Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

А. П. КОВАЛЕНКО, А. А. БУЦЕВ

ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Учебное пособие по курсовому проектированию

Москва 1981

С-562

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

А.П.Коваленко, А.А.Буцев

Утверждено
редсоветом МВТУ
как учебное пособие

ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Учебное пособие
по курсовому проектированию

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана
197825R
Ретрофонд

Под редакцией О.Ф.Тищенко

Москва 1981

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА
ВЫДАЧА
НА
ДОМ

Настоящее учебное пособие по курсовому проектированию издается в соответствии с учебным планом.

Рассмотрено и одобрено кафедрой П-II 7.05.1980 г., Методической комиссией факультета П и Учебно-методическим управлением.

Рецензенты: заслуженный деятель науки и техники РСФСР, д.т.н., проф. МИЭМ Спицын Н.А., кафедра "Детали машин и приборов" МИЭМ.

© Московское высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные обозначения 3
I. Общие сведения об электромеханических приводах 3
II. Классификация электродвигателей, их основные характеристики и параметры 5
III. Выбор типа электродвигателей для ЭМП 7
IУ. Определение мощности двигателей ЭМП 10
У. Динамический расчет привода 14
УI. Примеры выбора двигателей в типичных случаях 15
Литература 22
Приложение 28

Редактор Ю.Н.Хлебинский Корректор Л.И.Малютина

Заказ 1658 Объем 2,75п.л.(2,5уч.-изд.)Тираж 500 экз.

Л-86207 от 28.05.81г.Цена 9 коп. План 1981 г., № 21

Типография МВТУ. 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

Основные обозначения

ω, $\omega_{ном}$, ω_0 – угловые скорости вращения двигателя соответственно текущая, номинальная и холостого хода, рад/с;

$\omega_н$, $\omega_{н.max}$ – угловые скорости исполнительного элемента на выходном валу редуктора соответственно номинальная и максимальная, рад/с;

$n_{ном}$, n_0 – частоты вращения двигателя соответственно номинальная и холостого хода, $мин^{-1}$;

$n_н$ – номинальная частота вращения исполнительного элемента, $мин^{-1}$;

$V_н$, $V_{н.max}$ – линейные скорости исполнительного элемента соответственно номинальная и максимальная, м/с;

M, $M_{ном}$, $M_п$, M_{max} – моменты двигателя соответственно текущий, номинальный, пусковой и максимальный, Н·м;

$M_н$, $M_{н.max}$, $M_{н.ср}$ – моменты нагрузки на исполнительном элементе (на выходном валу редуктора) соответственно номинальный, максимальный и средний, Н·м;

$F_н$, $F_{н.max}$, $F_{н.ср}$ – силы нагрузки на исполнительном элементе соответственно номинальная, максимальная и средняя, Н;

P – номинальная мощность двигателя, Вт;

η, $\eta_р$ – коэффициенты полезного действия соответственно двигателя и редуктора;

$u_р$ – передаточное отношение редуктора;

$J_н$, $J_р$ – моменты инерции соответственно исполнительного элемента и ротора двигателя, $кг·м^2$;

$J_{пр}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции привода, $кг.м^2$.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДАХ

Электромеханическим приводом (ЭМП) называют устройство, служащее для передачи и преобразования движения и состоящее из электродвигателя I, механической передачи 2 и аппаратуры управления (рис. I). Передача сообщает движение исполнительному элементу 3 (иначе исполнительному органу, элементу нагрузки), с которым связано выполнение полезной работы ЭМП.

В зависимости от характера работы ЭМП делят на две группы: нерегулируемые и регулируемые ЭМП. Первые из них называют иногда силовыми, а вторые – управляемыми, следящими, испол-

нительными.

В нерегулируемых ЭМП характеристиками механического движения (скоростью или перемещением исполнительного элемента, движущим моментом на нем) во включенном состоянии не управляют. Такие ЭМП характеризуются лишь продолжительностью работы, в зависимости от которой установлены три основных режима работы: длительный, кратковременный и повторно-кратковременный. ЭМП длительного режима отличаются большой продолжительностью включенного состояния, редкими пусками и остановами, отсутствием реверсов или малой их частотой, большим ресурсом работы. В ЭМП кратковременного и повторно-кратковременного режимов продолжительность рабочего состояния меньше, двигатели чаще включаются, останавливаются и реверсируются, имеют меньший ресурс.

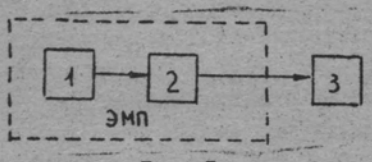


Рис. I

Нерегулируемый ЭМП предназначен для преодоления постоянно действующей статической нагрузки, мало отличающейся от среднего ее значения; кратковременной динамической нагрузки, что имеет место, например, при включении привода, а также для преодоления повторно-кратковременных статических и динамических нагрузок. Особенностью нагрузки постоянно включенного перегулируемого ЭМП является, как правило, незначительное колебание среднего ее значения.

К нерегулируемым ЭМП предъявляются требования высокой экономичности, определенного запаса по перегрузкам, иногда также стабильности выходной скорости, времени переходных процессов и др.

В регулируемом ЭМП характеристиками движения на выходе управляют изменением либо продолжительности включенного состояния двигателя, либо напряжения его питания. Такие ЭМП работают в повторно-кратковременных режимах с частыми пусками, реверсами со сравнительно быстрыми изменениями выходной скорости, поэтому нагрузка в них имеет преимущественно динамический характер.

Основными требованиями к регулируемым ЭМП являются малая инерционность, широкий диапазон регулирования скорости, стабильность характеристик и т.д.

Общие требования как к регулируемым, так и к нерегулируемым ЭМП – это малые масса, габариты, стоимость, высокая надежность.

II. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ

По своему назначению и особенностям работы электродвигатели принято делить на двигатели общего назначения и двигатели автоматических устройств. Мощность последних составляет от долей ватта до нескольких сот ватт и поэтому они называются часто микроэлектродвигателями.

Двигатели автоматических устройств подразделяют на силовые микродвигатели, предназначенные для применения в нерегулируемых ЭМП, и управляемые, или исполнительные, микродвигатели регулируемых ЭМП.

Если для силовых двигателей автоматики важны в первую очередь энергетические показатели, то для исполнительных двигателей они оказываются второстепенными, а основными становятся такие характеристики, как высокое быстродействие, широкий диапазон регулирования скорости вращения, малая мощность управления, малый сигнал управления при трогании, самоторможение при отсутствии сигнала управления, устойчивость работы и др. Исполнительные двигатели, как правило, дороже силовых.

По роду питающего тока микродвигатели делят на двигатели постоянного тока, переменного тока и универсальные, способные работать как от сети постоянного, так и от сети переменного тока.

В зависимости от характеристики питающей сети переменного тока различают двигатели трехфазные, однофазные и универсальные. Последние могут работать от сетей как трехфазных, так и однофазных.

В зависимости от изменения скорости вращения при изменении нагрузки двигатели бывают синхронные с относительно стабильной угловой скоростью вращения и асинхронные, угловая скорость которых заметно меняется.

Двигатели классифицируют также по характеру работы (обычные и шаговые), по конструктивным особенностям и принципу действия и другим признакам.

Основными характеристиками и параметрами двигателей являются:

I. Механическая характеристика - зависимость угловой скорости вращения вала от развиваемого момента $\omega = \omega(M)$. Так как двигатель в установившемся режиме развивает момент M, равный моменту нагрузки $M_{н.дв}$ на валу, то механическая характеристика показывает степень изменения угловой скорости при изменении нагрузки. Различают двигатели с абсолютно жесткой характеристикой (рис. 2, кривая 1), когда угловая скорость вращения не зависит от момента нагрузки $M_{н.дв}$ на валу; двигатели с жесткой характеристикой, когда ω при изменении $M_{н.дв}$ меняется незначительно (кривая 2) и, наконец, двигатели с мягкой характеристикой, угловая скорость вращения которых сильно зависит от $M_{н.дв}$ (кривая 3).

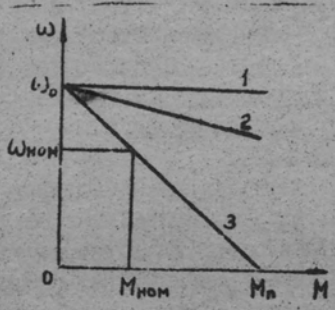


Рис. 2

2. Номинальная угловая скорость вращения $\omega_{ном}$, угловая скорость холостого хода ω_0. Номинальную скорость $\omega_{ном}$ двигатель развивает при номинальном значении нагрузки на валу. Скорость ω_0 двигатель приобретает в отсутствие нагрузки, т.е. когда $M_н = 0$.

3. Номинальный момент двигателя $M_{ном}$, пусковой момент двигателя $M_п$. Момент $M_{ном}$ двигатель развивает при номинальном моменте нагрузки, а момент $M_п$ - в момент включения (пуска), т.е. когда $\omega = 0$. Отношение максимального момента двигателя M_{max} к $M_{ном}$ характеризует перегрузочную способность двигателя и называется краткостью максимального момента. Отношение $M_п / M_{ном}$ - кратность пускового момента.

4. **Мощность, КПД.** Различают входную мощность $P_{вх}$, потребляемую двигателем из питающей сети, и выходную мощность P - полезную мощность на валу двигателя. Номинальной мощностью нерегулируемых двигателей называют мощность при $M_{н.ном}$ (или при $\omega_{ном}$), а номинальной мощностью исполнительных двигателей - мощность при номинальном значении сигнала управления. Мощность управления регулируемых двигателей - мощность, потребляемая его цепями управления, КПД двигателей $\eta = P / P_{вх}$.

5. Номинальные значения напряжения питания U и частоты питающего тока f.

6. Электромеханическая постоянная времени, диапазон регулирования скорости, момент инерции ротора, напряжение трогания и т.д.

7. Прочие характеристики: масса, габариты, стоимость и т.д.

Ш. ВЫБОР ТИПА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭМП

Сначала выбирается наиболее приемлемый тип (серия) двигателя, затем по требуемой мощности конкретный двигатель намеченного типа (серии).

Качество ЭМП во многом зависит от свойств двигателя и поэтому выбору наиболее рационального типа двигателя при заданных требованиях к ЭМП необходимо уделять особое внимание.

При выборе типа двигателя учитывают следующие факторы:

- характер работы ЭМП (регулируемый, нерегулируемый ЭМП), его назначение;
- режим работы ЭМП (длительный, кратковременный, повторно-кратковременный) и его характеристики (продолжительность включенного состояния, частота пусков, остановов, реверсов);
- номинальная (средняя) нагрузка ЭМП (момент или сила);
- номинальная (средняя) угловая или линейная скорость исполнительного элемента;
- характер изменения нагрузки: зависимость нагрузки от времени, скорости или перемещения исполнительного элемента; максимальная нагрузка;
- максимальные значения скорости и ускорения исполнительного элемента;
- нестабильность средней или мгновенной скорости исполнительного элемента;
- момент инерции исполнительного элемента;
- требования к механическим характеристикам; пусковые свойства;
- характеристика сети питания: род тока (постоянный, переменный), напряжение U, частота f; их отклонения от номинальных значений;
- требования к массе, габаритам, энергетическим показателям;
- условия эксплуатации: температура, давление, влажность, запыленность, вибрационные и линейные механические перегрузки и т.п.;

- ресурс, надежность, серийность ЭМП;

- плавность и бесшумность в работе; простота обслуживания; и др.

При выборе регулируемых двигателей помимо перечисленных учитываются также и другие, весьма важные специфические факторы:

- линейность механических и регулировочных характеристик;

- диапазон изменения угловой скорости вращения (диапазон реглирования);

- характеристики быстродействия (момент инерции ротора, пусковой момент, электромеханическая постоянная времени);

- значения момента трогания и сигнала трогания, наличие самохода и отсутствие сигнала управления; мощность управления и др.

Дать общую методику выбора типа двигателей ЭМП для всех возможных случаев их применения, очевидно, не представляется возможным. В каждом конкретном случае необходимо решать этот вопрос особо, учитывая по возможности всю совокупность влияющих на характеристики ЭМП факторов, которые должны быть учтены в техническом задании на проектирование, а также ясно понимая свойства разных типов двигателей.

