

به نام یزدان



دانشکده مهندسی مکانیک

فاز دوم پروژه گیربکس

استاد درس: دکتر امیرنورانی

نگارش

ریحانه نیکوبیان 99106747

ایمان شهروی 98106661

Dec-2021

فهرست

5.....	تعریف پروژه و خلاصه ای از روند طراحی
7.....	فرضیات
8.....	شفت اول
8.....	حالت اول
8.....	تحلیل نیرویی
9.....	دیاگرام های ممان و تورک
11.....	حالت دوم
11.....	تحلیل نیرویی
12.....	دیاگرام های ممان و تورک
13.....	حالت سوم
13.....	تحلیل نیرویی
15.....	دیاگرام های ممان و تورک
16.....	شفت دوم
16.....	حالت اول
16.....	تحلیل نیرویی
17.....	دیاگرام های ممان و تورک
19.....	حالت دوم

19.....	تحلیل نیرویی.....
20.....	دیاگرام های ممان و تورک.....
21.....	شفت سوم
21.....	تحلیل نیرویی.....
22.....	دیاگرام های ممان و تورک.....
24.....	طراحی شفت.....
27.....	شفت اول.....
27.....	محاسبات قطر.....
28.....	طول خار.....
30.....	شفت دوم.....
30.....	محاسبات قطر.....
31.....	طول خار.....
32.....	شفت سوم.....
32.....	محاسبات قطر.....
33.....	طول خار.....
34.....	برینگ های زیر چرخنده های هرزگرد.....
35.....	طراحی برینگ های اصلی.....
44.....	نحوه تثبیت قطعات.....
45.....	نحوه تفرانس گذاری.....
46.....	محاسبات قیمت.....

47	منابع.....
48	پیوست.....
56	کد قطرها.....
59	نقشه های مونتاژی.....

1. تعریف پروژه و خلاصه ای از روند طراحی:

در فاز قبلی چرخنده های گیربکس را طراحی کردیم و در این فاز قصد داریم که شفت 1 شامل چرخنده های G1 و G2 و G7 و همچنین شفت 2 که چرخنده های G3 و G4 و G5 روی آن قرار دارند و در نهایت شفت سوم شامل چرخنده G6 را طراحی کنیم.

بخش دوم طراحی مربوط به طراحی برینگ های گیربکس میباشد. روی شفت 1 برینگ های B11 و B12 در پوسته اول قرار گرفته اند و همچنین برینگ های B13 و B14 روی این شفت قرار دارند که در پوسته دوم میباشند.

روی شفت دوم برینگ های B21 و B22 قرار گرفته اند. برینگ های B31 و B32 نیز روی شفت سوم قرار دارند. نکته مهم اینجاست که چون سیستم دارای سه حالت کاری میباشد، باید در هر حالت برخی از چرخنده ها درگیر و بقیه آن ها هرزگرد باشند بنابراین باید زیر چرخنده هایی که میخواهیم در برخی حالات هرزگرد باشند، برینگ قرار دهیم.

با توجه به این موضوع، برینگ های B1 و B2 زیر چرخنده های یک و دو روی شفت یک و همچنین برینگ B6 روی شفت سوم زیر چرخنده شش قرار میگیرد.

در بخش نهایی طراحی به سراغ، طراحی پوسته گیربکس میرویم.

روند طراحی به این شکل بوده که در فاز قبل چرخنده ها را طراحی کردیم. در اینجا ابتدا تحلیل نیرویی چرخنده ها را انجام داده ایم. با استفاده از این تحلیل ها و مراحل طراحی شفت، شفت های 1 تا 3 را طراحی کرده ایم و در انتها با استفاده از نتایج دو مرحله قبلی، برینگ های مناسب را برای دستگاه بدست آوردیم.

