

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДОВ

Цель работы: изучение конструкции механических приводов. Определение кинематических, энергетических и силовых параметров на валах привода.

Принадлежности: модель привода, линейка, калькулятор.

1. Теоретическая часть

Привод представляет собой устройство, приводящее в движение машину или механизм и состоящее из источника энергии – двигателя, передаточного механизма и аппаратуры управления. Передаточный механизм включает в себя одну или несколько передач и предназначен, как для передачи движения двигателя рабочей машине, так и для согласования параметров этого движения – частот вращения и вращающих моментов.

В состав привода могут входить открытые или закрытые передачи различных видов: зубчатые, червячные, ременные, цепные,.. Разработка схемы привода, выбор двигателя и состава задействованных передач являются типичными инженерными задачами, с которыми приходится сталкиваться при разработке проекта машины.

Обычно в приводах применяют зубчатые или червячные редукторы различных схем. В машиностроении редуктором называют закрытую зубчатую (или червячную) передачу, предназначенную для понижения частоты вращения и увеличения вращающего момента на ведомом валу.

Классификация редукторов моделей. Модели приводов содержат многоступенчатые редукторы с неподвижными осями колес, схемы которых приведены на рис. 8. В зависимости от классифицируемых признаков различают редукторы следующих видов.

По типу используемых передач:

- цилиндрические (рис. 8, а, г, д, ж);
- конические (рис. 8, б);
- червячные (рис. 8, в);
- комбинированные, например коническо – цилиндрические (рис. 8, е).

По числу ступеней передач:

- одноступенчатые (рис. 8, а, б, в);
- многоступенчатые – двух, трех и т.д. (рис. 8, г, д, е, ж).

Цилиндрические многоступенчатые редукторы также делят на:

- редукторы развернутой схемы, у которых оси валов расположены последовательно в одной плоскости (рис. 8, г, д);
- соосные, у которых оси ведущего и ведомого валов совпадают (рис. 8, ж). По сравнению с развернутыми, соосные редукторы несколько меньше по длине, но имеют увеличенную ширину.

Число ступеней в редукторе всегда на единицу меньше числа валов. В представленных схемах валы в пространстве расположены горизонтально, хотя могут располагаться и вертикально (вертикальные редукторы).

На рис. 8 входной быстроходный вал редуктора везде обозначен буквой *Б*, а выходной тихоходный – буквой *Т*.

Основные расчетные формулы. Характеристиками привода являются его передаточное число U и коэффициент полезного действия η , которые находят по формулам:

$$U = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \cdot \dots; \quad (9)$$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots, \quad (10)$$

где u_k – передаточные числа отдельных передач привода, а η_k – частные значения КПД тех элементов привода, в которых происходит потеря энергии, – передач, муфт, подшипников.

Требуемую мощность двигателя $N_{\text{дв}}^{\text{треб}}$ находят по мощности $N_{\text{вых}}$ на выходном валу привода:

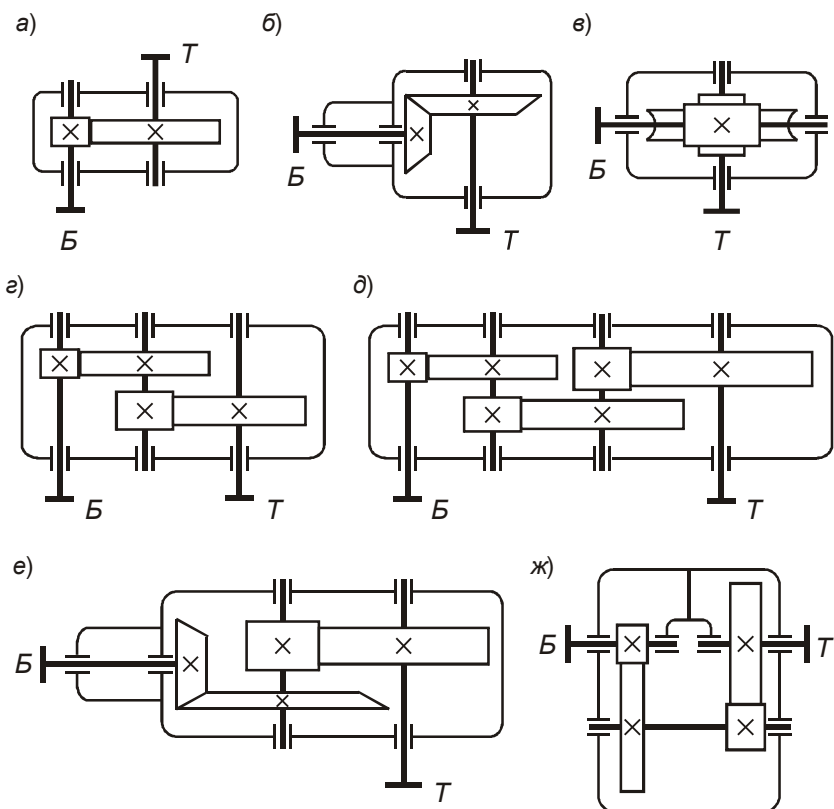


Рис. 8. Схемы редукторов: а – цилиндрический одноступенчатый; б – конический одноступенчатый; в – червячный одноступенчатый; г – цилиндрический двухступенчатый развернутой схемы; д – цилиндрический трехступенчатый развернутой схемы; е – коническо-цилиндрический двухступенчатый; ж – соосный двухступенчатый

$$N_{\text{дв}}^{\text{треб}} = \frac{N_{\text{вых}}}{\eta}, \quad (11)$$

где $N_{\text{вых}}$ обычно задается или может быть вычислена, как произведение тягового усилия F на скорость движения V исполнительного органа (ленты конвейера, цепи, троса лебедки и т. д.):

$$N_{\text{вых}} = FV. \quad (12)$$

Требуемую частоту вращения электродвигателя $n_{\text{дв}}^{\text{треб}}$ находят по частоте вращения $n_{\text{вых}}$ выходного вала:

$$n_{\text{дв}}^{\text{треб}} = U n_{\text{вых}}. \quad (13)$$

$n_{\text{вых}}$ также является входным параметром задачи либо ее определяют по кинематической формуле

$$n_{\text{вых}} = \frac{30}{\pi} \omega_{\text{вых}} = \frac{60}{\pi} \frac{V}{D}, \quad (14)$$

где $\omega_{\text{вых}}$ – угловая скорость выходного вала, рад/с.

По найденным требуемым параметрам $N_{\text{дв}}^{\text{треб}}$ и $n_{\text{дв}}^{\text{треб}}$ производят подбор двигателя, после чего переходят к расчету частот вращения, передаваемых мощностей и вращающих моментов на валах привода.

Расчет частот вращения ведут исходя из номинальной (паспортной) частоты вращения вала двигателя $n_{\text{дв}}$, а при расчете передаваемых мощностей исходят из требуемой мощности двигателя $N_{\text{дв}}^{\text{треб}}$. Для произвольного k -го вала

$$n_k = \frac{n_{k-1}}{u_{k-1,k}}; \quad (15)$$

$$N_k = \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{оп}} N_{k-1}, \quad (16)$$

где $u_{k-1,k}$ – передаточное число для данной пары валов; $\eta_{\text{пер}}$ – КПД передачи или муфты, соединяющей $k-1$ и k -й валы; $\eta_{\text{оп}}$ – КПД опор k -го вала (иногда потери на опорах учитывают в едином коэффициенте полезного действия $\eta_{\text{пер}}$).

Вращающий момент на k -м валу привода определяют по формуле

$$T_k = \frac{N_k}{\omega_k} = \frac{30 N_k}{\pi n_k}. \quad (17)$$

2. Порядок выполнения работы

2.1. Записать цель лабораторной работы. Из табл. 15 выпisać номер варианта и исходные данные для расчета.

