

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Курганский государственный университет

Кафедра «Детали машин»

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

Методические указания

к выполнению курсового проекта и проведению практических
занятий по деталям машин для студентов специальностей

190201, 190202, 151001, 151002, 150202,
190601, 190603, 260601

Курган 2007

Кафедра “Детали машин”

Дисциплина: “Детали машин”

Специальности:

150202 – Оборудование и технология сварочного производства

190601 – Автомобили и автомобильное хозяйство

190603 – Сервис транспортных и технологических машин и оборудования
(Автомобильный транспорт)

Дисциплина: “Детали машин и основы конструирования”

Специальности:

190202 – Многоцелевые гусеничные и колесные машины

190201 – Автомобиле- и тракторостроение (Мотоциклетостроение)

151001 – Технология машиностроения

151002 – Металлообрабатывающие станки и комплексы

260601 – Машины и аппараты пищевых производств

Составил: канд.техн.наук, доцент А.И. Смолин

Составлены на основе переработанных методических указаний к проведению практических занятий и выполнению курсовых проектов по деталям машин “Кинематический расчет привода”. Смолин А.И. – Курган: Изд-во КМИ, 1996.

Утверждены на заседании кафедры 18.04. 2006 г.

Рекомендованы методическим советом университета

“ _____ ” _____ 2007г.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование приводных устройств обычно начинают с кинематического расчета привода. Исходными данными, необходимыми для расчета, могут быть такие показатели: номинальный вращающий момент или мощность на валу приводимой машины, его угловая скорость, график изменения нагрузки во времени, желаемый срок службы. Для ленточных и цепных конвейеров чаще всего вместо момента задаются окружное усилие на валу барабана (или звездочки), скорость ленты (или цепи), диаметр барабана, а для цепных конвейеров – число зубьев и шаг зубьев звездочки.

Цель кинематического расчета привода или редуктора – определение мощности или момента на каждом валу привода или редуктора, передаточных чисел ступеней передач, входящих в привод, угловые скорости валов.

В данных методических указаниях изложен порядок проведения кинематического расчета привода с рекомендациями по выбору параметров элементов привода, а также приведен необходимый справочный материал.

1 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

1.1 Кинематический анализ схемы привода

Прежде чем приступить к кинематическому расчету привода, необходимо тщательно изучить заданную схему привода и ответить на следующие основные вопросы:

- а) из каких механических передач состоит привод;
- б) сколько ступеней передач в приводе;
- в) по каким элементам привода проходит поток мощности от приводного двигателя к рабочим органам;
- г) разделяется ли общий поток мощности по отдельным потокам;
- д) где, в каких элементах привода имеются потери мощности.

В качестве примера ответим на некоторые вопросы для привода, схема которого изображена на рисунке 1.

