

به نام خدا



دانشکده مهندسی مکانیک

فاز سوم پروژه گیربکس

استاد درس: دکتر امیر نورانی

نگارش:

ریحانه نیکوبیان 99106747

ایمان شهروی 98106661

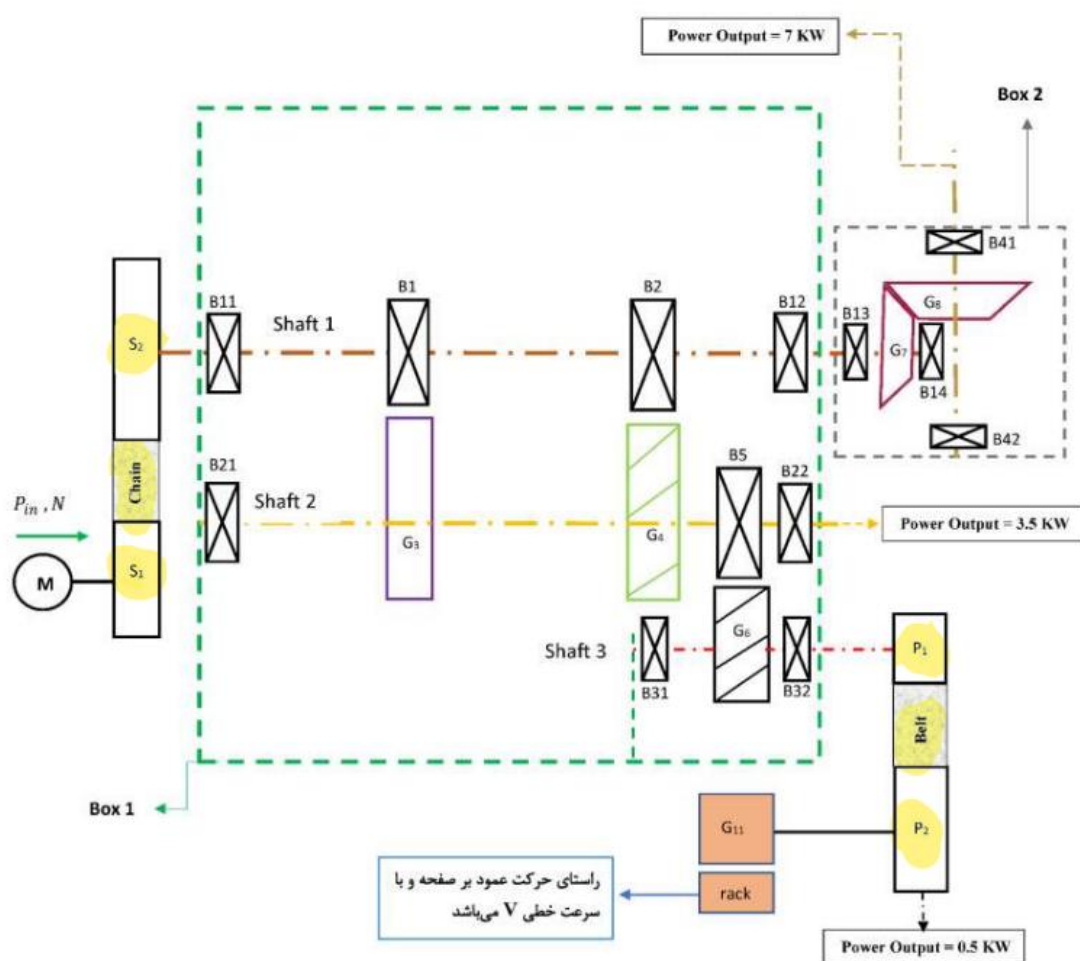
زمستان 1401

فهرست

3	1. چکیده
4	2. فرضیات
5	3. طراحی تسمه و پولی
13	4. طراحی سیستم زنجیر و چرخ زنجیر
20	5. محاسبات قیمت
21	6. منابع
22	7. پیوست

1. چکیده

در این فاز قصد داریم برای گیربکسی که در فاز های یک و دو طراحی کردیم، سیستم انتقال قدرت با تجهیزات انعطاف پذیر که شامل تسمه و پولی، زنجیر و چرخ زنجیر میباشد طراحی کنیم. در فاز های قبلی برخی فرضیات درباره پولی و چرخ زنجیر داشتیم که در قسمت فرضیات این پروژه به صورت کامل آورده شده است. روند انتقال قدرت به سیستم ما به این گونه است که ابتدا توان از یک موتور الکتریکی 3 فاز از نوع 2000 (این فرض در صورت سوال پروژه یک مطرح شده بود) به چرخ زنجیر کوچک (S1) وارد میشود و سپس توسط زنجیر به چرخ زنجیر بزرگ (S2) که روی شفت اول ما قرار دارد انتقال پیدا میکند. این مقدار توان با توجه به داده های پروژه اول، برابر 11KW میباشد. بخشی از این توان که برابر 0.5KW میباشد توسط شفت سوم به پولی کوچک (P1) داده شده و از آنجا توسط تسمه به پولی بزرگ (P2) انتقال پیدا میکند که این توان را به سیستم رک و پینیونی که در فاز یک طراحی کردیم میدهد.



فرضیات (با ذکر محل آن ها در فاز های قبلی):

1- از الکتروموتور سه فاز 2000 استفاده شده است. (داده صورت پروژه فاز اول قسمت ملزومات طراحی-مورد 1)

2- نسبت تبدیل زنجیر و چرخ زنجیر برابر 3.75 در نظر گرفته شده است. (فاز اول پروژه-صفحه 3)

* توضیح درباره فرض بالا: همانطور که در کتاب شیگلی بیان شده از زنجیر میتوان برای نسبت تبدیل های بالا تا 6:1 استفاده کرد و در فاز اول نیز با توجه به سرعت شفت ها و همچنین توانی که میخواستیم روی چرخنده ها اعمال شود، نسبت تبدیل بالا را انتخاب کردیم.