2.2. Из приведенных в табл. 16 условных обозначений элементов машин составить кинематическую схему привода, соответствующую исследуемой модели.

2.3. Определить передаточные числа u_k отдельных передач привода: зубчатых и цепных – как отношение чисел зубьев колес или звездочек, ремённых – как отношение диаметров шкивов.

2.4. В соответствии с формулой (9) определить общее передаточное число U привода.

2.5. По формулам (13) – (14) рассчитать частоту вращения выходного вала $n_{\text{вых}}$ и требуемую частоту вращения вала электродвигателя $n_{\text{дв}}^{\text{треб}}$.

2.6. По формуле (12) определить мощность $N_{\text{вых}}$ на выходном валу привода.

2.7. В соответствии с формулой (10) определить общий КПД привода, при этом значения КПД отдельных элементов привода выбрать из табл. 16.

2.8. По формуле (11) рассчитать требуемую мощность двигателя $N_{\text{дв}}^{\text{треб}}$.

2.9. Ориентируясь по найденным значениям $N_{\text{дв}}^{\text{треб}}$ и $n_{\text{дв}}^{\text{треб}}$, из табл. 17 выбрать подходящий электродвигатель. Допускается перегруз по мощности не более 5%.

2.10. В соответствии с формулами (15) – (17) рассчитать частоты вращения n_k , передаваемые мощности N_k и вращающие моменты T_k на валах привода.

2.11. Построить графики изменения частоты вращения, мощности и вращающих моментов от вала электродвигателя к валу рабочего органа привода. Масштаб построения для каждого из графиков выбрать самостоятельно.

2.12. Сделать выводы, отражающие тенденции изменения частоты вращения, мощности и вращающих моментов по валам привода от двигателя к рабочему органу.

Таблица 15

Исходные данные для расчета привода

№ варианта	№ модели	Исходные данные на исполнительном органе			Область приме- нения привода
		F , Н	V , м/с	D , м	
1	1	1000	2,7	0,3	Подъемник
2	2	1800	1,6	0,45	Конвейер
3	3	1400	3,7	0,25	Конвейер
4	4	1700	3,2	0,3	Конвейер
5	5	2000	3,7	0,2	Центрифуга
6	6	2800	2,5	0,3	Элеватор
7	7	1400	2,7	0,25	Эскалатор
8	8	1300	1,1	0,5	Конвейер
9	9	650	3,8	0,35	Эскалатор
10	10	1250	3,1	0,35	Центрифуга
11	1	800	2,7	0,3	Подъемник
12	2	1350	1,6	0,45	Конвейер
13	3	1000	3,7	0,25	Конвейер
14	4	1200	3,2	0,3	Конвейер
15	5	1450	3,7	0,2	Центрифуга
16	6	850	2,5	0,3	Элеватор
17	7	1800	2,7	0,25	Эскалатор
18	8	3600	1,1	0,5	Конвейер
19	9	900	3,8	0,35	Эскалатор
20	10	2300	3,1	0,35	Центрифуга
21	1	1200	2,7	0,3	Подъемник
22	2	1000	1,6	0,45	Конвейер
23	3	1800	3,7	0,25	Конвейер
24	4	1500	3,2	0,3	Конвейер
25	5	1100	3,7	0,2	Центрифуга
26	6	1250	2,5	0,3	Элеватор
27	7	1600	2,7	0,25	Эскалатор
28	8	2400	1,1	0,5	Конвейер

Таблица 16

**Условные обозначения элементов машин
в кинематических схемах (по ГОСТ 2.770 – 68)**

Наименование элемента	Условное обозначение	К.П.Д.
Вал		–
Муфта упругая		0,95...0,995
Муфта кулачково-дисковая		0,97...0,99
Муфта зубчатая		0,98...0,99
Подшипник без уточнения типа		–
Подшипник скольжения		0,98...0,99 на пару
Подшипник качения		0,98...0,99 на пару
Ременная передача		
- плоскоремennая		0,96...0,98
- клиноремennая		0,95...0,96
Цепная передача		0,93...0,98 (в зависимости от условий смазки)
Цилиндрическая зубчатая передача (прямозубая и косозубая)		прямозубые: 0,96...0,98 косозубые: 0,97...0,99