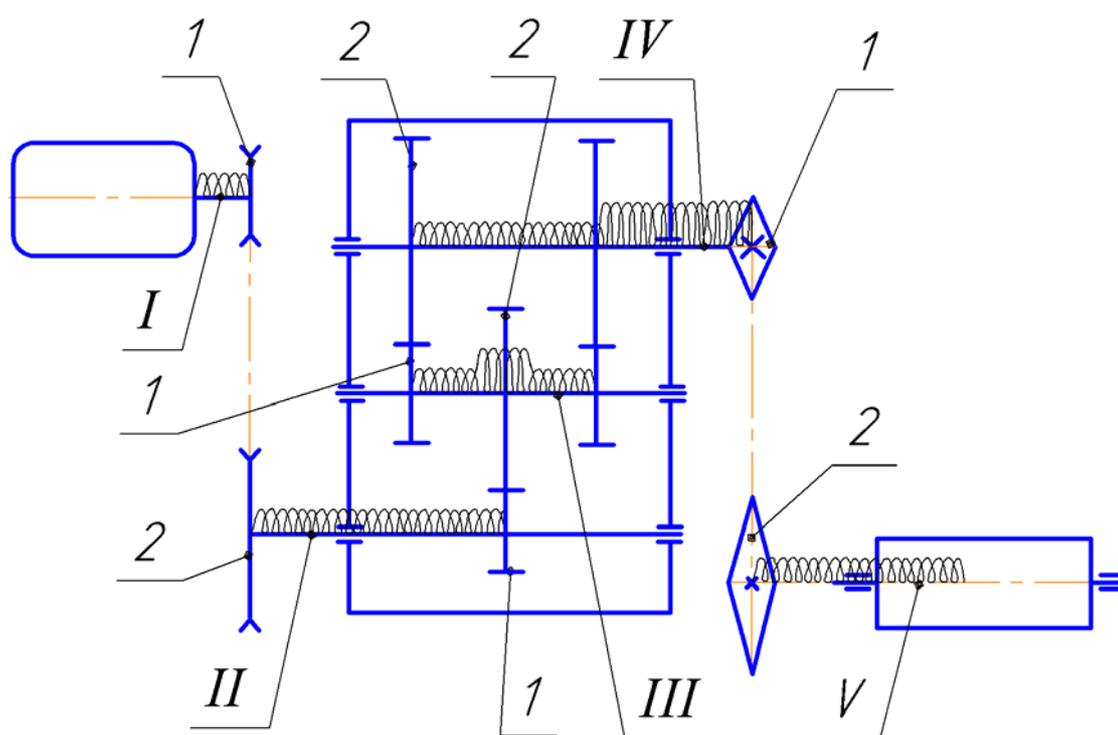


Рисунок 1– Привод к ленточному конвейеру

Привод состоит из электродвигателя, ременной передачи, двухступенчатого редуктора с цилиндрическими зубчатыми колесами и раздвоенной тихоходной ступенью, цепной передачи и приводного барабана. Таким образом, привод содержит четыре ступени передач:

- ременная передача, состоящая из ведущего (1) и ведомого (2) шкивов и гибкой связи (ремня) и служащая для передачи мощности от первого (I) вала ко второму (II);
- быстроходная ступень редуктора, состоящая из двух зубчатых и цилиндрических колес (1 и 2) и передающих мощность от второго (II) к третьему (III) валу;
- тихоходная ступень редуктора, которая конструктивно выполнена в виде двух одинаковых пар зубчатых колес (1 и 2), передающих мощность двумя

потоками от третьего (III) вала к четвертому (IV);

- цепная передача, состоящая из ведущей (1) и ведомой (2) звездочек, гибкой связи (цепи) и передающая мощность от четвертого вала (IV) к пятому (V).

При расчете передач на прочность в расчетных формулах внешняя нагрузка (момент или мощность), как правило, проставляется с индексом 1 или 2, указывающим какую внешнюю нагрузку, приложенную к ведущему (1) или ведомому (2) звену, необходимо подставлять в формулу.

Из приведенной схемы привода, а также учитывая многообразие и сложность схем реальных приводов, можно сделать следующий вывод: нагрузка, передаваемая валом или отдельным его участком, не всегда равна нагрузке, передаваемой передачей. Поэтому рекомендуется, для уменьшения ошибок при расчете элементов привода, пронумеровать валы, начиная с вала электродвигателя, римскими цифрами, а рабочие звенья ступеней передач с арабскими цифрами: ведущее звено – индексом 1, ведомое 2, так как это представлено на рассматриваемой схеме.

При передаче мощности имеют место потери на преодоление сил вредного сопротивления в ременной передаче, в зубчатых и цепной передачах, в опорах валов, в муфтах, соединяющих валы механизмов привода. В виду этого мощность на приводном валу будет меньше мощности, развиваемой двигателем, на величину потерь.

1.2 Потребная мощность электродвигателя

В проектах по курсу деталей машин разрабатываются чаще всего приводы к машинам, работающим при постоянной или незначительно меняющейся нагрузке, т.е. с такой продолжительностью работы двигателя, которая достаточна для достижения практически установившейся температуры всех его частей (режим S1

в соответствии с ГОСТ 183-74). Поэтому электродвигатели целесообразно подбирать по номинальной мощности при соблюдении условия:

$$P_{\text{дв}} \geq P_{\text{ном}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ном}}$ - мощность, потребная для преодоления полезных и вредных сил сопротивления, приведенная к валу двигателя;

$P_{\text{дв}}$ - номинальная мощность выбранного двигателя.

Мощность, необходимая для преодоления сил полезного сопротивления, может быть задана в виде мощности на приводном валу рабочего органа, но чаще всего она задается тяговым усилием F_t в Ньютонах и скоростью V в м/с ленты или цепи или моментом T в $H \cdot м$ и скоростью вращения n об/мин приводного вала. В этом случае мощность $P_{\text{вых}}$ на приводном валу рабочего органа (мощность на выходе привода) может быть определена по формуле:

$$P_{\text{вых}} = \frac{F_t \cdot V}{1000} \text{ кВт}; \quad (2)$$

$$P_{\text{вых}} = \frac{T_t \cdot V}{9550} \text{ кВт}. \quad (3)$$

С учетом потерь в приводе потребная мощность электродвигателя находится так:

$$P_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{вых}}}{\eta_o} \text{ кВт}, \quad (4)$$

где η_o - общий коэффициент полезного действия (кпд) привода, учитывающий потери мощности на преодоление сил вредного сопротивления привода.

Ориентировочный общий КПД определяется как произведение частных КПД элементов, входящих в привод, т.е. передач различных типов, подшипников качения и скольжения, муфт и других элементов привода, в которых теряется часть передаваемой мощности на преодоление вредных сил сопротивления.

