

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана

А.А. Буцев

Электродвигатели приборных устройств

Учебное пособие

2015

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана

Автор

А.А. Буцев

Электродвигатели приборных устройств

Утверждено редсоветом МГТУ
в качестве учебного пособия

Под редакцией
д.т.н. профессора Городничева В.А

2015

УДК 621.313.17

ББК 31.261.2

Рецензенты: _____

Электродвигатели приборных устройств

/Учебное пособие/ ред. Издание -2-е изд. перераб. и дополненное.// М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана.—2015 г.—..... с. ил.

Изложены методические указания и справочные материалы по выбору современных электродвигателей для проектирования и конструирования маломощных приборных электроприводов, предлагаемых в качестве технического задания при выполнении домашних заданий, курсовых работ и курсовых проектов. Показано, как проводится расчет и выбор необходимой мощности электродвигателя для выполнения заданных в технических заданиях функциональных нагрузок на электропривод. Приводятся необходимые данные, формулы для выполнения расчетов и рекомендации по работе с каталогами производителей современных отечественных электродвигателей.

Описаны принципы управления жизненным циклом изделия – электродвигателя с механизмом преобразования скоростей и моментов, называемого маломощным электроприводом. Минимальное количество справочного материала, необходимого для выполнения технических заданий проектирования, приведено в пособии в виде приложений. При необходимости параметры и характеристики иных электродвигателей можно самостоятельно подобрать из других каталогов отечественных и зарубежных производителей.

Материалы переработаны с учетом новых отечественных стандартов и рекомендаций производителей маломощных электродвигателей и электроприводов.

Учебное пособие соответствует Федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования третьего поколения.

Для студентов второго и третьего курсов приборостроительной и смежных специальностей, осваивающих программы высшего образования, предлагающие изучение вопросов конструирования маломощных электроприводов и подобных механизмов.

Глоссарий

Асинхронный электродвигатель – электрическая машина, в которой в обмотках статора создается вращающееся частой питающей сети магнитное поле, которое наводит ток в проводниках ротора. Возникающее магнитное поле заставляет вращаться ротор. При механической нагрузке ротор отстаёт от магнитного поля. Это явление называют скольжением.

Бесколлекторный двигатель постоянного тока – электродвигатель, в котором переключение тока в обмотках якоря осуществляется электронным переключателем.

Естественная механическая характеристика электродвигателя – характеристика без искусственного изменения физических принципов его работы.

Жёсткость характеристики электродвигателя – вид зависимости скорости вращения вала электродвигателя от момента нагрузки.

Искусственная механическая характеристика электродвигателя – характеристика с внесёнными изменениями физических принципов его работы.

Коллекторный двигатель постоянного тока – электродвигатель, в котором переключение тока в обмотках якоря осуществляется механическим переключателем – коллектором.

Коэффициент инерции нагрузки – k , определяет динамику нагрузки: $\frac{J_{дв}}{J_{наг. привод.}} = k$: при $k = 0, 2$ – спокойная, $k < 3$ – умеренная, $k < 0$ – значительная ударная нагрузка.

Моментный электродвигатель – может развивать номинальный крутящий момент при нулевой скорости вращения.

Переходный режим – это основной эксплуатационный режим работы шагового двигателя. Он включает в себя пуск, реверс, торможение, переход с одной управляющей частоты на другую.

Потенциометр – аналоговый энкодер.

Продолжительность включения: отношение длительности работы машины под нагрузкой, включая пуск и торможение, к длительности рабочего цикла, выраженное в процентах или долях.

Реверсивный электродвигатель – одинаково работает при вращении выходного вал в любую сторону.

Резольвер – вращающийся датчик угловых перемещений, принцип действия которого основан на электромагнитной индукции. Это часто синусно-косинусный вращающийся трансформатор. Резольвер – датчик абсолютных значений перемещений.

Серводвигатель – сложная и очень точная электромеханическая система. Элементы обратной связи встроены внутрь корпуса. Диапазон регулирования скорости серводвигателей обычно бывает не меньше 1:5000. Во всем диапазоне серводвигатель может работать с номинальным крутящим моментом. Положения ротора определяется

до 10^{-6} оборота, мощность на единицу массы значительно меньше, чем все другие двигатели, снижено энергопотребление, минимизирован момент инерции.

Синхронный электродвигатель – электрическая машина, в которой в обмотках статора создается вращающееся с частотой питающей сети магнитное поле, связанное постоянным отношением с магнитным полем статора. Скольжение отсутствует.

Статический режим шагового электродвигателя – это режим, при котором по обмоткам статора протекает постоянный ток, создающий неподвижное в пространстве магнитное поле.

Тахометр – измеритель скорости вращения вращающихся частей двигателя.

Установившийся режим шагового электродвигателя – это режим, соответствующий постоянной частоте следования управляющих импульсов.

Фланец – элемент конструкции корпуса электродвигателя для крепления к корпусу электропривода и отвода тепла.

Центрирующий пояс или центрирующая поверхность – задает точные координаты геометрической оси вращения выходного вала двигателя при его установке в корпус привода.

Частота приемистости шагового электродвигателя – максимальная частота управляющих импульсов, при которой возможен пуск без потери шага.

Электродвигатель – электромеханический преобразователь, предназначенный для преобразования электрической энергии в механическую.

Электропривод – электромеханическая система, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины.

Энкодер – вращающийся датчик угловых перемещений.

Энкодер инкрементный – угловое перемещение соответствует прибавлению импульса на выходе, при выключении сбрасывается на 0.

Энкодер абсолютный – энкодер, который не сбрасывается во время отключения, например, с кодом Грея.

Список сокращений

$\alpha_{ш}$ – угловой шаг поворота ротора шагового двигателя при подаче одного кодового импульса, в градусах

Δt_p – время работы с постоянной нагрузкой

$\Delta t_{отк}$ – время остановки или отключения питания машины.

Δt_T – время электрического торможения

Θ – температура °C

Θ_{max} – достигнутая максимальная температура °C

λ – угол подъема винтовой линии (геометрия резьбовых соединений)

λ – критерий оценки жесткости механических характеристик двигателя (электротехника)

φ' – приведенный угол трения.

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности асинхронного или синхронного двигателя

d_2 – средний диаметр винта,

$f_{пр}$ – частота приемистости шаговых двигателей

F_p – сила сопротивления движению рейки статическая

h_o – общий коэффициент полезного действия механизма

i_o – общее передаточное отношение механизма

IM – конструктивное исполнение электродвигателей по способу монтажа, вид монтажа электрической машины в корпусе электропривода. Для исполнений, не предусмотренных стандартом, буква «I» не проставляется

IEC – International Electrotechnical Commission – Международная электротехническая комиссия (*МЭК*)

IP – система классификации степеней защиты оболочки электрооборудования (электродвигателя), международный стандарт *IEC 60529, (International Protection), (МЭК 60034-1-2004)*

J_p – момент инерции ротора

J_n – момент инерции нагрузки

$J_{нагрузки}$ – момент инерции нагрузки

$J_я$ – момент инерции якоря

k – коэффициент инерции, отношение момента инерции J нагрузки, приведенной к валу двигателя, к моменту инерции J двигателя

$P_{баз}$ – базовая мощность

$P_{ном}$ – номинальная мощность

$P_э$ – электрические потери Вт

S1 – S10 – типовые режимы от S1 до S10, ГОСТ Р 52776-2007

S – шаг резьбы передачи винт-гайка

$U_{ном}$ – номинальное напряжение

B – все макроклиматические районы на суше и на море

BT – вращающийся трансформатор

Д01—Д44 - дополнительные конструктивные признаки двигателей

ДА – двигатель асинхронный

ДАТ – двигатель асинхронный трехфазный малой мощности для систем

ДБ – двигатель постоянного тока бесколлекторный

ДГ – двигатель с встроенным тахогенератором

ДИД – асинхронный индукционный двухфазный двигатель малой мощности для систем автоматики с полым немагнитным ротором

ДК – двигатель коллекторный

ДП – двигатель постоянного тока

ДПМ – коллекторный электродвигатель постоянного возбуждением от постоянных магнитов

ДС – двигатель синхронный

ДШ – двигатель шаговый

КПД – коэффициент полезного действия

М – умеренный морской климат – термин степеней защиты (*IP*)

M_r – движущий момент на гайке

$M_{\text{пуск.дв.}}$ – пусковой момент двигателя

M_k – каталожное значение момента двигателя (в каталоге производителя)

$M_{p.k.}$ – момент на реечном колесе (реечная передача)

$M_{\text{э.тр.ст}}$ – эквивалентные значения момента, приведенное к стандартному значению

МЭК – Международная электротехническая комиссия,

$O(U)$ – все климатические районы, на суше, реках и озерах

ОМ – все районы моря

ПВ – отношение длительности работы машины под нагрузкой, включая пуск и торможение, к длительности рабочего цикла, выраженное в

процентах или долях – коэффициент циклической продолжительности включения

P01-P51 – виды исполнения ротора

$P_{э.р.ст}$ – эквивалентные значения мощности

S01-S42 – виды исполнения статора

TB(*TH*) – тропический влажный климат

TMM – теория машин и механизмов

TC(*TA*) – тропический сухой климат

T_c – время длительности цикла

У(*N*) – умеренный климат

ХЛ(*NF*) – холодный климат

Предисловие

Обеспечение заданного жизненного цикла разрабатываемого устройства однозначно определяется сроком службы и все требования к расчету прочности и долговечности деталей электропривода и электронных управляющих устройств, датчиков обратной связи задаются в соответствии с этим циклом.

Использование новых методик подбора электродвигателей во многих случаях позволит уменьшить массу электропривода, повысить его коэффициент полезного действия, значительно уменьшить потребление электроэнергии. Особенно эти факторы важны для электроприводов автономных устройств.

Способы монтажа электродвигателей в корпусе изделия и связанный с ним теплоотвод привязаны к международным нормативам и стандартам, что значительно расширяет возможности

разработчиков. Возможно без дополнительных затрат применять электродвигатели зарубежных производителей в случае отсутствия каких-то особых свойств у электродвигателей, приведенных в приложении.

Электродвигатели приборных устройств

В качестве источников механической энергии в приборных устройствах используются электромеханические преобразователи – электродвигатели. Электродвигатели относятся к классу вращающихся электрических машин.

Электродвигатели встраиваются в систему электропривода и являются его частью. Поэтому при проектировании электропривода чаще всего рассчитывают требуемую мощность электродвигателя. По требуемой мощности, быстродействию, виду внешних воздействий, доступного электропитания, способа управления и других специфических требований подбирают тип электродвигателя. Проанализировав форму корпуса, определяющую способ крепления электродвигателя, конструкцию вала, предназначенного для установки и крепления детали, служащей для передачи движения потребителю и элементам обратной связи электронных схем управления, принимают решение о пригодности электродвигателя.

В каталогах электродвигателей указывается на недопустимость механической обработки корпуса и выходного вала электродвигателя, его электрических соединителей. Применение посадок с натягом может привести к разрушению подшипников опор вращающихся устройств электродвигателя.

В приложении представлен только один тип электродвигателей, у которых на выходной вал детали устанавливаются при помощи штифтов – это ДИД и ДГ.

Среди конструкций ранее разработанных электродвигателей применимы следующие типы, имеющие:

а) корпуса с фланцем и центрирующим пояском, такие корпуса имеют двигатели типа ДИД, УАД, ДПР;

б) корпуса с цилиндрической установочной поверхностью и упорным буртиком (двигатели типа ДАТ);

в) корпуса с цилиндрической установочной поверхностью (двигатели типа ДПМ).

При анализе конструкции конца вала необходимо отнести ее к одному из следующих типов:

а) гладкий вал, который предусматривает крепление детали на нем с помощью штифта (двигатели типа ДИД и ДГ);

б) вал со шпонкой и резьбовым концом, который предусматривает наличие на закрепляемой детали шпоночного паза и места для размещения фиксирующей гайки (двигатели типа ДПМ, ДПР, ДП, УАД);

в) вал, имеющий только шпонку, который требует наличия на закрепляемой детали не только паза, но и отверстия для установочного винта, предохраняющего деталь от смещения в осевом направлении.

г) вал с поперечным штифтом и резьбовым концом: вращающий момент передается штифтом, контактирующим с треугольным пазом на торце ступицы детали, а гайка, навинченная на вал, обеспечивает осевую фиксацию.

Вновь разрабатываемые конструкции электродвигателей и модернизированные выполняются по ГОСТ 2479-79 (переиздан 01.01.1981).

Конструктивное исполнение электродвигателей

по способу монтажа (*IM*)

IM – вид монтажа электрической машины в корпусе электропривода.

В этом обозначении 1-ая цифра обозначает группу по способу монтажа: от *IM1* до *IM9*.

IM1 – на лапах с подшипниковыми щитами, (в приборах применяется редко);

IM2 – то же, с фланцем на подшипниковом щите;

IM3 – без лап, с фланцем на щите;

IM4 – то же, с фланцем на станине;

IM5 – без подшипниковых щитов;

IM9 – встраиваемое исполнение.

В свою очередь группы делятся по вариантам конструктивного исполнения двигателей, в том числе:

IM1: 0 – с двумя подшипниковыми щитами, 2 – с одним подшипниковым щитом, 6 – с двумя щитами и редуктором, ось которого параллельна оси ротора, и др.

IM2 и *IM3*: 0 – с двумя щитами и фланцем, доступным со стороны, обратной базовой, 4 – то же, с одним щитом, 6 – с одним щитом и фланцем, доступным только с базовой стороны, и др.;

IM5: 0 – без станины, 1 – с цилиндрической базовой поверхностью, 4 – на лапах и др.

В двигателях всех групп конструктивное исполнение конца вала: 0 — горизонтальное, 1 — вертикальное вниз, 3 — вертикальное вверх, 8 — произвольное и др.; форма конца вала: 1 — с одним цилиндрическим концом, 2 — с двумя цилиндрическими концами и др. Наиболее распространен в маломощных приводах способ монтажа — *М3681*. Примеры приведены на рис. П23.

Для исполнений, не предусмотренных стандартом, буква «/» не проставляется.

Справочные данные для применения в курсовых проектах и работах приведены в приложении.

Основные параметры двигателей

Большое разнообразие типов и конструкций электрических машин и потребность в объективной оценке и сравнении их данных привели к необходимости стандартизации основных понятий в области характеристик, расчетных параметров и режимов работы машин. Термины и определения этих величин установлены ГОСТ 27471-87 и являются обязательными для применения в документации всех видов, учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе. Стандарт содержит более 200 терминов и определений. В настоящем пособии приводятся основные из них, относящиеся ко всем или ко многим типам вращающихся электрических машин независимо от их назначения и конструктивного исполнения и используемые в учебном процессе в разделе проектирования приборного электропривода.

Общие технические условия на электродвигатели малой мощности установлены ГОСТ 16264.0-85 (Статус: действующий, группа Е - Энергетическое и электротехническое оборудование). Стандарт соответствует международным стандартам МЭК 34-1-83 и МЭК 335-1-76.

Стандарт распространяется на двигатели номинальной мощностью до 1000 Вт асинхронные, синхронные, коллекторные переменного тока и универсальные, коллекторные и бесконтактные постоянного тока, шаговые с номинальным моментом до 10 Нм.

Ряд номинальных напряжений питания двигателей установлен ГОСТ 21128-83: для двигателей постоянного тока - 5, 12, 27, 48, 60, 110, 220, 440 В; переменного однофазного тока - 6, 12, 27, 40, 60, 110, 220 В; переменного трехфазного тока - 40, 60, 220, 380, 660 В.

Предельные отклонения напряжения питания $\pm 10\%$ от номинала, допускается назначать отклонения $+10\%$ и -15% .

Ряд номинальных мощностей установлен [ГОСТ 12139-84](#): [Машины электрические вращающиеся](#) в пределах от 10×10^{-3} Вт до 8×10^6 Вт, в том числе - 0, 10; 0,16; 0,25, 0,40; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 90; 120; 180; 250; 370; 550; 750 Вт.

Мощность двигателя при отклонениях напряжения питания в пределах допуска должна быть не ниже номинальной, установленной ГОСТ 10683-73:

для синхронных двигателей: 125, 150, 187, 214, 250, 300, 375, 428, 500, 600, 750, 1000, 1500, 3000, 6000...60 000 об/мин; предельные отклонения частоты вращения - по ряду от $\pm 0,01$ до $\pm 5\%$;

для двигателей постоянного тока: 25... 150 (через 25), 200...600 (через 100), 750, 1000, 1500, 2000, 2200, 3000...6000 (через 1000) и далее до 60 000 об/мин; предельные отклонения - от $\pm 15\%$ до $\pm 20\%$ в зависимости от вида двигателя;

для асинхронных двигателей синхронная частота вращения при частоте тока 50 Гц 100...6000 об/мин, в том числе: 750, 1000, 1500, 3000, 6000 об/мин, для высокочастотных двигателей — до 300 000 об/мин (частота тока до 10 000 Гц); предельные отклонения для двигателей мощностью до 0,67 кВт - $\pm 1,5\%$, для более мощных - до $\pm 5\%$;

для некоторых видов двигателей (шаговых, моментных, редукторных) нормируется также вращающий момент, для шаговых двигателей - дискретность шага.

Виды и исполнения отечественных электродвигателей

Установлены следующие виды исполнения электродвигателей и их условные обозначения (ГОСТ 23264-78):

ДА - асинхронный; универсальный (не указывается), однофазный О, трехфазный Т, конденсаторный К, моментный М, управляемый У;

ДС - синхронный: универсальный - О, Т, К, М, У;

ДП - коллекторный постоянного тока - М, У;

ДК - коллекторный переменного тока, универсальный - У;

ДБ - бесконтактный постоянного тока;

ДШ - шаговый.

В приводах приборов также применяются: вращающийся трансформатор ВТ; сельсин-датчик СД (дифференциальный Д);

сельсин-приемник СП (трансформаторный Т, индикаторный И, дифференциальный индикаторный ДИ).

Электрическое исполнение двигателей характеризуется исполнениями статора и ротора (ГОСТ 23264-78).

Исполнения статора предусмотрены видов С01 - С42, в том числе:

С01 - явнополюсный с сосредоточенной обмоткой, трехфазный;

С02 - то же, двухфазный, без дополнительных элементов;

С03 - то же, с пусковым и рабочим конденсаторами;

С04 - то же, с пусковым сопротивлением;

С05 - то же, с пусковым конденсатором;

С06 - то же, с экранированными полюсами;

С07 - то же, асимметричный;

С09 - явнополюсный с постоянным магнитом;

С13 - неявнополюсный с распределенной трехфазной обмоткой;

С14 - то же, с рабочим конденсатором;

С22 - неявнополюсный с постоянным кольцевым магнитом;

С25 - зубчатый с двухфазной обмоткой;

С31 - дисковый с двухфазной обмоткой;

С39 - неявнополюсный пазовый с распределенной обмоткой.

Исполнения ротора предусмотрены видов Р01 - Р51, в том числе:

Р01 - короткозамкнутый, типа «беличья клетка»;

Р02 - полый, немагнитный;

Р03 - то же, ферромагнитный;

Р05 - пазовый с проволочной обмоткой, выведенной на коллектор;

Р11 - то же, полый;

P13 - то же, дисковый;

P18 - с постоянным магнитом, полый цилиндрический;

P21 - то же, намагниченный аксиально и с ферромагнитными зубчатыми насадками;

P24 - то же, намагниченный радиально и с ферромагнитными зубчатыми кольцами;

P26 - реактивный явнополюсный массивный;

P27 - то же, с короткозамкнутой обмоткой;

P30 - гистерезисный цилиндрический;

P32 - то же, дисковый;

P34 - зубчатый ферромагнитный массивный;

P38 - то же, с сосредоточенной обмоткой;

P40 - внешний короткозамкнутый.

Дополнительные конструктивные признаки установлены видов

Д01- Д44, в том числе:

Д00 - без дополнительных признаков;

Д06 - с элементами подавления радиопомех;

Д08 - со встроенным (пристроенным) механическим редуктором;

Д09 - со встроенным (пристроенным) тахогенератором;

Д20 - со стабилизатором частоты вращения;

Д22 - с обеспечением отключения пусковых элементов;

Д23 - с температурной защитой;

Д31 - с повышенным пусковым моментом;

Д32 - с плавной регулировкой частоты вращения;

Д33 - то же, со ступенчатой регулировкой частоты вращения (часто ручной, переключателями);

Д36 - с повышенным скольжением;

Д37- маломагнитные;

Д38 - малошумные;

Д39 - с повышенной точностью установочных размеров;

Д41 - реверсивные.

Рекомендации по выбору вида, типа и мощности двигателя

электропривода

При работе электропривода с длительной постоянной нагрузкой задача выбора электродвигателя (постоянного тока, асинхронного, синхронного, серводвигателя) относительно проста.

Для электропривода, не требующего регулирования скорости в больших диапазонах ее изменения, рекомендуется применять синхронные двигатели. Эта рекомендация объясняется тем, что современный синхронный двигатель пускается в ход быстро, как и асинхронный, а его габариты меньше, и работа экономичнее, чем асинхронного двигателя той же мощности (у синхронного двигателя выше коэффициент мощности $\cos\varphi$ и больше максимальный момент M_{max} на валу). При этом у асинхронных двигателей последнего поколения можно достаточно эффективно регулировать скорость вращения, осуществлять реверс с необходимым моментом для работы электропривода, но для этого применяются специальные устройства управления. Если электродвигатель привода должен работать в условиях регулируемой частоты вращения, реверса, частых пусков, больших изменений нагрузки, то при выборе вида двигателя необходимо сопоставить условия работы электропривода с особенностями механических характеристик различных видов электродвигателей.

В электротехнике принято различать естественную и искусственную механические характеристики двигателя. Естественная характеристика соответствует номинальным (рабочим) условиям его включения, нормальной схеме соединений и отсутствию каких-либо добавочных элементов в цепях двигателя и соединении этих цепей по специальным схемам. В противном случае характеристика называется искусственной.

Важным критерием для оценки механических характеристик электродвигателя служит их жесткость:

$$\lambda = \frac{\Delta M}{\Delta n}$$

где: ΔM - изменение момента на валу двигателя;

Δn - изменение скорости вращения ротора или якоря двигателя.

В зависимости от значения жесткости принято делить механические характеристики на абсолютно жесткие, $\Delta n = 0$, $\lambda = \infty$ (синхронные двигатели, жесткие, у которых изменение частоты вращения мало $\lambda = 40 \div 10$ (линейная часть характеристики асинхронного двигателя, характеристика двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением), *мягкие* с большим изменением частоты вращения при изменении нагрузки, у которых $\lambda \leq 10$ (характеристика двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением, искусственная характеристика асинхронного двигателя с фазным ротором, искусственная характеристика двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением).

На рис. 1 представлены естественные механические характеристики различных видов двигателей.

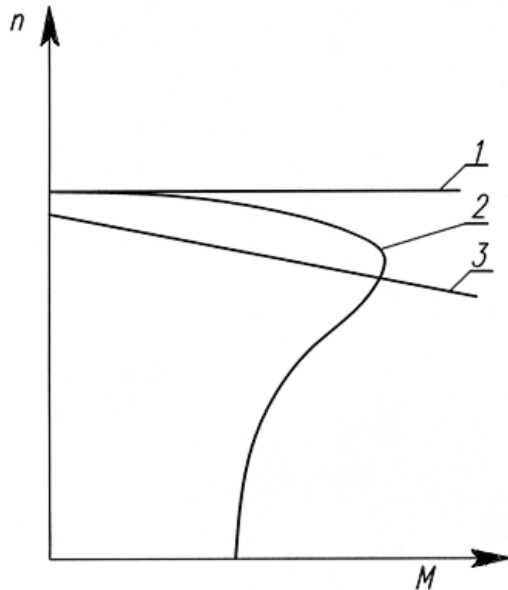


Рис. 1 Естественные механические характеристики электродвигателей

1 – жесткая синхронного электродвигателя

2 – жесткая электродвигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов

3 – мягкая асинхронного электродвигателя

Требования к жесткости механической характеристики в ряде случаев являются основанием для выбора вида двигателя.

При частых пусках и непостоянной нагрузке наиболее надежным, экономичным и простым в эксплуатации является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, но он имеет малый пусковой момент и большой момент инерции ротора.

Двигатель постоянного тока сложнее по конструкции (из-за наличия коллекторно-щеточного узла), стоит дороже, требует более тщательного ухода в эксплуатации и изнашивается быстрее, чем двигатель переменного тока. Однако в ряде случаев предпочтение отдается двигателю постоянного тока, позволяющему простыми

средствами изменить частоту вращения электропривода в широких пределах. Пусковой момент значительно больше.

Тип двигателя (его конструкцию) выбирают в зависимости от условий окружающей среды. Приходится учитывать необходимость защиты среды от возможного искрообразования в двигателе (при наличии взрывоопасной атмосферы), а также самих двигателей от попадания в них влаги, пыли, химических веществ из окружающей среды.

Во многих случаях в приводах необходимо регулировать скорость вращения ротора или якоря двигателя.

Для регулирования частоты вращения двигателя существует два надежных, но существенно несовершенных метода:

- 1) включение резисторов в цепи якорных обмоток ротора;
- 2) переключение числа пар полюсов обмотки статора.

Первый метод рационален лишь при узких пределах регулирования при постоянстве момента на валу двигателя, а второй обеспечивает лишь дискретное (ступенчатое) регулирование и практически применяется в основном для маломощных приборных приводов.

В настоящее время благодаря появлению мощных полупроводниковых приборов положение в этой области существенно изменилось. Современные электронные преобразователи дают возможность изменять в широком диапазоне частоту переменного тока, что позволяет плавно регулировать скорость вращающегося магнитного поля, а, следовательно, эффективно регулировать частоту вращения асинхронного и синхронного двигателей (получился серводвигатель).