3- نسبت تبدیل پولی و تسمه برابر 4 در نظر گرفته شده است. (فاز اول پروژه-صفحه 17)

* توضیح درباره فرض بالا: در صورت پروژه فاز اول سرعت رک در بازه 18 تا 23 cm/s خواسته شده بود که ما مقدار میانگین یعنی 20 cm/s را برای رک انتخاب کردیم. سپس در طراحی پینیون سیستم، قطر آن برابر 63mm بدست آمد. (صفحه 14- فاز اول پروژه)

در نتیجه چون $V=r \times \omega$ آنگاه سرعت دورانی پینیون که همان سرعت دورانی P2 میباشد برابر $\omega = 6.34 \text{ rad/s}$ بدست آمد. (فاز اول پروژه- صفحه 14)

چون سرعت دورانی نسبتاً پایین است (به علت پایین بودن سرعت رک) ما نسبت تبدیل را کمی بالا بردیم تا سرعت دورانی شفت سوم خیلی کم نشود و نسبت تبدیل بین شفت دو و سه زیاد نشود. این یک فرض مهندسی برای جلوگیری از اوردیزاین چرخ دنده G_6 روی شفت سوم بود.

سرعت پولی کوچک که به شفت سوم متصل است برابر $6.34 \times 4 = 25.36 \text{ rad/s} = 242.16 \text{ rpm}$ میشود.

4- سیستم زنجیر و چرخ زنجیر 11KW و سیستم پولی و تسمه 0.5KW توان را انتقال میدهند. (داده های فاز اول پروژه)

طراحی تسمه و پولی:

1-* از تسمه V شکل استفاده کرده ایم. از آنجایی که سیستم پولی و تسمه توان چندان زیادی منتقل نمیکند (500W)، همچنین به تسمه ای با عمر بالا و قیمت پایین نیاز داریم، از تسمه V شکل برای طراحی تسمه این سیستم استفاده میکنیم. مهم ترین دلیل این انتخاب عرض کمتر تسمه V شکل نسبت به تسمه تخت لست که فضای کمتری را اشغال میکند زیرا از این سیستم تنها برای انتقال توان به یک سیستم رک و پینیون آن هم با توان پایین استفاده میشود و معقول نیست که از یک سیستم پولی و تسمه بزرگ استفاده کنیم.

*همانطور که در فرضیات اشاره شده بود، موتور الکتریکی را یونیفرم در نظر میگیریم و چون دستگاه در خط مونتاژ یک کارخانه استفاده میشود و در مورد نحوه بارگذاری اطلاعات بیشتری در داده های اولیه ی پروژه نیست، ما برای اینکه کمی محافظه کارانه نیز عمل کرده باشیم، شوک و ضربات را متوسط در نظر میگیریم. ضریب طراحی را میانگین ضریب طراحی های معمول برای تسمه و پولی که برابر $n_d = 1.2$ میباشد در نظر گرفته ایم. از داده های پروژه داشتیم که دستگاه دو شیفت 6 ساعته یینی 12 ساعت فعالیت دارد، بنابراین K_s یا همان ضریب سرویس را برابر میانگین بازه ی داده شده در جدول یینی $K_s = 1.3$ در نظر میگیریم.

Driven Machinery	Source of Power	
	Normal Torque Characteristic	High or Nonuniform Torque
Uniform	1.0 to 1.2	1.1 to 1.3
Light shock	1.1 to 1.3	1.2 to 1.4
Medium shock	1.2 to 1.4	1.4 to 1.6
Heavy shock	1.3 to 1.5	1.5 to 1.8

جدول 1- ضریب سرویس برای تسمه V شکل

2- توان مطلوب H_d را بدست میاوریم:

$$H_d = H_{nom} K_s n_d$$

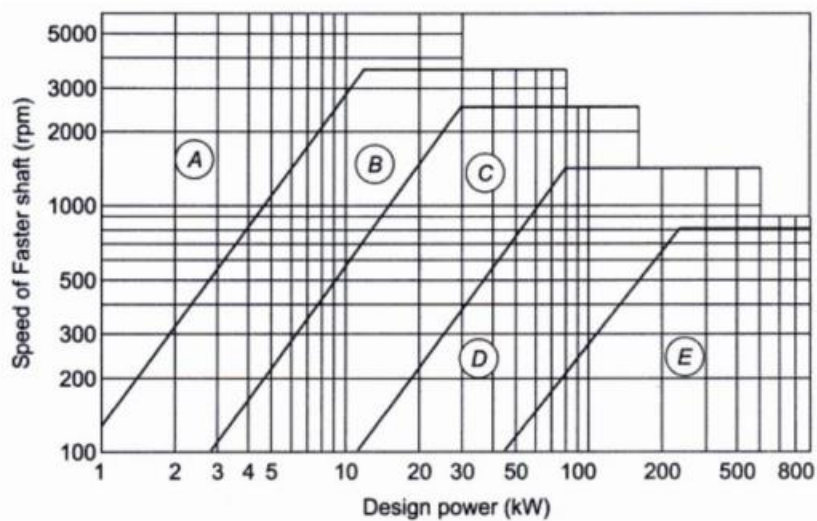
توان مطلوب H_d :
 توان نامی H_{nom} :
 ضریب تصحیح عملکرد (فاکتور سرویس) K_s :
 ضریب طراحی n_d :

$$0.5 \times 1.3 \times 1.2 = 0.78 \text{ KW}$$

$$\omega_{P1} = \omega_{shaft3} = 242.16 \text{ rpm}$$

3- با توجه به جدول Be2 نوع تسمه را بر حسب توان مطلوب انتخاب میکنیم:

Chart Be 2. Selection of Cross-section of V belt



نمودار 1- انتخاب نوع تسمه بر حسب توان مطلوب و دور

با توجه به توان بدست آمده ما تسمه نوع A را انتخاب میکنیم.