Не имея возможности описать особенности выпускаемых промышленностью многочисленных типов микродвигателей, ограничимся их общей характеристикой, отсылая читателей для более полного знакомства с ними к справочной литературе [I-4].

Двигатели постоянного тока по сравнению с двигателями переменного тока имеют более высокий КПД, большие пусковые моменты, меньшие массу и габариты, дают возможность просто и экономно регулировать скорость в широком диапазоне. Основным их недостатком является пониженная надежность из-за наличия щеточно-коллекторного узла, особенно при эксплуатации в тяжелых условиях: при наличии тряски, вибраций, повышенной влажности, при резко изменяющихся температуре и давлении и др.

Однофазные и универсальные асинхронные двигатели уступают трехфазным в отношении КПД, пусковых свойств и рабочих характеристик.

Силовые двигатели имеют, как правило, жесткую характеристику (асинхронные двигатели или двигатели постоянного тока с независимым возбуждением), реже абсолютно жесткую характеристику (синхронные двигатели); исполнительные двигатели

имеют мягкие механические характеристики.

При выборе типа двигателя руководствуются следующими рекомендациями. Прежде всего двигатель необходимо использовать в тех ЭМП и при тех режимах работы, на которые он рассчитан: силовые – в нерегулируемых ЭМП, а управляемые – в регулируемых; недопустимо применение двигателя длительного режима работы в кратковременном или повторно-кратковременном режимах. Необходимо также иметь в виду, что масса и габариты двигателей как переменного, так и постоянного тока при одинаковых мощностях уменьшаются с повышением номинальной частоты вращения; электромеханическая постоянная времени, от которой зависит быстродействие двигателя, выше у быстроходных двигателей; при недогрузке срок службы и надежность большинства типов двигателей повышаются. Срок службы и надежность повышаются также с понижением частоты вращения. Учитывая в ряде случаев существенные преимущества двигателей постоянного тока в сравнении с двигателями переменного тока, рекомендуется иногда рассматривать целесообразность применения первых даже в отсутствие источника постоянного тока – при питании от сети переменного тока с помощью выпрямителей (особенно в маломощных приводах).

Следует отметить, что некоторые серии двигателей рассчитаны на работу в любом режиме работы и, следовательно, могут применяться и в силовых, и в управляемых ЭМП. К ним относятся, например, серии малоинерционных двигателей постоянного тока ДПМ и ДПР. В этих случаях в нормативных документах можно найти конкретные рекомендации по их применению. Так, в ЭМП кратковременного или повторно-кратковременного режимов работы с малой длительностью рабочего цикла, малыми частотами пусков или реверсов, небольшим ресурсом работы, основными требованиями к которым являются максимальное значение пускового момента и полезной мощности, рекомендуется использовать двигатели из указанных серий ДПМ и ДПР с частотой вращения 9000 $мин^{-1}$. Если срок службы таких двигателей меньше заданного, то следует применять двигатели с частотой вращения 6000 $мин^{-1}$. При малой длительности рабочего цикла рекомендуется с целью сокращения габаритов и массы двигателя использовать двигатели с перегрузкой по моменту.

В случае ЭМП систем автоматического регулирования и следящих систем, для которых характерны повторно-кратковременный режим работы, высокое быстродействие, большая частота пусков и ре-

версов, рекомендуются двигатели с номинальной частотой вращения 2500 или 4500 $мин^{-1}$ (из рассматриваемых серий ДПМ и ДПР).

И, наконец, в ЭМП длительного действия, которые должны иметь максимальный ресурс и высокий КПД, желательно применять двигатели с частотой вращения 6000 $мин^{-1}$ и только при превышении заданного ресурса рекомендуется переходить к применению двигателей с меньшими частотами вращения.

В заключение необходимо отметить, что иногда двигатель для ЭМП не может быть выбран с первой попытки. В этих случаях намечают серию двигателя только в первом приближении, а затем корректируют это приближение после расчета необходимой мощности двигателя. Кроме того, не всегда оказываются известными все необходимые данные для выбора двигателя. Это особенно касается двигателя для регулируемых ЭМП, когда процесс выбора двигателей тесно связан с проектированием всей системы управления. В подобных случаях неизвестные данные либо определяют косвенным образом, либо задают в какой-то степени произвольно, уточняя их затем в процессе решения задачи.

IУ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭМП

Выбор двигателя из намеченной серии по мощности заключается в установлении ее номинального значения (Р), которое должно быть больше или по крайней мере равно расчетному значению необходимой мощности на валу двигателя.

Определение мощности силового двигателя при постоянной статической нагрузке. Номинальную мощность P определяют по формулам:

при вращательном движении исполнительного элемента

$$P \geq \zeta M_н \omega_н / 2\rho, \qquad (1)$$

при поступательном движении исполнительного элемента

$$P \geq \zeta M_н V_н / 2\rho, \qquad (2)$$

где статический момент $M_н$ и сила $F_н$ нагрузки на исполнительном элементе, его угловая $\omega_н$ или линейная $V_н$ скорость движения полагаются известными величинами, а ζ – коэффициент запаса, учитывающий возможное изменение нагрузки и момента двигателя (например, из-за нестабильности напряжения питания, отклонения условий эксплуатации от нормальных и

т.п.). При отсутствии перегрузок и нормальных условиях эксплуатации принимают ζ = I,05...I,I.

Значение КПД η_p в формулах (I), (2) неизвестно и им при расчете необходимо предварительно задаваться. При этом можно руководствоваться следующими соображениями. КПД зависит от общего передаточного отношения передачи u_p и ее состава, т.е. типа элементарных (одноступенчатых) передач в приводе. Поскольку частота вращения у большинства серий двигателей при различных номинальных мощностях P изменяется не более чем в несколько раз, то u_p может быть найдено довольно точно, практически с точностью до передаточного отношения одной ступени передачи, если принять u_p равным отношению средней скорости вращения двигателей выбранной серии к заданной скорости вращения $\omega_н$ исполнительного элемента. Следовательно, и КПД η_p передачи ЭМП может быть в первом приближении определен с точностью до КПД одной ступени передачи. Тем не менее, после определения номинальной мощности двигателя и установления номинальных значений момента двигателя $M_{ном}$ и угловой скорости его вращения $\omega_{ном}$ необходимо выполнить предварительный расчет передачи ЭМП на передаточное отношение $u_p = \omega_{ном}/\omega_н$ (или $u_p = \omega_{ном}/V_н$), что позволит уточнить состав передачи и ее КПД, а затем провести проверочный расчет мощности двигателя по формулам (I), (2).

Определение мощности силового двигателя при переменной статической нагрузке. Если нагрузка в ЭМП имеет сложный характер изменения от времени или скорости, то номинальную мощность двигателя также определяют по формулам (I), (2), но с целью лучшего использования двигателя в эти формулы вместо номинальной нагрузки $M_н$ (или $F_н$) подставляют ее среднее значение $M_{н.ср}$ ($F_{н.ср.}$), а коэффициент ζ берут в диапазоне I,I...I,6, причем тем больше, чем резче пики нагрузки.

Затем проверяют возможность двигателя кратковременно развивать максимальные моменты по условию

$$M_{н.макс}/(\eta_p u_p) \le \mu_M M_{ном}, \qquad (3)$$

где μ_M – кратность максимального момента двигателя ($\mu_M = M_{max}/M_{ном}$) – величина, известная для выбранного типа двигателя. Обычно у двигателей постоянного тока μ_M выше, чем у двигателей переменного тока, и достигает значений 3...4. Поэтому именно им и следует отдавать предпочтение при резких пиках нагрузки.

Определение мощности силового двигателя с учетом статической и динамической нагрузок. При проектировании нерегулируемых ЭМП, к которым предъявляются определенные требования в отношении динамических режимов, например режима разгона, необходимо учитывать кроме постоянно действующей статической нагрузки также и динамическую нагрузку. Поскольку динамические нагрузки для таких ЭМП не часты и номинальным режимом их работы является режим действия статических нагрузок, то в подобных случаях минимально необходимая мощность двигателя должна определяться именно для номинального режима, т.е. по формулам (I), (2). После установления необходимой мощности P и выбора двигателя необходимо также проверить способность двигателя преодолевать одновременно со статической и динамическую нагрузку. Это выполняется проверкой условия

$$M_n \geq M_H(\eta_p u_p) + J_{np} u_p \dot{\omega}_{H.max}, \quad (4)$$

где J_{np} – приведенный момент инерции ЭМП, который при вращательном и поступательном движении исполнительного элемента соответственно равен

$$J_{np} = J_p + J_1 + J_2 u_{12}^2 + \ldots + J_k / u_{1k}^2 + \ldots + (J_n + J_H)/u_{1n}^2, \quad (5)$$

$$J_{np} = J_p + J_1 + J_2 / u_{12}^2 + \ldots + J_n / u_{1n}^2 + m_H V_H^2 / \omega_{HOM}^2. \quad (6)$$

Здесь J_1, J_2, ..., J_n – моменты инерции элементов передачи ЭМП, связанных соответственно с валами I,2,..., n; J_p – момент инерции ротора двигателя; J_H – момент инерции исполнительного элемента ЭМП, а $u_{1n} = u_p$ – общее передаточное отношение передачи ЭМП; m_H – масса исполнительного элемента (элемента нагрузки), V_H – номинальная скорость поступательного движения исполнительного элемента, ω_{HOM} – номинальная угловая скорость вала двигателя.

Характеристики η_p, u_p и J_{np} могут быть определены в ходе расчета передачи, что же касается $\dot{\omega}_{H.max}$, то она неизвестна, поскольку в исходных данных на проектирование ЭМП в подобных случаях указывают лишь требования в отношении допустимого времени переходного процесса t_n. Поэтому непосредственная проверка условия (4) чаще всего не представляется возможной и динамические свойства ЭМП, в том числе продолжительность переходного процесса t_n, определяются при рас-

чете ЭМП на быстродействие (см. следующий раздел). Если расчетное значение $t_п$ окажется меньше заданного, то следует выбрать двигатель с большим пусковым моментом или более мощный.

В заключение отметим, что в ходе решения рассматриваемой задачи на этапе расчета передачи ЭМП целесообразно разбивать общее передаточное отношение $u_р$ по ступеням таким образом, чтобы получить минимальное значение $J_{пр}$ и, следовательно, минимальный динамический момент и минимальное время переходного процесса.

Определение мощности управляемого двигателя при постоянной статической и динамической нагрузках. В регулируемых ЭМП динамические нагрузки должны преодолеваться при номинальной угловой скорости $\omega_{ном}$ двигателя. В этом случае его номинальная мощность должна выбираться из условия

$$P \geq M_н \omega_{н.max} / \eta_р + J_{пр} u_р^2 \dot{\omega}_{н max} \omega_{н max}, \quad (7)$$

где $\omega_{н.max}$ – максимальное значение скорости исполнительного элемента.

В этой формуле $\omega_{н.max}$, $\dot{\omega}_{н.max}$, $M_н$ – известные величины, которые должны быть приведены в техническом задании на проектирование ЭМП, а $J_{пр}$ – функция неизвестного передаточного отношения $u_р$. Чтобы ее применить, можно воспользоваться, как и ранее, тем обстоятельством, что у большинства серий двигателей при различных мощностях номинальные угловые скорости вращения отличаются обычно всего лишь в несколько раз и, следовательно, передаточное отношение в первом приближении можно принять равным

$$u_{р1} = \omega_{ном.ср1} / \omega_{н.max},$$

где $\omega_{ном.ср1}$ – среднее значение номинальных скоростей вращения двигателей намеченной серии.

Распределив первое приближение $u_{р1}$ по ступеням и рассчитав передачу ЭМП, можно определить первые приближения его КПД $\eta_{р1}$ и приведенного момента инерции $J_{пр1}$. При этом $J_{пр1}$ вычисляют по формуле (5) или (6), в которых $J_н$ полагают заданной величиной, $J_1, J_2, \ldots, J_п$ находят при расчете передачи, а $J_р$ берется средним для двигателей выбранной серии. Иногда с целью упрощения расчетов $J_{пр1}$ можно определять, пренебрегая моментами инерции элементов передачи, принимая во внимание только моменты инерции ротора и исполни-

тельного элемента. Затем по первым приближениям u_{p1}, η_{p1} и $J_{пр1}$ и известным $M_н$, $\omega_{н.max}$ и $\dot{\omega}_{н.max}$ вычисляется первое приближение необходимой мощности и по ней подбирается конкретный тип двигателя.