Продолжение табл. 16

Наименование элемента	Условное обозначение	К.П.Д.
Коническая зубчатая передача (прямозубая и с круговыми зубьями)		прямозубые: 0,94...0,96 с круговыми зубьями: 0,96...0,98
Червячная передача		при $u > 40$: 0,75...0,70 при $u = 18...40$: 0,82...0,75 при $u = 10...18$: 0,92...0,87
Электродвигатель		—
Барaban		—
Звездочки		—

Таблица 17

**Электродвигатели асинхронные
закрытые обдуваемые (по ГОСТ 19523-81)**

Тип двигателя	Мощность $N_{дв}$, кВт	Частота вращ. $n_{дв}$, об/мин	Диаметр вала d , мм	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	Махов. мом. ротора GD^2 , кг·м ²
Синхронная частота $n = 750$ об/мин						
4А80В8	0,55	700	22	1,6	1.7	$1,62 \cdot 10^{-2}$
4А90ЛA8	0,75	700	24	1,6	1,88	$2,7 \cdot 10^{-2}$
4А90ЛB8	1,1	700	24	1,6	1.88	$3,45 \cdot 10^{-2}$

Продолжение табл. 17

Тип двигателя	Мощность $N_{дв}$, кВт	Частота вращ. $n_{дв}$, об/мин	Диаметр вала d , мм	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	Махов. мом. ротора GD^2 , кг·м ²
Синхронная частота $n = 750$ об/мин						
4A100L8	1,5	700	28	1,6	1,88	$5,2 \cdot 10^{-2}$
4A112MA8	2,2	700	32	1,88	2,2	$7,0 \cdot 10^{-2}$
4A112MB8	3	700	32	1,88	2,2	$10 \cdot 10^{-2}$
4A132S8	4	720	38	1,88	2,59	$17 \cdot 10^{-2}$
4A132M8	5,5	720	38	1,88	2,59	$23 \cdot 10^{-2}$
4A160S8	7,5	730	48	1,38	2,2	$55 \cdot 10^{-2}$
4A160M8	11	730	48	1,38	2,2	$72 \cdot 10^{-2}$
4A180M8	15	730	55	1,2	2	1,0
4A200M8	18,5	735	60	1,2	2,2	1,6
4A200L8	22	730	60	1,2	2	1,81
4A225M8	30	735	65	1,29	2,09	2,95
4A250S8	37	735	65	1,2	2,0	4,62
4A250M8	45	740	65	1,2	2,0	4,62
Синхронная частота $n = 1000$ об/мин						
4A71B	0,55	900	19	2	2,2	$81 \cdot 10^{-4}$
4A80A6	0,75	915	22	2	2,2	$1,85 \cdot 10^{-2}$
4A80B6	1,1	920	22	2	2,2	$1,84 \cdot 10^{-2}$
4A90L6	1,5	935	24	2	2,2	$2,94 \cdot 10^{-2}$
4A100L6	2,2	950	28	2	2,2	$5,24 \cdot 10^{-2}$
4A112MA6	3	955	32	2	2,5	$7 \cdot 10^{-2}$
4A112MB6	4	950	32	2	2,5	$8 \cdot 10^{-2}$
4A132S6	5,5	965	38	2	2,5	$16 \cdot 10^{-2}$
4A132M6	7,5	970	38	2	2,5	$23 \cdot 10^{-2}$
4A160S6	11	975	42	1,2	2	$55 \cdot 10^{-2}$
4A160M6	15	975	42	1,2	2	$73 \cdot 10^{-2}$
4A180M6	18,5	975	48	1,2	2	$88 \cdot 10^{-2}$
4A200M6	22	975	48	1,29	2,4	1,6
4A200L6	30	980	55	1,1	2,4	1,81
4A225M6	37	980	55	1,2	2,3	2,95
4A250S6	45	985	65	1,2	2,1	4,62