4- از جدول Be3 مشخصات مربوط به تسمه نوع A را بدست میاوریم:

Table Be 3. Dimensions of standard cross-sections

Belt Section	Pitch width W_p (mm)	Nominal top width W (mm)	Nominal height T (mm)	Recommended minimum pitch diameter of pulley (mm)	Permissible minimum pitch diameter of pulley (mm)
A	11	13	8	125	75
B	14	17	11	200	125
C	19	22	14	315	200
D	27	32	19	500	355
E	32	38	23	630	500

جدول 2- مشخصات تایپ های متفاوت تسمه V شکل

حداقل قطر پولی کوچک: $d=125 \text{ mm}$

با توجه به نسبت تبدیل که برابر 4 میباشد: $D = 500 \text{ mm}$

5- فاصله ی بین مراکز شفت را بدست میاوریم:

$$D + d < C < 3(D + d)$$

$$625 < C < 1875 \xrightarrow{\text{میانگین}} C = 1000 \text{ mm}$$

6- زاویه نشست پولی ها و طول گام تسمه را بدست میاوریم:

$$\Theta_d = \pi - 2 \times \sin\left(\frac{D-d}{2 \times c}\right) = \pi - 2 \times \sin\left(\frac{500-125}{2 \times 1000}\right) = 2.77 \text{ rad} = 158.64^\circ$$

$$\Theta_D = \pi + 2 \times \sin\left(\frac{D-d}{2 \times c}\right) = \pi + 2 \times \sin\left(\frac{500-125}{2 \times 1000}\right) = 3.518 \text{ rad} = 201.61^\circ$$

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\Theta_D + d\Theta_d)$$

$$L = \sqrt{4 \times 1000^2 - (500 - 125)^2} + \frac{1}{2}(500 \times 3.518 + 125 \times 2.77) = 3017.154 \text{ mm}$$

طول داخلی تسمه:

$$L_i = L - L_t$$

L_t را از جدول زیر بدست میاوریم:

Table 17-11

Length Conversion Dimensions (Add the listed quantity to the inside circumference to obtain the pitch length in inches).

Belt section	A	B	C	D	E
Quantity to be added	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

جدول 3-مقداری که باید به طول داخلی اضافه شود تا طول گام تسمه بدست آید

$$L_i = 3017.154 - (1.3 \times 25.4) = 2984.134 = 117.485 \text{ in}$$

با استفاده از جدول زیر تسمه را انتخاب میکنیم:

Section	Circumference, in
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

جدول 4-طول گام داخلی استاندارد برای تسمه ی V شکل

7- تعداد تسمه را مشخص میکنیم:

ابتدا H_{tab} یعنی توان قابل انتقال را از روی جدول برای تسمه ی A میخوانیم:

Table B-8 Power ratings in kW (P) for A-Section V-Belts, 13 mm wide with 180° Arc of contact on smaller pulley

Speed of faster shaft rpm	Power ratings for standard pulley pitch diameters, mm								Additional power increment per belt for speed ratio of											
	80	85	90	100	106	112	118	125	1.00 to 1.01	1.02 to 1.04	1.05 to 1.08	1.09 to 1.12	1.13 to 1.17	1.18 to 1.23	1.24 to 1.34	1.35 to 1.51	1.52 to 2.00			
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW			
720	0.55	0.60	0.68	0.75	0.90	0.99	1.07	1.16	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08			
960	0.60	0.76	0.85	0.95	1.12	1.25	1.32	1.49	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10			
1440	0.91	1.04	1.17	1.31	1.58	1.73	1.90	2.07	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16			
2880	1.42	1.67	1.91	2.14	2.58	2.76	3.11	3.36	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.31			
100	0.11	0.13	0.12	0.14	0.17	0.18	0.20	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			
200	0.19	0.22	0.24	0.26	0.31	0.33	0.36	0.39	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02			
300	0.26	0.29	0.33	0.37	0.43	0.46	0.51	0.55	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03			
400	0.33	0.37	0.42	0.46	0.53	0.60	0.66	0.71	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04			
500	0.39	0.45	0.51	0.56	0.67	0.72	0.79	0.86	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05			
600	0.46	0.52	0.59	0.65	0.78	0.85	0.93	1.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07			
700	0.52	0.59	0.68	0.74	0.89	0.96	1.05	1.14	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08			
800	0.57	0.66	0.74	0.82	0.98	1.08	1.18	1.27	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09			

جدول 5- توان قابل انتقال برای تسمه ی V تایپ A

دور 242rpm مقداری بین دو مقدار داده شده در جدول برای سرعت های 200 و 300 دارد:

$$H_{tab} = 0.51 + 0.035 = 0.545$$

$$H_a \text{ (توان قابل انتقال تسمه): } K_1 K_2 H_{tab}$$

: K₁

$\frac{D-d}{C}$	$\theta, \text{ deg}$	VV	K_1 V Flat
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

جدول 6-ضریب تصحیح زاویه تماس

$$\frac{D-d}{C} = \frac{375}{1000} \rightarrow K_1 = 0.945 \text{ (میان یابی)}$$

: K₂

Length Factor	Nominal Belt Length, in				
	A Belts	B Belts	C Belts	D Belts	E Belts
0.85	Up to 35	Up to 46	Up to 75	Up to 128	
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Up to 195
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 and up	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 and up	330 and up	540 and up	660