Оптимальный выбор мощности электродвигателя для привода должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) надежность в работе;
- 2) возможность работоспособного состояния в различных условиях;
- 3) экономичность в эксплуатации.

Асинхронный электродвигатель

Асинхронный электродвигатель – электрическая асинхронная машина для преобразования электрической энергии в механическую (электромеханический преобразователь). Принцип работы асинхронного электродвигателя основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля, возникающего при прохождении трёхфазного переменного тока по обмоткам статора, с током, индуцированным полем статора в обмотках ротора, в результате чего возникают механические усилия, заставляющие ротор вращаться в сторону вращения магнитного поля с отставанием (скольжение).

Синхронный электродвигатель

Синхронной называется электрическая машина, скорость вращения n (об/мин) которой связана постоянным отношением с частотой $n = 60 \cdot f/p$ (где p - число пар полюсов машины) сети переменного тока, в которую эта машина включена. Синхронные машины могут служить генераторами переменного тока; синхронные электродвигатели применяются во всех тех случаях, когда нужен двигатель, работающий с постоянной скоростью при меняющейся нагрузке.

Электродвигатель постоянного тока

Коллекторные двигатели постоянного тока

Основным достоинством коллекторных двигателей постоянного тока является возможность регулирования частоты вращения в широком диапазоне, линейность механической и, в большинстве случаев, регулировочной характеристики, большой пусковой момент, высокое быстродействие, малая масса и объем на единицу полезной мощности и более высокий КПД по сравнению с двигателями переменного тока той же мощности.

Недостатком коллекторных двигателей постоянного тока является наличие щеточно-коллекторного узла, что ограничивает их долговечность и является источником радиопомех. Вследствие искрения на скользящем контакте эти двигатели не пригодны для эксплуатации во взрывоопасных средах.

По функциональному назначению коллекторные двигатели постоянного тока подразделяются на силовые и управляемые. В свою очередь, силовые электродвигатели выполняются со стабилизацией и без стабилизации частоты вращения.

Двигатели с центробежно-вибрационными регуляторами частоты вращения имеют стабильность скорости в пределах $\pm(2-5) \%$. Точность стабилизации частоты вращения двигателей с электронными регуляторами зависит от принятой системы стабилизации. Статическая система стабилизации обеспечивает стабильность частоты вращения до $\pm 0,5\%$, астатическая система — с точностью, определяемой стабильностью частоты эталонного источника.

Важным функциональным свойством двигателей является быстроедействие, которое определяется в основном конструктивным исполнением и видом возбуждения. Двигатели с зубцовым якорем имеют постоянную времени 30-100 мс, с полым якорем 15- 20 мс, с гладким и печатным якорями 5-10 мс.

Коллекторные двигатели постоянного тока различаются также по добротности пуска. Наилучшую добротность пуска (отношение пускового момента к пусковому току) имеют двигатели последовательного возбуждения (в приборах практически не применяются), а для двигателей с возбуждением от постоянных магнитов и с параллельным возбуждением добротность в 1,5-3 раза ниже.

Коэффициент полезного действия двигателей постоянного тока различной мощности лежит в пределах от 10% до 85% и зависит от функционального назначения двигателя, режима работы, степени использования, способа возбуждения, конструктивного исполнения. Наибольший КПД имеют двигатели с полым якорем и возбуждением от постоянных магнитов, наименьший — двигатели с электромагнитным возбуждением.

Коллекторные двигатели постоянного тока в зависимости от способа их возбуждения имеют различную жесткость механической характеристики. Двигатели с последовательным возбуждением обеспечивают наименьшую стабильность частоты вращения, поскольку они имеют мягкую механическую характеристику. Двигатели с параллельным возбуждением и с возбуждением от постоянных магнитов вследствие повышенной жесткости механической характеристики имеют более стабильную частоту вращения, а с

применением специальных устройств - регуляторов скорости (центробежно-вибрационных или электронных) достигается стабильность частоты вращения от 5 до 0,5% и выше.

Для регулирования частоты вращения двигателей с параллельным возбуждением и с возбуждением от постоянных магнитов применяется в основном якорное управление, т. е. изменение напряжения питания якорной цепи, при этом механическая характеристика, не изменяя жесткости, смещается параллельно своему положению при $U = U_{ном}$.

Шаговые электродвигатели

Режимы работы шаговых двигателей

Характер движения ротора шагового двигателя определяется частотой и характером изменения управляющих импульсов. В зависимости от этого различают следующие режимы работы шаговых двигателей: статический; квазистатический; установившейся; переходный. Статический режим – это режим, при котором по обмоткам статора протекает постоянный ток, создающий неподвижное в пространстве магнитное поле, а ротор не вращается. Под действием нагрузки ротор лишь отклоняется от положения $M = 0$ на некоторый угол φ . Основной характеристикой этого режима является зависимость статического синхронизирующего момента от угла рассогласования $M = f(\varphi)$. Квазистатический режим – это режим отработки единичных шагов, при котором переходные процессы от предыдущего такта коммутации полностью затухли, и скорость ротора в начале следующего шага равна нулю.

Установившийся режим – это режим, соответствующий постоянной частоте следования управляющих импульсов. При частоте управляющих импульсов, меньшей частоты собственных колебаний двигателя f_0 , движение ротора носит колебательный характер (напоминает движение сейсмической массы на пружине), что увеличивает динамическую ошибку при отработке заданного угла и может наблюдаться явление пропуска шага. Для устойчивой работы шагового двигателя необходимо, чтобы

$$M_n/M_{max} < 0,3 - 0,5, \text{ а } J_n/J_p < 1 - 2,$$

где: J_n – момент инерции нагрузки, приведенный к валу электродвигателя, J_p – момент инерции ротора электродвигателя.

Переходный режим – это основной эксплуатационный режим работы шагового двигателя. Он включает в себя пуск, реверс, торможение, переход с одной управляющей частоты на другую. Физические процессы в переходных режимах определяются как параметрами двигателя и его нагрузки, так и начальными условиями, при которых начинается переходный процесс. Основное требование к шаговому двигателю в переходных режимах заключается в отсутствии потери шага, т.е. сохранение синхронизма при любом допустимом характере изменения управляющих импульсов. Пуск шагового двигателя осуществляется из неподвижного положения ротора, которое он занимает при установившихся значениях токов в обмотках, путем скачкообразного увеличения частоты управляющих импульсов от нуля до рабочей. При этом ротор вначале отстает от поля, затем, ускоряясь, достигает частоты вращения поля, опережает его и вследствие отрицательного синхронизирующего момента снова замедляет свое движение. Вследствие демпфирования колебания

скорости вращения быстро затухают, наступает установившийся режим.

Максимальная частота управляющих импульсов, при которой возможен пуск без потери шага, называется частотой приемистости $f_{пр}$. Частота приемистости растет с увеличением максимального синхронизирующего момента, уменьшением шага, снижением постоянной времени обмоток, момента нагрузки и момента инерции нагрузки. Для современных шаговых двигателей $f_{пр} = 100-1000$ Гц.

Предельная частота, при которой ротор останавливается без потери шага, как правило, выше частоты приемистости, что объясняется внутренним демпфированием – электромагнитным тормозным моментом, моментом сопротивления нагрузки и трением в опорах. Реверс шагового двигателя производится путем изменения последовательности коммутации токов в обмотках, приводящего к изменению направления вращения магнитного поля на обратное. Предельная частота управляющих импульсов, при которой реализуется реверс без потери шага, всегда меньше частоты приемистости и составляет $(0,2-0,5) f_{пр}$, а по времени процесс переключения достигает десятых долей секунды на холостом ходу.

В среднем шаговый двигатель без нагрузки может набирать скорость 120 об/мин за секунду.

При аварийной остановке под напряжением шаговый электродвигатель не выходит из строя в отличие от других электродвигателей. Для охлаждения достаточно толстостенного корпуса электродвигателя из сплава алюминия, присоединенного к корпусу электропривода.

Синхронные серводвигатели

Синхронные серводвигатели представляют собой трехфазные электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов и датчиками положения ротора. Высочайшая динамика в сочетании с прецизионной точностью, заключенные в сверхкомпактном корпусе, – вот отличительные особенности синхронного серводвигателя (часто просто серводвигателя). Также основным достоинством является очень низкий момент инерции ротора, что позволяет реализовать очень высокое быстродействие, время разгона на номинальную частоту вращения за десятки миллисекунд и реверс с полной скорости при номинальном моменте нагрузки в пределах одного оборота вала двигателя.

Синхронные серводвигатели хорошо сочетаются с импульсными системами программного управления и идеальны для применения там, где необходимо:

- 1) позиционирование рабочих органов с высокой точностью;
- 2) поддержание крутящего момента с высокой точностью;
- 3) поддержание скорости вращения или перемещения рабочего органа с высокой точностью.

Основными областями применения синхронного серводвигателя являются привод высокой точности и надежности, позиционные системы высокого быстродействия.

Серводвигатели всегда работают в замкнутом контуре. Угловое разрешение зависит от типа встроенного энкодера и может достигать 1 млн. импульсов на оборот. Типовая точность поддержания скорости: $\pm 0,01\%$ на номинальной скорости при изменении нагрузки на 100%. Диапазон регулирования скорости серводвигателей обычно бывает не

меньше 1:5000. Во всем диапазоне скоростей серводвигатель может работать с номинальным крутящим моментом.

Сервосистемы находят свое применение там, где обычный регулируемый или нерегулируемый привод не может обеспечить требуемую точность, динамичность или не подходит по размерам двигателя. Благодаря жесткости механической характеристики серводвигателя сервопривод переменного тока активно заменяет привод постоянного тока и с шаговым двигателем.

Климатическое исполнение электрических машин

Климатическое исполнение электрических машин определяется ГОСТ 15150-69. В соответствии с климатическими условиями обозначается следующими буквами:

У(N) – умеренный климат,

ХЛ(NF) – холодный климат,

ТВ(TH) – тропический влажный климат,

ТС(TA) – тропический сухой климат,

О(U) – все климатические районы, на суше, реках и озерах,

М – умеренный морской климат,

ОМ – все районы моря,

В – все макроклиматические районы на суше и на море.

Категории размещения

1. На открытом воздухе.
2. Помещения, где колебания температуры и влажности не существенно отличаются от колебаний на открытом воздухе.

3. Закрытые помещения с естественной вентиляцией без искусственного регулирования климатических условий. Отсутствуют воздействия песка и пыли, солнца и воды (дождь).

4. Помещения с искусственным регулированием климатических условий. Отсутствуют воздействия песка и пыли, солнца и воды (дождь), наружного воздуха.

5. Помещения с повышенной влажностью (длительное наличие воды или конденсированной влаги).

Климатическое исполнение и категория размещения вводятся в условное обозначение типа электротехнического изделия.

Например, 4A200M2 У3, где; У – климатическое исполнение, 3 – категория размещения.

Степень защиты от проникновения твердых тел и жидкости

Система классификации степеней защиты оболочки электрооборудования от проникновения воды и твёрдых предметов определяется ГОСТ 14254-80 в соответствии с международным (*IP*, или *International Protection*) стандартом *IEC 60529 (DIN 40050)*. ГОСТ устанавливает 7 степеней защиты (от 0 до 6) от попадания внутрь твердых тел и от 0 до 8 – от проникновения жидкости.

Таблица 1

Обозначение степеней защиты

Обо значение степеней защиты	Защита от проникновения твердых тел и соприкосновения персонала с токоведущими и вращающимися частями.	Защита от проникновения воды.
0	Специальная защита отсутствует.	

1	Большого участка человеческого тела, например, руки и твердых тел размером более 50 мм.	Капель, падающих вертикально.
2	Пальцев или предметов длиной не более 80 мм и твердых тел размером более 12 мм.	Капель при наклоне оболочки до 15° в любом направлении относительно нормального положения.
3	Инструмента, проволоки и твердых тел диаметром более 2,5 мм.	Дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали.
4	Проволоки, твердых тел размером более 1 мм.	Брызг, падающих на оболочку в любом направлении.
5	Пыли в количестве, достаточном для нарушения работы изделия.	Струй, выбрасываемых в любом направлении.
6	Защита от пыли полная (пыленепроницаемые).	Волн (вода при волнении не должна попасть внутрь).
7	-	При погружении в воду на короткое время.
8	-	При длительном погружении в воду.

Применительно к электродвигателям существуют следующие виды исполнения:

1. Защищенные *IP21*, *IP22* (не ниже).
2. Брызгозащищенные, каплезащищенные *IP23*, *IP24*
3. Водозащищённые *IP55*, *IP56*

4. Пылезащищённые *IP65, IP66*

5. Закрытое *IP44 – IP54*, у этих двигателей внутреннее пространство изолировано от внешней среды

6. Герметичное *IP67, IP68*. Эти электродвигатели выполнены с особо плотной изоляцией от окружающей среды.

Электроприводы.

Термины и определения по ГОСТ Р 50369-92

Стандарт Р 50369-92 устанавливает термины и определения понятий в области электроприводов.

Термины, установленные данным стандартом, обязательны для применения во всех видах документации и литературы в области электроприводов, входящих в сферу работ по стандартизации и (или) использующих результаты этих работ.

1. Для каждого понятия установлен один стандартизованный термин.

2. Заключенная в круглые скобки часть термина может быть опущена при использовании термина в документах по стандартизации.

В алфавитном указателе данные термины приведены отдельно с указанием номера одной статьи.

3. Приведенные определения можно при необходимости изменять, вводя в них производные признаки, раскрывая значения используемых в них терминов, указывая объекты, входящие в объем определяемого понятия. Изменения не должны нарушать объем и содержание понятий, определенных в настоящем стандарте.

Общие понятия

1. **Электропривод** - электромеханическая система, состоящая в общем случае из взаимодействующих преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса

2. **Преобразователь электрической энергии**, преобразователь электроэнергии - электротехническое устройство, преобразующее электрическую энергию с одними значениями параметров и/или показателей качества в электрическую энергию с другими значениями параметров и/или показателей качества.

Примечание. Преобразование параметров может осуществляться по роду тока, напряжению, частоте, числу фаз, фазе напряжения.

3. **(Электро) двигатель (электропривода)** - электромеханический преобразователь, предназначенный для преобразования электрической энергии в механическую.

Примечание. В некоторых режимах работы электропривода электродвигатель осуществляет обратное преобразование энергии.

4. **Механическая передача (электропривода)** - механический преобразователь, предназначенный для передачи механической энергии от электродвигателя к исполнительному органу рабочей

машины и согласованию вида и скоростей их движения (рабочая машина – термин ТММ).

5. Управляющее устройство (электропривода) - устройство, предназначенное для формирования управляющих воздействий в электроприводе.

6. Информационное устройство (электропривода) - устройство, предназначенное для получения, преобразования, хранения, распределения и выдачи информации о переменных электропривода, технологического процесса и сопредельных систем для использования в системе управления электропривода и внешних информационных системах

7. Устройство сопряжения (электропривода) - совокупность электрических и механических элементов, обеспечивающих взаимодействие электропривода с сопредельными системами и отдельных частей электропривода

8. Система управления электропривода - совокупность управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения электропривода, предназначенных для управления электромеханическим преобразованием энергии с целью обеспечения заданного движения исполнительного органа рабочей машины .

9. Система управления электроприводом - внешняя по отношению к электроприводе система управления более высокого уровня, поставляющая необходимую для функционирования электропривода информацию

Виды электропривода по функциональному назначению

10. **Электропривод вращательного движения** - электропривод, обеспечивающий вращательное движение исполнительного органа рабочей машины.

11. **Электропривод поступательного движения** - электропривод, обеспечивающий поступательное линейное движение исполнительного органа рабочей машины.

12. **Электропривод возвратно-поступательного (вибрационного) движения** - электропривод, обеспечивающий возвратно-поступательное (вибрационное) движение исполнительного органа рабочей машины.

13. **Электропривод непрерывного движения** - электропривод, обеспечивающий непрерывное движение исполнительного органа рабочей машины

14. **Электропривод дискретного движения** - электропривод, обеспечивающий дискретное перемещение исполнительного органа рабочей машины

15. **Моментный электропривод** - электропривод, обеспечивающий заданный момент или усилие на исполнительном органе рабочей машины

16. **Позиционный электропривод** - электропривод, обеспечивающий перемещение и установку исполнительного органа рабочей машины в заданное положение

17. **Реверсивный электропривод** - электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины в любом из двух противоположных направлениях

18. Неревверсивный электропривод - электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины только в одном направлении

19. Регулируемый электропривод - электропривод, обеспечивающий управляемое изменение координат движения исполнительного органа рабочей машины.

20. Нерегулируемый электропривод - электропривод, не обеспечивающий управляемое изменение координат движения исполнительного органа рабочей машины.

21. Многоскоростной электропривод - электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины с любой из двух или более фиксированных скоростей.

22. Многокоординатный электропривод - электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины по двум или более пространственным координатам

23. Электропривод согласованного движения - электропривод, обеспечивающий согласованное движение двух или более исполнительных органов рабочей машины

24. Главный электропривод - электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины, выполняющего главную технологическую операцию.

25. Вспомогательный электропривод - электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины, выполняющего вспомогательную технологическую операцию.

26. Следящий электропривод - электропривод, обеспечивающий перемещение исполнительного органа рабочей

машины в соответствии с произвольно изменяющимися задающими сигналами.

27. Программно-управляемый электропривод - электропривод, обеспечивающий перемещение исполнительного органа рабочей машины в соответствии с заданной программой.

28. Адаптивный электропривод - электропривод, автоматически избирающий структуру и/или параметры своей системы управления при изменении возмущающих воздействий.

29. Электропривод с регулированием энергетических показателей - электропривод, работающий с заданным законом изменения одного или нескольких своих энергетических показателей

30. Неавтоматизированный электропривод - электропривод, все операции управления которым выполняет оператор.

31. Автоматизированный электропривод - электропривод, часть операций управления в котором выполняют соответствующие устройства управления без участия оператора.

Виды электроприводов по физическим принципам преобразования электрической энергии в механическую

32. Электромашинный электропривод - электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется электрическими машинами на основе взаимодействия электромагнитных полей и проводников с током.

33. Электромагнитный электропривод - электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется устройством на основе взаимодействия электромагнитного поля и ферромагнитных тел.

34. Электростатический электропривод - электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется устройством на основе взаимодействия электростатического поля и электрических зарядов.

35. Пьезоэлектрический (магнитострикционный) электропривод - электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется устройствами на основе пьезоэлектрического (магнитострикционного) эффекта.

Структуры электропривода

36. Электропривод с разомкнутой (замкнутой) системой управления - электропривод, в котором отсутствует (имеется) обратная связь по регулируемой координате электропривода или по возмущению, воздействующая на управляющее устройство.

37. Электрический вал - взаимосвязанный электропривод, обеспечивающий синхронное движение двух или более исполнительных органов рабочей машины, не имеющих механической связи.

38. Редукторный (безредукторный) электропривод - электропривод, механическая передача которого содержит [не содержит] редуктор.

39. Маховичный электропривод - электропривод вращательного движения, механическая передача которого содержит маховик.

40. Дифференциальный электропривод - многодвигательный электропривод, у которого скорость и момент на исполнительном органе рабочей машины алгебраически суммируются с помощью механического дифференциала.

41. Групповой электропривод - электропривод с одним электродвигателем, обеспечивающий движение исполнительных органов нескольких рабочих машин или нескольких исполнительных органов одной рабочей машины.

42. Индивидуальный электропривод - электропривод, обеспечивающий движение одного исполнительного органа рабочей машины

43. Взаимосвязанный электропривод - два или несколько электрически или механически связанных между собой электроприводов, при работе которых поддерживается заданное соотношение их скоростей и/или нагрузок, и/или положения исполнительных органов рабочих машин

44. Многодвигательный электропривод - электропривод, содержащий несколько электродвигателей, механическая связь между которыми осуществляется через исполнительный орган рабочей машины.

45. Электрический каскад - регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с фазным ротором, в котором энергия скольжения возвращается в электрическую сеть

46. Электромеханический каскад - регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с фазным ротором, в котором энергия скольжения преобразуется в механическую и передается на вал этого двигателя.

47. Электропривод с общим преобразователем - электропривод, преобразователь электроэнергии которого питает два или несколько двигателей.

48. Электропривод с общим суммирующим усилителем - регулируемый электропривод, в преобразовательном информационном устройстве которого сигналы управляющего воздействия и обратных связей по регулируемым координатам электропривода суммируются на одном общем усилителе.

49. Электропривод с подчиненным регулированием координат - регулируемый электропривод, в управляющем устройстве которого регуляторы по числу регулируемых координат электропривода соединяются последовательно, образуя систему замкнутых контуров регулирования, в которой выходной сигнал регулятора внешнего контура является входным сигналом регулятора внутреннего, подчиненного ему, контура.

50. Электропривод с аналоговым преобразователем - электропривод, выходные координаты преобразователя электроэнергии которого принимают любые значения от нуля до максимально допустимого.

51. Электропривод с релейным преобразователем - электропривод, выходные координаты преобразователя электроэнергии которого принимают два или три фиксированных значения.

52. Электропривод с импульсным преобразователем - электропривод, преобразователь электроэнергии которого периодически с регулируемой скважностью включает и отключает подводимое к электродвигателю напряжение или изменяет параметры электрической цепи двигателя.

53. Электропривод с инвертором тока (напряжения) - электропривод переменного тока, преобразователь электроэнергии которого содержит инвертор тока (напряжения).

54. Электропривод с источником тока - электропривод, преобразователь которого обладает свойствами источника тока.

Техническая реализация электроприводов

55. Электропривод постоянного (переменного) тока - электропривод, содержащий электродвигатель постоянного [переменного] тока.

56. Взрывозащищенное электрооборудование - электрооборудование специального назначения, которое выполнено таким образом, что устранена или затруднена возможность воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого изделия (ГОСТ 18311).

Под электрооборудованием понимается электрооборудование, входящее в электропривод.

57. Электропривод с вентильным двигателем - электропривод с синхронным двигателем с электронным коммутатором напряжения, к которому подключена обмотка статора, и датчиком положения ротора, установленным на вал двигателя и управляющим работой коммутатора в зависимости с положения ротора.

58. Система «генератор-двигатель» (статический преобразователь-двигатель) - электропривод, имеющий электромашинный преобразователь (статический преобразователь электроэнергии).

59. Электропривод с электромеханотронным преобразователем - электропривод, содержащий устройство,

объединяющее электромеханический преобразователь с обеспечивающим его функционирование электронными компонентами управления, диагностики и защиты.

60. Тиристорный электропривод - электропривод, содержащий тиристорный преобразователь электроэнергии.

61. Электропривод с релейно-контакторным (бесконтактным) управлением - электропривод, управляющее устройство которого реализуется на основе релейно-контакторной (бесконтактной) аппаратуры.

62. Электропривод с силовыми резисторами - электропривод, координаты которого регулируются путем изменения сопротивления резисторов, включаемых в силовую цепь электродвигателя

63. Электропривод с жесткой программой - электропривод, в состав устройства управления которого входят средства, не допускающие изменения программы без изменения аппаратуры и структуры электропривода.

64. Электропривод с тормозным устройством (с управляемой муфтой) - электропривод, механическая передача которого содержит тормозное устройство (управляемую муфту).

Математическое описание электропривода

65. Координата электропривода - любая электрическая, механическая, магнитная, тепловая переменная, принятая для описания состояния электропривода и управления его состоянием.

66. Элемент приведения (электропривода) - один из движущихся элементов механической части электропривода, как правило вал электродвигателя, к которому приводятся, значения параметров и переменных всех других элементов

67. Номинальная скорость электропривода - скорость элемента приведения электропривода при номинальном статическом моменте или силе*

* Здесь и далее: «момент» - для вращательного электропривода; «сила» - для электропривода поступательного движения.

68. Скорость холостого хода электропривода - скорость элемента приведения электропривода при моменте или силе, равным нулю.

69. Одномассовая схема электропривода - расчетная схема механической части электропривода, представленная элементом приведения с моментом инерции, равным сумме приведенных моментов инерции и масс всех движущихся элементов механической части электропривода.

70. Многомассовая схема электропривода - расчетная схема механической части электропривода, представленная двумя или более элементами приведения

71. Статический перепад координаты электропривода - разность двух значений координаты электропривода, соответствующая двум значениям статического режима

72. Динамический перепад координаты электропривода - максимальная разность между мгновенным и конечным значениями координаты электропривода, возникающая в процессе его перехода от одного статического режима к другому.

73. Электромеханическая постоянная времени электропривода - отношение момента инерции электропривода к статической жесткости механической характеристики электродвигателя.

74. Момент инерции электропривода - сумма моментов инерции всех движущихся масс электропривода при приведении их к скорости элемента приведения электропривода.

75. Динамический момент (сила) электропривода - момент (сила), приложенный к элементу приведения, электропривода, равный разности моментов (сил) электродвигателя и статической нагрузки.

76. Допустимая по нагреву нагрузка электропривода - зависимость момента или силы статической нагрузки от времени, допустимая по условиям нагрева лимитирующего элемента электропривода при данных условиях охлаждения.

77. Статическая жесткость механической характеристики электропривода - отношение разности моментов или сил, соответствующих двум статическим режимам к разности скоростей электропривода в этих режимах при линеаризации механической характеристики электропривода на этом участке.

78. Диапазон регулирования координаты электропривода - отношение средних максимального и минимального значений регулируемой координаты электропривода при заданном диапазоне изменения возмущающих воздействий

79. Плавность регулирования координаты электропривода - отношение разности двух соседних значений координаты электропривода к ее номинальному значению.