Зная теперь его характеристики, следует проконтролировать правильность этого выбора, проверив условие (7), как это делалось по первым приближениям неизвестных величин. Если мощность, рассчитанная в ходе проверочного расчета (второго приближения), окажется больше номинальной мощности, полученной в ходе первого приближения, то подбор двигателя корректируют (выполняют третье приближение).

У. ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

Все динамические характеристики нерегулируемых ЭМП могут быть найдены решением уравнения, которое в общем виде при разгоне двигателя имеет вид

$$J_{пр}\dot{\omega} = M(\omega) - M_н/(\eta_р u_р), \qquad (8)$$

где ω – текущее угловое ускорение вала двигателя; $M(\omega)$ – зависимость момента двигателя от его угловой скорости; $M_н$ – момент нагрузки (постоянная величина либо некоторая функция, например времени, угловой скорости или угла поворота вала двигателя). В режиме выбега в уравнении (8) необходимо принять $M(\omega) = 0$. Решение уравнения (8) путем графоаналитического интегрирования для некоторых общих случаев функций $M(\omega)$ и $M_н$ можно найти в [I].

Если $M(\omega)$ – линейная функция, как у некоторых двигателей постоянного тока, а $M_н$ – постоянная величина, то выражения для некоторых динамических характеристик будут таковы:

а) изменение угловой скорости двигателя в режиме разгона

$$\omega = \omega_{ном}(1 - e^{-t/T_{эм}}),$$

где $T_{эм}$ – электромеханическая постоянная времени ЭМП,

$$T_{эм} = T_{эм.дв} J_{пр}/J_р \approx J_{пр}\omega_{ном}/(M_п - M_{ном}), \qquad (9)$$

а электромеханическая постоянная времени двигателя

$$T_{эм.дв} = J_р \omega_{ном}/(M_п - M_{ном});$$

б) время разгона двигателя до скорости ω

$$t_p = T_{эм} \ln[\omega_{уст}/(\omega_{уст} - \omega)], \qquad (10)$$

где установившаяся скорость вращения вала двигателя ЭМП

$$\omega_{уст} = \frac{(M_п \varrho_р u_р - M_н)\omega_{ном}}{(M_п - M_{ном})\varrho_р u_р};$$

в) угол поворота вала исполнительного элемента за время t

$$\varphi_н = \frac{\omega_{ном}}{u_р}[t - T_{эм}(1 - e^{-t/T_{эм}})];$$

г) изменение угловой скорости двигателя в режиме выбега

$$\omega = \omega_{уст} - [M_т + M_н/(\varrho_р u_р)]t/J_{пр},$$

где $M_т$ – момент тормоза (например, электромагнитного) на валу двигателя. Тормозом ЭМП иногда снабжаются с целью ограничения времени выбега $t_в$ исполнительного элемента или угла его поворота. Такой тормоз должен срабатывать после отключения двигателя;

д) время выбега вала двигателя

$$t_в = J_{пр}\omega_{уст}\varrho_р u_р/(M_н + M_т \varrho_р u_р);$$

е) угол поворота вала исполнительного элемента за время выбега

$$\varphi_{нв} = \frac{\omega_{уст}^2 J_{пр}}{2u_р[M_н/(\varrho_р u_р) + M_т]};$$

ж) необходимые значения момента $M_т$ для ограничения времени выбега $t_в$ и угла выбега $\varphi_{нв}$ исполнительного элемента, соответственно

$$M_т \geq \frac{J_{пр}\omega_{уст}}{t_в} - \frac{M_н}{\varrho_р u_р}; \qquad M_т \geq \frac{J_{пр}\omega_{уст}^2}{2\varphi_{нв}u_р} - \frac{M_н}{\varrho_р u_р}.$$

УІ. ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ДВИГАТЕЛЕЙ В ТИПИЧНЫХ СЛУЧАЯХ

Ниже рассмотрены примеры выбора двигателей в типичных случаях с использованием характеристик некоторых серий двигателей, помещенных в приложении.

Пример I. Выбрать электродвигатель для нерегулируемого привода, работающего в длительном режиме при общей продолжительности включенного состояния 2900 ч и постоянном статическом моменте нагрузки на выходном валу $M_н$ = 1000 Н.мм, уг-

ловой скорости выходного вала $\omega_н = 5\ с^{-1}$. Питание двигателя может осуществляться от сети переменного тока напряжением $U = 220$ В и частотой $f = 400$ Гц или $f = 50$ Гц. Привод должен обладать малыми массой и габаритами.

Решение. Поскольку питание двигателя осуществляется от сети переменного тока, то предварительно останавливаем свой выбор на двигателях серий ДАТ, УАД, Г. Необходимую мощность будем находить по формуле (I). Для оценки КПД редуктора $\eta_р$ найдем возможные значения общего передаточного отношения $u_р$ редуктора. Так как частота вращения n указанных выше двигателей меняется примерно от 1300 до 12000 мин$^{-1}$, то $u_р$ может лежать в диапазоне

$$u_р = \frac{\omega_{дв}}{\omega_н} = \frac{n_{дв} \cdot 2\pi}{60\omega_н} = \frac{(12000 \ldots 1300) \cdot 2\pi}{60 \cdot 5} \approx 250 \ldots 27.$$

Полагая передаточное отношение одной ступени u_1 редуктора равным 4...5, находим, что количество ступеней редуктора составит

$$k = \frac{lg\, u_р}{lg\, u_1} = \frac{lg(250 \ldots 27)}{lg(4 \ldots 5)} = 3 \ldots 4.$$

Задаваясь теперь ориентировочно КПД η_1 одной ступени с учетом потерь в опорах равным, к примеру, 0,95, находим для худшего случая

$$\eta_р = \eta_1^{k_{max}} = 0{,}95^4 \approx 0{,}8.$$

И, наконец, принимая для рассматриваемого случая постоянной нагрузки коэффициент перегрузки $\xi = 1{,}1$ и подставляя значение $M_н$, $\omega_н$, $\eta_р$ и ξ в формулу (I), будем иметь

$$P = \frac{\xi M_н \omega_н}{\eta_р} = \frac{1{,}1 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} \cdot 5}{0{,}8} = 7\ Вт.$$

Близкие значения мощности к необходимому имеют следующие типы двигателей: УАД-32 (P=7 Вт), УАД-54 (P=9 Вт); ДАТ-10-12 (P=10 Вт), ДАТ-10-8 (P=10 Вт); Г-33 (P=7 Вт), Г-409 (P=9 Вт), Г-405 (P=9 Вт). Сравнивая массу и габариты этих двигателей, видим, что лучшими с точки зрения этих характеристик являются двигатели серии ДАТ; кроме того, они имеют приемлемый срок службы. Оба намеченные двигателя серии ДАТ имеют одинаковую мощность P=10 Вт, поэтому с целью уменьшения $u_р$ и, следовательно, упрощения редуктора окончательно выбираем двигатель с

меньшей частотой вращения, а именно, ДАТ-IO-8, у которого $n_{ном}$ = 8000 мин$^{-1}$. При этом уточненное значение $u_р$ будет равно

$$u_р = \frac{n_{ном} \cdot 2\pi}{60\,\omega_н} = \frac{8000 \cdot 2\pi}{60 \cdot 5} \approx 168.$$

Количество ступеней, таким образом, сохраняется равным найденному выше, причем допустимое значение $\eta_р$ редуктора будет равно

$$\eta_р = \frac{\zeta M_н \omega_н}{P} = \frac{1{,}1 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} \cdot 5}{10} \approx 0{,}55,$$

что вполне выполнимо в редукторе с 3...4 ступенями практически при любой его схеме.

Пример 2. Выбрать электродвигатель для нерегулируемого привода, работающего в длительном режиме при переменной статической силе нагрузки, среднее значение которой равно $F_{н.ср}$ = = 30 Н, максимальное значение $F_{н.max}$ = 70 Н; плечо действия нагрузки l = I00 мм; частота вращения выходного вала $n_н$ = = 20 мин$^{-1}$. Питание двигателя должно осуществляться от трехфазной сети переменного тока напряжением U = 220 В и частотой f = 50 Гц. Условия эксплуатации нормальные.

Решение. По характеристикам питающей сети для привода подходят двигатели серий УАД и Г. Поскольку требования стабильности скорости вращения не предъявляются, то синхронные двигатели серии Г далее принимать во внимание не будем.

Определяем необходимую мощность двигателя по формуле (I), полагая, как и в примере I, $\eta_р$ = 0,8 и задаваясь коэффициентом запаса мощности ζ = I,5. Будем иметь

$$P = \frac{\zeta M_н \omega_н}{\eta_р} = \frac{F_{нср}\, l_н\, 2\pi n_н}{60\,\eta_р} = \frac{1{,}5 \cdot 30 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot 20}{60 \cdot 0{,}8} \approx 11{,}8\ Вт.$$

Близкое значение мощности P=I3 Вт имеет двигатель УАД-42, у которого $n_{ном}$ = 2750 мин$^{-1}$, номинальный момент $M_{ном} = \frac{P}{\omega_{ном}} = \frac{P \cdot 60}{n_{ном} 2\pi}$ = $\frac{13 \cdot 60}{2750 \cdot 2}$ = 0,045 Н.мм = 45 Н.мм, а коэффициент перегрузки по моменту $\mu_M = M_{max} / M_{ном} = 2$.

Проверяем выполнение условия (3). Передаточное отношение $u_р = n_{ном} / n_н$ = 2750/20 = I37,5, поэтому значение $\eta_р$ можно оставить прежним, а максимальное значение момента нагрузки равно $M_{н.max} = F_{н.max} \cdot l_н$ = 70.I00 = 7.I0^3 Н.мм.

МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА ВЫДАЧА НА ДОМ

Подставляя известные величины в (3), имеем

$$\frac{3M_{н.max}}{\eta_р u_р} = \frac{1,5 \cdot 7 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 137,5} = 95 > \mu_м M_{ном} = 2 \cdot 45 = 90 \text{ Н·мм},$$

т.е. условие не выполняется, а потому необходимо выбрать более мощный двигатель. Для двигателя УАД-52: P=20 Вт, $n_{ном}$ = = 2700 мин$^{-1}$, $M_{ном} = \frac{20 \cdot 60}{2700 \cdot 2} \approx 0,07$ Н·м, $u_р = \frac{2700}{20} = 135$. Тогда

$$\frac{3M_{н.max}}{\eta_р u_р} = \frac{1,5 \cdot 7}{0,8 \cdot 135} = 0,097 < \mu_м M_{ном} = 2 \cdot 0,07 = 0,14 \text{ Н·м},$$

т.е. условие выполняется и двигатель способен преодолевать заданную кратковременную перегрузку.

Пример 3. Выбрать электродвигатель для нерегулируемого привода, работающего в режиме сравнительно частых пусков, при моменте нагрузки $M_н$ = 500 Н.мм и скорости выходного вала $\omega_н$ = 12 с$^{-1}$. Время разгона $t_р$ до скорости ω = 0,095$\omega_{уст}$ не должно превышать 1,0 с, момент инерции элемента нагрузки $J_н$ = 0,2 кг.м^2. Двигатель питается от сети переменного тока напряжением U = 27 В.

Решение. Наиболее пригодным в данной задаче был бы силовой двигатель постоянного тока, для которого должны быть известны, помимо обычных данных, значения пускового момента $M_п$ и момент инерции ротора $J_р$. Как правило, $J_р$ в паспортных данных таких двигателей не содержится, однако его можно приближенно оценить. Для этого надо приближенно определить габариты и массу ротора по габаритам и массе двигателя. Последние устанавливаются в результате выбора конкретного типа двигателя по необходимой мощности /как это делалось в примерах 1 и 2 с использованием формулы (1)/. Можно положить, что форма ротора такого двигателя близка к цилиндрической, его диаметр $d_р$ и длина $l_р$ составляют определенные части от габаритных размеров - диаметра D и длины L - основного тела двигателя (без учета длины выступающей части вала и размеров установочных фланцев). Обычно соотношения указанных размеров близки к следующим $d_р/D$ = 0,5, $l_р/L$ = 0,5. Поскольку, как известно, момент инерции цилиндра

$$J_р = \pi \rho l_р \frac{d_р^4}{32},$$

где ρ - плотность материала ротора, то подставляя принятые соотношения размеров в эту формулу, будем иметь

$$J_p = \pi \rho\, 0{,}5\, L \frac{0{,}5^4 D^4}{32} \approx 3{,}10^{-3} \rho L D^4.$$

Плотность материала ротора ρ в этой формуле может быть принята близкой к плотности таких материалов, как железо и медь (основных составляющих материалов ротора), т.е. $\sim 8.10^{-3}$ кг.см$^{-3}$.