جدول 7-ضریب تصحیح طول تسمه

$$K_2 = 1.1$$

$$H_a = 1.1 \times 0.945 \times 0.545 = 0.634 \text{ KW}$$

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} = 1.2 \rightarrow \text{تعداد تسمه برابر 2 میباشد.}$$

8- F_c و T را بدست میآوریم:

$$V = r\omega = \frac{125 \text{ mm}}{2} \times \frac{1 \text{ in}}{25.4 \text{ mm}} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \times 242 \times \frac{2\pi}{1 \text{ rev}} = 311.788 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

$$K_c = 0.561 \rightarrow F_c = K_c \left(\frac{V}{1000}\right)^2 \rightarrow F_c = 0.0545 \text{ lbf}$$

برای زاویه ی شیار پولی چون دیتای خاصی داده نشده، فرض را بر میانگین ینی 34 درجه میگذاریم:

$\alpha (^{\circ})$ زاویه شیار پولی	f ضریب اصطکاک
30	0.5
34	0.45
38	0.4

جدول 8- ضریب اصطکاک بر حسب زاویه ی شیار پولی برای تسمه ی V

$$f' = \frac{f}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 1.539$$

$$T = \frac{H_d}{\omega} = \frac{0.78 \times 1000}{242.16 \times \frac{2\pi}{60}} = 30.758 \text{ N.m} \rightarrow \text{دو تسمه} \rightarrow T = 15.379 \text{ N.m}$$

$$F_1 - F_2 = \frac{2T}{d} = \frac{2 \times 15.379}{0.125} = 246 \times \frac{0.225 \text{ lbf}}{1 \text{ N}} = 55 \text{ lbf}$$

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = \exp(f' \phi) \rightarrow \phi = \Theta_d \rightarrow \frac{F_1 - 0.0545}{F_2 - 0.0545} = 70.372 \text{ lbf}$$

$$F_1 = 55.847 \text{ lbf}$$

$$F_2 = 0.847 \text{ lbf}$$

9- عمر تسمه را محاسبه میکنیم:

$$T_1 = F_1 + (F_b)_1 = F_1 + \frac{K_b}{d}$$

$$T_2 = F_1 + (F_b)_2 = F_1 + \frac{K_b}{D}$$

$$T_1 = 55.847 + \frac{\frac{220}{125}}{25.4} = 100.551$$

$$T_2 = 55.847 + \frac{\frac{220}{500}}{25.4} = 67.023$$

Belt Section	10 ⁸ to 10 ⁹ Force Peaks		10 ⁹ to 10 ¹⁰ Force Peaks		Minimum Sheave Diameter, in
	K	b	K	b	
A	674	11.089			3.0
B	1193	10.926			5.0
C	2038	11.173			8.5
D	4208	11.105			13.0
E	6061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1062	10.153	2.65
5V	1654	12.593	2394	10.283	7.1
8V	3638	12.629	5253	10.319	12.5

جدول 9- ثوابت مربوط به طول عمر تسمه

$$N_p = \left(\frac{K}{T}\right)^b = N_{p1} = 1.45 \times 10^9$$

$$N_{p2} = 1.306 \times 10^{11}$$

عمر بی نهایت

طراحی سیستم زنجیر و چرخ زنجیر:

1- ابتدا توان مطلوب سیستم را بدست میآوریم:

$$H_d = H_{nom} K_s n_d$$

با توجه به توضیحاتی که در قسمت قبل درباره ضریب طراحی و ضریب سرویس داده شد، از جدول مربوط به زنجیر داریم:

نوع بار / زمان استفاده در شبانه روز	۱۰ ساعت	۲۴ ساعت
یکنواخت	1	1.2
ضربات ملایم	1.2	1.4
ضربات سنگین	1.4	1.7

جدول 10- ضریب سرویس برای زنجیر

$$K_s = 1.3, n_d = 1.2$$

$$H_d = 11 \times 1.3 \times 1.2 = 17.16 \text{ KW}$$

2- تعیین تعداد دندانه:

* محدودیت فضایی خاصی بیان نشده و اگر تعداد دندانه ها کم باشد، طبق جزوه ما افزایش تغییرات سرعت و دامنه نوسان رولرها را روی چرخ زنجیر خواهیم داشت. بنابر این تعداد دندانه ها را عدد 21 میگیریم که هم از تغییرات سرعت و نوسان جلوگیری کنیم و هم از پدیده شکارچی جلوگیری کنیم.

$$N_1 = 21 \rightarrow 3.75 \text{ نسبت تبدیل برابر } 3.75 \rightarrow 3.75 \times 21 \rightarrow 78.75 \rightarrow N_2 = 79$$

3- همانطور که در کلاس بیان شد، ابتدا فرض میکنیم زنجیر یک ردیفه است:

Number of Teeth on Driving Sprocket	K_1 Pre-extreme Horsepower	K_1 Post-extreme Horsepower
11	0.62	0.52
12	0.69	0.59
13	0.75	0.67
14	0.81	0.75
15	0.87	0.83
16	0.94	0.91
17	1.00	1.00
18	1.06	1.09
19	1.13	1.18
20	1.19	1.28
N	$(N_1/17)^{1.08}$	$(N_1/17)^{1.5}$

جدول 11-ضریب تصحیح تعداد دندانه

برای تعیین K_1 در جدول بالا بجای N_1 21 گذاشته و میانگین دو مقدار را به عنوان مقدار نهایی انتخاب میکنیم:

$$K_1 = 1.256, K_1 = 1.3145 \rightarrow K_1 = 1.285$$

Number of Strands	K_2
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3
5	3.9
6	4.6
8	6.0