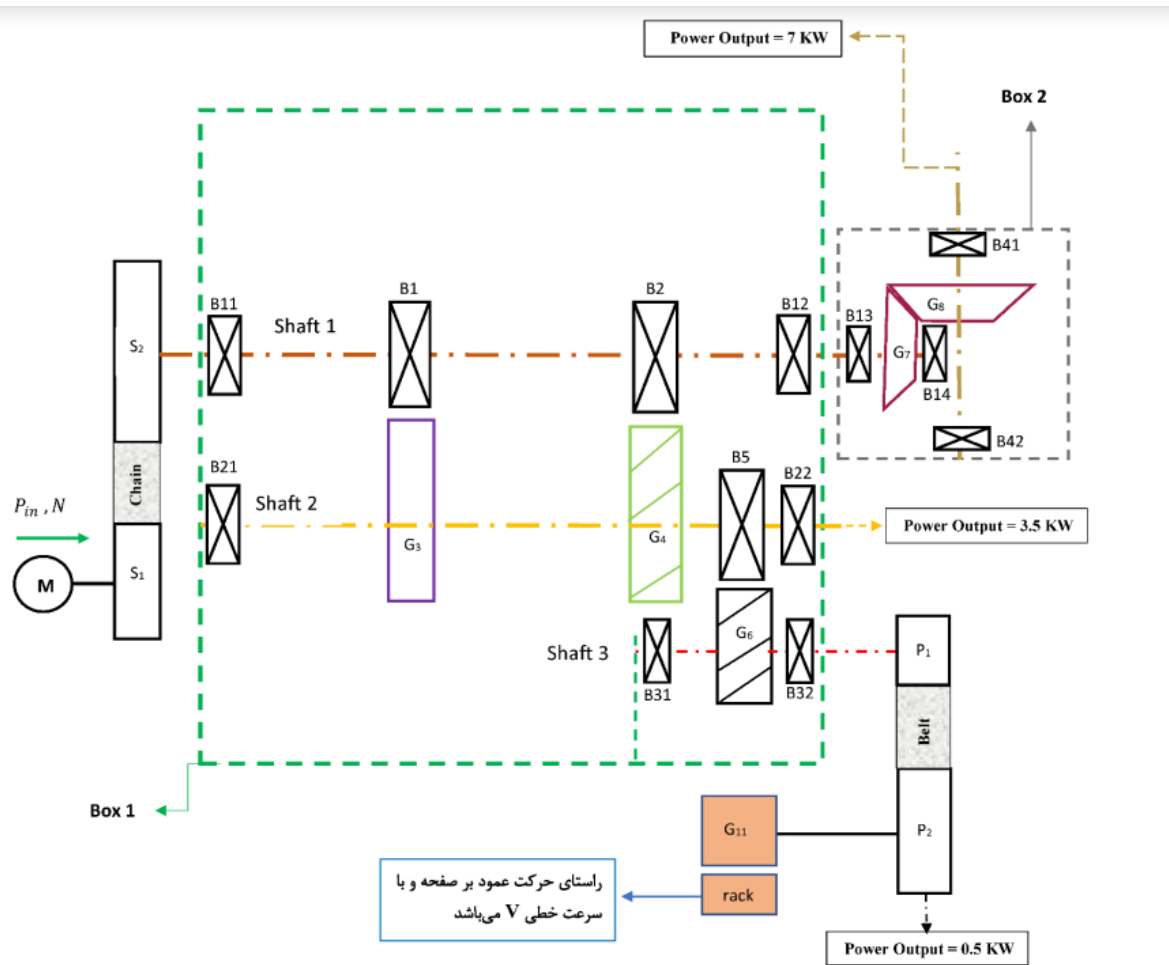
برای تثبیت دورانی و محوری این قطعات از پله و انواع خار استفاده کرده ایم.

تمامی فرضیات و راه حل ها به صورت گام به گام آورده شده و نقشه قطعات و کاتالوگ های مورد نیاز به همراه تolerانس قطعات در پیوست آورده شده است.