Формула для определения общего КПД привода для каждой конкретной схемы своя и ее рекомендуется составлять по направлению движения потока мощности. Например, для схемы привода по рисунку формула имеет вид:

$$\eta_o = \underbrace{\eta_{m1} \cdot \eta_{mk}}_{II} \cdot \underbrace{\eta_{m2} \cdot \eta_{mk}}_{III} \cdot \underbrace{\mu_{m3} \cdot \eta_{mk}}_{IV} \cdot \underbrace{\eta_{m4} \cdot \eta_{mc}}_V, \quad (5)$$

где $\eta_{m1} \dots \eta_{m4}$ - частные значения КПД передач (таблица 1), входящих в привод;

η_{mk} - КПД подшипников качения;

η_{mc} - КПД подшипников скольжения.

Таблица 1 – Ориентировочные значения КПД

Тип передачи	Закрытая	Открытая
Зубчатые цилиндрические:		
прямозубые колеса	0,97 – 0,98	0,94 – 0,96
косозубые колеса	0,96 – 0,98	0,93 – 0,96
Коническая передача	0,96 – 0,97	0,93 – 0,94
Червячные передачи:		
несамотормозящие при		
числе заходов $Z_1 = 1$	0,65 – 0,70	0,50 – 0,60
$Z_2 = 2$	0,70 – 0,75	0,60 – 0,70
$Z_3 = 3$	0,80 – 0,85	–
$Z_4 = 4$	0,85 – 0,90	–
самотормозящая	0,40	0,30
Ременные передачи плоскими и клиновыми ремнями		0,94 – 0,97
Цепные передачи	0,95 – 0,97	0,90 – 0,93
Фрикционные передачи	0,90 – 0,96	0,70 – 0,88
Одна пара подшипников качения	0,99 – 0,995	
Одна пара подшипников скольжения	0,93 – 0,99	

Внизу формулы последовательно указаны номера валов, на которых мощности будут меньше мощности на предыдущем валу на величину потерь в соответствующей передаче и пары подшипников ведомого вала той же передачи.

1.3 Выбор ориентировочной частоты вращения двигателя

Так как асинхронные двигатели основного исполнения для одной и той же мощности выполняются с различным числом оборотов вала электродвигателя (таблица 5), то при выборе двигателя желательно знать не только потребную мощность, но и примерную частоту вращения вала.

Обычно рекомендуется выбирать электродвигатели с большей частотой вращения вала, так как они имеют меньшие габариты и вес, выше значение коэффициента мощности $\cos \varphi$. Однако, при заданной скорости вращения ведомого звена привода с увеличением $n_{дв}$ будет увеличиваться общее передаточное число привода, а следовательно, передаточные числа отдельных ступеней и их габариты. Кроме того, передаточные числа отдельных ступеней могут выйти за пределы рекомендуемых значений установленных практикой проектирования и эксплуатации передач (таблица 2).

Таблица 2 – Передаточные числа

Тип передачи	Рекомендуемые значения	
	средние	максимальные
Закрытая зубчатая:		
с цилиндрическими колесами	3-6	10
коническими	2-3	6
Открытая зубчатая	3-7	12
Закрытая червячная	10-40	80
Открытая червячная	10-60	120
Плоскоременная открытая	1,2-5	6
Плоскоременная с натяжным роликом	4-6	8
Клиноременная	1,2-5	7
Цепная	1,2-6	8

Поэтому ориентировочно назначаются передаточные числа отдельных ступеней передач, используя рекомендуемые средние значения по таблице 2, и вычисляют общее передаточное число.

$$U'_0 = U'_1 \cdot U'_2 \cdot U'_3 \dots \cdot U'_n, \quad (6)$$

где U'_0 - ориентировочное передаточное число привода;

U'_n - ориентировочное передаточное число n-ой ступени, которые желательно брать средние значения из таблицы 2.

Теперь можно определить примерную частоту вращения вала двигателя

$$n'_{ов} = n_{вых} \cdot U'_j \quad (7)$$

Здесь $n_{вых}$ - частота вращения выходного элемента привода, определяемые по заданной скорости и геометрическим параметрам выходного элемента:

для ленточного конвейера

$$n_{вых} = \frac{V \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ об/мин}; \quad (8)$$

для цепных конвейеров

$$n_{вых} = \frac{V \cdot 60 \cdot 1000}{P \cdot Z} \text{ об/мин}, \quad (9)$$

где D - диаметр приводного барабана в мм;

V - скорость передвижения ленты (цепи) в м/с;

P - шаг зубьев звездочки конвейера в мм;

Z - число зубьев приводной звездочки цепного конвейера.