جدول 12-ضرایب تعداد رشته

$$K_2 = 1$$

$$H_{\text{tab}} = \frac{H_d}{K_1 K_2} = \frac{17.16}{1.285 \times 1} = 13.354 \text{ KW} = 17.9 \text{ hp}$$

Sprocket Speed, rev/min	ANSI Chain Number					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76

Type A		Type B					Type C		
Sprocket Speed, rev/min		ANSI Chain Number							
		80	100	120	140	160	180	200	240
50	Type A	2.88	5.52	9.33	14.4	20.9	28.9	38.4	61.8
100	Type B	5.38	10.3	17.4	26.9	39.1	54.0	71.6	115
150		7.75	14.8	25.1	38.8	56.3	77.7	103	166
200		10.0	19.2	32.5	50.3	72.9	101	134	215
300		14.5	27.7	46.8	72.4	105	145	193	310
400		18.7	35.9	60.6	93.8	136	188	249	359
500		22.9	43.9	74.1	115	166	204	222	0
600		27.0	51.7	87.3	127	141	155	169	
700		31.0	59.4	89.0	101	112	123	0	
800		35.0	63.0	72.8	82.4	91.7	101		
900		39.9	52.8	61.0	69.1	76.8	84.4		
1000		37.7	45.0	52.1	59.0	65.6	72.1		
1200		28.7	34.3	39.6	44.9	49.9	0		
1400		22.7	27.2	31.5	35.6	0			
1600		18.6	22.3	25.8	0				
1800		15.6	18.7	21.6					
2000	13.3	15.9	0						
2500	9.56	0.40							
3000	7.25	0							
Type C		Type C'							

Type C	Type C'
--------	---------

جدول 13- تایپ روانکاری و نوع زنجیر بر حسب توان اسب بخار

همانطور که میبینیم در جدول برای دور 3000 چنین توانی وجود ندارد بنابراین باید تعداد ردیف را افزایش دهیم:

دور ردیفه:

$$K_2 = 1.7$$

$$H_{tab} = \frac{H_d}{K_1 K_2} = \frac{17.16}{1.7 \times 1.285} = 7.855 \text{ KW} = 10.53 \text{ hp}$$

سه ردیفه:

$$K_2 = 2.5$$

$$H_{tab} = \frac{H_d}{K_1 K_2} = \frac{17.16}{2.5 \times 1.285} = 5.34 \text{ KW} = 7.16 \text{ hp}$$

Sprocket Speed, rev/min		ANSI Chain Number							
		80	100	120	140	160	180	200	240
50	Type A	2.88	5.52	9.33	14.4	20.9	28.9	38.4	61.8
100		5.38	10.3	17.4	26.9	39.1	54.0	71.6	115
150		7.75	14.8	25.1	38.8	56.3	77.7	103	166
200		10.0	19.2	32.5	50.3	72.9	101	134	215
300		14.5	27.7	46.8	72.4	105	145	193	310
400		18.7	35.9	60.6	93.8	136	188	249	359
500	Type B	22.9	43.9	74.1	115	166	204	222	0
600		27.0	51.7	87.3	127	141	155	169	
700		31.0	59.4	89.0	101	112	123	0	
800		35.0	63.0	72.8	82.4	91.7	101		
900		39.9	52.8	61.0	69.1	76.8	84.4		
1000		37.7	45.0	52.1	59.0	65.6	72.1		
1200		28.7	34.3	39.6	44.9	49.9	0		
1400		22.7	27.2	31.5	35.6	0			
1600		18.6	22.3	25.8	0				
1800		15.6	18.7	21.6					
2000		13.3	15.9	0					
2500		9.56	0.40						
3000		7.25	0						
Type C		Type C'							

این توان برای زنجیر تایپ C' ANSI80 موجود هست. مشکل اینجاست که تایپ C' تایپ متداولی نیست بنابراین این برای اینکه بدانیم آیا طراحی زنجیر با این تایپ اصولی است یا خیر، نظر استاد را پرسیدیم که در زیر آورده شده است:

سلام و تشکر
تایپ C' متداول نیست لذا معمولاً نمی‌تواند به عنوان انتخاب "پهینه" لحاظ شود. نیاز به ملاحظات خاصی برای روانکاری دارد.
با سپاس
امیر نورانی

Amir Nourani
Assistant Professor
Department of Mechanical Engineering
Sharif University of Technology, Tehran, Iran
<http://sharif.ir/~nourani/>

↶ Reply ↷ Forward

بنابر این از تایپ C' استفاده نکرده و بجای آن یک ردیف دیگر به زنجیر اضافه میکنیم، برای زنجیر 4 ردیفه:

$$K_2 = 1$$

$$H_{\text{tab}} = \frac{H_d}{K_1 K_2} = \frac{17.16}{1.285 \times 3.3} = 4.04 \text{ KW} = 5.424 \text{ hp}$$

Sprocket Speed, rev/min	ANSI Chain Number					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76

Type A

Type B

Type C

4- بنابراین زنجیر انتخابی ما ANSI35 typeB میباشد.

$$n_{d\text{ واقعی}} = \frac{K_1 K_2 H_{tab}}{K_S H_{nom}} = \frac{1.285 \times 3.3 \times 5.64}{1.3 \times 14.7453} = 1.247$$

ANSI Chain Number	Pitch, in (mm)	Width, in (mm)	Minimum Tensile Strength, lbf (N)	Average Weight, lbf/ft (N/m)	Roller Diameter, in (mm)	Multiple-Strand Spacing, in (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

جدول 14- مشخصات زنجیرهای ANSI

5- بدست آوردن طول زنجیر:

مقدار میانگین را برای فاصله شفت ها انتخاب میکنیم. $P = 0.375 \rightarrow 30P < C < 50P \rightarrow$

$$C = 40P \rightarrow C = 40(0.375) = 15\text{in}$$

$$\frac{L}{P} \approx \frac{2C}{P} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C/P}$$

$$\frac{L}{p} = \frac{2 \times 15}{0.375} + \frac{21+79}{2} + \frac{(79-21)^2}{4\pi^2 \frac{C}{p}} = 80 + 50 + 2.13 = 132.13 \cong 132$$

131 زنجیر و 1 قفل.