سیستم دارای سه حالت زیر میباشد:

سوم	دوم	اول	حالت
50	30	20	درصد از کارکرد کل

شماتیک طرح پروژه در صفحه بعدی ارائه شده است:



2.فرضیات:

- 1- قطر چرخ زنجیر برابر 50cm میباشد.
- 2- شفت اول به صورت دو تکه تحلیل نیرویی میشود.
- 3- جنس شفت ها و چرخ زنجیر از ck45 میباشد که ویژگی های آن به صورت زیر است:
 $S_y = 370 \text{ Mpa}$, $S_u = 630 \text{ Mpa}$
- 4- شفتها با تراشکاری ساخته شده اند.
- 5- خارها با فرز انگشتی ساخته شده اند.
- 6- بارگذاری ملایم انجام میشود.
- 7- دمای کاری پایین تر از 150 درجه است.
- 8- گیربکس قرار است برای دو شیفت 6 ساعته و به مدت 15 سال کار کند.

3. تحلیل نیرویی چرخنده ها و بارگذاری روی شفت:

شفت 1-حالت اول:

* برای اینکه شرایط نامعین برای تحلیل استاتیکی شفت بوجود نیاید، طبق نظر دستیار محترم آموزشی، شفت یک را به دو قسمت تقسیم کرده و تحلیل میکنیم.

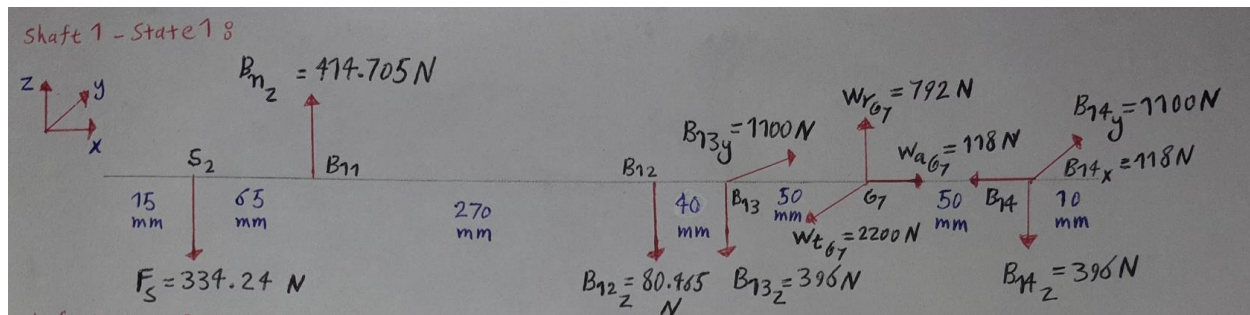
قسمت اول شفت 1-حالت اول :

با توجه به اطلاعات فاز قبل پروژه، سرعت دورانی شفت 1 برابر 800rpm و توان انتقال داده شده به شفت در این حالت توسط چرخ زنجیر برابر 7000W میباشد.

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{7000}{800 \times \frac{2\pi}{60}} = 83.56 \text{ (N.m)}$$

$$F = \frac{2 \times T}{D} = \frac{2 \times 83.56}{0.5} = 334.24 \text{ (N)}$$

نیروی وارد شده توسط چرخ زنجیر به چرخ در حالت اول:



شکل 1-دیاگرام آزاد شفت 1-حالت اول

$$\sum F_z = 0 \rightarrow B_{11z} - 334.24 - B_{12z} = 0$$

$$\sum M_y = 0 \rightarrow (334.24)(65) - (B_{12z})(270) = 0$$

$$B_{12z} = 80.465 \text{ N}, B_{11z} = 414.705 \text{ N}$$

قسمت دوم شفت 1- برای هر سه حالت یکسان میباشد:

برای چرخنده مخروطی G7 داریم (با توجه به اطلاعات فاز قبلی پروژه)

$$W_t = \frac{T_i}{r_{avp}} = \frac{83.56}{A_0 \sin \gamma} = \frac{83.56}{0.257 \times \sin(8.5)} = 2200 \text{ (N)}$$

$$W_{rp} = W_t \tan \phi_n \cos \gamma = 2.2 \times \tan 20 \times \cos 8.5 = 792 \text{ (N)}$$

$$W_{ap} = W_t \tan \phi_n \sin \gamma = 2.2 \times \tan 20 \times \sin 8.5 = 118 \text{ (N)}$$