Если угловая скорость приводного элемента передаточного механизма задана в рад/с, частота вращения в об/мин определяется по формуле:

$$n_{\text{вых}} = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \text{ об/мин} \quad (10)$$

1.4 Выбор электродвигателя

Выбор исполнения асинхронного двигателя переменного тока во многом определяется условиями пуска рабочего механизма. При легких условиях пуска (поршневые насосы, компрессоры, вентиляторы), т.е. при сравнительно небольшом моменте инерции и моменте статического сопротивления на валу машины, используются короткозамкнутые асинхронные двигатели основного исполнения 4АН, 4А четвертой серии и другие. При тяжелых условиях пуска (например: конвейеры, транспортеры, шаровые мельницы) с начальным пусковым моментом сопротивления равным номинальному или больше его, необходимо использовать электродвигатели с повышенным пусковым моментом типа 4АР (старое обозначение АОП2). Для привода механизмов с большими маховыми массами, с пульсирующей нагрузкой, с большой частотой пусков и реверсов (например, механизмы грузоподъемных машин) нашли применение модификации двигателей с повышенным скольжением типа 4АС (АОС2) и электродвигатели с фазовым ротором типа 4АК (АК2).

В соответствии с ГОСТ 2479-79 предусмотрено девять конструктивных исполнений электродвигателей по способу монтажа (УМ1...УМ9). При выборе двигателя необходимо, чтобы его рабочее положение (горизонтальное, вертикальное, наклонное), способ крепления (к фундаменту, к производственному механизму, встраиваемые в механизм), исполнение выходного конца вала и их количество соответствовало одному из конструктивных исполнений, приведенных в этом стандарте или в справочнике /2/.

Зная условия работы, потребную мощность $P_{ном}$ и примерную частоту вращения вала электродвигателя $n_{дв}$, выбирают двигатель по таблицам 5, 6, 7 или по /1/, /2/, /3/, выполняя условия

$$P_{дв} \geq P_{ном} \text{ и } n_{дв} \approx n'_{дв}.$$

Выбрав электродвигатель, выписывают его типоразмер, основные технические характеристики ($P_{дв}; n_{дв}; T_n / T_n; T_n / T_n$) и геометрические параметры (габаритные и присоединительные размеры).

1.5 Разбивка общего передаточного числа по ступеням

При выбранном электродвигателе действительное передаточное число привода определяется по формуле

$$U_o = \frac{n_{дв}}{n_{вых}},$$

где $n_{дв}$ - действительное число оборотов двигателя, а не синхронное (теоретическое).

Общее передаточное число привода необходимо разбить на частные передаточные числа отдельных ступеней. Причем произведение частных передаточных чисел всех ступеней привода должно быть равно общему, т.е.

$$U_o = U_1 \cdot U_2 \cdot \dots \cdot U_n. \quad (11)$$

Вначале назначают передаточные числа открытых ступеней передач, учитывая, что они работают в более тяжелых условиях, чем передачи редуктора. Рекомендуемые значения передаточных чисел приведены в таблице 2.

После этого можно определить общее передаточное число р е д у к т о р а

$$U_p = U_o / U , \quad (12)$$

где U - общее передаточное число открытых передач.

Затем производят разбивку передаточного числа редуктора. От разбивки общего передаточного числа по ступеням в двух- и трехступенчатых редукторах в значительной степени зависят его общие габариты, удобство осуществления смазки зацепления каждой ступени, рациональность конструкции корпуса редуктора и удобство компоновки всех передач в корпусе. Дать какую-то общую методику разбивки передаточного числа, удовлетворяющих всем указанным требованиям, невозможно. В таблице 3 приведены рекомендации по разбивке передаточного числа редуктора, обеспечивающие смазку зацеплений всех ступеней окунанием зубчатых колес в масляную ванну. Однако следует отметить, что в коническо-цилиндрических редукторах осуществить смазку всех ступеней окунанием удастся редко.

В двухступенчатых червячных редукторах удобство компоновки требует обеспечения:

$$a_m \approx 2a_b ,$$

где a_T - межосевое расстояние тихоходной ступени редуктора,

a_b - межосевое расстояние быстроходной ступени редуктора.

При этом передаточные числа быстроходной и тихоходной ступеней примерно равны, т.е. $U_1 \approx U_2$.

В таблице 3 передаточное число быстроходной ступени обозначается U_1 , тихоходной ступени в двухступенчатых редукторах и промежуточная ступень в трехступенчатых редукторах - U_2 и тихоходная ступень в трехступенчатых редукторах - U_3 .