Поскольку в приложениях данные силовых двигателей постоянного тока отсутствуют, то рассмотрим задачу на примере двигателей серии ДПР исполнения Н6, которые хоть и имеют конструкцию управляемых двигателей, но снабжены регуляторами скорости и, стало быть, пригодны для применения в нерегулируемых приводах.

Определяем необходимую мощность двигателя по формуле (I), задавшись $\xi = 1{,}5$ (больше, чем в случае постоянной статической нагрузки) и $\eta_p = 0{,}8$. Имеем

$$P = \frac{\xi M_н \omega_н}{\eta_p} = \frac{1{,}5 \cdot 500.10^{-3} \cdot 12}{0{,}8} = 11{,}3\ Вт.$$

Близкое значение мощности имеет двигатель ДПР-42-Н6-03, у которого $n_{ном} = 3000 \pm 90$ мин$^{-1}$ и $M_{ном} = 0 \ldots 50$ Н.мм, $J_p = 0{,}006.10^{-4}$ кг.м^2, $M_п = 150$ Н.мм, а

$$P = M_{max} \frac{n_{ном} \cdot 2\pi}{60} = 50 \cdot 10^{-3} \frac{(3000 \pm 90) \cdot 2\pi}{60} \approx 15\ Вт;$$

при этом передаточное отношение

$$u_p = \frac{\omega_{ном}}{\omega_н} = \frac{n_{ном} 2\pi}{60 \omega_н} = \frac{3000 \cdot 2\pi}{60 \cdot 12} \approx 26.$$

Оценим время разгона двигателя по формуле (I0), вычислив предварительно приведенный момент инерции привода по формуле (5), пренебрегая в ней моментами инерции элементов редуктора, и электромеханическую постоянную времени ЭМП по формуле (9). Получим $J_{пр} = J_p + J_н / u_p^2 = 0{,}006 \cdot 10^{-4} + 0{,}2126^2 \approx 3 \cdot 10^{-4}$ кг.м^2

(убеждаемся, что при этом можно было бы пренебречь и J_p); далее $\omega_{ном} = n_{ном} 2\pi/60 \approx 315$ с$^{-1}$ и $T_{эм} = J_{пр} \omega_{ном} / (M_п - M_{ном}) = 3.10^{-4}.315/(150.10^{-3} - 0{,}05) = 0{,}945$ с. Тогда

$$t_p = T_{эм} \ln [\omega_{уст} / (\omega_{уст} - \omega)] = 0{,}945 \ln \frac{1}{1 - 0{,}95} \approx 2{,}8 с,$$

что больше необходимого значения и вынуждает скорректировать

выбор двигателя. При использовании двигателя типа ДПР-52-Н6-03Б, у которого $M_п$ = 350 Н.мм, время разгона $t_р$ составит около 1,13 с, что приемлемо.

Пример 4. Выбрать электродвигатель для управляемого привода при следующих исходных данных: $M_н = 0{,}04$ Н·м, $J_н = 4 \cdot 10^{-4}$ кг·м^2, $\omega_{нmax} = 60$ с$^{-1}$, $\dot{\omega}_{нmax} = 25$ с$^{-2}$, питание двигателя осуществляется от сети постоянного тока напряжением U = 6 В.

Решение. Среди указанных в приложении двигателей наиболее целесообразными для применения в проектируемом приводе кажутся двигатели серий ДПР и ДПМ. Поскольку двигатели ДПР имеют лучшие динамические характеристики, то первое приближение при выборе выполним на примере двигателей именно этой серии.

Приближение 1. Пользуясь взятыми из приложения техническими характеристиками двигателей серии ДПР, определяем первые приближения среднего значения угловой скорости вращения двигателей и момента инерции их роторов:

$$\omega_{дв\,ср1} = \frac{9000 + 6000 + 4500 + 2500}{4} \cdot \frac{2\pi}{60} \approx 575 \text{ с}^{-1};$$

$$J_{р\,ср1} = \frac{(0{,}002 + 0{,}0057 + 0{,}017 + 0{,}036 + 0{,}057) \cdot 10^{-4}}{5} \approx 0{,}028 \cdot 10^{-4} \text{ кг·м}^2.$$

Передаточное отношение редуктора при этом $u_{р1} = \frac{575}{60} \approx 10$,

а КПД положим, как и в предыдущих примерах, $\eta_{р1}$ = 0,8. Приведенный момент инерции привода вычисляем без учета моментов инерции элементов редуктора: $J_{пр1} = J_{р\,ср1} + J_н / u_{р1}^2 = 0{,}028 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} / 10^2 = 0{,}068 \cdot 10^{-4}$ кг·м^2. Определяем необходимую мощность двигателя по формуле (7):

$$P_1 = 0{,}04 \cdot 60 / 0{,}8 - 0{,}068 \cdot 10^{-4} \cdot 10^2 \cdot 25 \cdot 60 \approx 2{,}5 \text{ Вт}.$$

Двигателей ДПР мощностью более 1 Вт и напряжением питания U = = 6 В нет, а потому для второго приближения выбираем двигатель ДПМ-35-Н1-03.

Приближение 2. Двигатель ДПМ-35-Н1-03 имеет следующие характеристики: $n_{ном.2} = 1800$ мин$^{-1}$, или $\omega_{ном.2} = 187$ с$^{-1}$, $M_{ном.2} = 23$ Н.мм и, следовательно, номинальную мощность $P = M_{ном.2}\, \omega_{ном.2} = 23 \cdot 10^{-3} \cdot 187 \approx$ ≈ 4,3 Вт, а также момент инерции ротора $J_{р2} = 0{,}062 \cdot 10^{-4}$ кг·м^2.

Тогда $u_{р2}$ = 187/60 ≈ 3,1 и если, как прежде, $\eta_{р2}$ = 0,8, то $J_{пр2} = J_{р2} + J_н / u_{р2}^2 = 0{,}062 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} / 3{,}1^2 = 0{,}482 \cdot 10^{-4}$ кг·м^2, а необходимая мощность двигателя $P_2 = 0{,}04 \cdot 60 / 0{,}8 + 0{,}482 \cdot 10^{-4} \cdot 3{,}1^2 \times$ $\times 25 \cdot 60 = 2{,}2$ Вт, что приемлемо.

Приближение 3. Определяем необходимую мощность двигателя с учетом в приведенном моменте инерции привода моментов инерции элементов редуктора.

С целью упрощения схемы редуктора ограничимся в нем одной ступенью. Для определения моментов инерции зубчатых колес редуктора найдем их размеры, для чего определим модуль передачи (в миллиметрах) по известной формуле

$$m \geq \sqrt[3]{2MKY_F/(z\psi_{bm}[\sigma_F])},$$

где M – момент, действующий на рассчитываемое колесо, K – коэффициент расчетной нагрузки; Y_F – коэффициент формы зуба; z – число зубьев рассматриваемого колеса; ψ_{bm} – коэффициент ширины зуба и $[\sigma_F]$ – допускаемое напряжение при расчете зубьев на изгиб.

Пусть число зубьев шестерни и колеса соответственно равны $z_ш = 20$, $z_к = u_{шк} z_ш = u_{р2} z_ш = 3.1.20 = 62$; пусть также колеса изготовлены из стали с $[\sigma_F] = 150$ МПа. Кроме того, примем $K = 1,5$, $\psi_{bm} = 8$; если расчет вести по шестерне, $Y_F = 4,15$, а $M = M_ш = M_н/u_{р2} = 0,04/3,1 = 0,013$ Н.м = =13 Н.мм. Подставляя значения всех этих величин в формулу для m, будем иметь

$$m \geq \sqrt{2.13.1,5.4,15/(20.8.150)} = 0,19 \text{ мм}.$$

Взяв стандартное значение $m = 0,2$ мм, найдем размеры колес – ширину b и диаметры делительных окружностей: $b = m\psi_{bm} = 0,2.8 = 1,6$ мм, $d_ш = mz_ш = 0,2.20 = 4$ мм, $d_к = mz_к = 0,2.62 = 12,4$ мм. Для упрощения дальнейших расчетов округлим полученные результаты: $b = 0,2$ см, $d_ш = 0,5$ см, $d_к = 1,5$ см. Моменты инерции зубчатых колес будем определять по формуле $J = \pi\rho b d^4/32$, т.е. полагая, что колеса представляют собой сплошные цилиндры (ρ – плотность материала). Если считать приближенно $\rho = 8.10^{-3}$ кг.см$^{-3}$, то получим

$$J_ш = 3,14.8.10^{-3}.0,2.0,5^4/32 \approx 0,1.10^{-4} \text{ кг.см}^2;$$

$$J_к = 3,14.8.10^{-3}.0,2.1,5^4/32 \approx 8,0.10^{-4} \text{ кг.см}^2.$$

Видим, что $J_ш$ и $J_к$ значительно меньше $J_{р2}$ и $J_н$, поэтому ими можно пренебречь, как это делалось при выборе двигателя во втором приближении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Элементы приборных устройств. Курсовое проектирование. В 2-х частях). Под ред. О.Ф.Тищенко. – М.: Высшая школа, 1978.
2. Микроэлектродвигатели для систем автоматики. Технический справочник. Под ред. Э.А.Лодочникова и Ф.М.Юферова. – М.: Энергия, 1969.
3. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. – М.: Высшая школа, 1976.
4. Хрущев В.В. Электрические микромашины автоматических устройств. – Л.: Энергия, 1976.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СЕРИИ УАД

Универсальные асинхронные двигатели серии УАД предназначены для привода различных механизмов в схемах автоматики.

Они могут питаться как от однофазной, так и от трехфазной сетей промышленной частоты f = 50 Гц напряжением 220 В ± 10%.

Предназначены для работы при температуре окружающей среды от -60 до +85°С, давлении от 600 до 1010 ГПа, относительной влажности 95±3% при температуре +40±2°С, а также в условиях вибраций и ударных нагрузок.

При работе в нормальных климатических условиях и номинальном напряжении питания обеспечивается запас по мощности до 7...20%.

Двигатели не требуют особого ухода: Срок службы - 3000 ч. Рабочее положение вала двигателя произвольное.

Исполняются с одним или двумя рабочими концами валов, по способу монтажа - с фланцами на корпусе и с креплением хомутом.