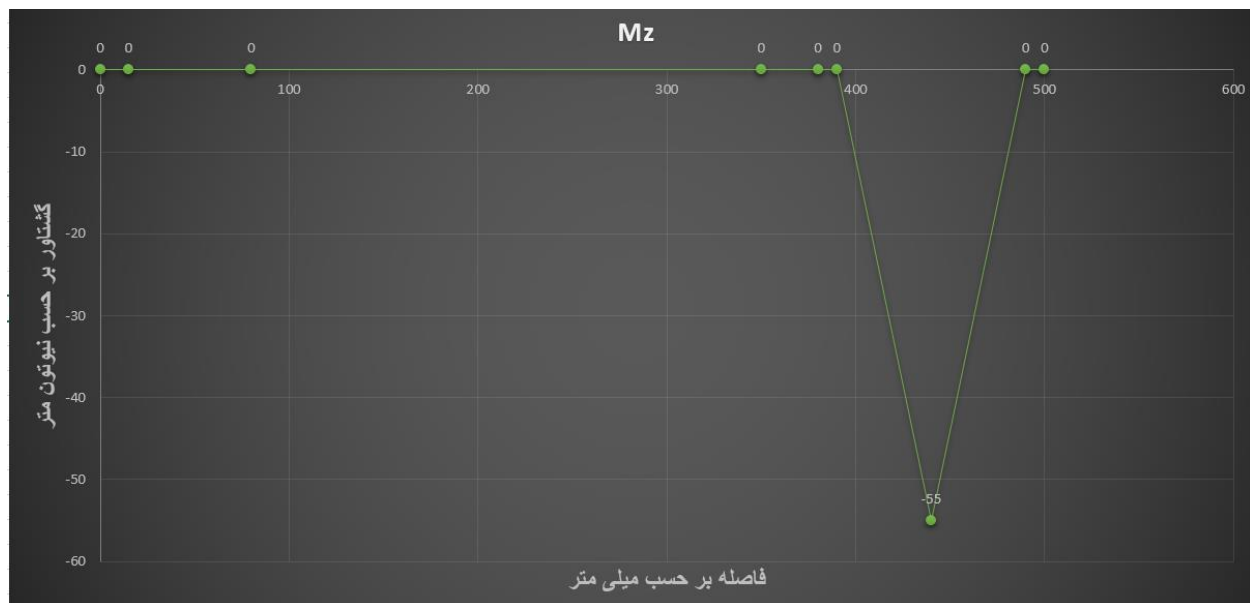
ازتقارن داریم:

$$B_{13z} = B_{14z} = 396 \text{ (N)}$$

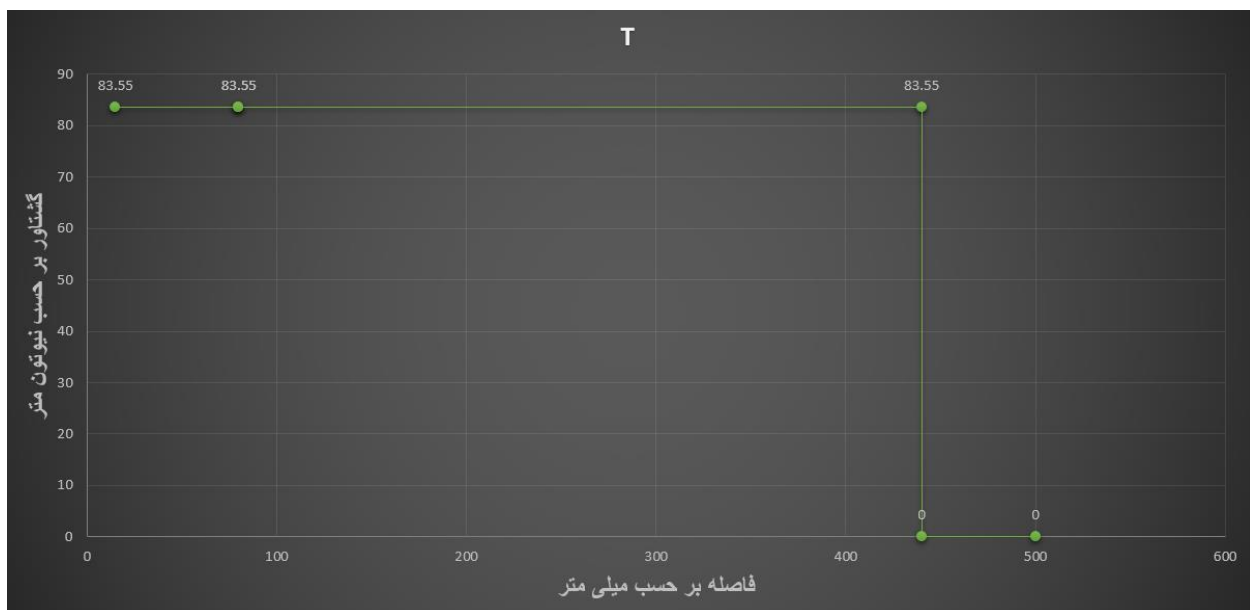
$$B_{13y} = B_{14y} = 1100 \text{ (N)}$$



نمودار 1- گشتاور خمشی وارد بر شفت اول در راستای ۷- حالت اول



نمودار 2- گشتاور خمشی وارد بر شفت اول در راستای Z- حالت اول



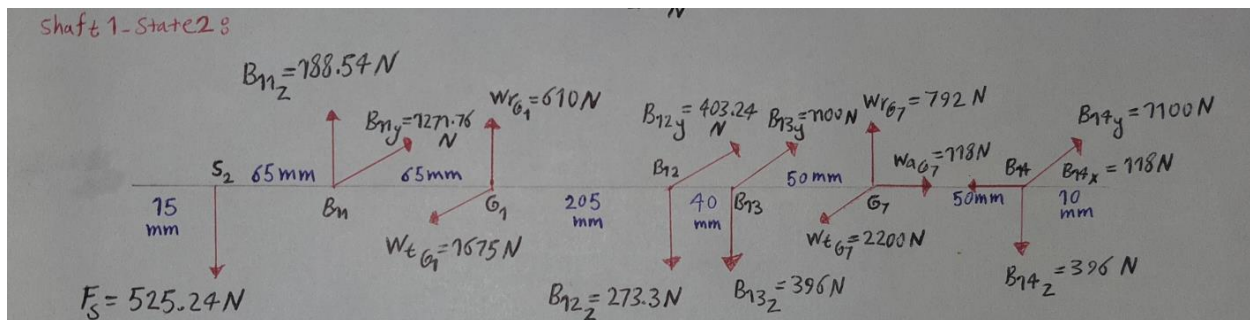
نمودار 3- گشتاور پیچشی وارد بر شفت اول- حالت اول

شفت 1-حالت دوم:

با توجه به اطلاعات فاز قبل پروژه، سرعت دورانی شفت 1 برابر 800 rpm و توان انتقال داده شده به شفت در این حالت توسط چرخ زنجیر برابر 11000W میباشد.