Таблица 3 - Рекомендации по разбивке передаточного числа
редуктора

Тип редуктора	Рекомендации
Двухступенчатый цилиндрический, горизонтальный	$U_1 = (0,75...0,85) \cdot \sqrt[3]{U_p^2} - (0,01...0,02) \cdot U_1$
Двухступенчатый, соосный	$U_1 = \sqrt{U_p} - (0,01...0,02) \cdot U_p$
Трехступенчатый, цилиндрический	$U_3 = \sqrt[3]{\frac{U_p}{2}} ; U_2 = 1,25 \cdot U_3$
Коническо-цилиндрический	$U_1 = (0,22...0,28) \cdot U_p, \text{ но } U_1 \leq 3,5$
Трехступенчатый коническо-цилиндрический	$U_1 \leq 3,5 U_2 = 0,8 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{U_p}{U_1}\right)^2} - (0,01...0,02) \cdot \frac{U_p}{U_1}$
Цилиндрическо-червячный	$U_1 \leq 2...2,5; U_2 = \frac{U_p}{U_1}$
Червячно-цилиндрический	$U_2 = (0,03...0,06) \cdot U_p; U_1 = \frac{U_p}{U_2}$

1.6 Частоты вращения валов привода

Зная передаточные числа отдельных ступеней, легко определяются частоты вращения валов привода:

$$\begin{aligned}
 n_I &= n_{\text{дв}}; \\
 n_{II} &= n_{\text{дв}} / U_1; \\
 n_{III} &= n_{II} / U_2 \quad \text{и т.д.}
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Причем, если правильно, без ошибок и грубых округлений произведена разбивка общего передаточного числа, частота вращения последнего (ведомого) вала привода должна быть равна частоте вращения, определенной по формулам (8), (9) или (10).

1.7 Мощности на валах привода

Мощности на валах привода определяются с учетом потерь в элементах привода. Мощность на первом валу привода принимается равной потребной мощности $P_{\text{ном}}$, а не мощности выбранного двигателя, т.е.

$$P_I = P_{\text{ном}} \tag{14}$$

На втором валу:

$$P_{II} = P_I \cdot \eta_{n1} \cdot \eta_{нк} \tag{15}$$

$$\text{или } P_{II} = P_I \cdot \eta_{нк}, \tag{16}$$

если нет быстроходной открытой передачи.

Для i -го вала

$$P_i = P_{i-1} \cdot \eta_{n(i-1)} \cdot \eta_{нк} \tag{17}$$

Мощность на последнем валу должна быть равна мощности на выходе привода $P_{\text{вых}}$, определенных ранее по формулам (2) или (3).

1.8 Моменты на валах привода

Моменты на i -м валу привода определяются по формуле:

$$T_i = 9550 \cdot \frac{P_i}{n_i} \quad \text{Нм}, \quad (18)$$

где P_i и n_i - мощность в кВт и частота вращения в об/мин i -го вала;

T_i - момент в Нм на i -м валу.

Результаты кинематического расчета для дальнейшего прочностного расчета элементов привода удобно свести в таблицу.

Таблица 4 - Результаты кинематического расчета

Расчетные параметры	Номер вала				
	I	II	III	IV	V
Передаточное число ступени	U_1	U_2	U_3	U_4	
n , об/мин					
P , кВт					
T , Нм					

2 ПРИМЕР КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРИВОДА

Проведем кинематический расчет привода ленточного конвейера, схема которого изображена на рисунке, при заданном окружном усилии на барабане $F_t = 3,5$ кН, окружной скорости

$V = 0,75$ м/с и диаметре приводного барабана $D = 400$ мм.

2.1 Кинематический анализ схемы привода

Кинематический анализ схемы привода проведен в п. 1.1 настоящих методических указаний.

2.2 Мощность на приводном валу барабана (мощность полезных сил сопротивления на барабанае):

$$P_{\text{вых}} = P_v = \frac{F_t \cdot V}{1000} = \frac{3500 \cdot 0,75}{1000} = 2,625 \text{ кВт}$$

2.3 Общий коэффициент полезного действия привода

$$\begin{aligned} \eta_o &= \eta_{n1} \cdot \eta_{nk} \cdot \eta_{n2} \cdot \eta_{nk} \cdot \eta_{n3} \cdot \eta_{nk} \cdot \eta_{n4} \cdot \eta_{nc} = \\ &= 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,91 \cdot 0,98 = 0,781, \end{aligned}$$

где $\eta_{n1} = 0,95$ - кпд ременной передачи (таблица 1);

$\eta_{nk} = 0,99$ - кпд пары подшипников качения;

$\eta_{n2} = 0,97$ - кпд цилиндрической косоозубой передачи;

$\eta_{n3} = 0,98$ - кпд цилиндрической прямозубой передачи;

$\eta_{n4} = 0,91$ - кпд цепной передачи;

$\eta_{nc} = 0,98$ - кпд пары подшипников скольжения.