Технические характеристики

Тип двигателя	Однофазный режим					Трехфазный режим				
	P_1, Вт	$n_{ном}$, мин$^{-1}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	η, %	P_1, Вт	$n_{ном}$, мин$^{-1}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$	η, %
УАД-12	1	2750	2,0	0,5	10	1,5	2700	2,5	2,5	14
УАД-22	3	2750	2,0	0,5	20	4	2700	2,0	1,5	28
УАД-24	1	1280	1,5	0,5	9	1,2	1280	2,0	1,5	9
УАД-32	5	2750	1,5	0,3	25	7	2700	2,0	2,0	30
УАД-34	2	1280	1,5	0,5	11	2,5	1250	1,5	1,5	11
УАД-42	10	2750	1,5	0,3	44	13	2750	2,0	2,0	45
УАД-44	4	1300	1,5	0,5	14	6	2750	1,5	1,5	20
УАД-52	18	2750	1,5	0,3	50	20	2700	2,0	2,0	55
УАД-54	8	1300	1,5	0,5	25	9	1280	1,5	1,5	25
УАД-62	30	2750	1,5	0,2	54	40	2700	1,5	1,5	60
УАД-64	15	1300	1,5	0,3	35	20	1280	1,5	1,5	40
УАД-72	50	2750	1,5	0,1	60	70	2700	1,5	1,5	65
УАД-74	25	1300	1,5	0,2	45	30	1280	1,5	1,5	50

Размеры и масса двигателей серии УАД

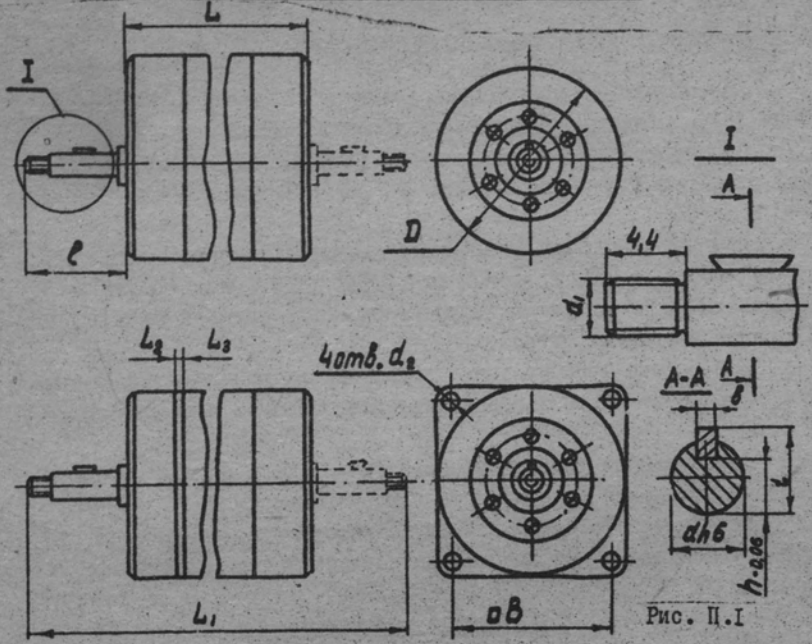


Рис. II.I

Тип двигателя	Размеры по рис. II.I, мм													m, кг
	l	l_2	d	d_1	D	L	L_1	L_2	L_3	B	d_2	b	h	
УАД-I2	I3	7	2,5	M2	40	58	85	I5	2,0	33,2	2,9	0,8	3	0,25
УАД-22	20	II	4	M3	50	60	I00	I8	2,5	4I,3	3,4	0,8	4,9	0,4
УАД-24	20	II	4	M3	50	60	I00	I8	2,5	4I,3	3,4	0,8	4,9	0,4
УАД-32	20	II	4	M3	50	70	II0	I8	2,5	4I,3	3,4	0,8	4,9	0,5
УАД-34	20	II	4	M3	50	70	II0	I8	2,5	4I,3	3,4	0,8	4,9	0,5
УАД-42	25	I4	5	M4	62	75	I25	20	3	5I	4,5	I	5,7	0,8
УАД-44	25	I4	5	M4	62	75	I25	20	3	5I	4,5	I	5,7	0,8
УАД-52	25	I4	5	M4	62	88	I38	20	3	5I	4,5	I	5,7	I,0
УАД-54	25	I4	5	M4	62	88	I38	20	3	5I	4,5	I	5,7	I,0
УАД-62	29	I7	6	M5	75	95	I54	25	4	6I,5	5,5	I	6,9	I,5
УАД-64	29	I7	6	M5	75	95	I54	25	4	6I,5	5,5	I	6,9	I,5
УАД-72	29	I7	6	M5	75	II5	I74	25	4	6I,5	5,5	I	6,9	2,0
УАД-74	29	I7	6	M5	75	II5	I74	25	4	6I,5	5,5	I	6,9	2,0

АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СЕРИИ ДАТ

Трехфазные асинхронные двигатели серии ДАТ предназначены для применения в силовых приводах и питаются напряжением 220 В частотой 400 Гц.

Исполнение пыле- и брызгозащищенное.

Двигатели имеют высокую надежность в работе и длительный срок службы – до 5000 ч.

Двигатели способны работать при температуре окружающей среды от -60 до +I00°С, а также при пониженном атмосферном давлении. Устойчивы к повышенной относительной влажности при температуре +40°С. Обладают высокой устойчивостью к воздействию вибрационных и ударных нагрузок.

Модификации двигателей:

ДАТ-25-I2А и ДАТ-40-6А со сроком службы до I2000 ч для применения в морских условиях;

ДАТ-35-I2Б – для применения в условиях тропического климата;

ДАТ-I5-30А – для питания напряжением с частотой I000 Гц, частота вращения 30000 мин$^{-I}$ (синхронная).

Технические характеристики

Тип двигателя	P_2, Вт	n_0, мин$^{-1}$	$M_{ном}$, Н·мм	$M_п$, Н·мм	ϱ, %	m, кг
ДАТ-I0-I2	I0	I2000	9	I5	25	0,I3
ДАТ-I0-I2А	I5	I2000	I5	20	40	0,I3
ДАТ-I6-I2	I6	I2000	I4,5	2I	35	0,3
ДАТ-I0-8	I0	8000	I5	2I	25	0,3
ДАТ-25-I2	25	I2000	23	37	40	0,35
ДАТ-40-I2	40	I2000	36	5I	55	0,45
ДАТ-60-I2	60	I2000	53	75	60	0,65
ДАТ-I00-8	I00	8000	I35	I90	65	I,0
ДАТ-I00-6	I00	6000	I80	260	60	I,75
ДАТ-250-8	250	8000	325	460	65	2,2

Размеры двигателей серии ДАТ

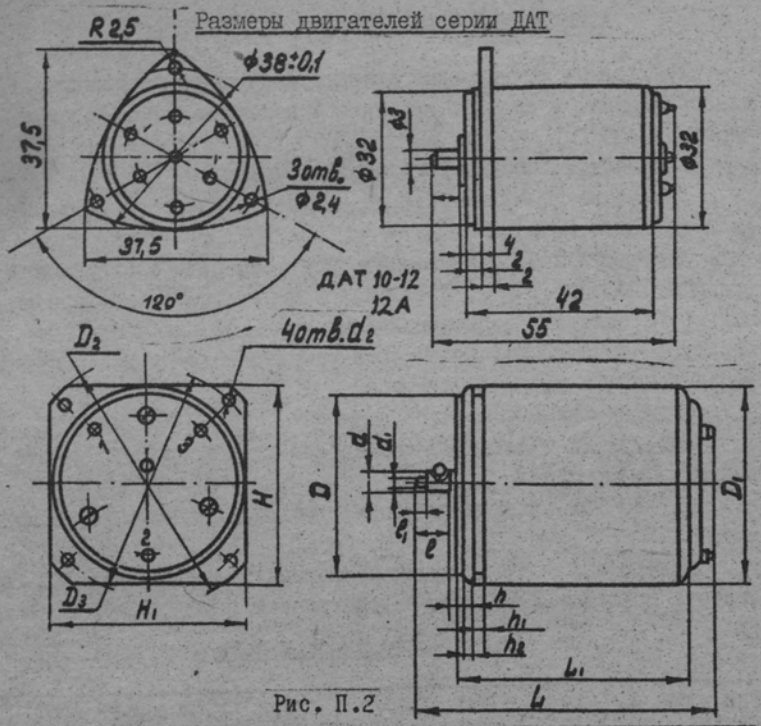


Рис. П.2

Тип двигателя	Размеры по рис. П.2, мм												
	H	L	L_1	D	D_2	D_3	d	d_1	d_2	l	l_1	h	h_1	h_2
ДАТ-16-12 ДАТ-10-8	40	75	56	40h6	55	48±0,1	4h6	–	3,5	10	–	5,5	4	3
ДАТ-25-12	40	84	67	40h6	55	48±0,1	4h6	–	3,5	10	–	5,5	4	3
ДАТ-40-12	50	80	60	50h6	68	60±0,1	5h6	–	4,3	10	–	6	5	3
ДАТ-60-12	"	92	73	" "	"	"	"	"	"	"	–	"	"	"
ДАТ-100-8	60	122	93	60h6	80	70±0,1	7h6	M6	5,3	20	6	6,5	6	3
ДАТ-100-6	80	135	110	80h6	105	92±0,1	8h6	M6	6,5	22	6	8,5	6	3
ДАТ-250-8	"	152	118	" "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СЕРИИ Г

Синхронные гистерезисные двигатели серии Г предназначены для включения в однофазную или трехфазную сети частотой 50, 400 и 500 Гц. Выпускаются в закрытом исполнении. Режим работы продолжительный.

Технические характеристики

Тип двигателя	Трехфазные двигатели					Тип двигателя	Однофазные двигатели				
	P_2, Вт	f, Гц	U, В	n_0, мин$^{-1}$	η, %		P_2, Вт	f, Гц	U, В	n_0, мин$^{-1}$	η, %
Г-210	3,5	500	40	7500	14	Г-201	2	400	115	8000	7
Г-218	2,0	500	40	7500	11	Г-303	10	400	115	8000	16
Г-32	16	500	40	7500	32	Г-205	1	50	220	3000	5
Г-35	8	400	220	6000	22	Г-203	1,5	50	127	3000	7
Г-202	2	50	127	3000	10	Г-34	4	50	127	3000	13
Г-33	7	50	220	3000	10	Г-31	4	50	220	3000	13
Г-304	12	50	220	3000	30	Г-315	8	50	127	3000	23
Г-411	30	50	220	3000	43	Г-314	8	50	220	3000	23
Г-504	60	50	220	3000	44	Г-409	9	50	127	3000	28
Г-506	60	50	220	3000	44	Г-405	9	50	220	3000	28
Г-313	7	50	220	1500	21	Г-414	16	50	127	3000	26
Г-412	20	50	220	1500	33	Г-413	16	50	220	3000	26
Г-507	45	50	220	1500	41	Г-500	40	50	127	3000	36
						Г-509	40	50	220	3000	40
						Г-216	0,8	50	127	1500	5
						Г-316	4	50	220	1500	13
						Г-317	4	50	127	1500	13
						Г-415	12	50	220	1500	22
						Г-416	12	50	127	1500	22
						Г-512	30	50	127	1500	33
						Г-511	30	50	220	1500	33

Двигатели Г-210 и Г-32 допускается использовать при частоте 400 Гц, снизив напряжение питания до 32 В. При этом частота вращения будет равна 6000 мин$^{-1}$.

Условия применения двигателей серии Г

Тип двигателя	Температура окружающей среды, °С	Вибрация		Линейное ускорение, g
		частота, Гц	ускорение, g	
Г-20I, Г-2I0, Г-3I...Г-34 Г-303	-60...+50	50...200	3,5	8
Г-35	-50...+50	50...200	3,5	8
Г-506	-40...+50	50...200	3,5	8
Г-2I8	-20...+50	50...2000	4,0	I8

Указанные в этой таблице двигатели могут применяться при относительной влажности до 98% при +20°С и ударных нагрузках до 4g; условия применения остальных двигателей серии Г устанавливаются ГОСТ I83-66.