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{11000}{800 \times \frac{2\pi}{60}} = 131.31 \text{ (N.m)}$$

$$F = \frac{2T}{D} = \frac{2 \times 131.31}{0.5} = 525.24 \text{ (N)}$$



شکل 2-دیاگرام آزاد شفت 1-حالت دوم

برای چرخنده ساده داریم:

$$W_t = \frac{60000 \times H}{\pi d_n} \xrightarrow{H=4kW, d=57, n=800, \phi=20} W_t = 1675 \text{ (N)}$$

$$W_r = W_t \tan \phi = 610 \text{ (N)}$$

$$\sum M_y = 0 \rightarrow (525.24)(65) + (610)(65) + (B_{12z})(270) = 0$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow 610 + B_{12z} - 525.24 + B_{11z} = 0$$

$$B_{11z} = 188.54 \text{ (N)}, B_{12z} = -273.3 \text{ (N)}$$

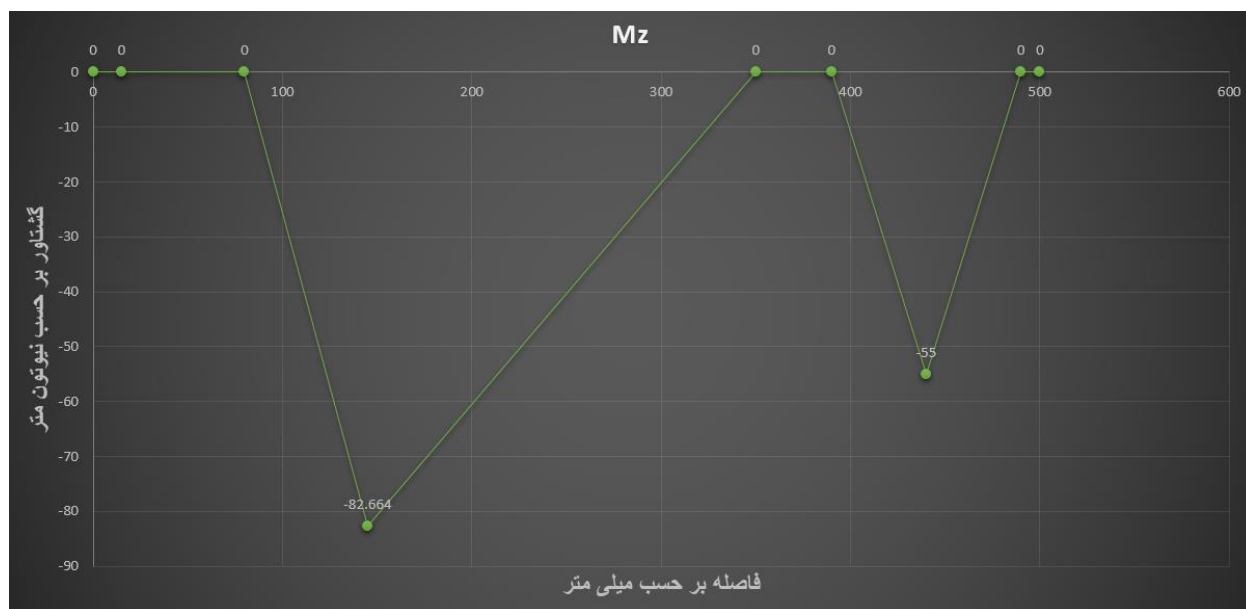
$$\sum M_z = 0 \rightarrow (270)(B_{12y}) - (1675)(65) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (B_{11y} + B_{12y} - 1675) = 0$$