80. Точность регулирования координаты электропривода - отношение изменения регулируемой координаты электропривода при изменении возмущения в заданном диапазоне к ее среднему значению.

81. Средневзвешенный коэффициент полезного действия электропривода - отношение полезной механической работы исполнительного органа рабочей машины за заданный интервал времени к электрической энергии, потребленной за этот же интервал времени.

82. Динамическая жесткость механической характеристики электропривода - передаточная функция, связывающая момент и скорость электродвигателя электропривода.

Функционирование электропривода

83. Механическая характеристика электропривода - зависимость, связывающая скорость и момент или силу элемента приведения электропривода.

84. Электромеханическая характеристика электропривода - зависимость, связывающая скорость электродвигателя, электропривода и ток якоря.

85. Статический режим работы электропривода - режим электропривода, в котором значение основной координаты электропривода, обычно скорости, неизменно.

86. Динамический режим работы электропривода - режим электропривода, в котором значение основной координаты электропривода изменяется.

87. Динамическая характеристика электропривода - зависимость между мгновенными значениями двух координат электропривода для одного и того же момента времени переходного режима работы электропривода.

88. Переходный режим работы электрооборудования - режим перехода от одного установившегося режима работы электрооборудования к другому (ГОСТ 18311-80).

89. Установившийся режим работы электрооборудования - режим работы электрооборудования, при котором значения всех параметров режима практически неизменны или изменяются периодически (ГОСТ 18311-80).

* Под электрооборудованием здесь понимается электрооборудование, входящее в электропривод.

90. Допустимая по нагреву частота включения электропривода - частота следующих друг за другом включений электропривода с последующим отключением, при которой температура электродвигателя не превышает допустимой.

Режимы работы электрических машин по ГОСТ 18311-80

Дата последнего изменения: 18.10.2016

(ГОСТ 183-74. Статус: утратил силу в РФ)

Режим - установленная последовательность нагрузок, холостого хода и периодов покоя и полного отключения машины.

Продолжительность включения (ПВ) - отношение длительности работы машины под нагрузкой, включая пуск и торможение, к длительности рабочего цикла, выраженное в процентах (или долях).

Продолжительность включения измеряется в процентах или долях, и определяется по следующей формуле:

$$ПВ\% = \frac{t_P}{t_P + t_{II}} \cdot 100\% ,$$

где

t_P - время включения двигателя в работу;

$t_{\text{п}}$ - продолжительность пауз за время цикла работы.

Имеется четыре стандартных величины ПВ: 15%, 25%, 40% и 60%.

Если продолжительность включения электродвигателя равна одной из трёх стандартных, то двигатель выбирается по каталогу электродвигателей с данной ПВ% в зависимости от требуемой мощности. Если же ПВ двигателя отличается от стандартной, то требуемую мощность электродвигателя необходимо скорректировать по формуле:

$$P_{\text{тп}} = P_{\text{р}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}_1}{\text{ПВ}_{\text{ст}}}}$$

где:

$P_{\text{тп}}$ - требуемая мощность электродвигателя;

$P_{\text{р}}$ - потребляемая мощность электродвигателя;

ПВ₁ - фактическая ПВ электродвигателя;

ПВ_{ст} - ближайшая из стандартных ПВ.

Указанные в каталогах мощности электродвигателей приводятся для «Продолжительного режима работы S1». Если же двигатель будет работать в других режимах, к примеру, S2 или S3, то нагревание его будет происходить медленнее, что позволит увеличить нагрузку на некоторое время. Для режима S2 допускается увеличение нагрузки на 50% на период времени 10 минут, 25% - 30 минут, 10% - 90 минут. S1 – S3 являются основными режимами работы, а S4 – S10 были введены для расширения возможностей первых, и предоставления более широкого ряда электродвигателей под конкретные задачи.

Уменьшение время активной работы электродвигателя в цикле дает возможность производителям увеличить плотность тока в обмотках и

тем самым уменьшить массу, габариты и увеличить КПД. Во время стоянки двигатель успеет остыть.

В ГОСТе 8865-93 (МЭК 85-84) четко обозначены классы изоляции обмоток по нагревостойкости с привязкой к соответствующим значениям температуры. Начинается классификационный ряд с температуры 90 град. (класс Y), далее А – 105 град., Е – 120 град., В – 130 град., F – 155 град., Н – 180 град. Маломощные электродвигатели изготавливаются с классом изоляции Е.

Следует учесть, что увеличение рабочей температуры на 10% сокращает срок службы электродвигателей в два раза.

Определение режима работы

Режим работы электрических машин устанавливает потребитель (заказчик), который может описывать режим одним из следующих способов:

- а) численно, когда нагрузка не изменяется или изменяется известным образом;
- б) временным графиком переменных величин;
- в) путем выбора одного из типовых режимов от S1 до S10, не менее тяжелого, чем ожидаемый режим в эксплуатации.

Типовой режим должен быть обозначен соответствующей аббревиатурой, записанной после номинальной (базовой) нагрузки.

Выражения для коэффициента циклической продолжительности включения приведены на рисунках 2-11, соответствующих каждому типовому режиму.

Момент инерции двигателя J_d обеспечивается изготовителем, а значения момента инерции приводимого механизма указываются заказчиком.

В случае, когда потребитель (заказчик) не устанавливает типовой режим, производитель считает, что предполагается использование машины для работы в типовом режиме S1 (продолжительном режиме).

Допускаются другие, отличные от указанных, типовые режимы работы или использование электрических машин в нескольких типовых режимах, что должно устанавливаться в стандартах или технических условиях на машины конкретных типов.

Типовые режимы

Типовые режимы от S1 до S10 установлены специально ГОСТ Р 52776-2007 (МЭК 60034-1-2004) для применения при выборе электродвигателя. Текущий **статус** документа: действующий. Дата последнего изменения: 18.10.**2016**.

1. Типовой режим S1 – продолжительный режим.

Режим работы электрических машин с постоянной нагрузкой и продолжительностью, достаточной для достижения практически установившегося теплового состояния (рисунок 2). Условное обозначение режима – S1.

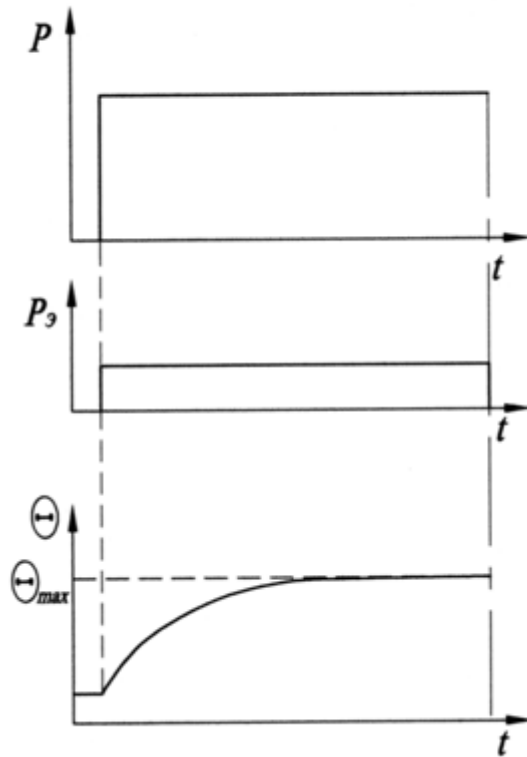


Рис.2. Условное графическое обозначение режима S1.

P - нагрузка; $P_{э}$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_p - время работы с постоянной нагрузкой.

Пример.

При неизменной статической нагрузке целесообразно выбирать двигатель, для которого режим S1 является номинальным. При этом должны выполняться условия:

$$M_c \leq M_{ном} / h_o; P_c \leq P_{ном} / h_o \quad (1)$$

где $M_{ном}$ - номинальный момент электродвигателя Н·м,

h_o - общий коэффициент полезного действия механизма,

P_c - мощность нагрузки, статическая Вт,

M_c - момент нагрузки, который действует всегда, часто называют статическим, приведённый к валу двигателя,

2. Типовой режим S2 - кратковременный режим

Режим работы при постоянной нагрузке в течение определенного времени, недостаточного для достижения практически установившегося теплового состояния, за которым следует состояние покоя длительностью, достаточной для того, чтобы температура машины сравнялась с температурой охлаждающей среды (хладагента) с точностью до 2 К (рисунок 3).

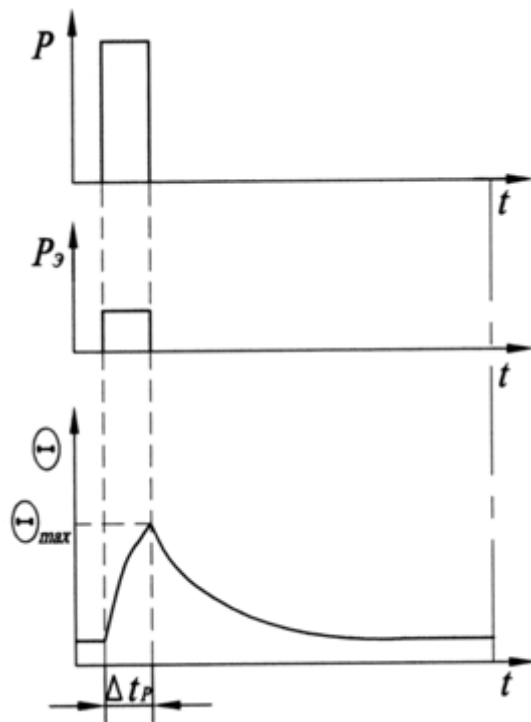


Рис.3. Условное графическое обозначение режима S2.

P - нагрузка; $Pэ$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_p - время работы с постоянной нагрузкой

Условное обозначение режима - S2, за которым следует указание длительности периода нагрузки. Определяют следующие значения продолжительности кратковременной работы 10, 30, 60 и 90 минут.

Пример: S2 60 мин.

Работа электродвигателя при неизменной нагрузке P в течение времени Δt_p , недостаточного для достижения установившейся температуры всеми частями электродвигателя, после чего следует остановка электродвигателя на время, достаточное для охлаждения всех частей электромотора до температуры, не более чем на 2°C превышающей температуру окружающей среды.

Например: при ПВ = 60% может быть $P_{S1}/1,3$

ПВ=40% - $P_{S1}/1,6$

ПВ=25% - $P_{S1}/2$

ПВ=15% - $P_{S1}/2,6$

При этом необходимо соблюдать условие:

$$\frac{P_{S2}}{P_{S1}} \leq 0,8 \cdot \frac{M_{\text{каталога}}}{M_{\text{нагрузки}}} \quad (2)$$

Для режима S2 допускается увеличение нагрузки на 50% на период времени 10 минут, 25% - 30 минут, 10% - 90 минут. S1 – S3 являются основными режимами работы, а S4 - S8 были введены для расширения возможностей первых, и предоставления более широкого ряда электродвигателей под конкретные задачи.

3. Типовой режим S3 - повторно-кратковременный периодический.

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых включает в себя время работы при постоянной нагрузке и

время покоя (рисунок 4). В этом режиме цикл работы таков, что пусковой ток не оказывает существенного влияния на повышение температуры.

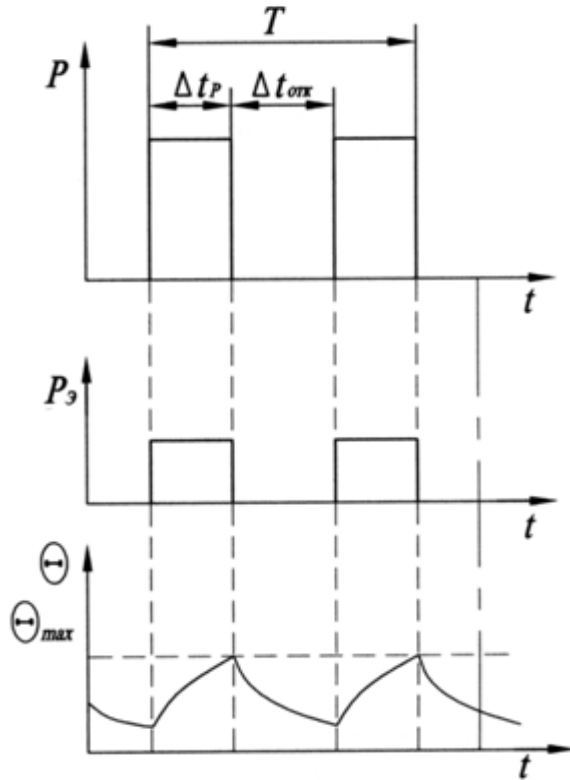


Рис. 4. Условное обозначение режима S3

P - нагрузка; $Pэ$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_p - время работы с постоянной нагрузкой; T - время одного цикла нагрузки; $\Delta t_{отк}$ - время остановки или отключения питания машины. Коэффициент циклической продолжительности включения ПВ равен $\Delta t_p/T$.

Условное обозначение режима - S3, далее следует коэффициент циклической продолжительности включения. Определяются следующие значения относительной продолжительности работы: пример: S3 25%.

Для случая, когда $PВ > 10...80\%$ возможен выбор двигателя, предназначенного для режима S1, для которого следует принять $PВ = 100\%$.

4. Типовой режим S4 - повторно-кратковременный, периодический режим с частыми пусками.

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых содержит относительно длинный пуск, время работы с постоянной нагрузкой и время покоя (рисунок 5).

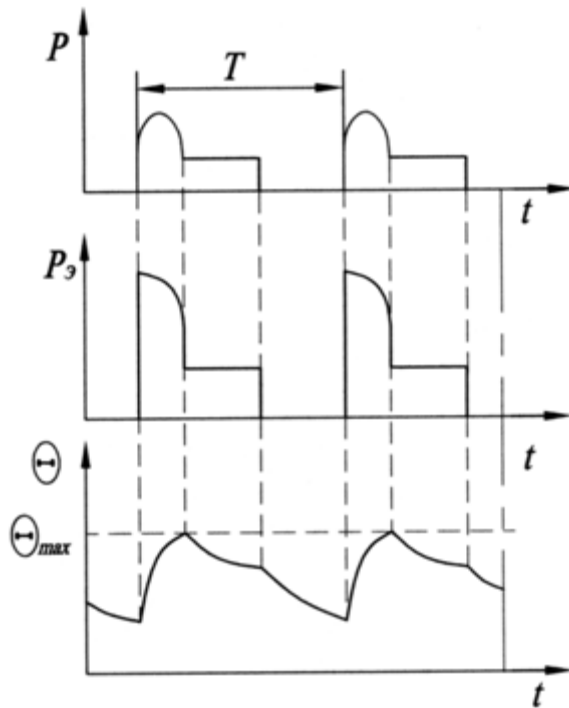


Рис. 5. Условное обозначение режима S4.

P - нагрузка; $P_э$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_p - время работы с постоянной нагрузкой; T - время одного цикла нагрузки; $\Delta t_{отк}$ - время остановки или отключения питания машины.

Условное обозначение режима - S4, далее следуют коэффициент циклической продолжительности включения, момент инерции двигателя J_d и момент инерции нагрузки $J_{нагр}$, причем оба момента отнесены к валу двигателя.

Пример: S4 25%; $J_d = 0,15 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{нагр} = 0,7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Примечание. Для режима S4 рекомендуемое число пусков в час составляет 30, 60, 120, 240, если иное не оговорено в стандартах или технических условиях.

5. Типовой режим S5 - повторно-кратковременный периодический режим с электрическим торможением.

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых состоит из времени пуска, времени работы с постоянной нагрузкой, времени электрического торможения и времени покоя (рисунок 6).

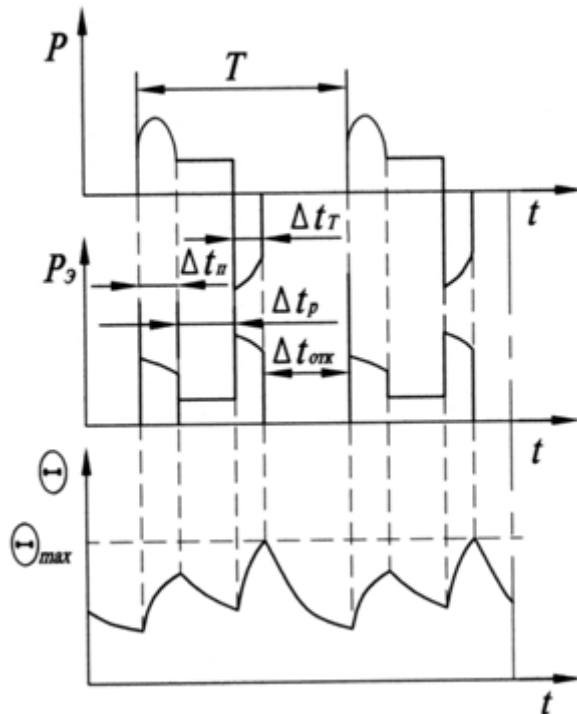


Рис. 6. Условное обозначение режима S5

P - нагрузка; $P_{\text{э}}$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_{p} - время работы с постоянной нагрузкой; T - время одного цикла нагрузки; $\Delta t_{\text{отк}}$ - время остановки или отключения питания машины.

Условное обозначение режима - S5, далее следуют коэффициент циклической продолжительности включения, момент инерции двигателя $J_{\text{д}}$ и момент инерции нагрузки $J_{\text{нагр}}$, причем оба момента тнесены к валу двигателя.

Пример: S5 25%; $J_{\text{д}} = 0,15 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{\text{нагр}} = 0,7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Примечание. Для режима S5 рекомендуемое число пусков в час составляет 30, 60, 120, 240, если иное не оговорено в стандартах или технических условиях. Вид нагрузка типа «лифт».

6. Типовой режим S6 - непрерывный периодический режим с кратковременной нагрузкой.

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых состоит из времени работы при постоянной нагрузке и времени работы на холостом ходу. Время покоя отсутствует (рисунок 7).

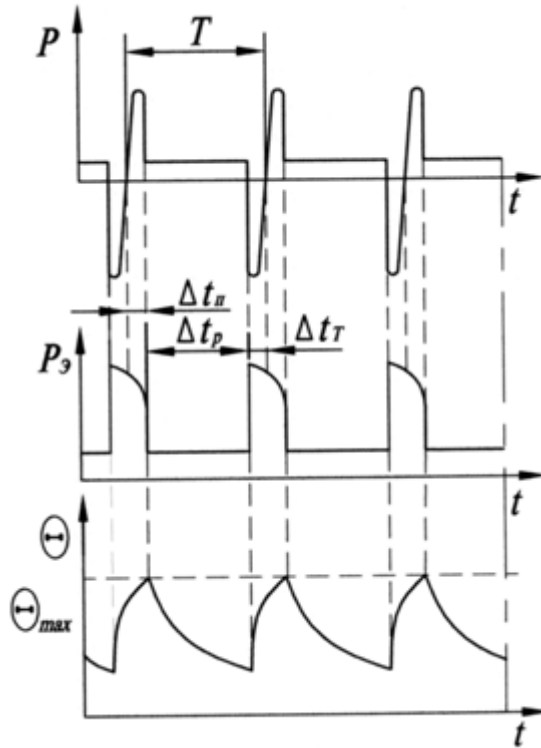


Рис. 7. Условное обозначение режима S6

P - нагрузка; $P_э$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; $\Delta t_р$ - время работы с постоянной нагрузкой; T - время одного цикла нагрузки; цикла нагрузки; ; Δt_0 - время работы без нагрузки.

Коэффициент циклической продолжительности включения ПВ равен $\Delta t_р/T$.

Условное обозначение режима - S6, далее следует коэффициент циклической продолжительности включения.

Пример: S6 40%.

7. Типовой режим S7 - непрерывный периодический режим с электрическим торможением.

Для режима характерна последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых состоит из времени пуска, времени работы при постоянной нагрузке и времени электрического торможения. Время покоя отсутствует (рисунок 7).

Условное обозначение режима - S7, далее следуют моменты инерции двигателя J_d и момент инерции нагрузки $J_{нагр}$, которые отнесены к валу двигателя.

Пример: S7; $J_d = 0,4 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{нагр} 7,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Примечание. Для режима S7 рекомендуемое число пусков в час составляет 30, 60, 120, 240, если иное не оговорено в стандартах или технических условиях.

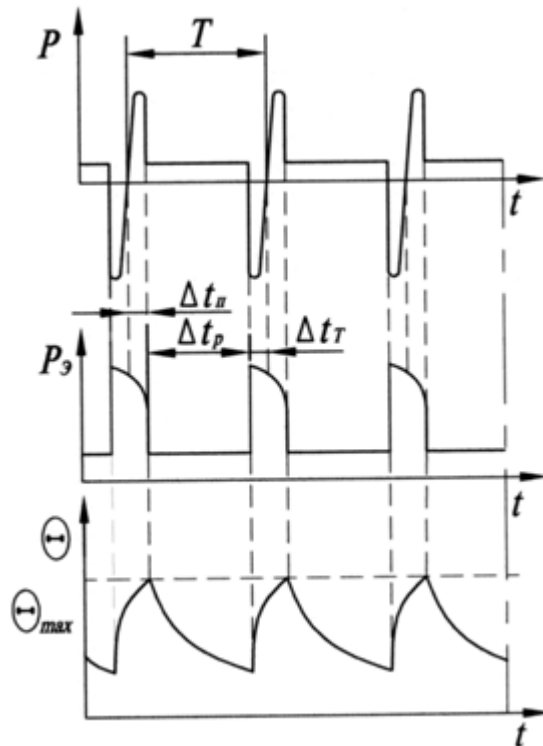


Рис. 8. Условное обозначение режима S7

P - нагрузка; P_s - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_p - время работы с

постоянной нагрузкой; T - время одного цикла нагрузки; цикла нагрузки; ; Δt_0 - время работы без нагрузки.

8. Типовой режим S8 - непрерывный периодический режим с взаимозависимыми изменениями нагрузки и частоты вращения.

Последовательность одинаковых рабочих циклов, где каждый цикл состоит из времени работы при постоянной нагрузке, соответствующей заданной частоте вращения, за которым следуют один или более периодов работы при других постоянных нагрузках, соответствующих различным частотам вращения, что достигается, например, путем изменения числа полюсов в асинхронных двигателях. Время покоя отсутствует (рисунок 9).

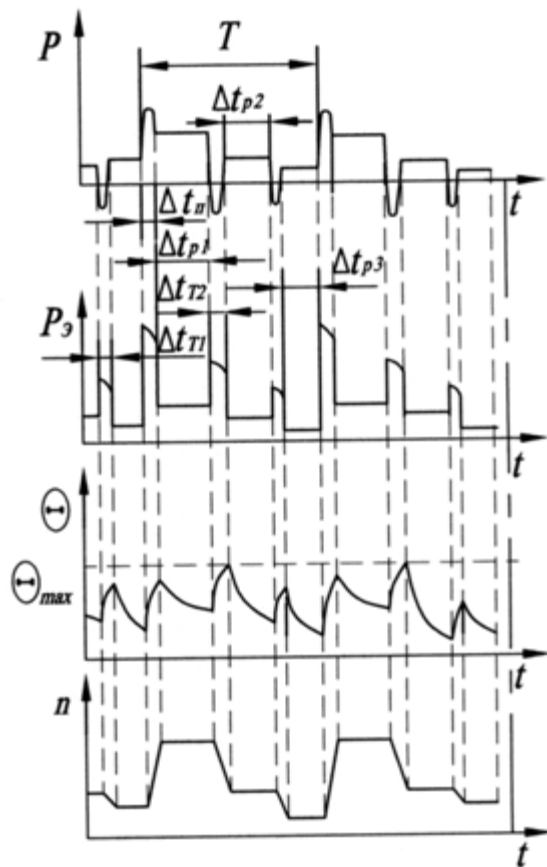


Рис. 9. Условное обозначение режима S8

P - нагрузка; $P_э$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_p - время работы с постоянной нагрузкой; T - время одного цикла нагрузки; цикла нагрузки (T_1, T_2); Δt_n - время пуска (разгона); $\Delta t_{т1,2...j}$ - время электрического торможения; n – частота вращения.

Условное обозначение режима - S8, далее следуют момент инерции двигателя J_d и момент инерции нагрузки $J_{нагр}$, приведенный к валу двигателя, и коэффициентом циклической продолжительности включения для каждой частоты вращения.

Пример: S8; $J_d = 0,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{нагр} = 6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; 160 Вт 740 мин⁻¹ - 30%; 40 Вт, 1460 мин⁻¹ - 30%; 25 Вт 980 мин⁻¹ - 40%.

Параметры режима S8 для работы в конкретных условиях могут быть определены по запросу.

9. Типовой режим S9 - режим с непериодическими изменениями нагрузки и частоты вращения.

Режим, при котором обычно нагрузка и частота вращения изменяются непериодически в допустимом рабочем диапазоне. Этот режим часто включает в себя перегрузки, которые могут значительно превышать базовую нагрузку (рис.10).