Размеры и масса двигателей серии Г

Тип двигателя	Размеры по рис. П.3, мм														m, кг
	l	d	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	B	t	b	l_2	l_1	L	d_1	
Г-20I, Г-2I0													72		0,3
Г-202, Г-203													72		0,3
Г-205, Г-2I6	22	4	49	58	55	64	3,5	53	4	I,5	I5	5	79	M4	0,4
Г-304, Г-3I3													72		0,4
Г-3I4, Г-3I5													72		0,4
Г-3I6, Г-3I7															I,I
Г-303,															I,0
Г-405, Г-409	24	5	64	77	72	85	4,5	70	6	I,5	I7	5	III	M4	I,0
Г-4II, Г-4I2															I,0
Г-4I3, Г-4I4															I,0
Г-4I5, Г-4I6															I,8
Г-509, Г-5II	28	6	78	93	88	I02	4,5	82	7	2	20	6	I38	M5	3,7
Г-5I0, Г-5I3															3,7
Г-506, Г-507															4,0
Г-504 Г-500	32	7	92	II0	I03	I20	5,5	97	8	2	23	6	I72	M5	4,0

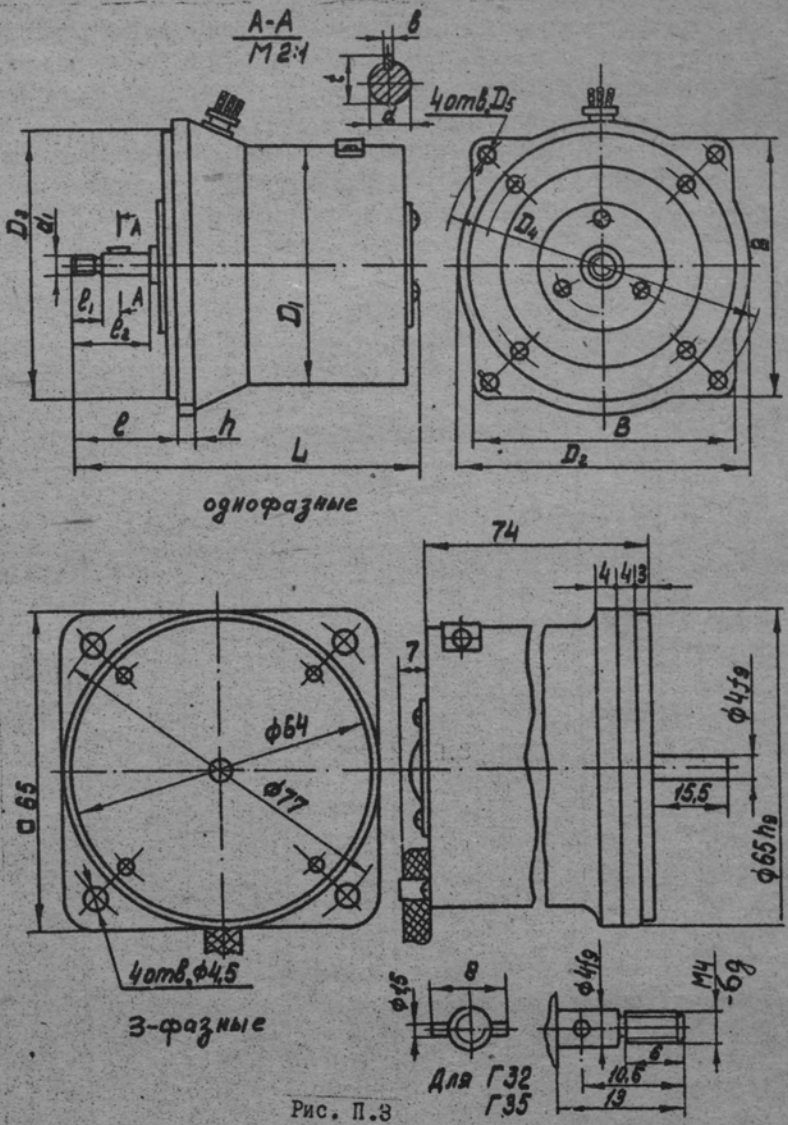

А-А
М2:1
4отв.D5
однофазные
74
4
4
13
7
ф64
ф77
15,5
4отв.ф4,5
3-фазные
8
Для Г32
Г35
10,6
19
6

Рис. П.3

АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ СЕРИЙ ДИД, ДГ

Асинхронные двухфазные электродвигатели с полым немагнитным ротором питаются от сети частотой 400 Гц и предназначены для применения в качестве исполнительных двигателей в следящих системах и схемах автоматики.

Отличаются малой инерционностью и малыми габаритами. Способны устойчиво и надежно работать в широком диапазоне температур и в условиях длительного воздействия влажности. Устойчивы к вибрационным и ударным нагрузкам. Имеют длительный срок службы.

Двигатели типа ДГ имеют встроенный тахогенератор.

Двигатели ДИД-0,1, ДИД-0,5, ДГ-0,1 и ДГ-0,5 выпускаются с выходным валом в виде зубчатой шестерни с числом зубьев 12 и модулем 0,3 мм.

Технические характеристики

Тип двигателя	U, В	P, Вт	$n_{ном}$, $мин^{-1}$	$M_{ном}$, Н.мм	$M_п$, Н.мм	$J_р$ $\times 10^{-8}$ $кг \cdot м^2$	$T_{эм}$, с
ДИД-0,1	110	0,1	13000	0.15	0,26	2,25	0,09
ДИД-0,5	110	0,25	14000	0,3	0,5	4,5	0,1
ДИД-0,5Т	110	0,3	14000	0,3	0,7	4,5	0,08
ДИД-1А	110	1,0	18000	1	1,6	7	0,055
ДИД-1Т	110	1,0	18000	0,9	1,6	7	0,088
ДИД-2А	36	2,0	18000	1,8	3,4	9	0,044
ДИД-2Т	36	2,0	18000	1,8	3,4	9	0,032
ДИД-3А	36	3,0	9000	5	10	24	0,026
ДИД-3Т	36	3,0	8000	5,6	10	24	0,026
ДИД-5А	36	5,0	6000	10	20	260	0,052
ДИД-5Т	36	5,0	6000	12	22	250	0,052
ДИД-10	36	10,0	10600	15	26	–	0,05
ДГ-0,1	36	0,07	9000	0,15	–	5	–
ДГ-0,5	36	0,5	14000	0,65	–	13	–
ДГ-1	36	1,0	16000	0,8	–	8	–
ДГ-2	36	2,0	18000	1,6	–	11	–
ДГ-3	36	3,0	9000	5	–	37	–
ДГ-5	36	5,0	6000	10	–	40	–

Размеры и масса двигателей ДИД-0,I, ДИД-0,5 и ДГ-0,I, ДГ-0,5

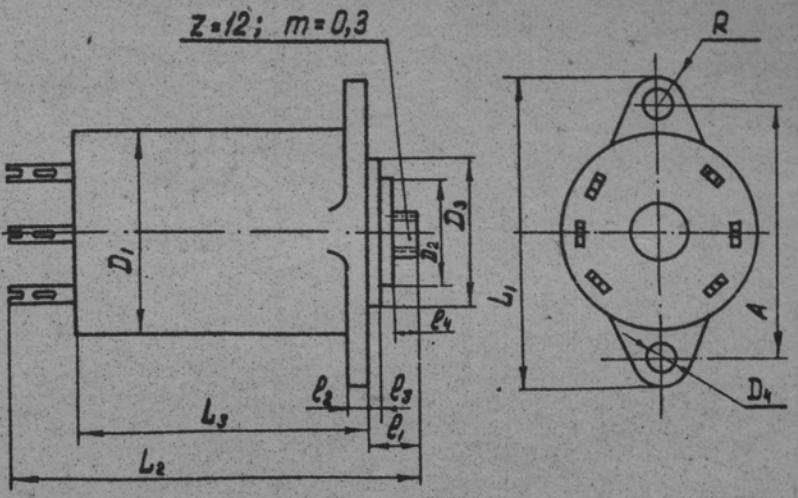


Рис. П.4

Тип двигателя	Размеры по рис. П.4, мм													m, кг
	L_1	L_2	L_3	A	D_1	D_2	D_3		D_4	l_1	l_3	l_4	R	
ДИД-0,I	29	39	26	24-0,2	I8	II	I2	6	2,5HI2	7	I,3	4,3	5	0,025
ДИД-0,5	32	43	34	27-0,2	22	II	I6	6	3HI2	7	I,3	4,3	5	0,05
ДГ-0,I	30	54	4I	24-0,2	I9	II	I2	6	2,5HI2	7	I,3	4,3	5	0,03
ДГ-0,5	36	67	54	32-0,2	26	II	I2	6	3HI2	7	I,3	4,3	5	0,06

Размеры и масса двигателей ДИД-I÷ДИД-IO и ДГ-I÷ДГ-5

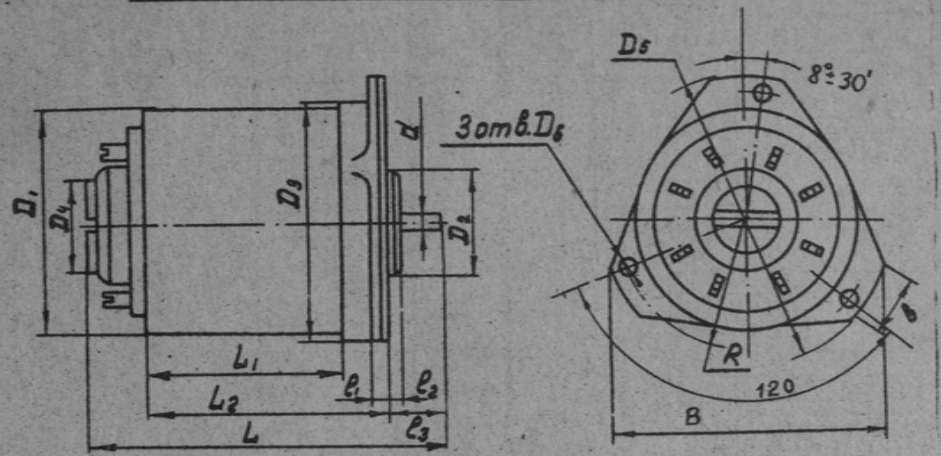


Рис. II.5

Тип двигателя	Размеры по рис. II.5, мм															m, кг
	L	B	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	L_1	L_2	l_1	l_2	l_3	R	d	
ДИД-I	57	42	33	20h6	34h6	25	44	3,2НI2	26	36	4	2	II,6	I9,4 js II	2,8H6	0,II
ДИД-2	69	42	33	20h6	34h6	25	44	3,2НI2	38	48	4	2	II,8	I9,4 js II	3,2H6	0,I6
ДИД-3	72,5	57	48,3	23h6	44h6	30	6I,6	3,5НI2	40,5	5I	4	2	I2,6	27,3 js II	3,8H6	0,35
ДИД-5	I00	70	60,3	32h6	6Ih6	30	75,6	3,5НI2	55	70	5,5	2	20	34,8 js II	4,8H6	0,72
ДИД-IO	I40	I00	88	44h6	80h6	35	96	4НI2	78	9I	8	4	26	4I js II	4,6H6	I,6
ДГ-I	64,5	42	33	20h6	34h6	I8	44,6	3,2НI2	58	68	4	2	I2	I9,4 js II	2,8H6	0,2
ДГ-2	95	42	33	20h6	34h6	I8	44,6	3,2НI2	70	79	4	2	I2	I9,4 js II	2,8H6	0,26
ДГ-3	99	57	48	23h6	49h6	20	6I,8	3,5НI2	75	82	4,5	2	I9,5	27 js II	3,8H6	0;54
ДГ-5	I42	70	60	32h6	6Ih6	26	75	3,5НI2	94	II0	6,5	2	20	34 js II	4,8H6	I,0

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА СЕРИИ СЛ

Серводвигатели постоянного тока серии СЛ применяются в качестве исполнительных электродвигателей в разнообразных следящих приводах, в индивидуальных маломощных силовых приводах и в сложных схемах, применяемых в автоматике и телемеханике для регулирования технологических процессов в различных отраслях промышленности.

Двигатели удовлетворительно работают как при частых пусках и реверсировании, так и при длительных нагрузках.

Двигатели рассчитаны для работы при температуре окружающей среды от -40 до +40°С и относительной влажности 95±3%.

Нормальное положение двигателей - горизонтальное. В вертикальном или близком к нему положении долговечность двигателей снижается на 50%.