6- بدست آوردن قطر چرخ زنجیرها:

$$D_1 = \frac{P}{\sin(\frac{180}{N_1})} = \frac{0.375}{\sin(\frac{180}{21})} = 2.516\text{ in} = 63.9\text{ mm}$$

$$D_2 = \frac{P}{\sin(\frac{180}{N_2})} = \frac{0.375}{\sin(\frac{180}{79})} = 9.432\text{ in} = 240\text{ mm}$$

محاسبات قیمت:

طبق آخرین قیمت های امروز 22 دی ماه 1401 ، در سایت www.sanatbazar.com :

قیمت پولی 5M-12.5cm = 58000 تومان

قیمت پولی H500 که قطری برابر 50cm دارد = 276000 تومان

در سایت www.famcocorp.com :

یک رول 5 متری از تسمه V شکل تایپ A = 78000 تومان

در سایت www.sanatbazar.com :

چرخ زنجیر کوچک برای زنجیر 35 : 34,800 تومان

چرخ زنجیر بزرگ برای زنجیر 35 : 96000 تومان

زنجیر صنعتی چهار ردیفه تایپ A بسته سه متری : 1,960,000 تومان

بنابر این مجموع هزینه تجهیزات انعطاف پذیر برابر دومیلیون و پانصد و سه هزار تومان میباشد.

منابع

جزوه دکتر امیر نورانی

کتاب طراحی اجزای شیگلی-ویرایش دهم

www.sanatbazar.com

www.famcocorp.com

پیوست ها

Table 17-15

Suggested Service
Factors K_s for V-Belt
Drives

Driven Machinery	Source of Power	
	Normal Torque Characteristic	High or Nonuniform Torque
Uniform	1.0 to 1.2	1.1 to 1.3
Light shock	1.1 to 1.3	1.2 to 1.4
Medium shock	1.2 to 1.4	1.4 to 1.6
Heavy shock	1.3 to 1.5	1.5 to 1.8

Table 17-10

Inside Circumferences
of Standard V Belts

Section	Circumference, in
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

Table 17-11

Length Conversion Dimensions (Add the listed quantity to the inside circumference to obtain the pitch length in inches).

Belt section	A	B	C	D	E
Quantity to be added	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

Table 17-13

Angle of Contact
Correction Factor K_1 for
VV* and V-Flat Drives

$\frac{D-d}{C}$	θ , deg	VV	K_1 V Flat
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

*A curve fit for the VV column in terms of θ is

$$K_1 = 0.143\,543 + 0.007\,468\,\theta - 0.000\,015\,052\,\theta^2$$

in the range $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Table 17-14

Belt-Length Correction
Factor K_2^*

Length Factor	Nominal Belt Length, in				
	A Belts	B Belts	C Belts	D Belts	E Belts
0.85	Up to 35	Up to 46	Up to 75	Up to 128	
0.90	38–46	48–60	81–96	144–162	Up to 195
0.95	48–55	62–75	105–120	173–210	210–240
1.00	60–75	78–97	128–158	240	270–300
1.05	78–90	105–120	162–195	270–330	330–390
1.10	96–112	128–144	210–240	360–420	420–480
1.15	120 and up	158–180	270–300	480	540–600
1.20		195 and up	330 and up	540 and up	660

*Multiply the rated horsepower per belt by this factor to obtain the corrected horsepower.

Table 17-16

Some V-Belt Parameters*

Belt Section	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

$$H_d = H_{\text{nom}} K_s n_d$$



۲۴ ساعت	۱۰ ساعت	نوع بار / زمان استفاده در شبانه روز
1.2	1	یکنواخت
1.4	1.2	ضربات ملایم
1.7	1.4	ضربات سنگین

جدول مشخصات تسمه برای محاسبه طول عمر:

Belt Section	10 ⁸ to 10 ⁹ Force Peaks		10 ⁹ to 10 ¹⁰ Force Peaks		Minimum Sheave Diameter, in
	<i>K</i>	<i>b</i>	<i>K</i>	<i>b</i>	
A	674	11.089			3.0
B	1193	10.926			5.0
C	2038	11.173			8.5
D	4208	11.105			13.0
E	6061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1062	10.153	2.65
5V	1654	12.593	2394	10.283	7.1
8V	3638	12.629	5253	10.319	12.5

α (°) زاویه شیار پولی	<i>f</i> ضریب اصطکاک
30	0.5
34	0.45
38	0.4

جدول مشخصات زنجیر های ANSI :

ANSI Chain Number	Pitch, in (mm)	Width, in (mm)	Minimum Tensile Strength, lbf (N)	Average Weight, lbf/ft (N/m)	Roller Diameter, in (mm)	Multiple-Strand Spacing, in (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Table 17-21

Single-Strand Sprocket Tooth Counts Available from One Supplier*

No.	Available Sprocket Tooth Counts
25	8-30, 32, 34, 35, 36, 40, 42, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
35	4-45, 48, 52, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
41	6-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
40	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
50	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
60	8-60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
80	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 78, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
100	8-60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 74, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
120	9-45, 46, 48, 50, 52, 54, 55, 57, 60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 96, 102, 112, 120
140	9-28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 96
160	8-30, 32-36, 38, 40, 45, 46, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 80, 84, 96
180	13-25, 28, 35, 39, 40, 45, 54, 60
200	9-30, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 54, 56, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 68, 70, 72
240	9-30, 32, 35, 36, 40, 44, 45, 48, 52, 54, 60

*Morse Chain Company, Ithaca, NY, Type B hub sprockets.