2.4 Потребная мощность электродвигателя (мощность с учетом вредных сил сопротивления)

$$P_{\text{ном}} = P_l = \frac{2,625}{0,781} = 3,361 \text{ кВт.}$$

2.5 Частота вращения барабана (V вала)

$$n_{\text{вых}} = n_v = \frac{V \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{0,75 \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot 400} = 35,8 \text{ об/мин}$$

2.6 Ориентировочное передаточное число привода

$$U'_j = U'_1 \cdot U'_2 \cdot U'_3 \cdot U'_4 = 2 \cdot 4,5 \cdot 4 \cdot 1,5 = 54,$$

где $U'_1 = 2$ - ориентировочное значение передаточного числа клиноременной передачи (таблица 2);

$U'_2 = 4,5$ - среднее ориентировочное передаточное число быстроходной ступени редуктора;

$U'_3 = 4$ - среднее ориентировочное передаточное число тихоходной ступени редуктора;

$U'_4 = 1,5$ - передаточное число цепной передачи.

2.7 Ориентировочная частота вращения вала электродвигателя

$$n'_{\text{дв}} = n_V \cdot U'_o = 35,8 \cdot 54 = 1933,7 \text{ об / мин.}$$

2.8 Выбор электродвигателя

По $P_{\text{ном}} = 3,361$ кВт и $n'_{\text{дв}} = 1934$ об/мин по таблице 5 выбираем электродвигатель 4AP1002У3 с повышенным пусковым моментом, мощность которого $P_{\text{дв}} = 4$ кВт. Обороты двигателя $n_{\text{дв}} = 2880$ об/мин.

Отношения пускового и максимального моментов к номинальному

$$\frac{T_n}{T_H} = 2; \quad \frac{T_{\text{max}}}{T_H} = 2,5$$

2.9 Передаточное число привода

$$U = \frac{n_{\text{дв}}}{n_V} = \frac{n_I}{n_V} = \frac{2880}{35,8} = 80,42$$

2.10 Разбивка передаточного числа по ступеням

Передаточное число ременной передачи принимаем $U_1 = 2,5$ и цепной передачи $U_4 = 1,8$, тогда передаточное число редуктора

$$U_P = \frac{U}{U_1 \cdot U_4} = \frac{80,42}{2,5 \cdot 1,8} = 17,87.$$

Общее передаточное число редуктора разобьем на передаточные числа быстроходной ступени U_2 и тихоходной U_3 по рекомендации, приведенной в таблице 3:

$$U_2 = 0,75 \cdot \sqrt[3]{17,87^2} - 0,02 \cdot 17,87 = 4,77;$$

$$U_3 = \frac{U_P}{U_2} = \frac{17,87}{4,77} = 3,75.$$

Таким образом, окончательно имеем:

$U_1 = 2,5$ - передаточное число ременной передачи;

$U_2 = 4,77$ - передаточное число быстроходной ступени редуктора;

$U_3 = 3,75$ - передаточное число тихоходной ступени редуктора;

$U_4 = 1,8$ - передаточное число цепной передачи.

При этом общее передаточное число будет равно

$$U = U_1 \cdot U_2 \cdot U_3 \cdot U_4 = 2,5 \cdot 4,77 \cdot 3,75 \cdot 1,8 = 80,49.$$

2.11 Мощность на первом валу равна потребной мощности

$$P_I = P_{nom} = 3,361 \quad \text{кВт}$$

Мощность на втором валу

$$P_{II} = P_I \cdot \eta_{n1} \cdot \eta_{nk} = 3,361 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 3,161 \quad \text{кВт}$$

Мощность на третьем валу

$$P_{III} = P_{II} \cdot \eta_{n2} \cdot \eta_{nk} = 3,161 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 3,036 \text{ кВт}$$

Мощность на четвертом валу

$$P_{IV} = P_{III} \cdot \eta_{n3} \cdot \eta_{nk} = 3,036 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 2,945 \text{ кВт}$$

Мощность на пятом валу (для проверки) равна

$$P_V = P_{IV} \cdot \eta_{n4} \cdot \eta_{nk} = 2,945 \cdot 0,91 \cdot 0,98 = 2,626 \text{ кВт}$$

2.12 Частота вращения валов привода

Для первого вала:

$$n_I = n_{дв} = 2880 \text{ об/мин}$$

Для второго вала

$$n_{II} = \frac{n_I}{U_1} = \frac{2880}{2,5} = 1152 \text{ об/мин}$$

Для третьего вала

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{U_2} = \frac{1152}{4,77} = 241,5 \text{ об/мин}$$