Технические характеристики

Тип двигателя	U, В	$M_{ном}$, Н·мм	$n_{ном}$, $мин^{-1}$	$M_п$, Н·мм	$J_р$ $\times 10^{-4}$ $кг \cdot м^2$	$\frac{M_п}{M_{ном}}$
СЛ-121	110	14	4800	-	-	-
СЛ-161	110	21	4800	-	-	-
СЛ-221	110	35	3700	90	0,014	2,6
СЛ-261	110	65	3600	200	0,2	3,1
СЛ-281	24	50	5200	125	0,2	2,5
СЛ-321	110	125	3000	310	0,6	2,5
СЛ-361	110	160	3000	400	0,7	2,5
СЛ-521	110	250	3000	650	1,7	2,6

Размеры и масса двигателей серии СЛ

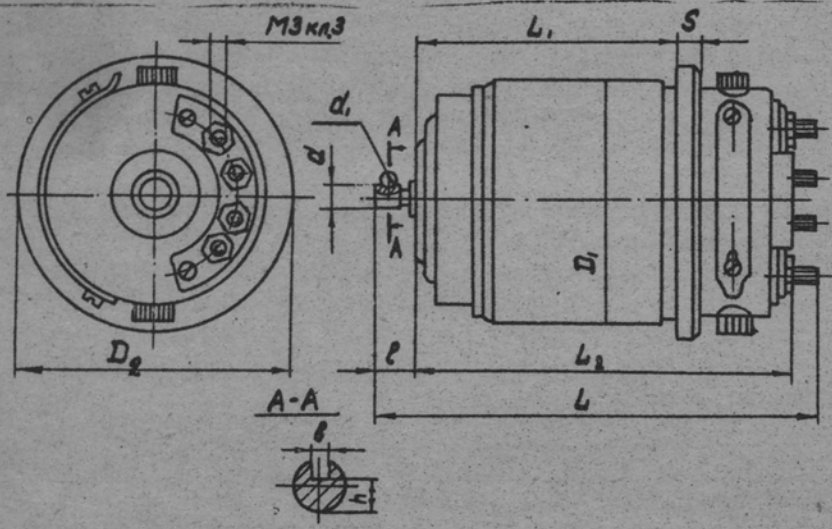


Рис. П.6

Тип двигателя	Размеры по рис. П.6, мм									m, кг
	D_1 e9	D_2	L	L_1	L_2	d g6	d_1 h6	l	s	
СЛ-121	50	55	92	51	75	4	–	7	3	0,41
СЛ-161	50	55	100	63	87	4	–	7	3	0,55
СЛ-221	70	74	107	59	94	6	–	9	4	1,2
СЛ-261	70	74	118	70	96	6	–	9	4	1,4
СЛ-281	70	74	125	70	105	–	6	–	4	1,22
СЛ-321	85	89	124	66	110	8	8	13	5	2,2
СЛ-361	85	89	133	76	120	8	–	13	5	2,5
СЛ-521	108	112	148	81	132	10	10	16	5	3,9

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА 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: Н1 – с креплением за корпус и одним выступающим концом вала; Н2 – то же 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 работы при оптимальном КПД; предназначены для работы при температуре окружающей среды от –60 до +70°С, относительной влажности до 98% при +40°С и атмосферном давлении от 535 до 3040 ГПа. Допускаются: вибрация мест крепления в любом направлении с частотой от 5 до 2000 Гц при ускорении 10 g и амплитуде вибрации не более 1 мм; линейные ускорения до 100 g вдоль оси двигателя и до 50 g в любом направлении; ударные нагрузки до 50 g в любом направлении. Рабочее положение вала произвольное.

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

На базе двигателей ДПР выпускаются двигатели с полупроводниковыми регуляторами скорости типа РС. Конструктивно они выполняются в виде двух блоков: двигателя ДПР исполнения Н6 (с таходатчиком на валу) и регулятора скорости 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 – продолжительный или повторно-кратковременный при любом направлении вращения.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ ДПР

Тип двигателя	U, в	$M_{ном}$, Н·мм	$n_{ном}$, $мин^{-1}$	$M_п$, Н·мм	n_0, $мин^{-1}$	$J_р^х$ $\times 10^{-4}$ кг·м²	Срок службы, ч
I	2	3	4	5	6	7	8
ДПР-2-НІ-0І	І2	І,0	9000	4,0	І2400		500
ДПР-2-НІ-02	І2	І,2	6000	3,0	9850		І000
ДПР-2-НІ-05	6	І,0	9000	4,0	ІІ500		500
ДПР-2-НІ-06	6	І,0	6000	2,6	9000	0,00063	І000
ДПР-2-НІ-07	6	І,0	4500	2,6	6800		2000
ДПР-2-НІ-08	6	І,0	2500	2,0	5І40		3000
ДПР-2-НІ-І3	6	0,2	6000	І,6	6600		2000
ДПР-32-НІ-0І	27	2,0	9000	І3	ІІ800		500
ДПР-32-НІ-02	27	2,5	6000	І0	7600		І000
ДПР-32-НІ-03	27	2,5	4500	7,5	6350		2000
ДПР-32-НІ-05	І2	2,0	9000	І5	І0000	0,002	600
ДПР-32-НІ-06	І2	2,0	6000	ІІ	7000		І000
ДПР-32-НІ-07	І2	2,0	4500	7,6	5800		2000
ДПР-32-НІ-08	І2	2,0	2500	4,6	4050		3000
ДПР-42-НІ-0І	27	5,0	9000	36	І0300		500
ДПР-42-НІ-02	27	5,0	6000	22	7400		І000
ДПР-42-НІ-03	27	5,0	4500	І7	5900		2000
ДПР-42-НІ-04	27	5,0	2500	0,7	4І50		3000
ДПР-42-НІ-05	І2	5,0	9000	30	І0350	0,0057	400
ДПР-42-НІ-06	І2	5,0	6000	24	7300		800
ДПР-42-НІ-07	І2	5,0	4500	І9	5680		І500
ДПР-42-НІ-08	І2	5,0	2500	ІІ,7	3900		2500
ДПР-42-НІ-07А	І4	5,0	4500	І9	5500		І500
ДПР-52-НІ-0І	27	І0,0	9000	І20	9600		500
ДПР-52-НІ-02	27	І0,0	6000	92	6600		І000
ДПР-52-НІ-03	27	І0,0	4500	70	5050		2000
ДПР-52-НІ-04	27	І0,0	2500	42	3060		3000
ДПР-52-НІ-05	І2	І0,0	9000	І08	9650	0,0І7	400
ДПР-52-НІ-06	І2	І0,0	6000	8І	6750		800
ДПР-52-НІ-07	І2	І0,0	4500	68	5І00		І500
ДПР-52-НІ-08	І2	І0,0	2500	5І	3050		2500
ДПР-52-НІ-07А	І4	І0,0	4500	70	5І00		І500

I	2	3	4	5	6	7	8
ДПР-62-НІ-0І	27	30	9000	200	9700		300
ДПР-62-НІ-02	27	20	6000	І70	6690		600
ДПР-62-НІ-03	27	20	4500	І47	4960		І500
ДПР-62-НІ-04	27	20	2500	82	3І00		2500
ДПР-62-НІ-05	І2	20	9000	І90	9700	0,036	200
ДПР-62-НІ-06	І2	20	6000	І77	6650		500
ДПР-62-НІ-07	І2	20	4500	І25	5000		І000
ДПР-62-НІ-08	І2	20	2500	8І	3050		2000
ДПР-62-НІ-07А	І4	20	4500	І45	5000		І000
ДПР-72-НІ-0І	27	40	9000	450	9500		300
ДПР-72-НІ-02	27	40	6000	350	6450		500
ДПР-72-НІ-03	27	40	4500	300	5000		І000
ДПР-72-НІ-04	27	40	4500	І90	3000	0,078	2000
ДПР-72-НІ-05	І2	30	9000	450	9400		200
ДПР-72-НІ-06	І2	40	6000	320	6600		600
ДПР-72-НІ-07	І2	40	4500	280	4950		І000
ДПР-72-НІ-08	І2	40	2500	І95	3000		2000

Технические характеристики двигателей серии ДПР-РС

Тип двигателя	U, В	$M_{дв}$, Н·мм	$n_{дв}$, мин$^{-1}$	$M_п$, Н·мм	$J_{н.пр}$ $\cdot 10^{-4}$ кг·м^2	Срок службы, ч
ДПР-3	14 ± 3	0...3,0	3000 ± 75	6	0,03...0,05	750
ДПР-32-Н6-02Б	27 ± 7	0...І,7	3000 ± 30	6	0,02...0,03	5000
ДПР-32-Н6-03А	27^{+6}_{-5}	0...3,0	3000 ± 75	6	0,03...0,05	750
ДПР-32-Н6-03Б	28^{+6}_{-5}	0...І,0	3000 ± 30	5	0,02...0,03	І500
ДПР-32-Н6-03В	$27\pm3,5$	0...І,0	3000 ± 90	5	0,04...0,06	І000
ДПР-42-Н6-03	27^{+7}_{-3}	0...5,0	3000 ± 90	І5	0,04...0,06	І500
ДПР-52-Н6-02	28 ± 3	0...І0,0	6000 ± 48	20	0,І0...0.І2	300
ДПР-52-Н6-03	27^{+7}_{-3}	0...І0,0	3000 ± 90	35	0,І2...0,04	І500

Размеры и масса двигателей серии ДПР

Исполнение Н1 и Н2

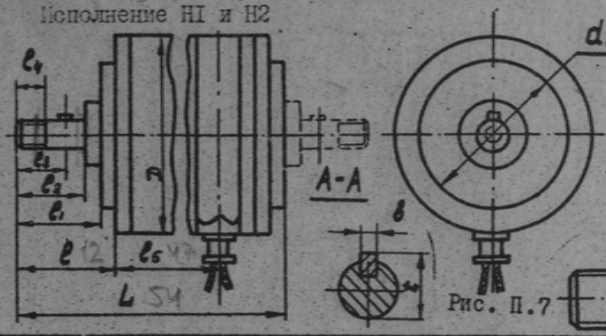
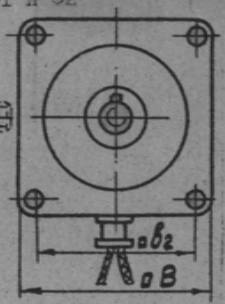


Рис. П.7

Исполнение Ф1 и Ф2



Тип двигателя	Размеры по рис. П.7, мм																	m, кг
	D	d	d_1	d_2	L	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	b	t	d_3 H11	B	B_2 js11		
ДПР-2-Н1	15h8	2f7	M2-6g	12h8	37	9,1	8	7	5	3	30	0,4h8	2,4	1,6	15	12,4		0,038
ДПР-32-Н1	20h8	3f7	M3-6g	15h8	46	10	8,5	7	5	3	38	0,6h8	3,6	2	20	16,6		0,08
ДПР-42-Н1	25h8	3f7	M3-6g	17h8	54	12	10,5	9	6	3	47	0,6h8	3,6	2,4	25	21		0,15
ДПР-52-Н1	30h8	4f7	M4-6g	22h8	64	13,5	12	10,5	7,5	4,5	55	0,8h8	4,8	2,9	30	25,2		0,25
ДПР-62-Н1	35h8	4f7	M4-6g	22h8	74	15,5	14	12,5	8,5	4,5	64	0,8h8	4,8	3,4	35	29,6		0,41
ДПР-72-Н1	40h8	4f7	M4-6g	22h8	84	17,5	16	14,5	9,5	4,5	73	0,8h8	4,8	3,9	40	33,6		0,6

Размеры и масса двигателей серии ДПР исполнения Н6

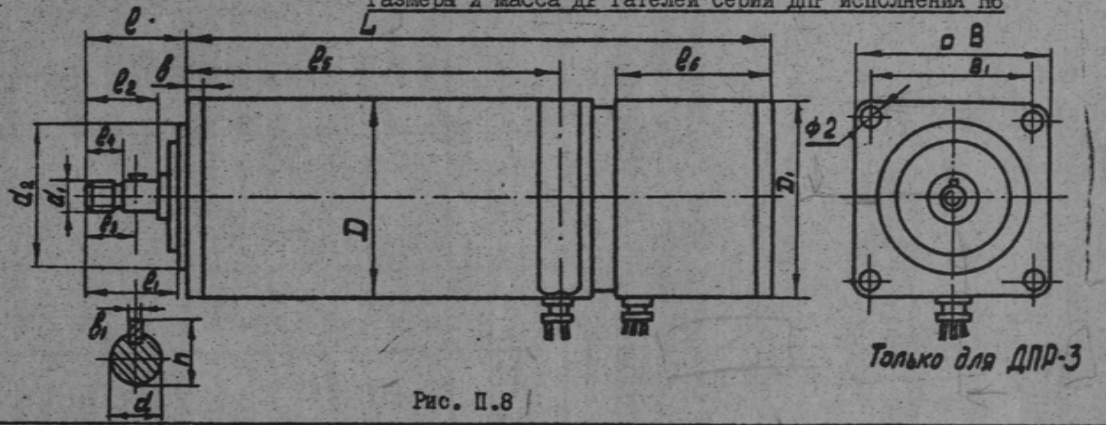


Рис. П.8

Тип двигателя	Размеры по рис. П.8, мм																	m, кг
	D	D_1	d	d_1	d_2	L	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	h	b_1	B	B_1	
ДПР-3	20h8	25	3f7	М3	I5h8	6I	I0	8,5	7	5	3	38	I6	3,6	0,6	20	I6,6	0,II
ДПР-32-Н6	20h8	25	3f7	М3	I5h8	6I	I0	8,5	7	5	3	38	I6	3,6	0,6	–	–	0,II
ДПР-42-Н6	25h8	25	3f7	М3	I7h8	70	I2	I0,5	9	6	3	47	20	3,6	0,6	–	–	0,I8
ДПР-52-Н6	30h8	30	4f7	М4	22h8	83	I4	I2	I0	7,5	4,5	54	20	4,8	0,8	–	–	0,3I

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА СЕРИИ ДПМ

Электродвигатели серии ДПМ имеют те же области применения, что и двигатели серии ДПР.