Table 17-23Multiple-Strand
Factors, K_2

Number of Strands	K_2
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3
5	3.9
6	4.6
8	6.0

Table 17-20

Rated Horsepower
Capacity of Single-
Strand Single-Pitch
Roller Chain for a
17-Tooth Sprocket
(Continued)

Sprocket Speed, rev/min		ANSI Chain Number							
		80	100	120	140	160	180	200	240
50	Type A	2.88	5.52	9.33	14.4	20.9	28.9	38.4	61.8
100		5.38	10.3	17.4	26.9	39.1	54.0	71.6	115
150		7.75	14.8	25.1	38.8	56.3	77.7	103	166
200		10.0	19.2	32.5	50.3	72.9	101	134	215
300		14.5	27.7	46.8	72.4	105	145	193	310
400		18.7	35.9	60.6	93.8	136	188	249	359
500	Type B	22.9	43.9	74.1	115	166	204	222	0
600		27.0	51.7	87.3	127	141	155	169	
700		31.0	59.4	89.0	101	112	123	0	
800		35.0	63.0	72.8	82.4	91.7	101		
900		39.9	52.8	61.0	69.1	76.8	84.4		
1000		37.7	45.0	52.1	59.0	65.6	72.1		
1200		28.7	34.3	39.6	44.9	49.9	0		
1400		22.7	27.2	31.5	35.6	0			
1600		18.6	22.3	25.8	0				
1800		15.6	18.7	21.6					
2000		13.3	15.9	0					
2500		9.56	0.40						
3000		7.25	0						
Type C		Type C'							

Note: Type A—manual or drip lubrication; type B—bath or disk lubrication; type C—oil-stream lubrication; type C'—type C, but this is a galling region; submit design to manufacturer for evaluation.

Table 17-22

Tooth Correction
Factors, K_1

Number of Teeth on Driving Sprocket	K_1 Pre-extreme Horsepower	K_1 Post-extreme Horsepower
11	0.62	0.52
12	0.69	0.59
13	0.75	0.67
14	0.81	0.75
15	0.87	0.83
16	0.94	0.91
17	1.00	1.00
18	1.06	1.09
19	1.13	1.18
20	1.19	1.28
N	$(N_1/17)^{1.08}$	$(N_1/17)^{1.5}$

Table Be 1. *Correction factors according to service (K_a)*

Service	Type of driven Machine	Type of driving units					
		AC Motor: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase DC Motor: shunt wound—multi cylinder IC engine over 600 rpm			AC Motor: high torque, induction, single phase DC Motor: series and compound wound—single cylinder IC engine, Multi cylinder IC engine under 600 rpm—line shaft, clutches and brakes		
		Operational hours per day (h)			Operational hours per day (h)		
		0–10	10–16	16–24	0–10	10–16	16–24
Light duty	Agitator, blower, exhauster, centrifugal pumps, compressor and fans up to 7.5 kW and light duty conveyor	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Medium duty	Belt conveyor, fans over 7.5 kW, generator, line shaft, machine tools, presses, positive displacement pumps and vibrating screen	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Heavy duty	Bucket elevator, hammer mill, piston pump, saw mill, exciter and wood working machinery	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra-heavy duty	Crusher, mill and hoist	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Table Be 3. *Dimensions of standard cross-sections*

Belt Section	Pitch width W_p (mm)	Nominal top width W (mm)	Nominal height T (mm)	Recommended minimum pitch diameter of pulley (mm)	Permissible minimum pitch diameter of pulley (mm)
A	11	13	8	125	75
B	14	17	11	200	125
C	19	22	14	315	200
D	27	32	19	500	355
E	32	38	23	630	500

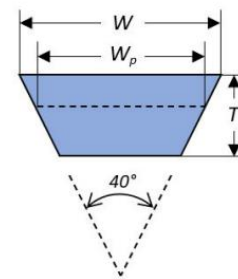


Table No. 3 Power ratings in kW (P₂) for A-Section V-Belts, 13 mm wide with 180° Arc of contact on smaller pulley