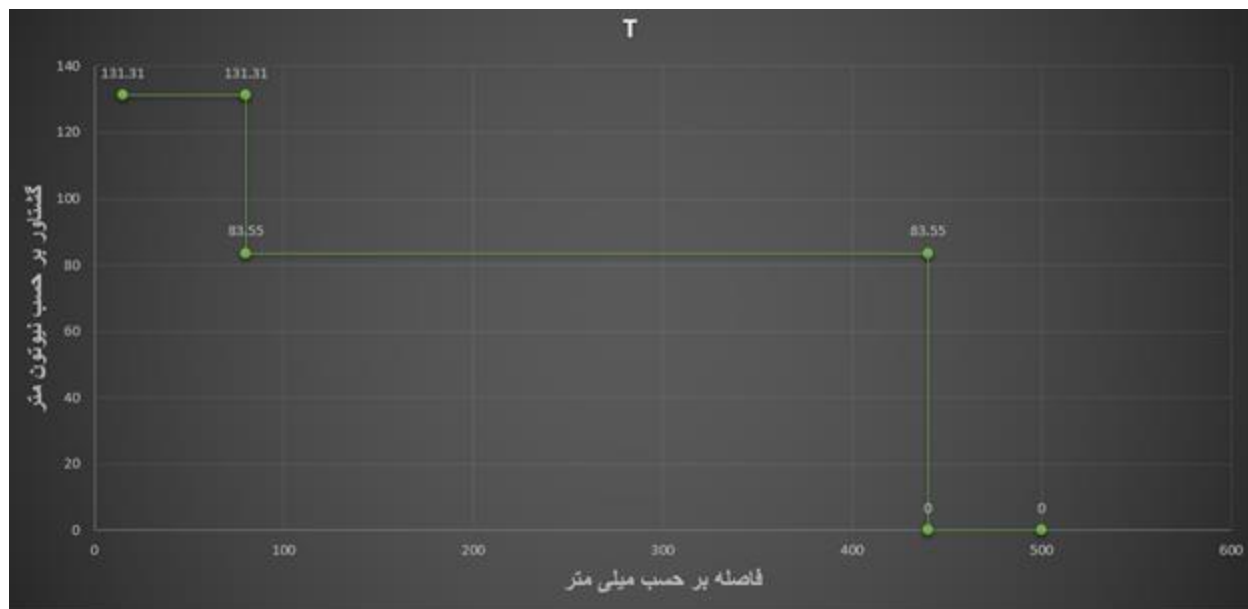
$$B_{11y} = 1271.76 \text{ (N)}, B_{12y} = 403.24 \text{ (N)}$$



نمودار 4- گشتاور خمشی وارد بر شفت اول در راستای Y- حالت دوم



نمودار 5- گشتاور خمشی وارد بر شفت اول در راستای Z- حالت دوم



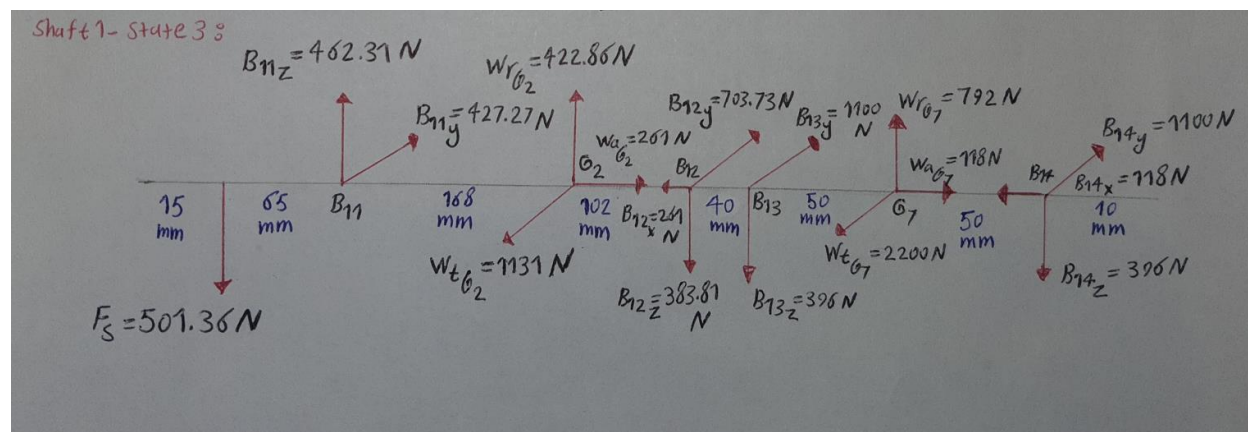
نمودار 6- گشتاور پیچشی وارد بر شفت اول- حالت دوم

شفت 1- حالت سوم:

با توجه به اطلاعات فاز قبل پروژه، سرعت دورانی شفت 1 برابر 800 rpm و توان انتقال داده شده به شفت در این حالت توسط چرخ زنجیر برابر 10500W میباشد.