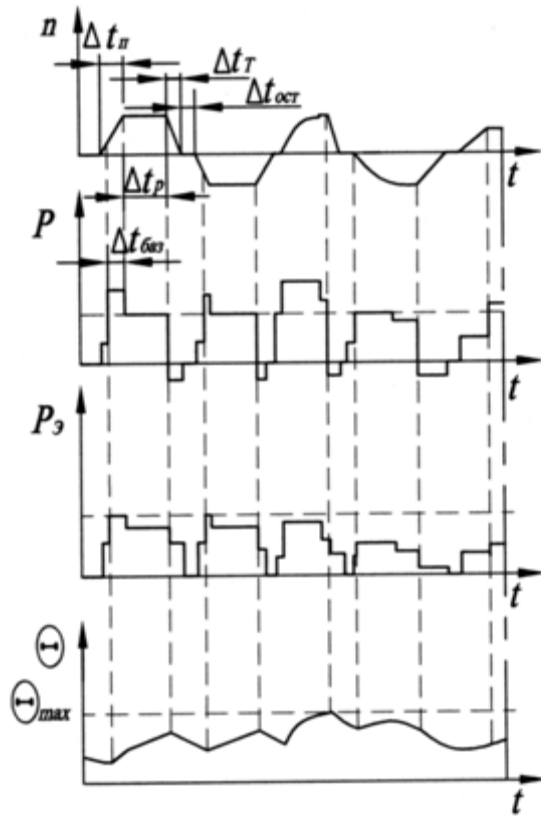


Рис.10. Условное обозначение режима S9

P - нагрузка; ; $P_{баз}$ - базовая нагрузка; $P_э$ - электрические потери; Θ - температура; Θ_{max} - достигнутая максимальная температура; t - время; Δt_p - время работы с постоянной нагрузкой; Δt_n - время пуска (разгона); Δt_t - время электрического торможения; $\Delta t_{ост}$ - время остановки или отключения машины; $\Delta t_{баз}$ - время работы с базовой нагрузкой; n - частота вращения.

Условное обозначение режима - S9.

Для этого типа режима постоянная нагрузка, выбранная соответствующим образом и основанная на типовом режиме S1, берется как базовая $P_{баз}$ (см. рисунок 10) для определения перегрузки.

10. Типовой режим S10 – режим с дискретными постоянными нагрузками и частотами вращения.

Режим, состоящий из ограниченного числа дискретных нагрузок (или эквивалентных нагрузок) и, если возможно, частот вращения, при этом каждая комбинация нагрузки/частоты вращения сохраняется достаточное время для того, чтобы машина достигла практически установившегося теплового состояния (рисунок 11). Минимальная нагрузка в течение рабочего цикла может иметь и нулевое значение (холостой ход, покой, или бестоковое состояние).

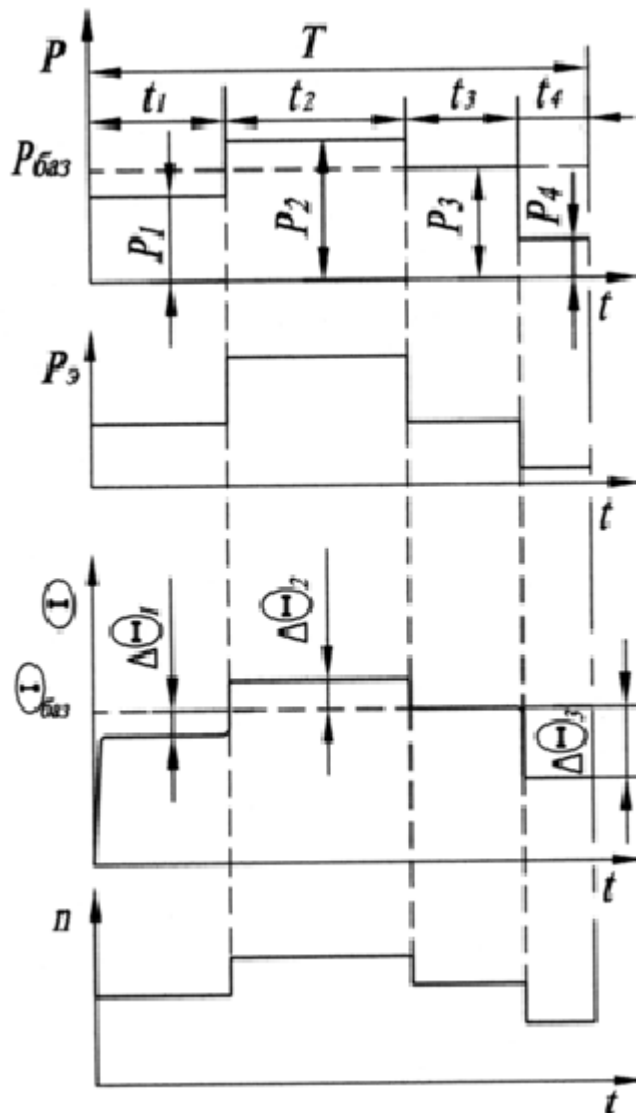


Рис. 11. Условное обозначение режима S10

P - нагрузка; ; $P_{\text{баз}}$ - базовая нагрузка в соответствии с базовым режимом $S1$; $P_{1,2..j}$ - постоянная часть нагрузки внутри одного цикла нагрузки; $P_{\text{э}}$ - электрические потери; ; Θ - температура; $\Theta_{\text{баз}}$ - температура при базовой нагрузке $P_{\text{баз}}$; t - время; $t_{1,2,3,4}$ - время работы с постоянной нагрузкой внутри цикла нагрузки. T - время одного цикла нагрузки. $\Delta\Theta_{1,2j}$ - разница между повышением температуры обмоток при каждой из различных нагрузок внутри одного цикла и превышением температуры при базовой нагрузке $S1$; n - частота вращения.

Условное обозначение режима - $S10$, за которым следуют значения величины $P/\Delta t$ (P - соответствующая нагрузка в долях базовой нагрузки, Δt - ее продолжительность в долях продолжительности полного цикла нагрузки).

Нагрузка для времени холостого хода и обесточенного состояния машины обозначается буквой O .

Пример: $S10$; $P/\Delta t=1,1/0,4$; $1/0,3$; $0,9/0,2$; $O/0,1$.

Для этого типового режима постоянная нагрузка, выбранная в соответствии с типовым режимом $S1$, принимается за базовую ($P_{\text{баз}}$ см. на рисунке 11) для дискретных нагрузок.

Примечание. Дискретные нагрузки являются, как правило, эквивалентной нагрузкой, интегрированной за определенный период времени. Нет необходимости, чтобы каждый цикл нагрузки точно повторял предыдущий, однако каждая нагрузка внутри цикла должна поддерживаться достаточное время для достижения установившегося теплового состояния.

Эти виды нагрузок обычно определяются требованиями к электроприводу, приводимыми в техническом задании на

электропривод. Если каталожных данных для расчета не хватает, то нужно обратиться к изготовителю за дополнительными данными.

В случае затруднения с использованием приведенными методами выбора электродвигателей можно воспользоваться менее точными методами эквивалентной мощности или эквивалентного момента с обязательной проверкой на перегрузку.

Метод эквивалентной мощности:

$$P_{э} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2 t_i}{T}}$$

$$P_{э} \leq P_{ном}$$

Метод эквивалентного момента:

$$M_{э} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 t_i}{T}}$$

$$M_{э} \leq M_{ном}$$

Техническое задание

Техническое задание на проектирование электропривода, как самостоятельного изделия, оформленное согласно положениям ГОСТ Р 15.000-94 (система разработки и постановки продукции на производство), позволит составить задание на выбор электродвигателя, в котором указаны вид нагрузки по ГОСТ Р 52776-2007 (МЭК 60034-1-2004) или равноценной ему, виды климатических воздействий и условия хранения по ГОСТ Р МЭК 60034-5-2007, механические воздействия, род тока и вид напряжения питания. Могут быть дополнительно предъявлены требования по экологии, уровню

шума, электробезопасности, электрических и электромагнитных помех, встроенных тахометров, энкодеров, револьверов и др.

Характер нагрузки электродвигателя

Динамика нагрузки двигателя определяется коэффициентом инерции нагрузки:

I Равномерная нагрузка, допустимый коэффициент инерции

$$\frac{J_{\text{дв}}}{J_{\text{наг. привед.}}} = k < 0,2$$

II Умеренная ударная нагрузка, допустимый коэффициент инерции $k < 3$

III Значительная ударная нагрузка, допустимый коэффициент инерции $k < 10$.

Пример.

Характер нагрузки I, количество включений 200 вкл/ч и ежедневное время работы.

24 ч/сут: в результате коэффициент запаса ζ берут 1,35, коэффициент в определенных условиях может быть больше 1,8.

Это возможно при большом коэффициенте инерции ($k > 10$), большом люфте в передающих элементах приводимого механизма или при значительных внешних инерционных нагрузках.

Критерии выбора электродвигателя

1. Выбор двигателя при работе в режиме S1 (рис.2). При неизменной статической нагрузке целесообразно выбирать двигатель, для которого режим S1 является номинальным. При этом должны выполняться условия:

$$M_c \leq M_{\text{ном}}/h_o; P_c \leq P_{\text{ном}}/h_o \quad (3)$$

где $M_{\text{ном}}$ - номинальный момент электродвигателя Н·м,

h_o - общий коэффициент полезного действия механизма,

P_c - мощность нагрузки, статическая Вт,

M_c - момент нагрузки, который действует всегда, часто

называют статическим, приведённый к валу двигателя,

$$M_c = M_n / (i_o \cdot h_o) \quad (4)$$

M_n - момент нагрузки на выходе привода Н·м,

i_o - общее передаточное отношение механизма

Выбранный двигатель должен быть проверен по условиям пуска

$$M_{\text{пус}} \geq M_{n.\text{max}} / (i_o \cdot h_o). \quad (5)$$

При подборе электродвигателя часто бывает неизвестно общее передаточное отношение. Его можно ориентировочно легко определить по выражению

$$M_n / (M_{\text{ном}} \cdot h_o) = i_o \quad (6)$$

В случае, когда на выходе привода стоит реечный механизм, необходимо знать F_p , задаться диаметром реечного колеса D и определить момент на нём

$$M_{\text{р.к.}} = F_p \cdot D / 2h_p \quad (7)$$

где: $M_{\text{р.к.}}$ - момент на реечном колесе,

F_p - сила сопротивления движению рейки статическая,

h_p - к.п.д. реечной передачи.

Если на выходе стоит винтовая передача, то вращающий момент на винте можно определить по выражению

$$M_B = F_r d_2 / \text{tg}(\lambda + \varphi'), \quad (8)$$

где M_B - момент на винте,

F_r - осевая сила сопротивления движению гайки

статическая,

d_2 – средний диаметр винта,

λ – угол подъема винтовой линии,

φ' – приведенный угол трения.

Движущий момент на гайке M_r можно определить по зависимости, аналогичной выражению 8, заменив осевую силу гайки на осевую силу винта.

Перемещение гайки (винта) l при повороте винта (гайки) на угол α определяется соотношением

$$l = \frac{t}{2\pi} \alpha, \quad (8')$$

где t – ход, $t = z \cdot S$, z – число заходов резьбы, S – шаг резьбы.

Теперь $M_{p.k}$ (каталожное значение момента), M_r или M_v используются как M_n в предыдущих выражениях (3-7) Может оказаться, что в данной серии заданных условий нагрузки могут выполнять несколько двигателей с разными сочетаниями моментов и скоростей при одинаковой мощности. Тогда среди них отбор ведут по ресурсу работы, габаритам, к.п.д. и другим возможным отличиям.

Дальнейшие этапы проектирования привода смотри [1, 2, 4, 5, 6].

2. Выбор двигателя при работе в режиме S2 (рис.3). Для электроприводов, работающих в режиме S2, целесообразно выбирать двигатели, предназначенные для работы в режиме S1, т.к. они будут недоиспользованы по нагреву. При выборе же двигателей, предназначенных для работы в режиме S2, приходится сталкиваться с тем, что время работы не совпадает со временем продолжительности, определяемым стандартом, - 19; 30; 60 и 90 мин. Кроме того, нагрузка привода за время работы может меняться (см. рис.3). В этих случаях рассчитывают эквивалентные величины, которые приводят t_p к

ближайшему стандартному значению продолжительности кратковременной работы $t_{p.ст.}$.

При выборе двигателя должны соблюдаться следующие условия:

$$M_{э.тp.ст} = \sqrt{\frac{\sum M_j^2 \cdot t_j}{t_{p.ст.}}} \leq M_{ном. тp.ст} \cdot \eta_0 \quad (9)$$

$$P_{э.тp.ст} = \sqrt{\frac{\sum P_j t_j}{t_{p.ст.}}} \leq P_{ном. тp.ст} \cdot \eta_0 \quad (10)$$

где $M_{э.тp.ст}$ и $P_{э.тp.ст}$ - эквивалентные значения момента, приведённого к валу двигателя и мощности за время работы двигателя t , приведённые к ближайшему стандартному значению $t_{p.ст.}$

$M_{ном.тp.ст.}$; $P_{э.тp.ст.}$ - номинальные значения момента и мощности двигателя, соответствующие продолжительности кратковременной работы $t_{p.ст.}$.

Например: при ПВ=60% может быть $P_{S1}/1,3$

ПВ=40% - $P_{S1}/1,6$

ПВ=25% - $P_{S1}/2$

ПВ=15% - $P_{S1}/2,6$

Заданное время разгона нагрузки до номинальной скорости может оказаться сравнимой с тепловой постоянной ротора или якоря электродвигателя (15 сек. и менее для малогабаритных двигателей). Естественно, в этом случае необходимо применять двигатели с малой температурной постоянной ротора или якоря, что соответствует электродвигателям с полым якорем – быстродействующие (смотри приложение) или с полым ротором.

При выполнении домашних заданий и курсовых проектов, в которых не отводится время на расчёт тепловых потерь при пуске и торможении двигателя можно вводить коэффициент увеличения мощности двигателя, равный коэффициенту инерции k , выражение (4), в котором следует принять:

$$J_{\text{пр.мех.}} = (J_{\text{нагрузки}}/i^2_0) + 0,57 \cdot J_{\text{дв}} \quad (11)$$

где: $J_{\text{нагрузки}}$ - момент инерции нагрузки

$0,57 J_{\text{дв}}$ - момент инерции передаточного механизма (редуктора), принятый в долях момента инерции двигателя для проектировочного расчёта (рекомендация).

Выбранный двигатель должен быть проверен по пусковому моменту по выражению

$$(M_c + M_{\text{дин.}}) \leq M_{\text{пуск.дв.}} / i_0 \cdot h_0 \quad (12)$$

3. Выбор двигателя при работе в режиме S3 (рис.4). По нагрузочной диаграмме определяется ПВ и приводится к ближайшему стандартному значению:

$$M_{\text{э.пв.ст.}} = \sqrt{\frac{\text{ПВ} \cdot \sum M_j^2 \cdot t_{\text{p.j}}}{\text{ПВ}_{\text{ст.}} \cdot \sum t_{\text{p.j}}}} \quad (13)$$

$$P_{\text{э.пв.ст.}} = \sqrt{\frac{\text{ПВ} \cdot \sum P_j^2 \cdot t_{\text{p.j}}}{\text{ПВ}_{\text{ст.}} \cdot \sum t_{\text{p.j}}}} \quad (14)$$

При выборе двигателя должны соблюдаться условия

$$M_{\text{э.пв.ст.}} \leq M_{\text{ном.пв.ст.}} \quad (15)$$

$$P_{\text{э.пв.ст.}} \leq P_{\text{ном.пв.ст.}} \quad (16)$$

$M_{\text{э.пв.ст.}}$ определяется как показано на рис.4.

Для случая, когда $PВ > 10...80\%$ возможен выбор двигателя, предназначенного для режима S1, для которого следует принять $PВ = 100\%$ в числителе и знаменателе выражений (13, 14).

4. Выбор двигателя при работе в режимах S4-S8 (рис.5...9). Для этих режимов выбирают двигатели, предназначенные для работы в режиме S3. По нагрузочной диаграмме определяют эквивалентные приведённые момент или мощность, как и для режима S3 по выражениям (13, 14, 15, 16) и согласно рис.(4), при этом вводится коэффициент запаса, учитывающий потери при переходных процессах.

Сравнение расчётных данных производится с каталожными данными для двигателя режима S3.

При выборе электродвигателя для работы в режиме S8, как правило, выбирают двигатель режима S1. В этом случае расчёт мощности и момента может быть выполнен по выражению:

$$P_э = \sqrt{\frac{P_j^2 \cdot t_j}{T_u}} ; \quad (17) \quad M_э = \sqrt{\frac{M_j^2 \cdot t_j}{T_u}} \quad (18)$$

T_u – время длительности цикла.

При выборе двигателя по каталогу вводится коэффициент запаса ζ (для заданий и курсовых проектов $\zeta = 1,05...1,8$), учитывающий изменение условий охлаждения при изменении скорости и динамические потери при переключении скоростей.

При работе электродвигателя в режиме S9 при выполнении заданий и курсовых проектов можно воспользоваться выражениями (9) и (10), увеличив коэффициент запаса до 2,0.

При заданном требуемом угловом ускорении ε необходимо задавать время и частоту появления разгона. Для приборных маломощных приводов этот вид нагрузки часто является преобладающим.

Контрольные вопросы

1. Для чего в конструкции корпуса электродвигателя предусматривают центрирующий поясok или центрирующую поверхность?
2. Для чего в электроприводе нужен тахогенератор?
3. Для чего нужна система классификации степеней защиты?
4. Как вычислить коэффициент инерции электропривода?
5. Как вычисляется момент на винте для передвижения нагруженной гайке?
6. Как вычисляется момент на гайке для передвижения нагруженного винта?
7. Как определить коэффициент полезного действия механизма?
8. Как определить передаточное отношение механизма?
9. Как характеризуют конструктивное исполнение электродвигателей по способу монтажа?
10. Какая механическая характеристика электродвигателя называется естественной?
11. Какая механическая характеристика электродвигателя называется искусственной?
12. Какие электродвигатели называют реверсивными?
13. Какие электродвигатели принято считать маломощными электродвигателями?

14. Какой величиной определяется жёсткость характеристики электродвигателя?
15. Какой режим шагового электродвигателя называют статическим?
16. Какой угол называют приведенным углом трения?
17. Какой электродвигатель называют асинхронным?
18. Какую величину называют шагом ротора шагового двигателя?
19. Какую характеристику электропривода выдает энкодер?
20. Назначение фланца у некоторых типов электродвигателей?
21. Нарисуйте естественную характеристику синхронного электродвигателя.
22. Перечислите основные отличия современного серводвигателя от других типов.
23. Почему некоторые типы электродвигателей называют шаговыми?
24. Почему некоторые типы электродвигателей постоянного тока называют бесколлекторными?
25. Почему потенциометр считается аналоговым энкодером?
26. Почему электродвигатель называют электромеханическим преобразователем?
27. Почему электропривод называют электромеханической системой?
28. Приведите примеры вида монтажа электродвигателя в корпусе электропривода?
29. Свойством какого электродвигателя является явление скольжения?

30. У каких электродвигателей вращающиеся части называют ротором, а у каких статором?
31. Что означает коэффициент мощности асинхронного электродвигателя?
32. Что означает момент инерции нагрузки?
33. Что означает термин частота приемистости шаговых двигателей?
34. Что такое жесткость механической характеристики двигателя?
35. Что такое моментный электродвигатель?
36. Что такое пусковой момент электродвигателя?
37. Что такое резольвер и для чего он применяется в электроприводе?
38. Что такое энкодер абсолютный и для чего он применяется в электроприводе?
39. Что такое энкодер инкрементный и для чего он применяется в электроприводе?
40. Что характеризует коэффициент инерции электропривода?
41. Что характеризует коэффициент ПВ?
42. Что характеризует частота приемистости шагового электродвигателя?

Приложения

Справочные данные электродвигателей

Электродвигатели постоянного тока коллекторные вида
ДП исполнения Р11-Д31

Габаритные и посадочные размеры двигателей серии ДП16-Р11-
/М3681-Д31

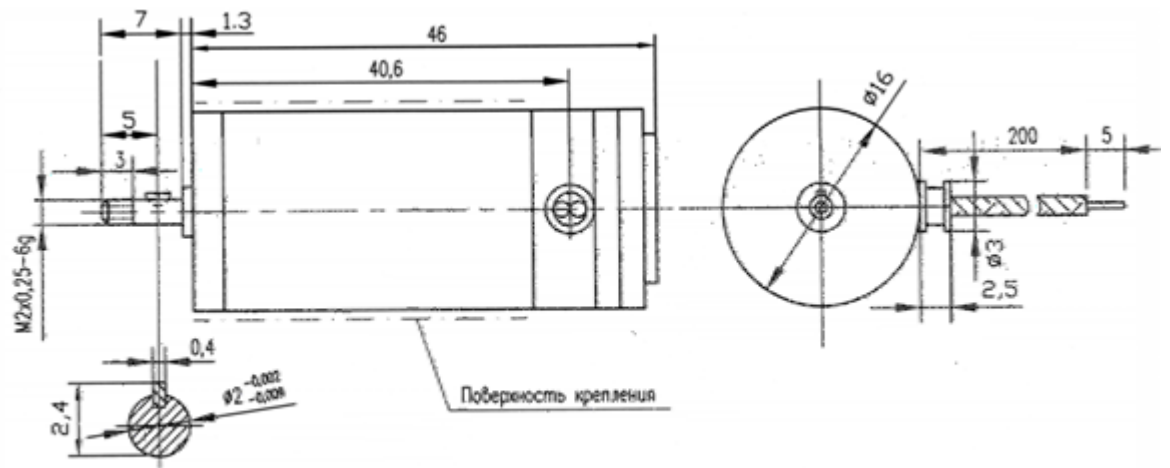


Рис. П1. Габаритные и посадочные размеры электродвигателей серии ДП16 –Р11- ДП31

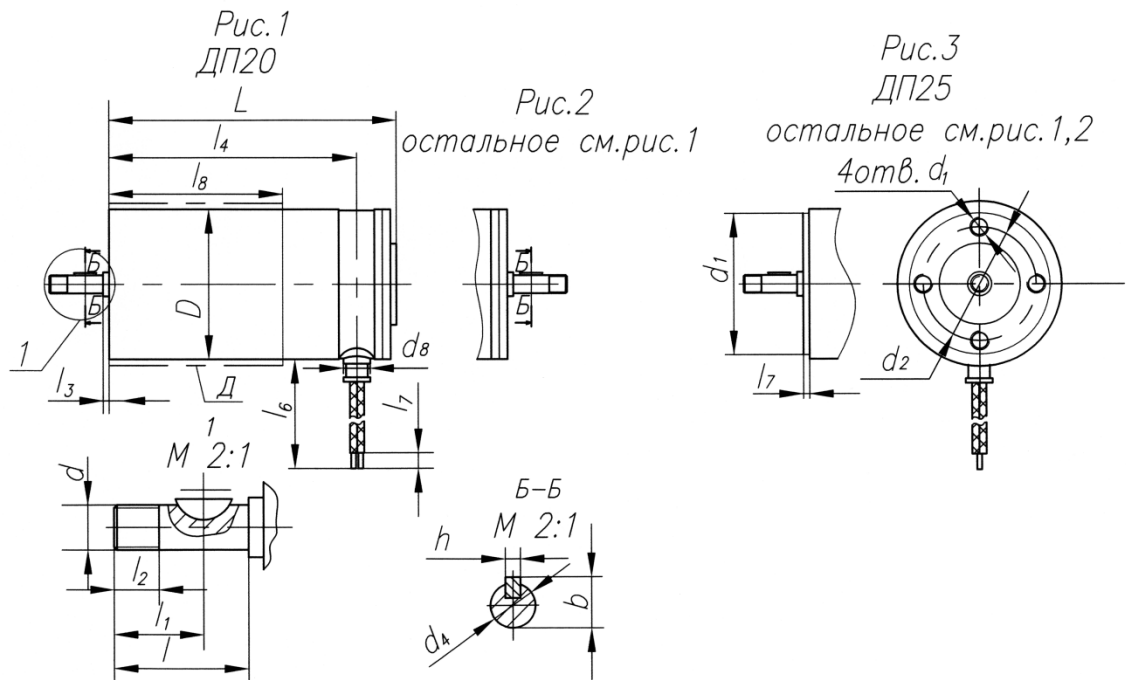


Рис. П2. Габаритные и посадочные размеры электродвигателей серии ДП20 –Р11-Д21, ДП25-Р11-Д31

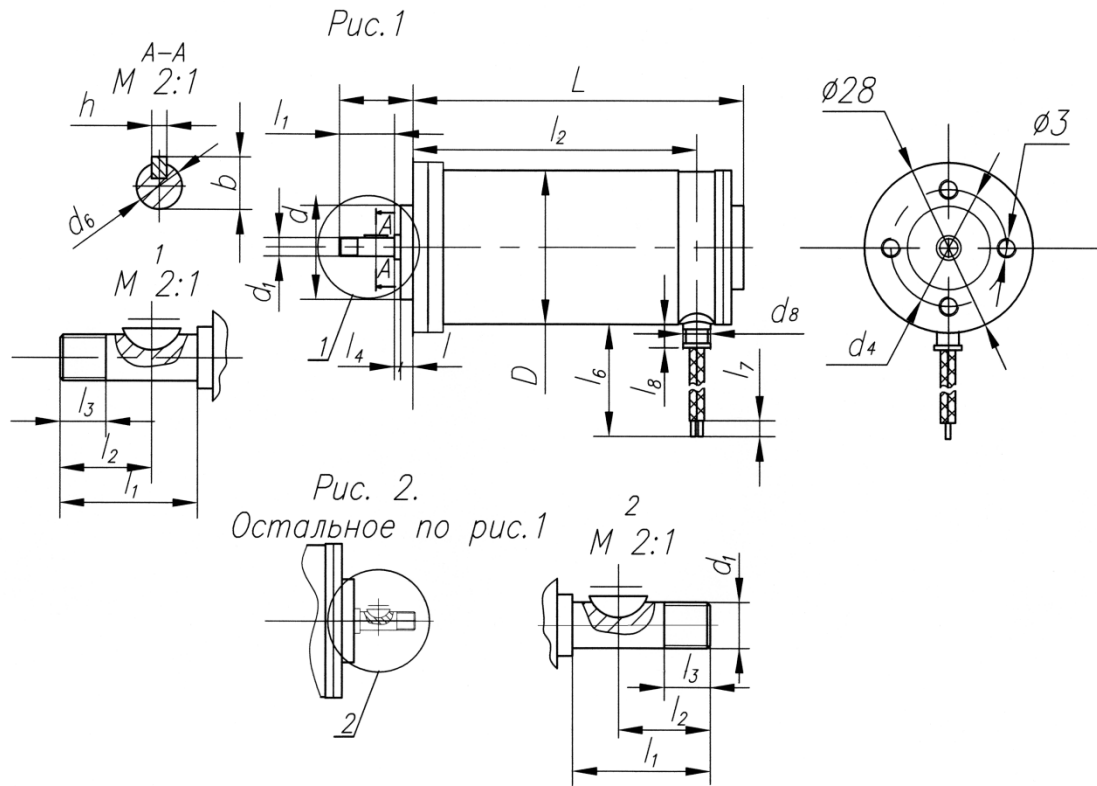


Рис. ПЗ Габаритные и посадочные размеры электродвигателей
ДП32-Р11-Д31, ДП36-Р11-Д31, ДП40-Р11-Д31