Speed of motor shaft	Power ratings in kW (P ₂) for A-Section V-Belts, 13 mm wide with 180° Arc of contact on smaller pulley										Additional power increment per belt for speed ratio of									
	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	1.00 to 1.02	1.02 to 1.05	1.05 to 1.08	1.08 to 1.12	1.12 to 1.18	1.18 to 1.25	1.25 to 1.35	1.35 to 1.50	1.50 to 1.75	1.75 to 2.00
rpm	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP	HP
720	0.51	0.60	0.68	0.75	0.90	0.99	1.13	1.18	1.24	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
960	0.66	0.76	0.86	0.95	1.11	1.23	1.41	1.49	1.54	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1440	0.90	1.04	1.17	1.31	1.51	1.73	1.98	2.07	2.14	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21
2880	1.72	1.67	1.91	2.14	2.46	2.76	3.16	3.36	3.63	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.23	0.27	0.31	0.35	0.38
100	0.11	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
200	0.18	0.22	0.24	0.26	0.29	0.33	0.34	0.39	0.41	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
300	0.24	0.29	0.31	0.33	0.38	0.44	0.46	0.53	0.55	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
400	0.31	0.37	0.42	0.46	0.53	0.60	0.64	0.71	0.73	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
500	0.37	0.45	0.51	0.56	0.64	0.72	0.78	0.88	0.91	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
600	0.46	0.52	0.59	0.65	0.74	0.83	0.91	1.00	1.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
700	0.57	0.59	0.68	0.74	0.84	0.94	1.04	1.14	1.19	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
800	0.67	0.66	0.77	0.82	0.94	1.08	1.16	1.27	1.30	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
900	0.76	0.72	0.81	0.90	1.04	1.18	1.29	1.41	1.44	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11
1000	0.85	0.78	0.84	0.93	1.08	1.20	1.34	1.46	1.49	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11
1100	0.93	0.84	0.91	1.00	1.16	1.30	1.40	1.53	1.56	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12
1200	1.01	0.90	0.98	1.07	1.24	1.40	1.50	1.63	1.66	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12
1300	1.09	0.95	1.04	1.13	1.30	1.46	1.56	1.69	1.72	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12
1400	1.17	1.01	1.10	1.19	1.36	1.52	1.62	1.75	1.78	0.00	0.01	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
1500	1.25	1.07	1.16	1.25	1.42	1.58	1.68	1.81	1.84	0.00	0.01	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
1600	1.33	1.12	1.21	1.30	1.48	1.64	1.74	1.87	1.90	0.00	0.01	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
1700	1.41	1.17	1.26	1.35	1.54	1.70	1.80	1.93	1.96	0.00	0.01	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
1800	1.49	1.22	1.31	1.40	1.58	1.74	1.84	1.97	2.00	0.00	0.01	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14
1900	1.57	1.27	1.36	1.45	1.64	1.80	1.90	2.03	2.06	0.00	0.01	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14
2000	1.65	1.31	1.40	1.49	1.68	1.84	1.94	2.07	2.10	0.00	0.01	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14
2100	1.73	1.36	1.45	1.54	1.72	1.88	1.98	2.11	2.14	0.00	0.01	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
2200	1.81	1.40	1.49	1.58	1.76	1.92	2.02	2.15	2.18	0.00	0.01	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
2300	1.89	1.45	1.54	1.63	1.80	1.96	2.06	2.19	2.22	0.00	0.01	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
2400	1.97	1.48	1.57	1.66	1.84	2.00	2.10	2.23	2.26	0.00	0.01	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
2500	2.05	1.53	1.62	1.71	1.88	2.04	2.14	2.27	2.30	0.00	0.01	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
2600	2.13	1.57	1.66	1.75	1.92	2.08	2.18	2.31	2.34	0.00	0.01	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
2700	2.21	1.60	1.69	1.78	1.96	2.12	2.22	2.35	2.38	0.00	0.01	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
2800	2.29	1.64	1.73	1.82	2.00	2.16	2.26	2.39	2.42	0.00	0.01	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
2900	2.37	1.67	1.76	1.85	2.04	2.20	2.30	2.43	2.46	0.00	0.01	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
3000	2.45	1.71	1.80	1.89	2.08	2.24	2.34	2.47	2.50	0.00	0.01	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
3100	2.53	1.74	1.83	1.92	2.12	2.28	2.38	2.51	2.54	0.00	0.01	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
3200	2.61	1.77	1.86	1.95	2.16	2.32	2.42	2.55	2.58	0.00	0.01	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17
3300	2.69	1.80	1.89	1.98	2.20	2.36	2.46	2.59	2.62	0.00	0.01	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17
3400	2.77	1.82	1.91	2.00	2.24	2.40	2.50	2.63	2.66	0.00	0.01	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17
3500	2.85	1.85	1.94	2.03	2.28	2.44	2.54	2.67	2.70	0.00	0.01	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17
3600	2.93	1.87	1.96	2.05	2.32	2.48	2.58	2.71	2.74	0.00	0.01	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18
3700	3.01	1.89	1.98	2.07	2.36	2.52	2.62	2.75	2.78	0.00	0.01	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18
3800	3.09	1.92	2.01	2.10	2.40	2.56	2.66	2.79	2.82	0.00	0.01	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18
3900	3.17	1.93	2.02	2.11	2.44	2.60	2.70	2.83	2.86	0.00	0.01	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
4000	3.25	1.95	2.04	2.13	2.48	2.64	2.74	2.87	2.90	0.00	0.01	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
4100	3.33	1.96	2.05	2.14	2.52	2.68	2.78	2.91	2.94	0.00	0.01	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
4200	3.41	1.98	2.07	2.16	2.56	2.72	2.82	2.95	2.98	0.00	0.01	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
4300	3.49	1.99	2.08	2.17	2.60	2.76	2.86	2.99	3.02	0.00	0.01	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
4400	3.57	2.00	2.09	2.18	2.64	2.80	2.90	3.03	3.06	0.00	0.01	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
4500	3.65	2.01	2.10	2.19	2.68	2.84	2.94	3.07	3.10	0.00	0.01	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
4600	3.73	2.03	2.12	2.21	2.72	2.88	2.98	3.11	3.14	0.00	0.01	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
4700	3.81	2.02	2.11	2.20	2.76	2.92	3.02	3.15	3.18	0.00	0.01	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21
4800	3.89	2.02	2.11	2.20	2.80	2.96	3.06	3.19	3.22	0.00	0.01	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21
4900	3.97	2.02	2.11	2.20	2.84	3.00	3.10	3.23	3.26	0.00	0.01	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21
5000	4.05	2.02	2.11	2.20	2.88	3.04	3.14	3.27	3.30	0.00	0.01	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22