Продолжение табл. 17

Тип двигателя	Мощность $N_{дв}$, кВт	Частота вращ. $n_{дв}$, об/мин	Диаметр вала d , мм	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	Махов. мом. ротора GD^2 , кг·м ²
Синхронная частота $n = 1500$ об/мин						
4A71A4	0,55	1390	19	2	2,2	$52 \cdot 10^{-4}$
4A71B4	0,75	1390	19	2	2,2	$57 \cdot 10^{-4}$
4A80A4	1,1	1420	22	2	2,2	$1,29 \cdot 10^{-2}$
4A80B4	1,5	1415	22	2	2,2	$1,33 \cdot 10^{-2}$
4A90L4	2,2	1425	24	2,08	2,4	$2,24 \cdot 10^{-2}$
4A100S4	3	1435	28	2	2,4	$3,47 \cdot 10^{-2}$
4A100L4	4	1430	28	2	2,4	$4,5 \cdot 10^{-2}$
4A112M4	5,5	1445	32	2	2,2	$7,0 \cdot 10^{-2}$
4A132S4	7,5	1455	38	2,2	3	0,11
4A132M4	11	1460	38	2,2	3	0,16
4A160S4	15	1465	42	1,38	2,28	0,41
4A160M4	18,5	1465	42	1,38	2,28	0,51
4A180S4	22	1470	48	1,38	2,28	0,76
4A180M4	30	1470	48	1,39	2,29	0,93
4A200M4	37	1475	55	1,4	2,5	1,47
4A200L4	45	1475	55	1,4	2,5	1,78
Синхронная частота $n = 3000$ об/мин						
4A63B2	0,55	2740	14	2,0	2,2	$36 \cdot 10^{-4}$
4A71A2	0,75	2840	19	2	2	$39 \cdot 10^{-4}$
4A71B2	1,1	2180	19	2	2,2	$42 \cdot 10^{-4}$
4A80A2	1,5	2850	22	2,08	2,58	$73 \cdot 10^{-4}$
4A80B2	2,2	2850	22	2,08	2,58	$85 \cdot 10^{-4}$
4A90L2	3	2840	24	2,08	2,5	$1,41 \cdot 10^{-2}$
4A100S2	4	2880	28	2	2,5	$2,37 \cdot 10^{-2}$
4A100L2	5,5	2880	28	2	2,5	0,03
4A112M2	7,5	2900	32	2	2,78	0,04
4A132M2	11	2900	38	1,7	2,78	0,09
4A160S2	15	2940	42	1,38	2,2	0,19
4A160M2	18,5	2940	42	1,38	2,2	0,21
4A180S2	22	2945	48	1,38	2,5	0,28
4A180M2	30	2945	48	1,38	2,5	0,34
4A200M2	37	2945	55	1,39	2,5	0,58
4A200L2	45	2945	55	1,4	2,5	0,67

3. Контрольные вопросы

Что характеризует собой КПД механической передачи?

Редуктор в приводе содержит две передачи. КПД каждой из них равен 0,98. Чему равен общий КПД редуктора?

Редуктор в приводе содержит две передачи. Передаточное число одной из них $u = 3$, а другой $u = 4$. Чему равно передаточное число редуктора?

Какие функции в приводе выполняют муфты?

Какова обычная последовательность расположения следующих передач в схеме привода: зубчатая, цепная, ременная? Чем это обусловлено?

Чем отличается частота вращения от угловой скорости вала? Какова связь между этими параметрами?

Какие исходные данные необходимо иметь, приступая к проектированию привода?

Как зависят частоты вращения валов, передаваемая мощность, вращающие моменты от расположения вала по кинематической цепи привода?

Какие названия имеют детали зубчатой, ременной, цепной, фрикционной передач?

Как связаны между собой угловая скорость ω , вращающий момент T и передаваемая валом мощность N ?

Что называют редуктором и каково его назначение?

Перечислите разновидности двухступенчатых редукторов.