Таблица П2

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей серии
ДП исполнения Р11-Д31

Обозначение изделия		Часть литания, В		Номинальная частота вращения, об/МИН	мНм	Номинальный вращающий момент, альном	Электромеханическая постоянная	Режим работы	Конструктивное исполнение по способу монтажа	менее	0,05 4	0,0038	0,0117	0,09	Масса, кг, не более	J _p , кгм ² 10 ⁻⁴
		Мощность, Вт														
ДП16-1,6-6-12-1М3681-Р11-Д31	1 2	1,6	6000	2,5	18	6,0	S1	IM3681	800	0,05 4	0,0038	0,0117	0,09			
ДП16-2,5-6-12-IM3681 -P11-Д31	1 2	2,5	6000	4,0	18		S3 ПВ40 %	IM3681	800							
ДП16-2,5-10-12-1М3681-Р11-Д31	1 2	2,5	10000	2,4	25		S1	IM3681	500							
ДП16-4-10-12-1М3681-Р11-Д31	1 2	4,0	10000	3,8	25		S3 ПВ40 %	IM3681	500							
ДП16-1.6-6-27-IM3681-Р11-Д31	2 7	1,6	6000	2,4	18	5,0	S1	IM3681	1000	0,05 4	0,0038	0,0117	0,09			
ДП16-2.5-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	2,5	6000	4,0	18		S3 ПВ40 %	IM3681	1000							
ДП16-2.5-10-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	2,5	10000	2,3	25		S1	IM3681	600							
ДП16-4-10-27-IM3681-Р11-Д31	2 7	4,0	10000	3,8	25		S3 ПВ 40 %	IM3681	600							
ДП20-2.5-4-12-IM3681-Р11-Д31	1 2	2,5	4000	6,0	32	6,0	S1	IM3681	1200	0,05 4	0,0038	0,0117	0,09			
ДП20-2,5-4-12-1М3682-Р11-Д31	1 2	2,5	4000	6,0	32		S1	IM3682	1200							
ДП20-4-4-12-1М3681-Р11-Д31	1 2	4,0	4000	9,6	32		S3ПВ40%	IM3681	1200							
ДП20-4-4-12-1М3682-Р11-Д31	1 2	4,0	4000	9,6	32		S3ПВ40%	IM3682	1200							

ДП20-4-6-12-1М3681-Р11-Д31	1 2	4,0	6000	6,4	45	S1	IM3681	800	6	
ДП20-4-6-12-1М3682-Р11-Д31	12	4,0	6000	6.4	45	S1	IM3682	800		
ДП20-6-6-12-1М3681-Р11-Д31	1 2	6,0	6000	9,6	45	S3 ПБ 40 %	IM3681	800		
ДП20-6-6-12-1М3682-Р11-Д31	1 2	6,0	6000	9,6	45	S3 ПБ40 %	IM3682	800		
ДП20-2.5-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	2,5	4000	6,0	32	S1	IM3681	1500		
ДП20-2,5-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	2,5	4000	6,0	32	S1	IM3682	1500		
ДП20-4-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	4,0	4000	9,6	32	S3 ПБ 40 %	IM3681	1500		
ДП20-4-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	4,0	4000	9,6	32	S3 ПБ40 %	IM3682	1500		
ДП20-4-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	4,0	6000	6,4	45	S1	IM3681	1000		
ДП20-4-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	4.0	6000	6,4	45	S1	IM3682	1000		
ДП20-6-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	6.0	6000	9,6	45	S3 ПБ 40 %	IM3681	1000		
ДП20-6-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	6,0	6000	9,6	45	S3 ПБ40%	IM3682	1000		
ДП25-6-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	6,0	4000	14,3	100	S1	IM3681	1500	6,5	
ДП25-6-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	6,0	4000	14,3	100	S1	IM3682	1500		
ДП25-10-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	10,0	4000	24,0	100	S3 ПБ 40 %	IM3681	1500		
ДП25-10-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	10,0	4000	24,0	100	S3 ПБ40 %	IM3682	1500		
ДП25-10-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	10,0	6000	15,9	140	S1	IM3681	1000		
ДП25-10-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	10,0	6000	15,9	140	S1	IM3682	1000		
ДП25-16-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	16,0	6000	25,5	140	S3 ПБ40 %	IM3681	1000		
									0,17 5	0,029

ДП25-16-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	16,0	6000	25,5	140		S3 ПВ 40 %	IM3682	1000		
ДП32-16-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	16,0	4000	38,0	500	5,0	S1	IM3681	1200	0,35 0	0,064
ДП32-16-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	16,0	4000	38,0	500		S1	IM3682	1200		
ДП32-25-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	25,0	4000	60,0	500		S3ПВ40%	IM3681	1200		
ДП32-25-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	25,0	4000	60,0	500		S3 ПВ 40 %	IM3682	1200		
ДП32-25-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	25,0	6000	40,0	700		S1	IM3681	1000		
ДП32-25-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	25,0	6000	40,0	700		S1	IM3682	1000		
ДП32-40-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	40,0	6000	64,0	700		S3 ПВ40 %	IM3681	1000		
ДП32-40-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	40,0	6000	64,0	700		S3 ПВ 40 %	IM3682	1000		
ДП36-25-4-27-1М3681 -Р11-Д31	2 7	25,0	4000	60,0	800		S1	IM3681	1200		
ДП36-25-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	25,0	4000	60,0	800		S1	IM3682	1200		
ДП36-40-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	40,0	4000	95,5	800		S3 ПВ 40 %	IM3681	1200		
ДП36-40-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	40,0	4000	95,5	800		S3 ПВ 40 %	IM3682	1200		
ДП36-40-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	40,0	6000	64,0	1200		S1	IM3681	1000		
ДП36-40-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	40,0	6000	64,0	1200		S1	IM3682	1000		
ДП36-60-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	60,0	6000	95,5	1200		S3 ПВ40 %	IM3681	1000		
ДП36-60-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	60,0	6000	95,5	1200		S3 ПВ 40 %	IM3682	1000		
ДП40-40-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	40,0	4000	95,5	1700		S1	IM3681	1200		
ДП40-40-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	40,0	4000	95,5	1700		S1	IM3682	1200		

ДП40-60-4-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	60,0	4000	143, 5	1700	5,0	S3ПВ40%	IM3681	1200	0,52 0	0.076
ДП40-60-4-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	60,0	4000	143, 5	1700		S3 ПВ 40 %	IM3682	1200		
ДП40-60-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	60,0	6000	95,5	2200		S1	IM3681	1000		
ДП40-60-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	60,0	6000	95,5	2200		S1	IM3682	1000		
ДП40-90-6-27-1М3681-Р11-Д31	2 7	90,0	6000	143, 5	2200		S3 ПВ40 %	IM3681	1000		
ДП40-90-6-27-1М3682-Р11-Д31	2 7	90,0	6000	143, 5	2200		S3 ПВ 40 %	IM3682	1000		

Примечания:

Двигатели разработаны в двух конструктивных исполнениях по способу монтажа согласно ГОСТ 2479-79:

- IM3681 - крепление за фланец с одним выходным концом вала, двигатель может работать при любом направлении конца вала;

-IM3682 - то же, но с двумя выходными концами вала.

Температура корпуса двигателей при эксплуатации в условиях, установленных техническими условиями, не должна превышать 95 °С.

Степень защиты по ГОСТ 14254-96 - IP44.

Средний уровень звука на расстоянии 1 м от корпуса двигателей - не более 70 дБА.

Средняя квадратическая виброскорость - не более 2,8 мм/с.

Условия эксплуатации

а) механические воздействия: синусоидальная вибрация, акустический шум, механический удар многократного действия, механический удар одиночного действия, линейное ускорение;

б) климатические воздействия: повышенная температура среды, пониженная температура среды, изменение температуры среды, повышенная влажность воздуха, атмосферное пониженное давление, атмосферное повышенное давление, атмосферные конденсированные осадки (иней, роса), соляной (морской) туман, плесневые грибы;

в) гамма-процентный (при $\gamma=90\%$) срок сохраняемости двигателей при хранении в упаковке изготовителя в условиях отапливаемых хранилищ, хранилищ с кондиционированием воздуха по ГОСТ В 9.003, а также вмонтированных в защищенную аппаратуру или находящихся в защищенном комплекте ЗИП во всех местах хранения - не менее 15 лет.

Электродвигатели серии ДПМ

Электродвигатели серии ДПМ с массивным якорем, не быстродействующие, реверсивные, постоянного тока. Их целесообразно применять для приводов механизмов циклического действия с кратковременным (S1) или повторно-кратковременным (S3) режимом работы.

Электродвигатели ДПМ могут также применяться в качестве управляемых исполнительных электродвигателей в системах автоматического регулирования, когда не требуется высокое быстродействие. В этом качестве они экономичны. Ресурс от 100 до 1000 часов в зависимости от величины момента, нагрузки и частоты вращения.

Особенности

Электродвигатели серии ДПМ закрытого исполнения, степень защиты от посторонних частиц и воды *IP44*. Крепление электродвигателя осуществляется за наружную поверхность корпуса

(разжимными зажимами). Выпускаются в двух конструктивных исполнениях: Н1 - с одним выходным концом вала и Н2 - с двумя выходными концами вала.

В таблицах приведены данные на электродвигатели для случая крепления их к корпусу, поверхность которого не менее чем в два раза больше поверхности корпуса двигателя по площади охлаждения. Корпус прибора в этом случае выполняется из не магнитомягкого материала. Максимальная температура обмотки двигателя + 130°С.

Условные обозначения

ДПМ - 20 - Н1 - 01

ДПМ ----- тип двигателя

20----- диаметр корпуса (мм)

Н1----- исполнение (с одним или двумя выходами вала)

01-- исполнение по номинальным данным

Применение - маломощные приводы и системы автоматического регулирования низкого и среднего быстродействия.

Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха от -50 до +70°С, влажность 95% при 25°С, атмосферное давление до 200 мм рт.ст.

Вибрационные нагрузки - 5 - 5000Гц с ускорением до 15g, ударные нагрузки до 40g.

Крепление электродвигателя должно производиться за поверхность Б по всей ее длине.

2. Детали крепления не должны быть выполнены из ферромагнитных материалов.

Таблица 3.

Технические данные двигателей ДПМ

Тип двигателя	Номинальные данные					Пусковые данные		Срок службы, ч
	U _{ном} , В	M _{ном} , мН*м	P _{ном} , Вт	n _{ном} , об/мин	I _{ном} , А	M _п , мН*м	I _п , А	
ДПМ-20-Н1/Н2-01	29	0,5	0,46	9000	0,075	6	0,7	300
ДПМ-20-Н1/Н2-02	27	1	0,41	4000	0,07	2	0,25	700
ДПМ-20-Н1/Н2-04	6	0,2	0,04	2000	0,06	0,6	0,33	1000
ДПМ-20-Н1/Н2-05	14	0,2	0,04	2000	0,05	1	0,14	1000
ДПМ-20-Н1/Н2-06	27	1,5	1,1	9000	0,15	6	1	300
ДПМ-20-Н1/Н2-07	27	2,0	1,2	6000	0,15	5	0,65	500
ДПМ-20-Н1/Н2-08	27	2	0,92	4500	0,15	4	0,4	600
ДПМ-20-Н1/Н2-11	12	1,5	1,3	9000	0,35	6	2,3	300
ДПМ-20-Н1/Н2-12	12	2	1,13	6000	0,3	5	1,7	500
ДПМ-20-Н1/Н2-12А	14	1,8	1,1	600	0,25	6	1,1	500
ДПМ-20-Н1/Н2-13	12	1,5	0,69	4500	0,25	4	0,9	600
ДПМ-20-Н1/Н2-14	12	1	0,25	2500	0,1	2	0,35	1000
ДПМ-20-Н1/Н2-16	6	1	0,92	9000	0,55	6	4,3	300
ДПМ-20-Н1/Н2-17	6	1,5	0,92	6000	0,5	6	2,6	500
ДПМ-25-Н1/Н2-01	29	3,5	3,22	9000	0,25	15	2,6	300
ДПМ-25-Н1/Н2-02	27	3,0	0,46	3800	0,1	10	0,7	900
ДПМ-25-Н1/Н2-02А	27	1	0,46	4500	0,06	10	0,7	800
ДПМ-25-Н1/Н2-03	12	4,5	2,77	6000	0,6	10	3,8	400
ДПМ-25-Н1/Н2-04	27	5	1,28	2500	0,15	8	0,5	1000
ДПМ-25-Н1/Н2-05	15	5	1,28	2500	0,22	8	0,9	1000
ДПМ-25-Н1/Н2-06	27	5	2,8	6000	0,3	15	1,9	500
ДПМ-25-Н1/Н2-07	27	5	2,31	4500	0,22	12	1,1	800
ДПМ-25-Н1/Н2-09	12	3,5	3,1	9000	0,65	15	6,2	200
ДПМ-25-Н1/Н2-10	12	5	2,2	4500	0,52	12	2,5	800
ДПМ-25-Н1/Н2-10А	14	5	2,31	4500	0,45	12	2	800
ДПМ-25-Н1/Н2-11	12	5	1,2	2500	0,28	8	1,2	1000
ДПМ-30-Н1/Н2-01	29	7	6,47	9000	0,5	35	5,9	200
ДПМ-30-Н1/Н2-02	27	10	2,69	2600	0,25	20	1,1	1000
ДПМ-30-Н1/Н2-03	27	10	4,62	4500	0,5	30	2,5	600
ДПМ-30-Н1/Н2-04	26	10	5,65	5500	0,5	25	3,2	500
ДПМ-30-Н1/Н2-05	27	7	4,31	600	0,4	25	3,4	500

ДПМ-30-Н1/Н2-08	12	7	6,3	9000	1,2	35	14,2	100
ДПМ-30-Н1/Н2-09	12	10	6,16	6000	1,2	35	8,3	300
ДПМ-30-Н1/Н2-10	12	10	4,1	4500	1	25	5,2	600
ДПМ-30-Н1/Н2-10А	14	10	4,62	4500	0,8	28	5,2	600
ДПМ-30-Н1/Н2-11	12	10	2,57	2500	0,6	20	2,4	1000
ДПМ-35-Н1/Н2-01	27	15	13,87	9000	1,3	70	12	100
ДПМ-35-Н1/Н2-02	27	15	3,59	3500	0,45	50	2,8	800
ДПМ-35-Н1/Н2-03	6	23	4,25	1800	2	35	7,4	1000
ДПМ-35-Н1/Н2-04	27	20	12,32	6000	1,1	60	6,8	200
ДПМ-35-Н1/Н2-05	27	20	9	4500	0,85	50	4,8	600
ДПМ-35-Н1/Н2-06	27	20	5	2500	0,53	35	2,2	800
ДПМ-35-Н1/Н2-08	12	15	13,3	9000	2,8	70	2,2	50
ДПМ-35-Н1/Н2-09	12	20	11,5	6000	2,2	60	14	100
ДПМ-35-Н1/Н2-10	12	20	8,8	4500	1,6	50	10,5	500
ДПМ-35-Н1/Н2-11	12	20	4,8	2500	1,15	35	5,2	1000

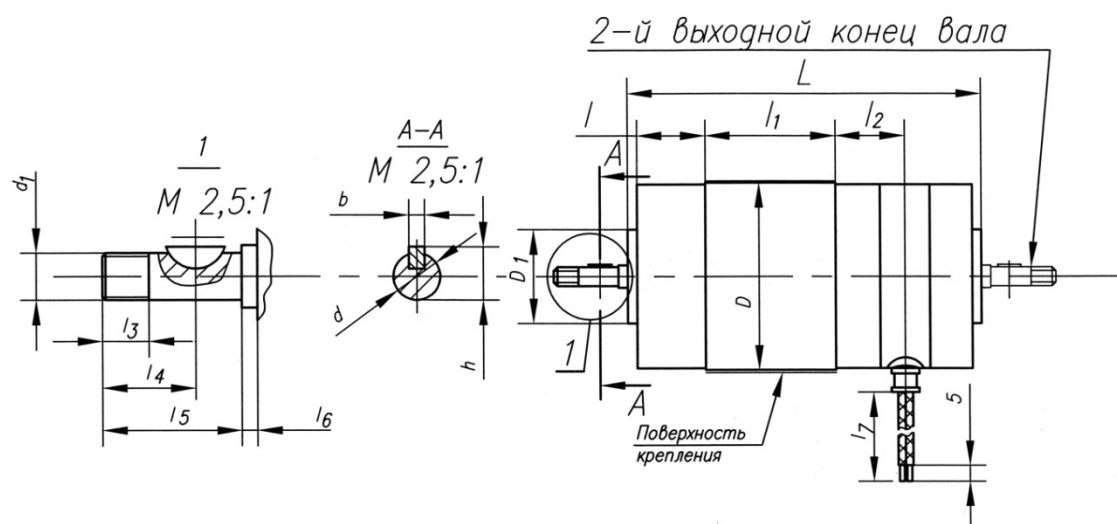


Рис. П4 Габаритные и посадочные размеры электродвигателей
серии ДПМ

Таблица П4

Габаритные и присоединительные размеры электродвигателей
ДПМ

Тип двигателя	Размеры в мм														Вес g
	$Dj7$	$dg6$	d_1	L	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	h	b	
ДПМ-20	20	2	M2x0,25	38	9	14	7,3	3	5	7	1	200	2,4	0,4	65
ДПМ-25	25			45	10,25	17,5	9,3		6	9	1	250	2,4	0,4	120
ДПМ-30	30	3	M3x0,25	57	12,25	21	11,2	4	7,5	11	1,5	300	3,5	0,6	220

Электродвигатели серии ДПР

Электродвигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов серии ДПР предназначены для применения в системах автоматики, радиоэлектроники и телемеханики в качестве привода различных механизмов.

Исходной величиной для построения серии, включающей шесть габаритов, принят наружный диаметр корпусов двигателей. Наружный диаметр меньшего габарита 15 мм, наружный диаметр каждого следующего габарита на 5мм больше.

Серия ДПР имеет четыре основных конструктивных исполнения:

H1 - с креплением за корпус и одним выступающим концом вала;

H2 - тоже с двумя выступающими концами вала;

Ф1 - с фланцевым креплением и одним выступающим концом вала;

Ф2 - то же с двумя выступающими концами вала.

Двигатели реверсивные и рассчитаны на продолжительный режим (S1) работы при оптимальном КПД; предназначены для работы при температуре окружающей среды от -60 до +70°C, относительной влажности до 98% при +40°C и атмосферном давлении от 535 до 3040 ГПа. Допускаются: вибрация мест крепления в любом направлении с частотой от 5 до 2000 Гц при ускорении 10g и амплитуде вибрации не

более 1 мм; линейные ускорения до 100g вдоль оси двигателя и до 50g в любом направлении; ударные нагрузки до 50g в любом направлении. Рабочее положение вала произвольное.

Электромеханическая постоянная времени 0,015...0,02 с. Двигатели могут работать в кратковременном (S2) и повторно-кратковременном режимах работы (S3).

На базе двигателей ДПР выпускаются двигатели с полупроводниковыми регуляторами скорости типа РС. Конструктивно они выполняются в виде двух блоков: двигателя ДПР исполнения Н6 (с датчиком угловой скорости на валу) и регулятора скорости типа РС.

Двигатели ДПР-РС предназначены для работы примерно в тех же условиях, что и двигатели основной серии ДПР.

Рабочее положение двигателей и регуляторов скорости в пространстве произвольное.

Режим работы – продолжительней (S1) или повторно-кратковременный (S2) при любом направлении вращения.

Детали крепления не должны быть выполнены из ферромагнитных материалов.

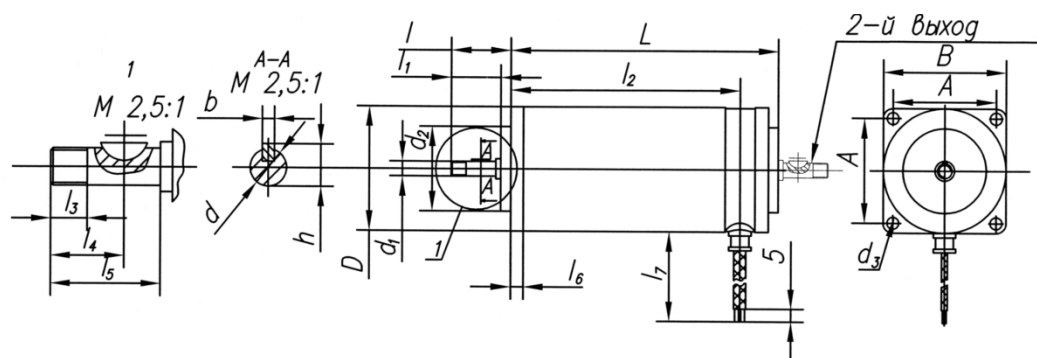


Рис.П5 Электродвигатели ДПР, фланцевое исполнение

Таблица П5

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей ДПР в
фланцевом исполнении

Тип элект- родвигателя	Размеры в мм																		Масс
	Dh7	dh7	d ₁	d ₂ h7	L	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇	b	h	d ₃ H8	B	A Js7	
ДПР-2-Ф1/Ф2	15	2	M2x0,25-	12	36,	9,1	8	30,4	3	5	7	1,2	200	0,4	2,4	1.6	15	12	38
ДПР-32-	20	3	M3x0,35-	15	46,	10	8,5	38,0	3	5	7,5	2,0	200	0,6	3,6	2,4	20	16	80
ДПР-42-	25	3	M3x0,35-	17	54,	12	10,	46,5	3	6	9	2,5	200	0,6	3,6	2,4	25	21	150
ДПР-52-	30	4	M4x0,5-g6	22	64,	13,5	12,	54,5	4,	6,	10,5	2,5	250	0,8	4,8	2,9	30	25.2	260
ДПР-62-	35	4	M4x0,5-g6	22	74,	15,5	14,	64,0	4,	8,	12,5	3,0	300	0.8	4,8	3,4	35	29.6	410
ДПР-72-	40	4	M4x0,5-g6	22	84,	17,5	16,	73,0	4,	9,	14,5	3,0	350	0,8	4,8	3,9	40	33.6	600

Таблица П6

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей ДПР в
безфланцевом исполнении

Тип элект- родвигателя	Размера в мм															Масса г
	Dh7	dh7	d ₁	d ₂ h7	L	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇	b	h	
ДПР-2-Н1/Н2	15	2	M2x0,25-д6	12	36,5	9,1	8	30,4	3	5	7	1,2	200	0,4	2,4	36

ДПР-32-Н1/Н2	20	3	M3x0,35-д6	15	46,0	10	8,5	38,0	3	5	7,5	2,0	200	0,6	3,6	80
ДПР-42-Н1/Н2	25	3	M3x0,35-д6	17	54,2	12	10,5	46,5	3	6	9	2,5	200	0,6	3,6	150
ДПР-52-Н1/Н2	30	4	M4x0,5-д6	22	64,2	13,5	12,0	54,5	4,5	6,5	10,5	2,5	250	0,8	4,8	260
ДПР-62-Н1/Н2	35	4	M4x0,5-д6	22	74,2	15,5	14,0	64,0	4,5	8,5	12,5	3,0	300	0,8	4,8	410
ДПР-72-Н1/Н2	40	4	M4x0,5-д6	22	84,2	17,5	16,0	73,0	4,5	9,5	14,5	3,0	350	0,8	4,8	600