Для четвертого вала

$$n_{IV} = \frac{n_{III}}{U_3} = \frac{241,5}{3,75} = 84,4 \text{ об/мин}$$

Для пятого вала

$$n_V = \frac{n_{IV}}{U_4} = \frac{84,4}{1,8} = 35,78 \text{ об/мин}$$

2.13 Моменты на валах

$$T_i = 9550 \cdot \frac{P_i (\text{кВт})}{n_i (\text{об/мин})} \text{ Нм, где } i = \text{I, II, III, IV}$$

$$T_I = 9550 \cdot \frac{3,361}{2880} = 11,145 \text{ Нм};$$

$$T_{II} = 9550 \cdot \frac{3,161}{1152} = 26,204 \text{ Нм};$$

$$T_{III} = 9550 \cdot \frac{3,036}{241,5} = 120,057 \text{ Нм};$$

$$T_{IV} = 9550 \cdot \frac{2,945}{64,4} = 436,720 \text{ Нм};$$

$$T_V = 9550 \cdot \frac{2,626}{35,78} = 700,903 \text{ Нм}.$$

Результаты кинематического расчета

Расчетные параметры	Номера валов				
	I	II	III	IV	V
Передаточное число ступени	2,5	4,77	3,75	1,8	
Мощность P, кВт	3,361	3,161	3,036	2,945	2,626
Обороты n, об/мин	2880	1152	241,5	64,4	35,78
Момент T, Нм	11,145	26,294	120,057	436,72	700,903

Таблица 5 - Электродвигатели асинхронные трехфазные единой серии 4А,
закрытые, обдуваемые

Тип двигателя	Мощность кВт	Обороты об/мин	$\frac{T_n}{T_n}$	$\frac{T_{max}}{T_n}$	GD^2 кг·м ²
1	2	3	4	5	6
Синхронная частота вращения 3000 об/мин					
4A50A2Y3	0,09	2740	2	2,2	0,98 10 ⁻⁴
4A50B2Y3	0,12	2710	2	2,2	1,07 10 ⁻⁴
4A58A2Y3	0,18	2800	2	2,2	16,6 10 ⁻⁴
4A56B2Y3	0,25	2770	2	2,2	18,6 10 ⁻⁴
4A63A2Y3	0,37	2750	2	2,2	30,5 10 ⁻⁴
4A63B2Y3	0,55	2740	2	2,2	36 10 ⁻⁴
4A71A2Y3	0,75	2840	2	2,2	39 10 ⁻⁴
4A71B2Y3	1,1	2810	2	2,2	42 10 ⁻⁴
4A80A2Y3	1,5	2850	2,1	2,5	73 10 ⁻⁴
4A80B2Y3	2,2	2850	2,1	2,5	85 10 ⁻⁴
4A90 2Y3	3,0	2840	2,1	2,5	1,41 10 ⁻²
4A100 2Y3	4,0	2880	2,0	2,5	2,37 10 ⁻²
4A100 2Y3	5,5	2880	2,0	2,5	0,03
4A112M2Y3	7,5	2900	2,0	2,8	0,04
4A132M2Y3	11	2900	1,7	2,8	0,09
4A160 2Y3	15	2940	1,4	2,2	0,19
4A160M2Y3	18,5	2940	1,4	2,5	0,21
4A180 2Y3	22	2945	1,4	2,5	0,28
4A180M2Y3	30	2945	1,4	2,5	0,34
4A200M2Y3	37	2845	1,4	2,5	0,58
4A200 2Y3	45	2945	1,4	2,5	0,67
4A225M2Y3	55	2945	1,4	2,5	1,00

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Синхронная частота вращения 1500 об/мин					
4A50A4Y3	0,08	1380	2	2,2	$1,15 \cdot 10^{-4}$
4A50B4Y3	0,09	1370	2	2,2	$1,3 \cdot 10^{-4}$
4A56A4Y3	0,12	1375	2,1	2,2	$28 \cdot 10^{-4}$
4A55B4Y3	0,18	1365	2,1	2,2	$31,5 \cdot 10^{-4}$
4A63A4Y3	0,25	1380	2	2,2	$49,5 \cdot 10^{-4}$
4A63B4Y3	0,37	1365	2	2,2	$55 \cdot 10^{-4}$
4A71A4Y3	0,55	1390	2	2,2	$52 \cdot 10^{-4}$
4A71B4Y3	0,75	1390	2	2,2	$57 \cdot 10^{-4}$
4A80A4Y3	1,1	1420	2	2,2	$1,29 \cdot 10^{-2}$
4A80B4Y3	1,5	1415	2	2,2	$1,33 \cdot 10^{-2}$
4A90 4Y3	2,2	1425	2,1	2,4	$2,24 \cdot 10^{-2}$
4A100 4Y3	3,0	1435	2,0	2,4	$3,47 \cdot 10^{-2}$
4A100 4Y3	4,0	1430	2,0	2,4	$4,5 \cdot 10^{-2}$
4A112M4Y3	5,5	1445	2,0	2,2	$7,0 \cdot 10^{-2}$
4A132 4Y3	7,5	1455	2,2	3,0	0,11
4A132M4Y3	11	1460	2,2	3,0	0,16
4A160 4Y3	15	1465	1,4	2,3	0,41
4A160M4Y3	18,5	1465	1,4	2,3	0,51
4A180 4Y3	22	1470	1,4	2,3	0,76
4A189M4Y3	30	1470	1,4	2,3	0,93
4A200M4Y3	37	1475	1,4	2,5	1,47
4A200 4Y3	45	1475	1,4	2,5	1,78
4A225M4Y3	55	1480	1,3	2,5	2,56
4A250 4Y3	75	1480	1,2	2,3	4,08

