosϕ* |
| 4А112МВ8У3 | 3,0 | 700 | 79,0 | 0,74 | 2,2 | 1,9 | 1,4 | 5,0 | 2,5\*10-2 | 750 |

* + 1. Проверяем электродвигатель на развиваемый момент при минимальном напряжении

; (3)

 (Нм),

где *Mmin* – минимальный момент, развиваемый электродвигателем при минимальном напряжении питания *Umin*;

*Uн* – номинальное напряжение питания.

3.3. Уточненный расчет

* + 1. Определяем минимальный и критический момент двигателя

;

 (Нм),

;

 (Нм).

* + 1. Определяем электромеханическую постоянную времени

; (4)

 (с),

где *ω0* – скорость холостого хода двигателя по каталожным данным, рад/с;

*Мк* – критический момент двигателя, Нм;

*Jд* и *Jмех* – моменты инерции двигателя и механизма, кг\*м2.

* + 1. Находим номинальное и критическое скольжения

; (5)

,

; (6)

,

* + 1. С помощью формулы Клосса

, (7)

построим механическую характеристику двигателя. Определяем ряд значений *Мд* и частоты вращения ротора

.

Вычисления сводим в табл. 6. По данным табл. 6 строим график рабочего участка механической характеристики 

(Приложение 2 рис. 1).

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S | S  *Sк* | *Sк*  S | *S + Sк*  *Sк S* | *Mд*,  Нм | *1-S* | *n,*  об/мин | *ω,*  рад/с |
| 0  0,0123  0,0246  0,0369  0,0492  0,0616  0,0739  0,0862  0,0985  0,1109 | 0  0,1111  0,2222  0,3333  0,4444  0,5556  0,6667  0,7778  0,8889  1 | 0  9  4,5  3  2,25  1,8  1,5  1,2857  1,125  1 | 0  9,1111  4,7222  3,3333  2,6944  2,3556  2,1667  2,0635  2,0139  2 | 0  18,9518  36,5659  51,8017  64,0845  73,3042  79,6949  83,6796  85,7407  86,3361 | 1  0,9877  0,9754  0,9630  0,9507  0,9384  0,9261  0,9137  0,9014  0,8891 | 750  740,7  731,5  722,3  713  703,8  694,5  685,3  676,1  666,8 | 78,5  77,6  76,6  75,6  74,7  73,7  72,7  71,8  70,8  69,8 |

* + 1. По формуле

, (8)

определяем значения моментов двигателя для углов поворота вала компрессора. Вычисления сводим в табл. 7. По вычисленным данным строим график  (Приложение 1).

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *αк*, **град** | *t*,  **с** |  |  | *Мск*,  Нм | Нм | Нм | *Мдк*,  Нм |
| 0 14.4 28.8 43.2 57.6 72.0 86.4 100.8 115.2 129.6 144.0 158.4 172.8 187.2 201.6 216.0 230.4 244.8 259.2 273.6 288.0 302.4 316.8 331.2 345.6 | 0 0.0099 0.0197 0.0296 0.0395 0.0493 0.0592  0.0690 0.0789 0.0888 0.0986 0.1085 0.1184 0.1282  0.1381 0.1479 0.1578 0.1677 0.1775 0.1874 0.1973  0.2071 0.2170 0.2268  0,2367 | 0 0.3827 0.7653 1.1480 1.5306 1.9133 2.2960  2.6786 3.0613 3.4440 3.8266 4.2093 4.5919 4.9746  5.3573 5.7399 6.1226 6.5052 6.8879 7.2706 7.6532  8.0359 8.4185 8.8012  9,1839 | 1  0,68  0,465  0,317  0,216  0,147  0,1  0,068  0,0468  0,032  0,022  0,015  0,01  0,007  0,0047  0,0032  0,0022  0,0015  0,001  0,0007  0,0005  0,0003  0,0002  0,0002  0,0001 | 0 -4.500 -7.20 -1.80 12.60 36.0 64.80 90.0 100.8 99.00 81.00 45.00 9.00 10.80 21.60 59.40 99.00 135.00 147.60 147.60 136.80 120.60 97.20 57.60 30.60 | 66.1875 70.6875 73.3875 67.9875 53.5875 30.1875 1.3875 -23.8125 -34.6125  -32.8125  -14.8125 21.1875 57.1875 55.3875 44.5875 6.7875 -32.8125 -68.8125 -81.4125 -81.4125 -70.6125 -54.4125 -31.0125 8.5875  35,5875 | 66.1875 48.2120 34.1387 21.5708 11.5961 4.4554 0.1397 -1.6349 -1.6208 -1.0480 -0.3227 0.3148 0.5795 0.3828 0.2102 0.0218 -0.0720 -0.1029 -0.0830 -0.0566 -0.0335 -0.0176 -0.0068 0.0013  0,0037 | 22.0625 14.5707 8.9796 6.5903 8.0654 13.4851 21.6466 29.4550 33.0597 32.6507 26.8924 15.1049 3.1932 3.7276 7.2701 19.8073 32.9760 44.9657 49.1723 49.1811 45.5888 40.1941 33.3977 30.2004 25.2012 |

* + 1. Для определения текущих значений мощности на валу электродвигателя и тока статора воспользуемся формулами:

, (9)

. (10)

Результаты занесем в табл. 8.

Таблица

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Мдк*,  Нм | *ωк*,  рад/с | *Р2к*,  Вт | *Iдк*,  А |
| 22,0625  14,5707  8,9796  6,5903  8,0654 13,4851 21,6466 29,4550 33,0597 32,6507 26,8924 15,1049 3,1932  3,7276  7,2701  19,8073  32,9760  44,9657  49,1723  49,1811  45,5888  40,1941  33,3977  30,2004  25,2012 | 77,4  77,7  78,2  78,3  78,1  77,8  77,3  77,0  76,8  76,7  77,2  77,7  78,4  78,4  78,2  77,4  76,8  76,1  75,7  75,7  75,9  76,4  76,7  77,0  77,4 | 1707,6  1132,1  702,2  516  629,9  1049,1  1673,3  2268  25390  2504,3  2076,1  1173,7  250,3  292,2  568,5  1533,1  2532,6  3421,9  3722,3  3723  3460,2  3070,8  2561,6  2325,4  1950,6 | 4,4381  2,9424  1,8250  1,3411  1,6371  2,7267  4,3488  5,8945  6,5987  6,5086  5,3957  3,0503  0,6506  0,7595  1,4776  3,9844  6,5820  8,8933  9,6742  9,6759  8,9928  7,9809  6,6575  6,0437  5,0694 |

* + 1. По полученным значениям *Iдк* определяем эквивалентный ток по формуле

 (11)

* + 1. Проверяем двигатель по условиям нагрева

, ;

,

.

* + 1. Проверяем двигатель на перегрузку по моменту.

,

.

**Список используемой литературы**

1. Методические указания «Выбор электропривода для компрессорных машин и установок», Завьялов Е.М., 1989Копылов А.В.
2. «Электрические машины».
3. **Заключение**

Сделав расчет мы выяснили, что в данном случае учитывая род тока и напряжения, конструктивное исполнение, уровень шума и вибрации, режим работы нужно использовать двигатель **4А112МВ8У3,** который удовлетворяетнас по условиям нагрева и по перегрузке по моменту.

##### Приложение 1



**ω**

***Мдк***

##### Приложение 2



***ω***

***Мск***