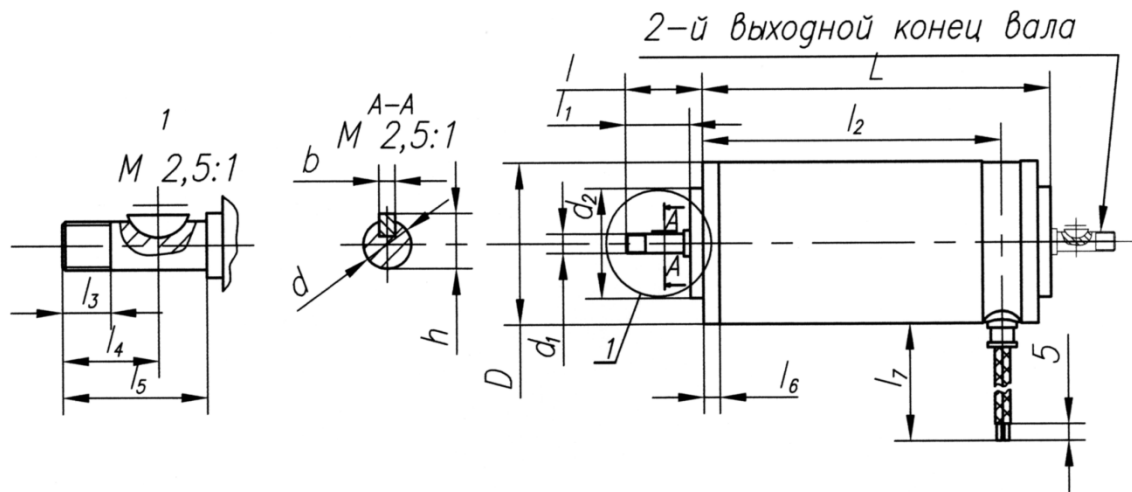


Рис. П6. Электродвигатели ДПР, бесфланцевое исполнение

Таблица П7

Технические данные двигателей ДПР

Тип двигателя	U В	P Вт	M _{ном.} Нмм	M _{пуск.} Нмм	n об/мин	t ч нарабо тки	J _я 10 ⁻⁴ кгм ²
ДПР-2-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	12	0,92	0,98	4,0	9000	500	0,063
ДПР-2-Н1/Н2-Ф1/Ф2-02	12	0,75	1,2	3,0	6000	1000	
ДПР-2-Н1/Н2-Ф1/Ф2-05	6	0,82	0,98	4,0	9000	500	
ДПР-2-Н1/Н2-Ф1/Ф2-06	6	0,58	0,98	2,6	6000	1000	
ДПР-2-Н1/Н2-Ф1/Ф2-07	6	0,44	0,98	2,6	4500	2000	
ДПР-2-Н1/Н2-Ф1/Ф2-08	6	0,24	0,98	1,6	2500	3000	
ДПР-2-Н1/Н2-Ф1/Ф2-13	6	1,12	0,19	1,57	6000	2000	
			6				

ДПР-32-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	0,92	1,96	11,3	9000	500	0,196
	27	1,5	2,5	10,0	6000	1000	
ДПР-32-Н1/Н2-Ф1/Ф2-02	27	0,93	2,5	7,5	4500	2000	
	12	1,7	1,96	15,0	9000	600	
ДПР-32-Н1/Н2-Ф1/Ф2-03	12	1,1	1,96	11,0	6000	1000	
	12	0,8	1,96	7,6	4500	2000	
ДПР-32-Н1/Н2-Ф1/Ф2-05	12	0,64	1,96	4,9	2500	3000	
ДПР-32-Н1/Н2-Ф1/Ф2-05							
ДПР-32-Н1/Н2-Ф1/Ф2-07							
ДПР-32-Н1/Н2-Ф1/Ф2-08							
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	3,1	4,9	36,0	9000	500	0,57
	27	2,9	4,9	22,0	6000	1000	
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-02	27	2,2	4,9	17,0	4500	2000	
	27	1,2	4,9	27,0	2500	3000	
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-03	12	4,4	4,9	30,0	9000	400	
	12	2,9	4,9	19,0	6000	800	
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-04	12	2,3	4,9	12,8	4500	1500	
	12	3,1	4,9	19,6	2500	2500	
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-05	14	2,3	4,9	14,7	4500	1500	
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-06							
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-07							
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-08							
ДПР-42-Н1/Н2-Ф1/Ф2-07А							
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	8,2	9,8	12,0	9000	500	1,7
	27	6,15	9,8	68,7	6000	1000	
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	4,4	9,8	70,0	4500	2000	
	27	2,51	9,8	42,0	2500	3000	
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	12	9,05	9,8	108,0	9000	400	
	12	6,03	9,8	81,0	6000	800	
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	12	4,5	9,8	68,0	4500	1500	
	12	2,5	9,8	51,0	2500	2500	
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	14	4,5	9,8	70,0	4500	1500	
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01							

ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01							
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01							
ДПР-52-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01							
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	18,2	19,6	200,0	9000	300	3,6
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	12,3	19,6	170,0	6000	600	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	9,23	19,6	147,0	4500	1500	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	5,13	19,6	82,0	2500	2500	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	12	18,4	19,6	190,0	9000	200	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	12	12,3	19,6	177,0	6000	500	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	12	9,23	19,6	125,0	4500	1000	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	12	5,13	19,6	81,0	2500	2000	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	14	9,23	19,6	78,5	4500	1000	
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01							
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01							
ДПР-62-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01							
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	36,9	39,2	45,0	9000	300	7,8
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-01	27	18,5	39,2	35,0	6000	500	
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-02	27	16,4	39,2	30,0	4500	1000	
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-02	27	16,4	39,2	19,0	4500	2000	
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-03	12	36,9	39,2	45,0	9000	200	
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-03	12	18,5	39,2	32,0	6000	600	
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-04	12	16,4	39,2	28,0	4500	1000	
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-04	12	10,2	39,2	19,5	2500	6000	
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-05							
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-06							
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-07							
ДПР-72-Н1/Н2-Ф1/Ф2-08							

Таблица П8

Технические данные двигателей ДПР исполнения Н6 (со стабилизатором скорости).

Тип двигателя	Регулятор скорости	U В	P Вт	n м об/мин	M ном мНм	M пуск мНм	t наработки и в часах
ДПР-3	РС-3-06	12	0,9	3000	2,94	3,92	750
ДПР-3	РС-4-08	12	0,9	3000	2,94	5,88	500
ДПР-32-Н6-02	РС-3-3М	27	1,1	6000	1,67	5,88	150
ДПР-32-Н6-02	РС-4-07	27	0,15	3000	0,49	1,96	500
ДПР-32-Н6-02	РС-3-12	27	1,2	6000	1,96	5,88	1000
ДПР-32-Н6-02	РС-3-13	27	2	9000	2,16	9,8	300
ДПР-32-Н6-02	РС-0,08	27	1,2	6000	1,96	5,88	1000
ДПР-32-Н6-02	РС-5-10	27	1,5	3000	4,9	13,12	2000
ДПР-32-Н6-02	РС-5-1Р	27	3	3000	9,8	34,2	2000

Конструктивные параметры: аксиальный люфт 0,07 - 0,12 мм, радиальный люфт 0,03 мм.

Максимальная нагрузка на шариковые подшипники: радиальная 10Н,

аксиальная 5Н.

Максимальное усилие запрессовки на вал 50Н.

Масса двигателя 56г.

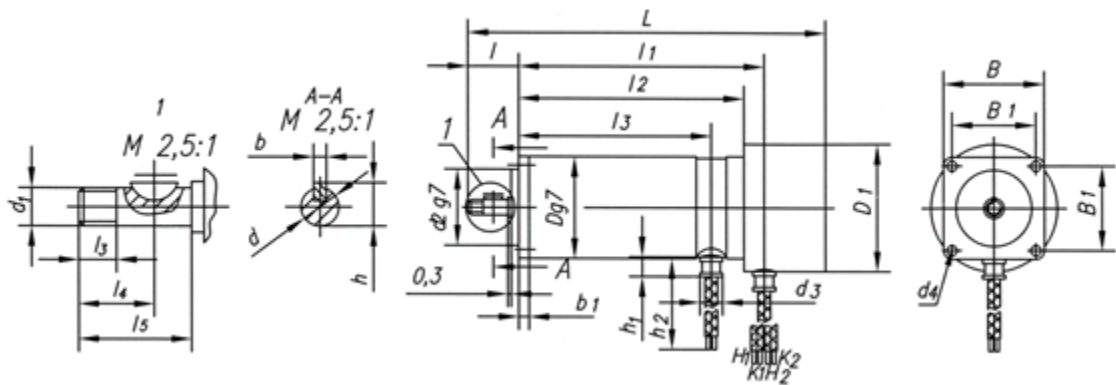


Рис. П7. Габаритные и посадочные размеры электродвигателей ДПР исполнение Ф6

Таблица П9

Габаритные размеры электродвигателей ДПР исполнение Ф6

Тип двигателя	Размеры в мм																				Мас	
	D	D ₁	d	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	L	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	h	h ₁	h ₂	B	B ₁	b		b ₁
ДПР-3-Ф6	20	25	3	M3x0,35	15	3,8	2,0	60,5	10	38	7	3	5	10,5	3,6	3	200	20	16	0,6	2	110
ДПР-32-	20	25	3	M3x0,35	15	3,8	2,4	71,1	10	38	7	3	5	10,5	3,6	3	200	25	21	0,6	2,5	110
ДПР-42-	25	25	3	M3x0,35	17	3,8	2,4	83	12	46,5	9	3	6	12	3,6	3,5	200	30	25,2	0,6	2,5	182
ДПР-52-Ф6	25	25	4	M4x035	22	3,8	2,9	96	13,5	54,5	10,5	4,5	7,5	14	4,8	3,5	200	30	25,2	0,6	2,5	180

Асинхронные электродвигатели

Широкое применение в системах автоматике получили асинхронные двигатели переменного тока управляемые и не управляемые (силовые).

Среди силовых асинхронных двигателей лучшие характеристики имеют трёхфазные, двухфазные (конденсаторные) теряют около 1/3 мощности по сравнению с трёхфазными. Трёхфазные двигатели на частоту питающего напряжения 400Гц имеют к.п.д от 15 до 85%, причём большей мощности соответствует больший к.п.д. Пусковой момент может превосходить номинальный до 4,5 раз. Силовые трехфазные асинхронные двигатели на частоту 400 Гц широко используются в муфтовых приводах, таких как стабилизаторы морской или воздушной качки, приводы сканирующих антенных решёток и др.

Асинхронные электродвигатели серии ДАТ

Условия эксплуатации двигателей серии ДАТ (двигатель асинхронный трёхфазный):

Вибрационные нагрузки:

диапазон частот, Гц 1...2000

ускорение, м/с² 100

Ударные нагрузки, м/с² 400

Повышение температуры окружающей среды °С ДАТ 42271, 5127, 53271, на 400 Гц 100; ДАТ 31271, 32272, 53172, 53182 85; ДАТ 80-40-6 55; ДАТ 53172-2; 53182 - 2 - 40

Понижение температуры окружающей среды, °С -60.

Относительная влажность при температуре 35°С, % - 98.

Гарантийная наработка двигателей, ч. на 400 Гц 500, на 50 Гц -10000.

Таблица П10

Технические данные двигателей серии ДАТ

Тип Двигателя	$U, В$	$P_{ном}$ Вт	n об/мин	$M, Нм$	$M, Нм$	$J \cdot 10^{-5}$ кгм ²	Режим работы по ГОСТ 183-74
ДАТ11411	36	1,6	4800	3,3	49	0,6	S1
ДАТ11411-5	36	1,6	4800	3,3	49	0,6	S5
ДАТ21411	36	6	5000	117,5	235	2	S1, S5
ДАТ21571	220	10	7000	147	235	2	S1
ДАТ21572	220	10	7000	147	235	2	S1
ДАТ21573	220	10	7000	147	235	2	S1
ДАТ21670	220	25	10700	226	430	2	S1
ДАТ21671	220	25	10700	226	430	2	S1
ДАТ22660	220	40	10600	73	568	3	S1
ДАТ22671	220	40	10500	373	588	3	S1
ДАТ22672	220	40	10600	373	568	3	S1
ДАТ22673	220	40	10500	373	588	3	S1
ДАТ31461	200	16	5000	294	490	5,5	S1, S5
ДАТ31660	200	60	10800	540	980	5,5	S1
ДАТ32461	200	25	51000	490	784	9	S1, S5
ДАТ32671	220	90	10900	835	1760	9	S1
ДАТ32672	220	90	10900	835	1760	9	S1
ДАТ32673	220	90	10900	835	1760	9	S1
ДАО32641	115	60	11000	540	880	9	S1
ДАТ41461	200	40	5000	785	1750	18	S1, S5
ДАО42441	115	40	5400	735	1570	27	S1
ДАО42441	220	40	5400	735	1570	27	S1
ДАТ4261	200	60	5100	1175	1765	27	S1, S5
ДАТ42561	200	90	7000	1200	2540	27	S1
ДАТ42564	200	90	7000	1200	2540	27	S1
ДАТ42671	200	180	10800	1620	3620	27	S1
ДАТ42672	200	180	10800	1620	3620	27	S1
ДАТ42673	200	180	10800	1620	3620	27	S1
ДАТ52461	200	120	5100	2260	3220	77	S1, S5
ДАТ53671	220	370	11400	3240	5400	81	S1
ДАТ53672	220	370	11400	3240	5400	81	S1
ДАТ53673	220	370	11400	3240	5400	81	S1
ДАТ61560-1	200	370	7400	4900	14700	180	S1
ДАТ61561-1	200	370	7400	4900	14700	180	S1
ДАТ61570-1	220	370	7400	4900	14700	180	S1
ДАТ61571-1	220	370	7400	4900	14700	180	S1

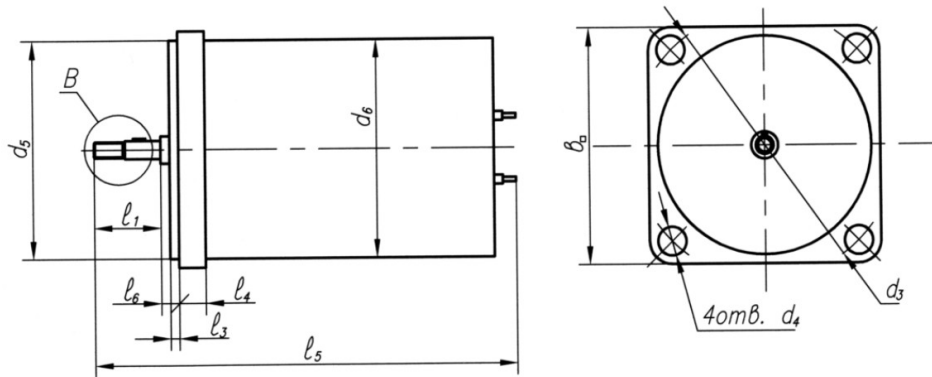
ДАТ62461	200	370	5200	6560	12250	250	S1, S5
ДАТ62671	200	750	11500	6460	12750	250	S1
ДАТ62672	200	750	11500	6460	12750	250	S1
ДАТ62673	200	750	11500	6460	12750	250	S1
ДАТ71560-1	200	750	7400	10300	33300	460	S1
ДАТ71560-1	200	750	7400	10300	33300	460	S1
ДАТ71570-1	220	750	7400	10300	33300	460	S1
ДАТ71571-1	220	750	7400	10300	33300	460	S1

Таблица П11

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей серии

ДАТ

Тип двигателя	d_1 h7	d_2	d_3 js10	d_4 h7	d_5	d_6	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	b_{\square}	b	h	Масса
ДАТ1141	3	M3	40	3,4													
ДАТ11411-5	3	M3	40	3,4													
ДАТ21411	4	M3	50	4,5													
ДАТ21571	4	M3	50	4,5													
ДАТ21671	4	M3	50	4,5													
ДАТ22671	4	M3	50	4,5													
ДАТ31461	5	M4	60	4,5													
ДАТ32461	5	M4	60	4,5													
ДА032641	5	M4	60	4,5													
ДАТ32671	5	M4	60	4,5													
ДАТ41461	6	M4	60	4,5													
ДАТ42271	6	M4	75	5,8													
ДА042441	6	M4	75	5,8	60	60	16	10	2,5	7,5	118	3,5	5	66	1,2	6,9	1
ДАТ42461	6	M4	75	5,8	60	60	16	10	2,5	7,5	118	3,5	5	66	1,2	6,9	1
ДАТ42561	6	M4	75	5,8	60	60	16	10	2,5	7,5	118	3,5	5	66	1,2	6,9	1
ДАТ42564	6	M4	70	5,5	60	60	16	10	2,5	7,5	118	3,5	5	61	1,0	6,9	1
ДАТ42671	6	M4	75	5,8	60	60	16	10	2,5	7,5	118	3,5	5	66	1,2	6,9	1
ДАТ51271	8	M6×0,5	100	7	80	80	20	12	3	13	126	4	6	86	3	9	1,7
ДАТ52461	8	M6×0,5	100	7	80	80	20	12	3	13	126	4	6	86	3	9	1,7
ДАТ53271	8	M6×0,5	100	7	80	80	20	12	3	13	144	4	6	86	3	9	2,2
ДАТ53671	8	M6×0,5	100	7	80	80	20	12	3	13	144	4	6	86	3	9	2,2
ДАТ615611	9	M8×0,5	115	10	100	100	20	12	3	14	150	4	6	106	3	11	3,2
ДАТ615711	9	M8×0,5	115	10	100	100	20	12	3	14	150	4	6	106	3,5	11	3,2
ДАТ624611	9	M8×0,5	115	10	100	100	20	12	3	14	170	4	6	106	3,5	11	4,1
ДАТ626711	9	M8×0,5	115	10	100	100	20	12	3	14	170	4	6	106	3,5	11	4,1
ДАТ715611	12	M10×0,5	130	10	120	120	30	18	3,5	15	187	4,5	9	126	4	12	5,8



ДАТ715711	12	M10×0,5	130	10	120	120	30	18	3,5	15	187	4,5	9	126	4	12	5,8
-----------	----	---------	-----	----	-----	-----	----	----	-----	----	-----	-----	---	-----	---	----	-----

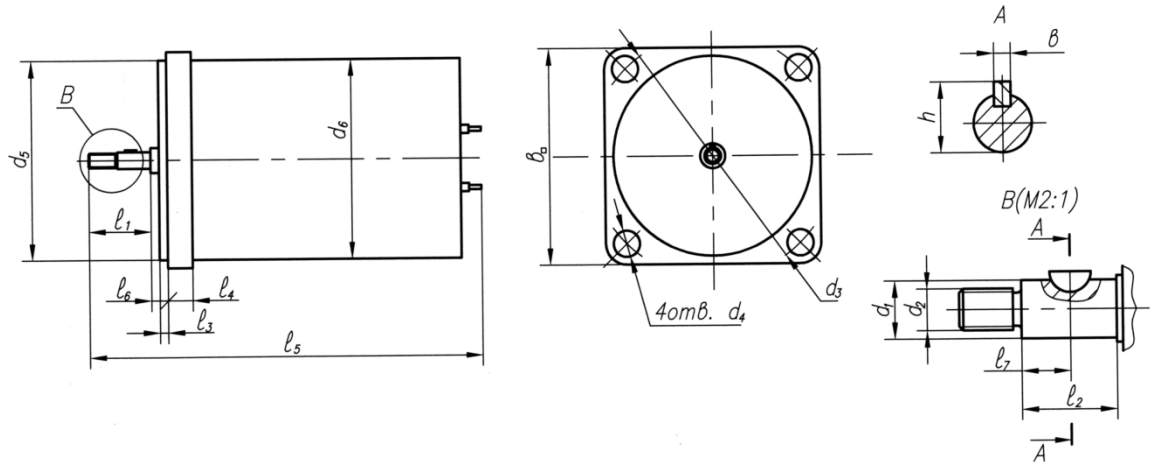


Рис. П8 Габаритные и посадочные размеры электродвигателей серии ДАТ

Электродвигатели УАД

Условия эксплуатации Электродвигатели работают при следующих условиях: температура окружающего воздуха от -60 до $+85^{\circ}\text{C}$; давление 450—760 мм рт. ст.; относительная влажность воздуха до 98% при температуре 40°C . Предусмотрен тропический вариант исполнения электродвигателей. Рабочая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли в концентрациях, снижающих параметры двигателя в недопустимых пределах. Асинхронные электродвигатели серии УАД могут работать от трехфазной или однофазной сети напряжением 220 В переменного тока частотой 50 Гц. Рабочее положение вала произвольное. Режим работы продолжительный (S1). Уровень шума по ГОСТ 16372—84, допустимые вибрации — ГОСТ 16921—83. Превышение температуры частей двигателей над верхним значением температуры окружающей среды не более допустимого значения по ГОСТ 183—77. Конструкция электродвигателей по технике безопасности отвечает ГОСТ 12.2.007.0

—75 и ГОСТ 12.2.007.1—75. Эксплуатация двигателей должна производиться согласно "Правилам технической эксплуатации

Тип двигателя	$P_{\text{ном}} \text{Вт}$	об/мин _{ном}	$M_{\text{ном}} \times 10^{-4}$	$M_{\text{МП}} \times 10^{-4}$	$M_{\text{max}} \times 10^{-4}$	КПД, %	$\Gamma \times \text{м}^2 \cdot \text{р} \times 10^{-6}$
УАД-12	1,5	276	52	129	129	0,4	130
УАД-22	4	276	138	207	276	0,5	432
УАД-32	7	276	242	486	486	0,4	566
УАД-42	13	276	450	900	900	0,5	136
УАД-52	20	276	690	138	138	0,5	172
УАД-62	40	276	138	208	208	0,5	435
УАД-72	70	276	242	363	363	0,5	600
УАД-24	1,2	133	86	129	172	0,5	432
УАД-34	2,5	133	184	276	276	0,5	566
УАД-44	6	134	433	650	650	0,5	130
УАД-54	9	134	649	970	970	0,5	172
УАД-64	20	134	144	216	216	0,5	435
УАД-74	30	134	216	324	324	0,5	600

электроустановок потребителей", утвержденным Госэнергонадзором.

Таблица П12

Технические данные двигателей серии УАД, работающих в трехфазном режиме (напряжение питания (220±22) В, частота 50 Гц]

Расшифровка обозначения. Пример: УАД-12Ф-2

У-универсальный

А-асинхронный

Д – двигатель

12 – габарит

Ф – наличие фланца, при отсутствии указания – без фланца

2 – два выходных конца вала, при отсутствии указания - один

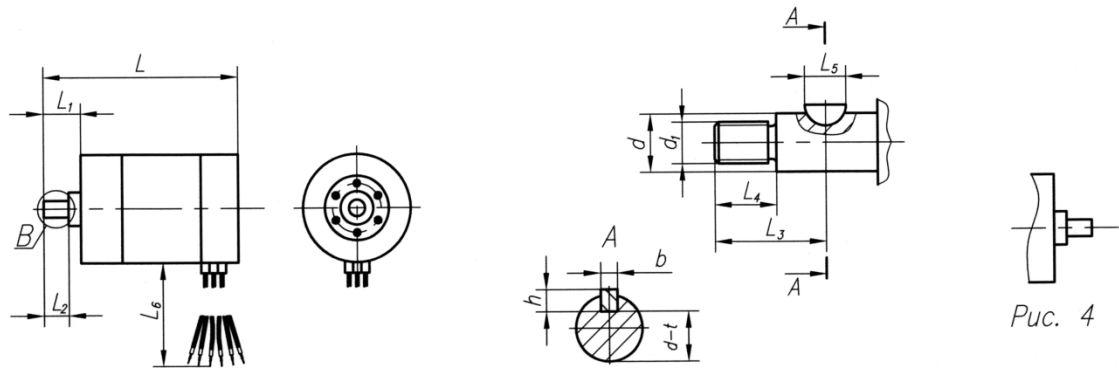


Рис. П9 Габаритные и посадочные размеры электродвигателей серии УАД без фланца

Таблица. П13

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей УАД без фланца

Тип электродвигателя	D	d	d_1	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	b	h	$d-t$	Рисунок
УАД-12	40,6	2,5	M2-6g	58,7	$12,5 \pm 0,3$	$11,5^{+0,24}$	$7 \pm 0,1$	$4^{+0,16}$	$5,6_{-0,3}$		$0,6_{-0,018}$	$1,6_{-0,06}$	1,2	
УАД-22 УАД-32	50,6	4	M3-6g	$60,7$ $70,7$	$19 \pm 0,3$	$18^{+0,28}$	11 $\pm 0,1$	$6^{+0,16}$		150 ± 5	$0,8_{-0,018}$	$2,3_{-0,06}$	1,8	

УАД-42 УАД-52	62,7	5	M4-6g	75,7 88,8	24±0,3	23 ^{+0,28}	14±0,1	8 ^{+0,2}	6,8 ^{-0,36}			3,1 ^{-0,08}	2	3
УАД-62 УАД-72	75,7	6	M5-6g	95,8 115,8	28,5±0,3	27,5 ^{+0,28}	17±0,1	9,5 ^{+0,2}	9,7 ^{-0,36}	200±5	1 ^{-0,02}	3,2 ^{-0,08}	2	
УАП-24 УАД-34	50,6	4	M3-6g	60,7 70,7	19±0,3	18 ^{+0,28}	11 ±0,1	8 ^{+0,16}	5,6 ^{-0,3}	150±5	0,8 ^{-0,018}	2,3 ^{-0,06}	1,8	
УАД-44 УАД-54	62,7	5	M4-6g	75,7 88,8	24±0,3	23 ^{+0,28}	14±0,1	8 ^{+0,2}	6,8 ^{-0,36}	200±5	1 ^{-0,02}	3,1 ^{-0,08}	2	
УАД-64 УАД-74	75,7	6	M5-6g	95,8 115,8	28,5±0,3	27,5 ^{+0,28}	17±0,1	9,5 ^{+0,2}	9,7 ^{-0,36}			3,2 ^{-0,08}	2	
УАД-12-2	40,6	2,5	M2-6g	58,7	13±0,3	11,5 ^{+0,24}	7±0,1	4+0,16	5,6 ^{-0,3}	150±5	0,6 ^{-0,018}	1,6 ^{-0,06}	1,2	4
УАД-22-2 УАД-32-2	50,6	4	M3-6g	60,7 70,7	19,5±0,3	18 ^{+0,28}	11 ±0,1	8+0,16			0,8-0,018	2,3 ^{-0,06}	1,6	
УАД-42-2 УАД-52-2	62,7	5	M4-6g	75,7 88,8	24,5±0,3	23 ^{+0,28}	14±0,1	8+0,2	6,8 ^{-0,36}	200±5	1 ^{-0,02}	3,1 ^{-0,08}	2	
УАД-62-2 УАД-72-2	75,7	6	M5-6g	95,8 115,8	29±0,3	27,5 ^{+0,28}	17±0,1	9,5 ^{+0,2}	9,7 ^{-0,36}			3,2 ^{-0,08}	2	
УАД-24-2 УАД-34-2	50,6	4	M3-6g	60,7 70,7	19,5±0,3	18 ^{+0,28}	11 ±0,1	8+0,16		150±5	0,8 ^{-0,018}	2,3 ^{-0,06}	1,6	
УАД-44-2 УАД-54-2	62,7	5	M4-6g	75,7 88,8	24,5±0,3	23 ^{+0,28}	14±0,1	8+0,2	6,8 ^{-0,36}	200±5	1 ^{-0,02}	3,1 ^{-0,08}	2	
УАД-64-2 УАД-74-2	75,7	6	M5-6g	95,8 115,8	29±0,3	27,5 ^{+0,28}	17±0,1	9,5 ^{+0,2}	9,7 ^{-0,36}			3,2 ^{-0,08}	2	