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Синхронная частота вращения 1000 об/мин					
4A63A6Y3	0,18	885	2,2	2,2	$69,4 \cdot 10^{-4}$
4A63B6Y3	0,25	890	2,2	2,2	$86 \cdot 10^{-4}$
4A71A6Y3	0,37	910	2,0	2,2	$67 \cdot 10^{-4}$
4A71B6Y3	0,55	900	2,0	2,2	$81 \cdot 10^{-4}$
4A80A6Y3	0,75	915	2,0	2,2	$1,85 \cdot 10^{-2}$
4A80B6Y3	1,1	920	2,0	2,2	$1,84 \cdot 10^{-2}$
4A90 6Y3	1,5	935	2,0	2,2	$2,94 \cdot 10^{-2}$
4A1006Y3	2,2	950	2,0	2,2	$5,24 \cdot 10^{-2}$
4A112MA6Y3	3,0	955	2,0	2,5	$7 \cdot 10^{-2}$
4A112MB6Y3	4,0	950	2,0	2,5	$8 \cdot 10^{-2}$
4A132 6Y33	5,5	965	2,0	2,5	$16 \cdot 10^{-2}$
4A132M6Y3	7,5	970	2,0	2,5	0,23
4A160 6Y3	11,0	975	1,2	2,0	0,55
4A160M6Y3	15,0	975	1,2	2,0	0,73
4A180M6Y3	18,5	975	1,2	2,0	0,88
4A299M6Y3	22	975	1,3	2,4	1,6
4A200 6Y3	30	980	1,3	2,4	1,81
4A225M6Y3	37	980	1,2	2,3	2,95
4A250 6Y3	45	985	1,2	2,1	4,62
4A250M6Y3	55	985	1,2	2,1	5,04
4A280 6Y3	75	985	1,4	2,2	11,7
Синхронная частота вращения 750 об/мин					
A71B8Y3	0,25	680	1,6	1,7	$0,74 \cdot 10^{-2}$
4A80A8Y3	0,37	675	1,6	1,7	$1,32 \cdot 10^{-2}$
4A80B8Y3	0,55	700	1,6	1,7	$1,62 \cdot 10^{-2}$
4A90 A8Y3	0,75	700	1,6	1,9	$2,7 \cdot 10^{-2}$

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
4A90 B8УЗ	1,1	700	1,6	1,9	$3,45 \cdot 10^{-2}$
4A100 8УЗ	1,5	700	1,6	1,9	$5,2 \cdot 10^{-2}$
4A112МА8УЗ	2,2	700	1,9	2,2	$7,0 \cdot 10^{-2}$
4A112МВ8УЗ	3,0	700	1,9	2,2	$10 \cdot 10^{-2}$
4A1328УЗ	4,0	720	1,9	2,6	0,17
4A132М8УЗ	5,5	720	1,9	2,6	0,23
4A160 8УЗ	7,5	730	1,4	2,2	0,55
4A160М8УЗ	11	730	1,4	2,2	0,72
4A180М8УЗ	15	730	1,2	2,0	1,0
4A200М8УЗ	18,5	735	1,2	2,2	1,6
4A200 8УЗ	22	730	1,2	2,0	1,81
4A225М8УЗ	30	735	1,3	2,1	2,95
4A250 8УЗ	37	735	1,2	2,0	4,62
4A250М8УЗ	45	740	1,2	2,0	5,45
4A280 8УЗ	55	735	1,2	2,0	12,7
4A280М8УЗ	75	735	1,2	2,0	16,5

Примечание: Электродвигатели асинхронные трехфазные единой серии 4AP с повышенным пусковым моментом и 4AC с повышенным скольжением можно выбрать в /1/, /2/, /3/.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приводы машин: Справочник /Под общ. ред. В.В.Длоугого. – Л.: Машиностроение. 1982. – 383 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А /А.З.Крачик, М.М.Шлаф, В.И.Афонин, Е.А.Соболевская. – М.: Энергоиздат, 1982.
3. Курсовое проектирование деталей машин /Под общ. ред. С.А.Чернавского. – М.: Машиностроение. 1988. – 415 с.

Смолин Анатолий Иванович

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

Методические указания

к выполнению курсового проекта и проведению практических занятий по деталям
машин для студентов специальностей
190201, 190202, 151001, 151002, 150202,
190601, 190603, 260601

Редактор – Н.М. Кокина

Подписано к печати	Формат 60 x 84 1/16	Бумага тип № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 1,75	Уч.изд.л. 1,75
Заказ №	Тираж 150	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ

640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25

Курганский государственный университет