Двигатели имеют четыре габарита. Наружный диаметр двигателя меньшего габарита 20 мм, наружный диаметр двигателя каждого последующего габарита увеличивается на 5 мм.

Двигатели серии ДПМ выпускаются в трех конструктивных исполнениях: Н1 – с одним выходным концом вала; Н2 – с двумя выходными концами вала; Н3 – с одним выходным концом вала и встроенным центробежным контактным стабилизатором скорости вращения.

Двигатели реверсивные и рассчитаны на продолжительный режим работы. Условия применения примерно такие же, как и для двигателей серии ДПР.

КПД этих двигателей на 15...20% ниже, чем у аналогичных двигателей серии ДПР, а электромеханическая постоянная больше в 2...2,5 раза.

Двигатели этой серии, как и двигатели серии ДПР, выпускаются с полупроводниковыми регуляторами скорости типа РС.

Технические характеристики двигателей серии ДПМ исполнений Н1 и Н2

Тип двигателя	U, В	$M_{ном}$, Н·мм	$n_{ном}$, мин$^{-1}$	$M_п$, Н·мм	$J_р^х$, $\times 10^{-4}$ кг·м^2	Срок службы, ч
1	2	3	4	5	6	7
ДПМ-20-Н1/Н2-01	29	0,5	9000	6,0		300
ДПМ-20-Н1/Н2-02	27	1,0	4000	2,0		700
ДПМ-20-Н1/Н2-04	6	0,2	2000	0,6		1000
ДПМ-20-Н1/Н2-05	14	0,2	2000	1,0		1000
ДПМ-20-Н1/Н2-06	27	1,5	9000	6,0		300
ДПМ-20-Н1/Н2-07	27	2,0	6000	5,00	0,0037	500
ДПМ-20-Н1/Н2-08	27	2,0	4500	4,0		600
ДПМ-20-Н1/Н2-11	12	1,5	9000	6,0		300
ДПМ-20-Н1/Н2-12	12	2,0	6000	5,0		500
ДПМ-20-Н1/Н2-12А	14	1,8	6000	5,0		500
ДПМ-20-Н1/Н2-13	12	1,5	4500	4,0		600
ДПМ-20-Н1/Н2-14	12	1,0	2500	2,0		1000
ДПМ-20-Н1/Н2-16	6	1,0	9000	6,0	0,0037	300
ДПМ-20-Н1/Н2-17	6	0,5	6000	6,0	0,0037	500

I	2	3	4	5	6	7
ДПМ-25-НІ/Н2-0І	29	3,5	9000	І5,0		300
ДПМ-25-НІ/Н2-02	27	3,0	3800	І0,0		900
ДПМ-25-НІ/Н2-02А	27	І,0	4500	І0,0		800
ДПМ-25-НІ/Н2-03	І2	4,5	6000	І0,0		400
ДПМ-25-НІ/Н2-04	27	5,0	2500	8,0		І000
ДПМ-25-НІ/Н2-05	І5	5,0	2500	8,0	0,0ІІ6	І000
ДПМ-25-НІ/Н2-06	27	5,0	6000	І5,0		500
ДПМ-25-НІ/Н2-07	27	5,0	4500	І2,0		800
ДПМ-25-НІ/Н2-09	І2	3,5	9000	І5,0		200
ДПМ-25-НІ/Н2-І0	І2	5,0	4500	І2,0		800
ДПМ-25-НІ/Н2-І0А	І4	5,0	4500	І2,0		800
ДПМ-25-НІ/Н2-ІІ	І4	5,0	2500	8,0		І000
ДПМ-30-НІ/Н2-0І	29	7,0	9000	35,0		200
ДПМ-30-НІ/Н2-02	27	І0,0	2600	20,0		І000
ДПМ-30-НІ/Н2-03	27	І0,0	4500	30,0		600
ДПМ-30-НІ/Н2-04	26	І0,0	5500	25,0		500
ДПМ-30-НІ/Н2-05	27	6,0	6000	25,0	0,029	500
ДПМ-30-НІ/Н2-08	І2	7,0	9000	35,0		І00
ДПМ-30-НІ/Н2-09	І2	І0,0	6000	35,0		300
ДПМ-30-НІ/Н2-І0	І2	І0,0	4500	25,0		600
ДПМ-30-НІ/Н2-І0А	І4	І0,0	4500	28,0		600
ДПМ-30-НІ/Н2-ІІ	І2	І0,0	2500	20,0		І000
ДПМ-35-НІ/Н2-0І	27	І5,0	9000	70,0		І00
ДПМ-35-НІ/Н2-02	27	І5,0	3500	50,0		800
ДПМ-35-НІ/Н2-03	6	23,0	І800	35,0		І000
ДПМ-35-НІ/Н2-04	27	20,0	6000	60,0	0,062	200
ДПМ-35-НІ/Н2-05	27	20,0	4500	50,0		600
ДПМ-35-НІ/Н2-06	27	20,0	2500	35,0		800
ДПМ-35-НІ/Н2-08	І2	І5,0	9000	70,0		50
ДПМ-35-НІ/Н2-09	І2	20,0	6000	60,0		І00
ДПМ-35-НІ/Н2-І0	І2	20,0	4500	50,0	0,062	500
ДПМ-35-НІ/Н2-ІІ	І2	20,0	2500	35,0		І000

Технические характеристики двигателей серии ДПМ исполнения Н3

Тип двигателя	U, В	$M_{ном}$, Н·мм	$n_{ном}$, мин$^{-1}$	Допустимые изменения $M_н$, Н·мм	$M_п$, Н·мм	Точность стабилизации $n_{ном}$, %	Срок службы, ч
ДПМ-20-Н3-01	27	1,0	9000	0,5...1,0	5,0	±2	50
ДПМ-20-Н3-09	12	2,0	4500	0,5...2,0	4,0	±2	100
ДПМ-20-Н3-09А	14	2,0	4500	0,5...2,0	4,0	±2	100
ДПМ-25-Н3-01А	27	1,0	6000	0,5...1,0	10,0	±2	150
ДПМ-25-Н3-01Б	27	1,0	6000	0,5...1,0	12,0	±2	100
ДПМ-25-Н3-02А	28	2,2	9000	1,0...2,2	12,0	±2	50
ДПМ-25-Н3-03Б	14	3,0	6000	1,5...3,0	12,0	±2	50
ДПМ-30-Н3-01	27	7,0	9000	3,5...7,0	40,0	±2	50
ДПМ-30-Н3-02	28	2,0	12000	0,5...2,0	20,0	±1,5	50

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ ДПМ-РС

Тип двигателя	U, В	$M_{дв}$, Н·мм	$n_{дв}$, мин$^{-1}$	$M_п$, Н·мм	$J_{н.пр}$ х $\times 10^{-4}$ кг·м^2	Срок службы, ч
ДПМ-25-Н6-02А	27±4	0...5,0	6000±30	15	0,02...0,04	300
ДПМ-25-Н6-02Б	28±4	0...2,0	5500±55	6	0,02...0,04	300
ДПМ-25-Н6-05	14±3	0...5,0	6000±48	15	0,02...0,04	150
ДПМ-30-Н6-02И	28^{+4}_{-2}	0...5,0	6000±30	35	0...0,06	300
ДПМ-25-Н6-02В	28±3	0...4,2	6000 синх.	15	0,02...0,04	300
ДПМ-30-Н6-02К	28^{+4}_{-2}	0...5,0	6000 синх.	35	0...0,06	300

Размеры и масса двигателей серии ДПМ исполнения Н1 и Н2

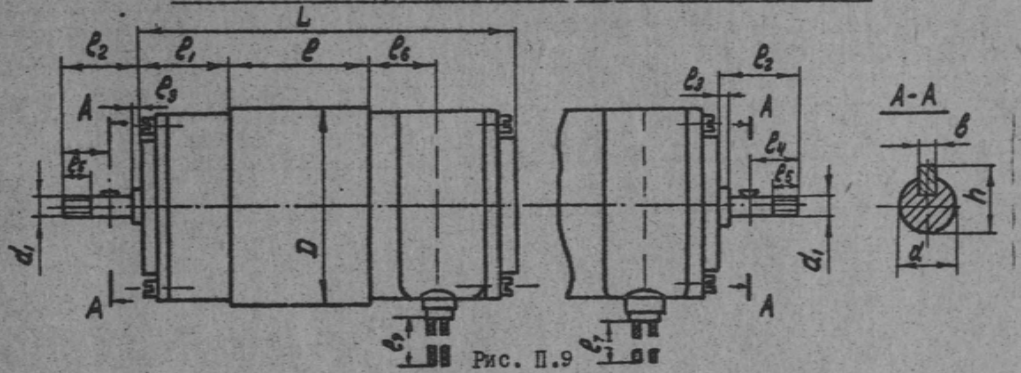


Рис. П.9

Тип двигателя	Размеры по рис. П. 9, мм														m, кг
	D	d	d_1	L	l	l_1	l_2	l_3 h8	l_4	l_5	l_6	l_7	h	b ν_{S11}	
ДПМ-20	20j7	2g6	M2-6g	$38^{+0,3}_{-0,5}$	I4	9	8	I	5	3	7,3	200	2,4	0,4	0,065
ДПМ-25	25j7	2g6	M2-6g	$45,5^{+0,3}_{-0,5}$	I7,5	I0,25	I0	I	6	3	9,3	250	2,4	0,4	0,I2
ДПМ-30	30j7	3g6	M3-6g	$57^{+0,3}_{-0,5}$	2I	I2,5	I2	I,5	7,5	4	II,2	300	3,5	0,6	0,22
ДПМ-35	35j7	3g6	M3-6g	$64^{+0,3}_{-0,5}$	24,5	I4,75	I4	I,5	8,5	4	I3	350	3,6	0,6	0,34

Размеры двигателей серии ДПМ исполнения Н3

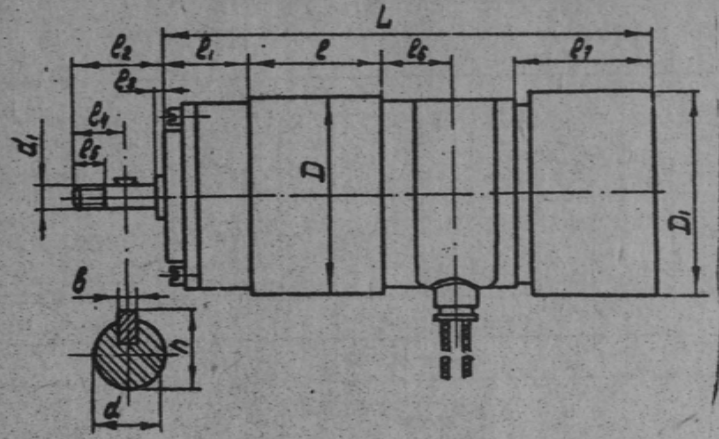


Рис. П.10

Тип двигателя	Размеры по рис. П.10, мм														
	D	D_1	d	d_1	L	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	h	b
ДПМ-20-Н3	20_{j7}	20,4	2_{g6}	М2 – 6g	50	I4	9	8	I	5	3	7,3	I3,5	2,4	0,4
ДПМ-25-Н3	25_{j7}	25,2	2_{g6}	М2 – 6g	59	I7,5	I0,2	I0	I	6	3	9,3	I5	2,4	0,4
ДПМ-30-Н3	30_{j7}	30	3_{g6}	М2 – 6g	72	2I	I3,5	I2	I,5	7,5	II,2	II,2	I7	3,6	0,6