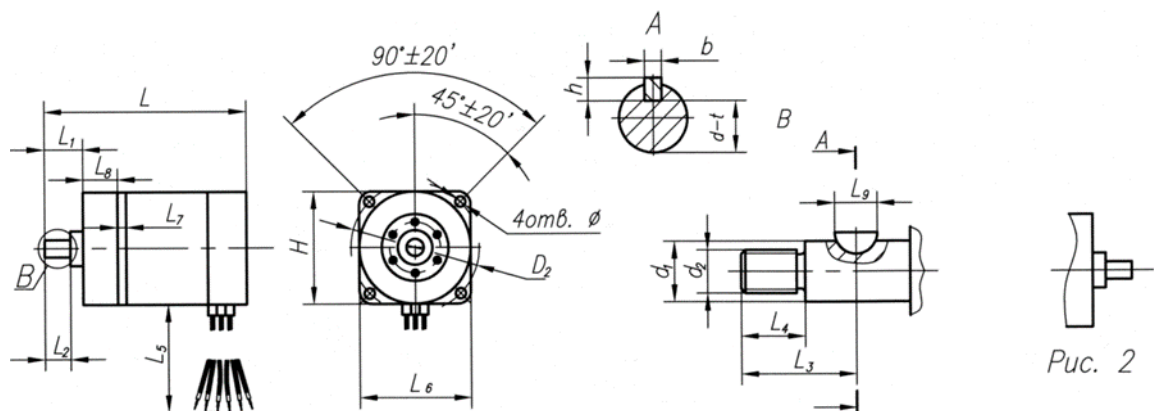


Рис. П10 Габаритные и посадочные размеры электродвигателей
УАД с фланцем

Таблица П14

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей УАД с
фланцем

Тип электро двигател	D	D_2	d	d_1	d_2	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	b	H	h	d_4	Рисунок	
УАД-12Ф	40,6	46,8±0,2	2,9	M2-6g	2,5	58,7	12,5	11,5	7	4	150	40,6	2,5	15,5	5,8	0,6	40,6	1,6	1,2	1	
УАД-22Ф УАД-32Ф	50,6	58,4±0,2	3,4	M3-6g	4	60,7 70,7	19	18	11	6		50,6	3	18,5	6,8	0,8	50,6	2,3	1,8		
УАД-42Ф УАД-52Ф	62,7	72,5±0,2	4,5	M4-6g	5	75,7 88,8	24	23	14	8		62,7	4	20,5	1	62,7	3,1	2			
УАД-62Ф УАД-72Ф	75,7	87,6±0,2	5,5	M5-6g	6	95,8 115,8	28,5	27,5	17	9,5	200	75,7	5	25		9,7	75,7	2,3	2		
УАД-24Ф УАД-34Ф	50,6	58,4±0,2	3,4	M3-6g	4	60,7 70,7	19	18	11	4	150	50,6 60,6	3	18,5	6,8	0,8	50,6 60,6	3,1	1,8		2
УАД-44Ф УАД-54Ф	62,7	72,5±0,2	4,5	M4-6g	5	75,7 88,8	24	23	14	8	200	62,7	4	20,5	1	62,7	3,2	2			
УАД-64Ф УАД-74Ф	75,7	87,6±0,2	5,5	M5-6g	6	95,8 115,8	28,5	27,5	17	9,5	75,7	5	25	9,7		75,7	3,2	2			
УАД-12Ф2	40,6	46,8±0,2	2,9	M2-6g	2,5	58,7	12,5	11,5	7	4	150	40,6	2,5	15,5	5,8	0,6	40,6	1,6	1,2	2	
УАП-22Ф2 УАД-32Ф2	50,6	58,4±0,2	3,4	M3-6g	4	60,7 70,7	19,5	18	11	6		50,6	3	18,5	6,8	0,8	50,6	2,3	1,8		
УАД-42Ф2 УАД-52Ф2	62,7	72,5±0,2	4,5	M4-6g	5	75,7 88,8	24,5	33	14	8		200	62,7	4,3	20,5	1	62,7	3,1	2		
УАП-62Ф2 УАД-72Ф2	75,7	87,6±0,2	5,5	M5-6g	6	95,8 115,8	29	27,5	17	9,5	75,7	5	25	9,7	75,7		2,3	2			
УАД-24Ф2 УАП-34Ф2	50,6	58,4±0,2	3,4	M3-6g	4	60,7 70,7	19	18	11	6	150	50,6	3	18,5	6,8	0,8	50,6	3,1	1,8		1
УАД-44Ф2 УАП-54Ф2	62,7	72,5±0,2	4,5	M4-6g	5	75,7 88,8	24,5 3	23	14	8	200	62,7	4	20,5	1	62,7	3,2	2			
УАД-64Ф2 УАП-74Ф2	75,7	87,6±0,2	5,5	M5-6g	6	95,8 115,8	29,3	27,5	17	9,5	75,7	5	25	9,7		75,7	3,2	2			

Электродвигатели серии ДИД и ДГ

Режим работы

Асинхронные двухфазные управляемые реверсивные электродвигатели с полым ротором серии ДИД и ДГ широко используются в приборных следящих приводах с частотой питающего напряжения 400 Гц. Серия ДГ имеет встроенный тахогенератор.

Буквенные обозначения в марках: Т - теплостойкий, ТВ и У – тепловлагодостойкий, ТЧ - теплостойкий с частотой питающего напряжения 1000 Гц.

Чертежи, габаритные и посадочные размеры остальных двигателей ДИД и ДГ приведены на рис. 11 и в табл. 15.

Технические данные.

Условия эксплуатации электродвигателей серии ДИД и ДГ следующие:

Вибрационные нагрузки: при частоте 10...200 Гц ускорение до 75 м/с². Ударные нагрузки до 120 м/с².

Температура окружающей среда от -60 до +100 °С; для ДИД-0,1ТА, ДИД-0,1ТВ, ДИД-0,6ТВ и ДИД-0,6ТА - до +80 °С, остальные - до +100 °С; нижнее значение -60 °С. Относительная влажность воздуха: ДИД-0,5ТВ, ДИД-0,5У при температуре 40 °С - 98 %, остальные при температуре 20 °С - 98 %.

Гарантийная наработка: для ДИД-0,1ТА, ДИД-0,1ТВ - 1500 ч, для остальных типов (кроме ДИД-ТЧ) 2200 ч. Частота напряжения питания 400 Гц, у ДИД-ТЧ 1000 Гц. Режимы работы S1 и S7. Запрещается работа с осевыми усилиями на валу электродвигателя.

На рис.П11 приведены чертежи этих электродвигателей.

Технические данные двигателей ДИД и ДГ

Тип двигателя	Мощность Вт	$M_{ном}$ Нмм	$M_{пуск}$ Нмм	$n_{ном}$ об/мин	J ротора $кгм^2 \cdot 10^{-8}$	T эм с	КПД %
ДИД-0,1	0,1	0,15	0,26	10000	2,25	0,09	3
ДИД-0,5	0,32	0,4	1,0	11200	4,5	0,08	8
ДИД-1	1,0	0,9	1,6	15450	7,0	0,038	13
ДИД-2	2,0	1,8	3,4	15450	9,0	0,032	20
ДИД-3	3,0	5,6	10,0	7600	24	0,026	23
ДИД-5	5,0	12	22,0	5750	260	0,052	20
ДИД-10	10,0	14,5	28,0	8200	380	0,052	25
ДГ-0,1	0,07	0,15	0,26	8200	5	0,12	1,5
ДГ-0,5	0,5	0,65	1,2	11500	13	0,1	10
ДГ-1	1,0	0,8	1,6	12000	8	0,068	12
ДГ-2	2,0	1,6	3,4	13800	11	0,052	17
ДГ-3	3,0	5	10	7200	37	0,036	17
ДГ-5	5,0	10	22	5100	40	0,03	19
ДГ-10	10	15	28	8200	54	0,05	30

Конструктивное исполнение IP44, способ монтажа IM4009, IM40019.

Расшифровка обозначения

ДИД-0,6ТВ

Д----- электродвигатель

И----- индукционный

Д----- двухфазный

0,6----- мощность (0,6 Вт)

В--- - нагревовлагодостойкий

Условия эксплуатации электродвигателей серии ДИД и ДГ

Вибрационные нагрузки: частота (Гц) 10 – 200, ускорение ($м/с^2$) - до 75, ударные нагрузки ($м/с^2$) - до 120.

Температура окружающей среды: нижнее значение $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, верхнее значение $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$

ДИД-0,1ТА, ДИД-0,1ТВ, ДИД-0,6ТВ и ДИД-0,6ТА - до +80 °С,
остальные типы - до +100°С.

Относительная влажность воздуха, в %:

ДИД-0,5ТВ, ДИД-0,5У при температуре 40 °С - 98, остальные при
температуре 20°С - 98.

Гарантийная наработка, ч:

ДИД-0,1ТА, ДИД-0,1ТВ - 1500, двигатели остальных типов (кроме
ДИД-ТЧ) - 2200.

Частота напряжения питания - 400 Гц, у ДИД-ТЧ -1000 Гц. Режим
работы - S1 и S7.

Запрещается работа с осевыми усилиями на валу
электродвигателя.

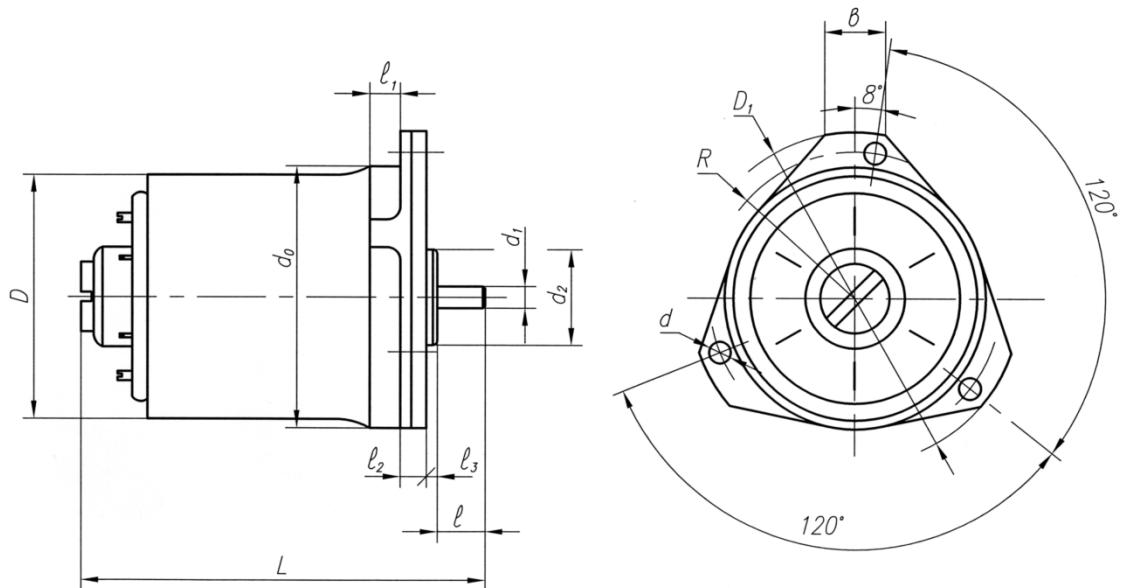


Рис П11. Габаритные посадочные размеры электродвигателей ДИД-1, ДГ-1 до ДИД-10 и ДГ10

Таблица П16

Габаритные посадочные размеры электродвигателей ДИД-1, ДГ-1 до
ДИД-10 и ДГ10

Тип двигателя	Размеры в мм												Масса m , кг
	D	D_1	d_0	d_1 $h6$	d_2 $h6$	d	L	l_1	l_2	B	b	R	
ДИД-1	33	44	34	2,8	20	3,2	54	11,6	5,5	42	10	19,4	0,11
ДИД-2	33	44	34	2,8	20	3,2	68	11,8	5,5	42	10	19,4	0,16
ДИД-3	48	61	49	3,8	23	3,5	70	12,6	6	57	12	27,3	0,35
ДИД-5	60	75	61	4,8	33	3,5	104	20	5,5	70	10	34	0,72
ДИД-10	60	75	61	4,8	33	3,5	117	26	6	70	10	34	1,0
ДГ-1	33	44	34	2,8	20	3,2	81	12	5	42	10	19,4	0,2
ДГ-2	33	44	34	2,8	20	3,2	93	12	5	42	10	19,4	0,26
ДГ-3	48	61	49	3,8	23	3,5	99	19,5	13	57	12	27,5	0,54
ДГ-5	60	75	61	4,8	33	3,5	138	20	10	70	10	34	1,0
ДГ-10	60	75	61	4,8	33	3,5	122	26	7	70	10	34	1,2

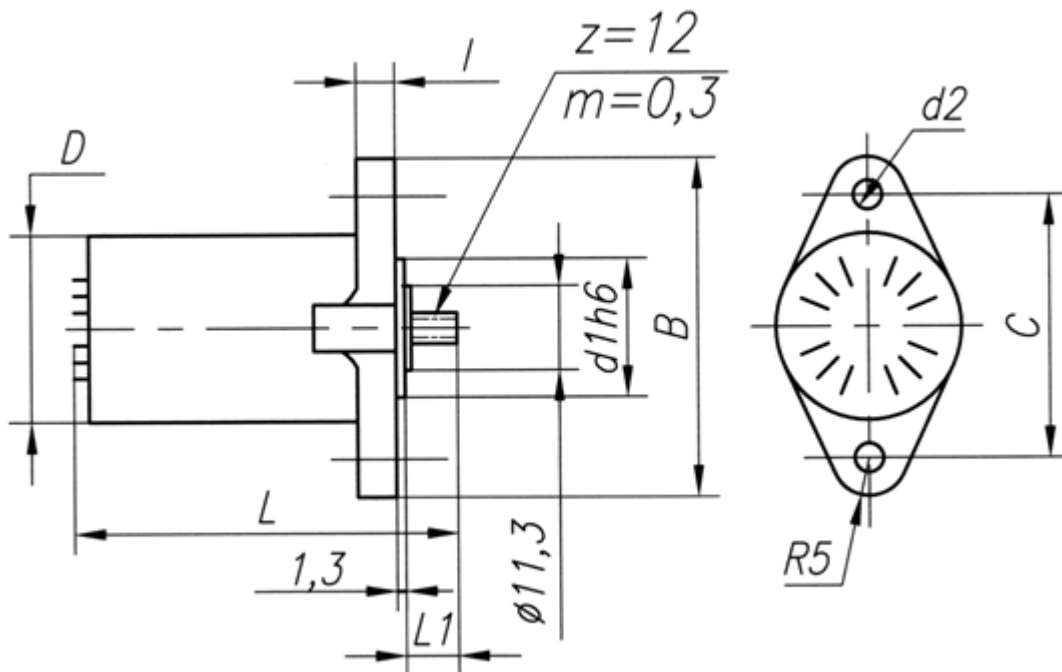


Рис. П12. Габаритные и посадочные размеры электродвигателей ДИД-0,1 ДИД-0,5 ДГ-0,1 и ДГ-0,5

Таблица П17

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей ДИД-0,1
ДИД-0,5, ДГ-0,1 и ДГ-0,5

Тип двигателя	Размеры в мм								
	D	d_1	d_1	L	L_1	l	C	B	C_1
ДИД-0,1	18	12	2,5	38	3	2,2	24+0,2	28,5	12
ДИД-0,5	22	16	3	41	3,2	1,8	31+0,16	32,3	13
ДГ-0,1	18	11	2,5	53	3	3,2	24+0,1	28,9	12
ДГ-0,5	26	54	3	66	3	4,5	31+0,16	36,3	15

Синхронные электродвигатели серии Г

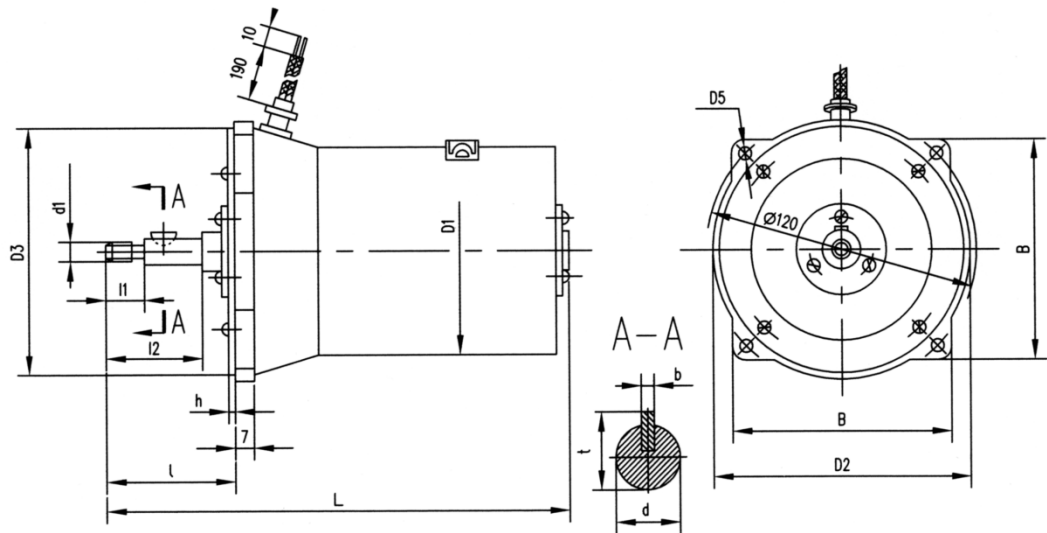


Рис. П13. Габаритные и посадочные размеры
электродвигателей
серии Г

Таблица П18

Габаритные и посадочные размеры электродвигателей серии Г

Тип двигателя	Размеры в мм															Масса кг
	<i>l</i>	<i>D</i> <i>h7</i>	<i>D3</i> <i>h7</i>	<i>D1</i>	<i>D4</i> <i>Js8</i>	<i>D2</i>	<i>D5</i>	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>b</i> <i>h8</i>	<i>l2</i>	<i>l1</i>	<i>h</i>	<i>L</i>	<i>d1</i>	
Г-201, Г-210 Г-202, Г-203 Г-205, Г-216 Г-304, Г-313 Г-314, Г-315	22,5	4	55	49	64	58	3,5	53	4,7	1,5	15	5	3	72	M4×0,5	0,3 0,3 0,4 0,4 0,4
Г-316, Г-317 Г-405, Г-409 Г-411, Г-412	24,5	5	72	64	85	77	4,5	70	5,7	1,5	17	5	3	111	M4×0,5	1,1 1,0 1,0
Г-413, Г-414 Г-415, Г-416	28	6	88	78	102	93	4,5	82	6,9	2	20	6	3	158,5	M4×0,5	1,0 1,8
Г-504, Г-506 Г-507, Г-509	32,5	7	103	92	120	110	5,5	97	7,9	2	23	6	4	173	M5×0,5	3,7 3,7
Г-510, Г-511, Г-512	32,5	7	103	92	120	110	5,5	97	7,9	2	23	6	4	172	M4×0,5	4,0 4,0

Шаговые электродвигатели

Подбор шаговых электродвигателей по принятым методикам по мощности не подходит. Рекомендуется угловую скорость вращения вала двигателя определять по формуле $\omega_{\partial} = \alpha_{\text{ш}} f_{\text{пр}} / 57,3$, где $f_{\text{пр}}$ – частота приемистости двигателя Гц; $\alpha_{\text{ш}}$ – угловой шаг поворота ротора двигателя при подаче одного кодового импульса, в градусах. Разделив угловую скорость двигателя на угловую скорость нагрузки получим передаточное отношение редуктора i_0 .

$$\frac{\omega_{\partial}}{\omega_{\text{н}}} = i_0$$

Для определения передаточного отношения редуктора с реечным механизмом на выходе угловая скорость нагрузки заменяется угловой скоростью реечного колеса, вычисляемого по выражению

$$\omega = 2 V/d$$

где: V - линейная скорость рейки

d - делительный диаметр реечного колеса.

Момент нагрузки на реечном колесе находится по выражению

$$M = d \cdot (F_{ст} + F_{дин})$$

где $F_{ст}$ и $F_{дин}$ - статическая и динамическая сила на рейке.

При предварительном расчете принять $\eta = 0,8$ привода, реечной передачи $\eta = 0,7$.

Порядок монтажа шагового двигателя

1. Крепление электродвигателей производится за фланец с помощью винтов.

Винты необходимо предохранить от самоотвинчивания.

2. Механические доработки корпуса и вала электродвигателя не допускаются.

3. При монтаже ударные нагрузки на вал, натяжение выводных проводов более 5Н (0,5 кгс) не допускается.

4. Разборка электродвигателей запрещается.

Шаговый электродвигатель ДШИ

Таблица 19

Основные технические характеристики шагового электродвигателя ДШИ-200-3-1

Максимальный статический синхронизирующий момент, Нм, не менее	0,84
--	------

Единичный шаг, град	1,8
Погрешность обработки шага, %	3
Максимальная частота приемистости, Гц	1000
Номинальный ток питания в фазе, А	1,5
Номинальное напряжение питания коммутирующих устройств, В	30
Максимальная потребляемая мощность, Вт, не более	16,7
Момент инерции ротора г·см ²	140
Масса, кг	0,91

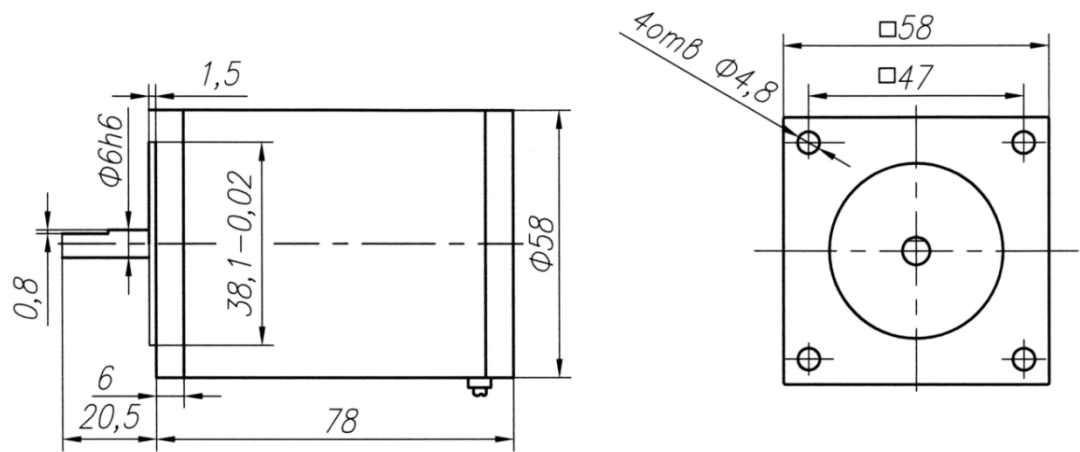


Рис. П14. Габаритные и посадочные размеры шагового электродвигателя ДШИ-200-3-1

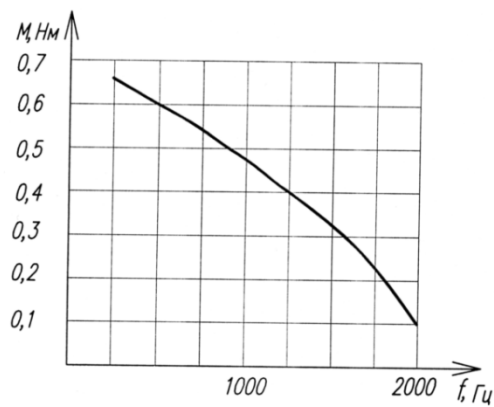


Рис.П15 Нагрузочная характеристика шагового электродвигателя ДШИ-200-3-1

Основные технические характеристики шагового
электродвигателя ДШИ-200-2-1

Максимальный статический синхронизирующий момент, Нм, не менее	0,46
Единичный шаг, град	1,8
Погрешность обработки шага, %	3
Максимальная частота приемистости, Гц	100
Номинальный ток питания в фазе, А	1,5
Номинальное напряжение питания коммутирующих устройств, В	30
Максимальная потребляемая мощность, Вт, не более	13
Момент инерции ротора $\text{г}\cdot\text{см}^2$	48
Масса, кг	0,36

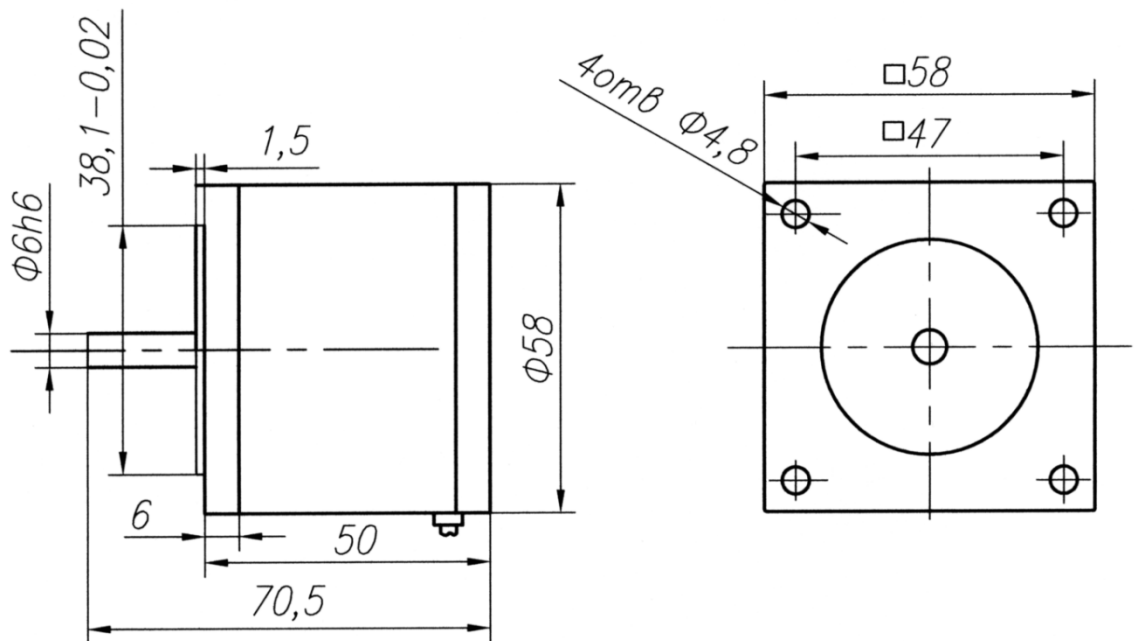


Рис.П16 Габаритные и посадочные размеры шагового
электродвигателя ДШИ-200-2-1

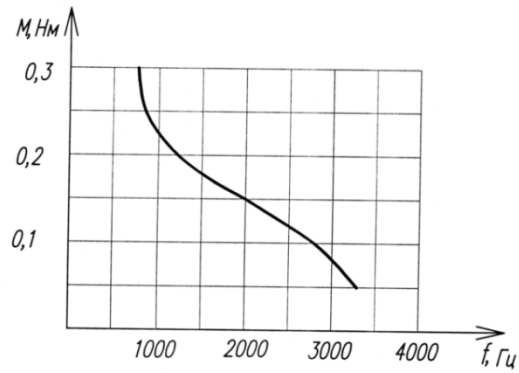


Рис.П17 Нагрузочная характеристика шагового электродвигателя ДШИ-200-2-1

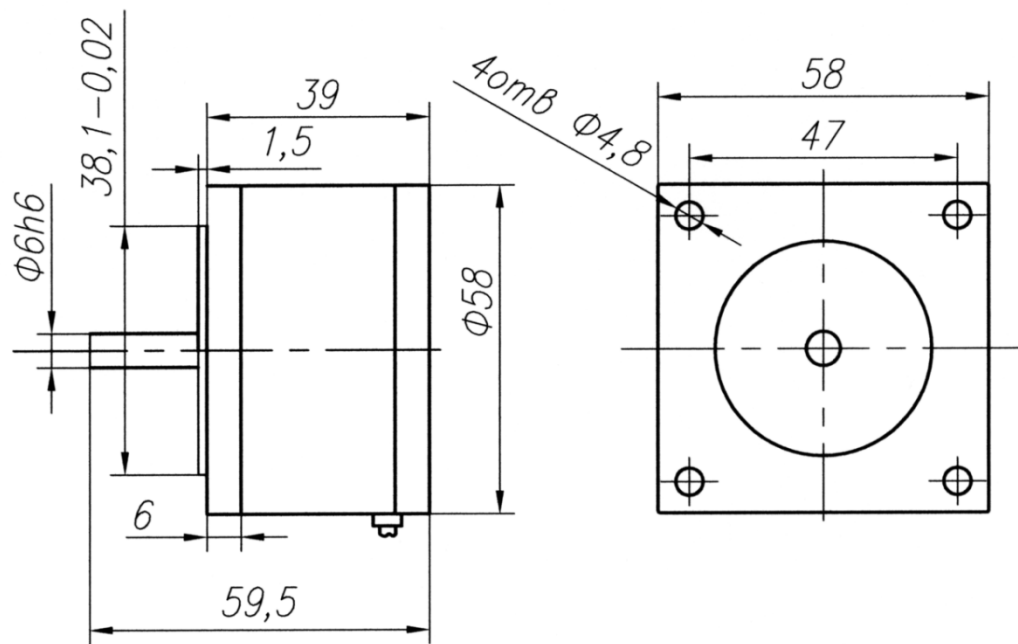


Рис.П18. Габаритные и посадочные размеры шагового электродвигателя ДШИ-200-1-1

Таблица П21

Основные технические характеристики шагового электродвигателя ДШИ-200-1-1

Максимальный статический синхронизирующий момент, Нм, не менее	0,25
--	------

Единичный шаг, град	1,8
Погрешность обработки шага, %	3
Максимальная частота приемистости, Гц	1200
Номинальный ток питания в фазе, А	1,5
Номинальное напряжение питания коммутирующих устройств, В	30
Максимальная потребляемая мощность, Вт, не более	8,8
Момент инерции ротора г·см ²	38
Масса, кг	0,36

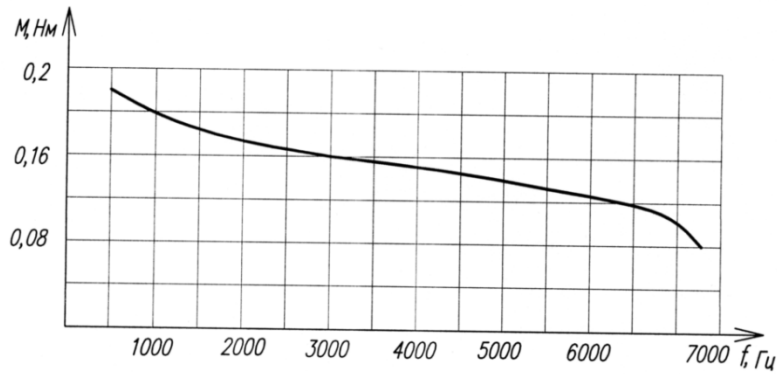


Рис.П19. Нагрузочная характеристика шагового электродвигателя ДШИ-200-1-1

Серводвигатели фирмы **FAULHABER**

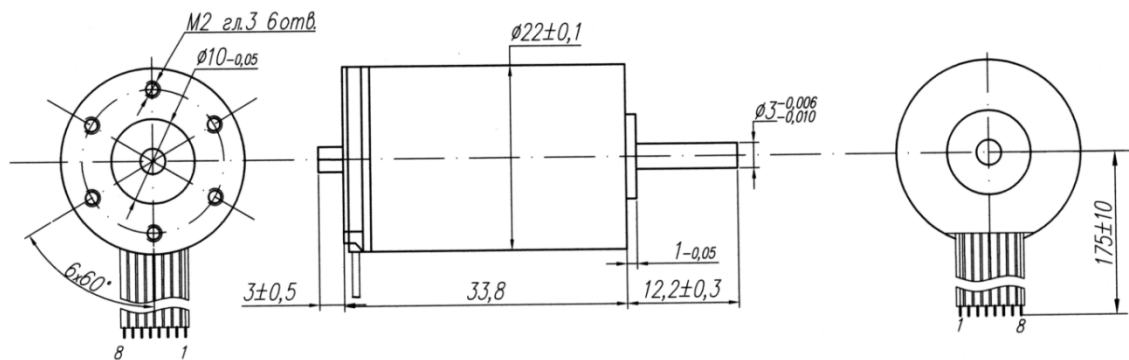


Рис. П 20. Бесколлекторный серводвигатель постоянного тока *FAULHABER* серии 22320...BX4 с энкодером. Габаритные и посадочные размеры.

Таблица П22

Технические данные электродвигателей фирмы *FAULHABER*
Опция 2232.....BX4+ *Enkoders* (сокращённые данные для учебного проектирования)

2232S	012 BX4	024 BX4
Номинальное напряжение, В	12В	24В
Выходная мощность при 5000 об/мин _{max} , Вт	8,8	8,9
Скорость вращения холосто хода, об/мин	6600	7000
Момент нагрузки, мНм	55,7	59,9
Механическая постоянная времени τ_m , ms	6,7	6,5
Момент инерции ротора J , гсм ²	5,2	5,2

Технические данные электродвигателей фирмы *FAULHABER*
Опция 2232.....BX4+ *Enkoders*

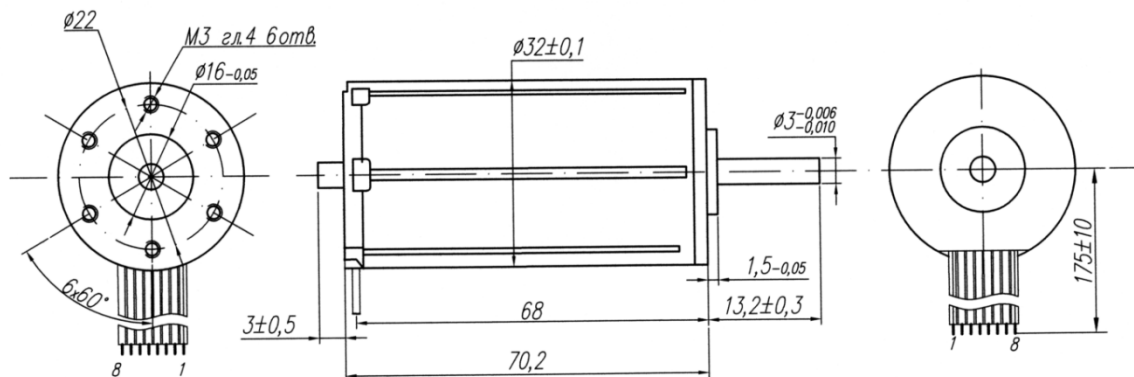


Рис. П21. Бесколлекторный серводвигатель постоянного тока *FAULHABER* серии 3268G024BX4 с энкодером. Габаритные и посадочные размеры.

Таблица П23

Технические данные электродвигателей фирмы *FAULHABER*
3268G024BX4+ *Enkoders* (сокращённые данные для учебного
проектирования)

3268G024BX4	024 BX4
Номинальное напряжение, В	24В
Выходная мощность при 5000 об/мин _{мах} , Вт	35,8
Скорость вращения холосто хода, об/мин	5500
Момент нагрузки, мНм	718
Механическая постоянная времени τ_m , ms	4,6
Момент инерции ротора J , гсм ²	60

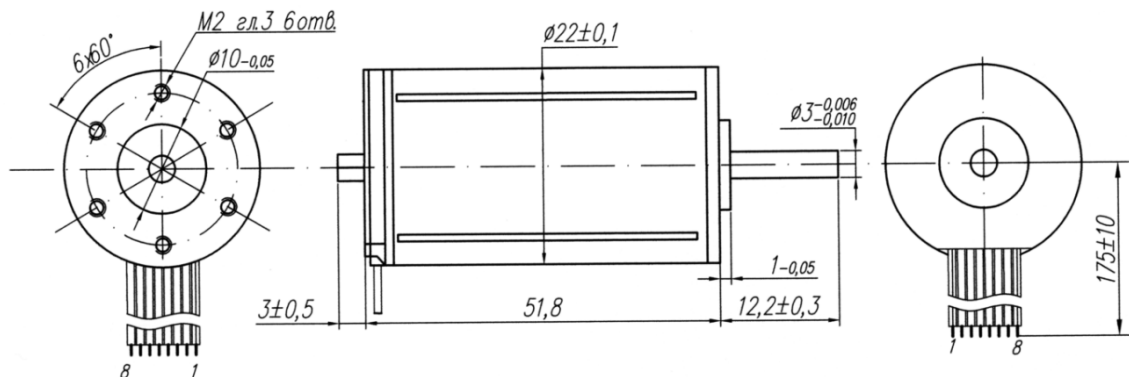


Рис.П22. Бесколлекторный серводвигатель постоянного тока
FAULHABER серии 3268G024BX4 опция 024 BX4 + *Encoders*.
Габаритные и посадочные размеры.

Таблица П24

Технические данные электродвигателей фирмы *FAULHABER*
Опция 2232..... BX4+ *Enkoders*

2232S	012 BX4	024 BX4
Номинальное напряжение, В	12В	24В
Выходная мощность при 5000 об/мин,	8,8	8,9

Вт		
Скорость вращения холостого хода, об/мин	6600	7000
Момент нагрузки, мНм	55,7	59,9
Механическая постоянная времени τ_m , ms	6,7	6,5
Момент инерции ротора J , гсм ²	5,2	5,2

Исполнение конструкции электродвигателей по способу монтажа

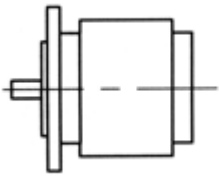
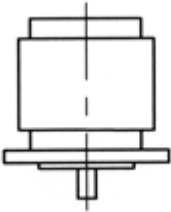
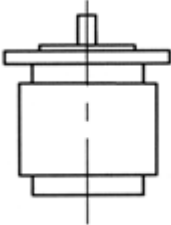
IM (*International Mounting*, по Публикации МЭК 34–7–72) или *M* (для конструктивных исполнений, не оговоренных в Публикации МЭК 34–7–72, но установленных ГОСТ2479–79) и следующих за ними четырех цифр - таблица 25.

Таблица П25

Виды конструктивного исполнения электродвигателей

<i>IM</i>	3	06	1
-----------	---	----	---

Характеристические цифры условно обозначают:
 конструктивное исполнение (одна цифра – 1-я) 3 – без лап;
 способ монтажа и направление конца вала (две цифры: 2-я и 3-я);
 количество и исполнение концов валов (одна цифра – 4-я).

		
<i>IM3001</i>	<i>IM3011</i>	<i>IM3031</i>

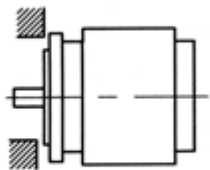
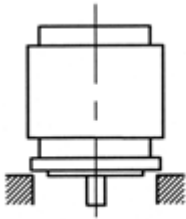
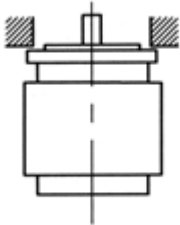
		
<i>IM3601</i>	<i>IM3611</i>	<i>IM3631</i>

Рис. П23. Конструктивное исполнение двигателя *IM* (International mounting)

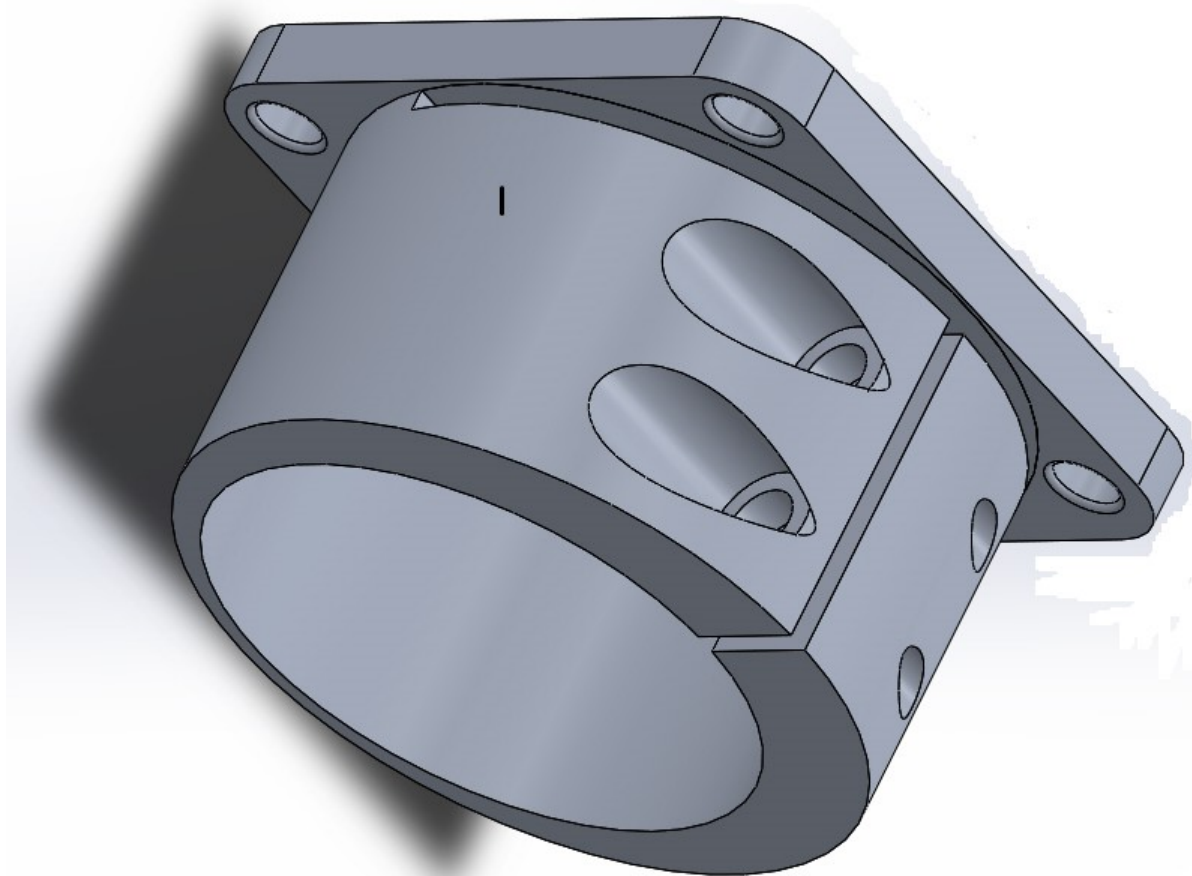


Рис.24 Клеммовый зажим для монтажа электродвигателей с гладким круглым корпусом на корпусе электропривода.

Большой ассортимент электродвигателей выпускают другие зарубежные производители.

Популярные модели синхронных серводвигателей выпускают немецкая *LENZE* (один из европейских лидеров в технологии привода и комплектных систем управления), *Siemens*, *OMRON*, *Mitsubishi Electric*, *DELTA ELECTRONICS* и т. д. На выпуске оригинальных моделей сервоприводов специализируются такие компании, как, *Fagor Automation*, *Sew-Eurodrive*, *Rockwell Automation*, *Emerson Control Techniques*, *Baldor Electric* и многие другие.

Заключение

Усвоенный материал пособия позволяет студенту, выполняющему домашнее, курсовую работу, курсовой проект достаточное количество знаний для планирования и разработки жизненного цикла изделия в объёме выполнения технического задания. Кроме того, можно разработать конструкцию с высоким КПД при условии уменьшения габаритов и массы без потери качественных показателей и надежности. Можно создать предпосылки для разработки программы управления жизненным циклом изделия в дальнейшем.

Список литературы

1. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./ Под общей редакцией И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т.1 - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 456 с.

2. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т.2/ Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 688 с., ил.

3. Следящие приводы станков с ЧПУ/. А.М. Лебедев, Р.Т. Орлова, А.В. Пальцев .– М.: Энергоатомиздат, 1988. - 223 с.

4. Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. Ш. Нофа; Пер. с англ. Д.Ф. Миронова и др.- Машиностроение, 1989. – 480 с.

5. Элементы приборных устройств. Курсовое проектирование. Учебное пособие для студентов вузов. В 2-х ч. Ч 1. Расчеты /Н.П. Нестерова, А.П. Коваленко, О.Ф. Тищенко и др.; Под ред. Тищенко О.Ф. М.: Высшая школа, 1978. – 328 с., ил.

6. Элементы приборных устройств. Курсовое проектирование. Учебное пособие для студентов вузов. В 2-х ч. Ч 2. Конструирование /Н.П. Нестерова, А.П. Коваленко, О.Ф. Тищенко и др.; Под ред. Тищенко О.Ф. М.: Высшая школа, 1978. – 232 с., ил.

7. Элементы приборных устройств. (Основной курс): Учебное пособие для студентов вузов. В 2-х ч. Ч. 1. Детали, соединения и передачи / Тищенко О.Ф., Киселев Л.Т., Коваленко А.П. и др.; Под ред. О.Ф. Тищенко. – М.: Высшая школа, 1982, –304 с., ил.

8. Элементы приборных устройств. (Основной курс): Учебное пособие для студентов вузов. В 2-х ч. Ч. 2. Приводы, преобразователи, исполнительные устройства / Тищенко О.Ф., Киселев Л.Т., Коваленко А.П. и др.; Под ред. О.Ф. Тищенко. – М.: Высшая школа, 1982, –263 с., ил.

9. ГОСТ 17154-71. Машины электрические вращающиеся. Термины и определения Статус: действующий.

10. ГОСТ 183-74. Статус: действующий. Машины электрические вращающиеся. Общие технические требования. Дата последнего изменения: 23.06.2009.

11. Взамен: ГОСТ 17494-72. Заменяющий: ГОСТ IEC 60034-5-2011

Список изменений: №1 от (рег.) «Срок действия продлен»
Настоящий стандарт классифицирует степени защиты, обеспечиваемые оболочками электрических вращающихся машин без ограничения мощности, частоты вращения и напряжения.

12. ГОСТ 17494-87 (МЭК 34-5-81) Машины электрические вращающиеся. Классификация степеней защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин (С Изменением N 1)
Дата последнего изменения: 18.05.2011

13. ГОСТ 17494-72. Взамен: Заменяющий: ГОСТ IEC 60034-5-2011. Дата актуализации текста. Статус: Действующий. Дата принятия: 01.07.1988 г. Название: Машины электрические вращающиеся. Заменял: ГОСТ 17494-72. 6.04.2015.

14. ГОСТ 17494-87 "Машины электрические вращающиеся. Классификация степеней защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин. Статус: Действующий. Дата принятия: 01.07.1988 г.

15. ГОСТ 2479-79. Машины электрические вращающиеся. ГОСТ. Принявший орган: Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совмине СССР. Статус: Действующий.

16. ГОСТ 15150-69. Статус: действующий. Изменение №1 к ГОСТ 15150-69. Дата введения в действие: 01.07.1981. Текст поправки интегрирован в текст или описание стандарта.

17. ГОСТ Р 52776-2007 (МЭК 60034-1-2004) Национальный стандарт Российской Федерации Машины электрические

вращающиеся. Номинальные данные и характеристики. Дата введения - 2008-01-01

18. Электропривод летательных аппаратов: Учебник для авиационных вузов/В.А. Полковников, Б.И. Петров, Б.Н. Попов и др.; Под общ. ред. В.А. Полковникова. - 2-е изд., пераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 352 с.

19. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: учебное пособие: в 2 ч. – Ч. 1 / И.С. Потапцев, А.А. Буцев, А.И. Еремеев и др., под ред. И.С. Потапцева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э Баумана. 2010. -78 [2] с.:ил.

20. Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: учебное пособие: в 2 ч. – Ч. 2 / И.С. Потапцев, А.А. Буцев, А.И. Еремеев и др. под ред. И.С. Потапцева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э Баумана. 2012. -80 [2] с.: ил.

21. Основы конструирования приборов: Методические указания и технические задания по курсовому проектированию / В.Н. Баранов, А.А. Буцев, А.И. Еремеев и др.; под редакцией В.Н. Баранова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 80 с., ил.

22. Буцев А.А. Электродвигатели приборных устройств: Учеб. пособие / под ред. В.Н. Баранова. – Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1990. – 64с., ил.

23. Буцев А.А. Электрорадиоэлементов в конструкциях приборов: Справочное пособие по курсу «Основы конструирования приборов» / под ред. В.Н. Баранова. – Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 27с., ил.

24. Рекомендации по выбору вида, типа и мощности двигателя электропривода. Сайт. <http://market.elec.ru/nomer/17/recommendations-choice/>. Дата обращения 19.09.2016.

Оглавление

Глоссарий.....	4
Список сокращений.....	7
Предисловие.....	10
Электродвигатели приборных устройств.....	10
Конструктивное исполнение электродвигателей.....	12
по способу монтажа (<i>IM</i>).....	12
Основные параметры двигателей.....	13
Виды и исполнения отечественных электродвигателей.....	15
Рекомендации по выбору вида, типа и мощности двигателя.....	18
электропривода.....	18
Асинхронный электродвигатель.....	21
Синхронный электродвигатель.....	22
Электродвигатель постоянного тока.....	22
Коллекторные двигатели постоянного тока.....	22
Шаговые электродвигатели.....	24
Режимы работы шаговых двигателей.....	24

Синхронные серводвигатели.....	26
Климатическое исполнение электрических машин.....	28
Категории размещения.....	28
Степень защиты от проникновения твердых тел и жидкости.....	29
Электроприводы. Термины и определения по ГОСТ Р 50369-92.....	30
Общие понятия.....	31
Виды электропривода по функциональному назначению.....	33
Структуры электропривода.....	36
Техническая реализация электроприводов.....	38
Математическое описание электропривода.....	39
Функционирование электропривода.....	42
Режимы работы электрических машин по ГОСТ 183-74.....	43
Определение режима работы.....	45
Типовые режимы.....	45
Техническое задание.....	60
Характер нагрузки электродвигателя.....	61
Критерии выбора электродвигателя.....	61
Контрольные вопросы.....	66
Приложения.....	69
Примечания:.....	75
Электродвигатели серии ДПМ.....	76
Электродвигатели серии ДПР.....	80
Асинхронные электродвигатели.....	86
Электродвигатели УАД.....	89
Электродвигатели серии ДИД и ДГ.....	94
Режим работы.....	94
Синхронные электродвигатели серии Г.....	99

Шаговые электродвигатели.....	100
Порядок монтажа шагового двигателя.....	101
Серводвигатели фирмы <i>FAULHABER</i>	106
Исполнение конструкции электродвигателей по способу монтажа.....	109
Заключение.....	111
Список литературы.....	111