$$T = \frac{p}{\omega} = \frac{10500}{800 \times \frac{2\pi}{60}} = 125.34 \text{ (N.m)}$$

$$F = \frac{2T}{D} = \frac{2 \times 125.34}{0.5} = 501.36 \text{ (N)}$$



شکل 3- دیاگرام آزاد شفت 1- حالت سوم

برای چرخنده هلیکال داریم:

$$W_t = \frac{T}{\frac{d}{2}} = \frac{p}{\frac{d}{2}} = \frac{\frac{3500}{800 \times \frac{2\pi}{60}}}{\frac{73.872}{2}} = 1131 \text{ (N)}$$

$$W_r = W_t \tan \phi_t = 422.86 \text{ (N)}$$

$$W_a = W_t \tan \psi = 261 \text{ (N)}$$

$$\phi_t = 20.5^\circ, \psi = 13^\circ$$

$$\sum M_y = 0 \rightarrow (501.36)(65) + (422.86)(168) - (B_{12z})(270) = 0$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow B_{11z} - B_{12z} + 422.86 - 501.36 = 0$$

$$B_{11z} = 462.31 \text{ (N)}, B_{12z} = 383.81 \text{ (N)}$$

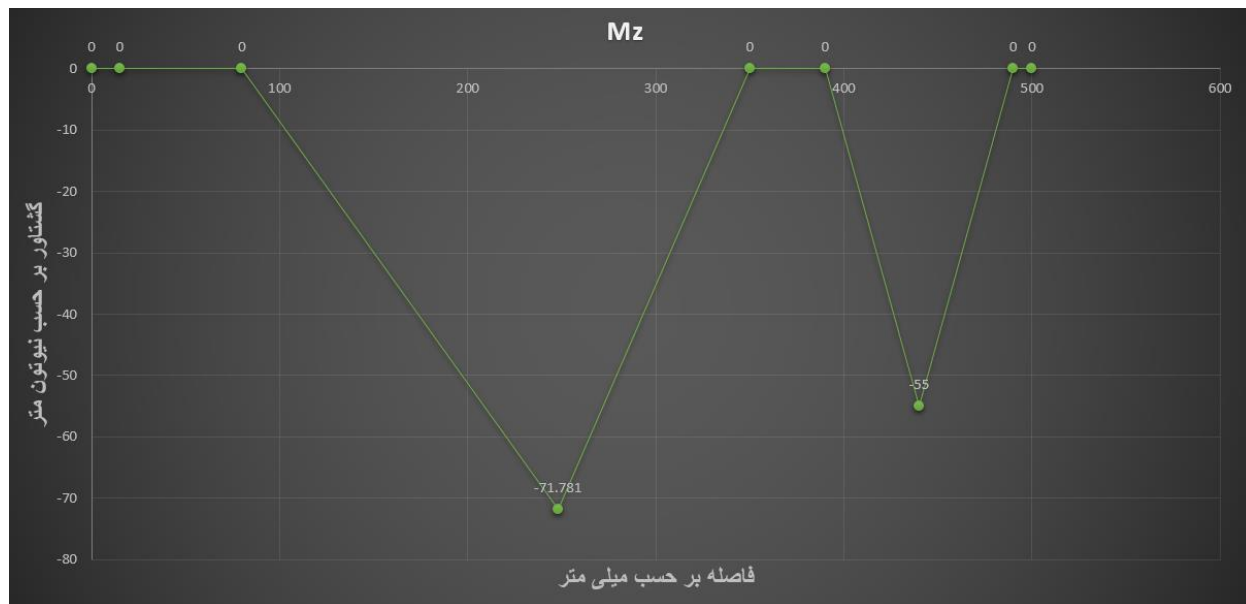
$$\sum M_z = 0 \rightarrow (B_{12y})(270) - (1131)(168) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow B_{11y} - 1131 + B_{12y} = 0$$

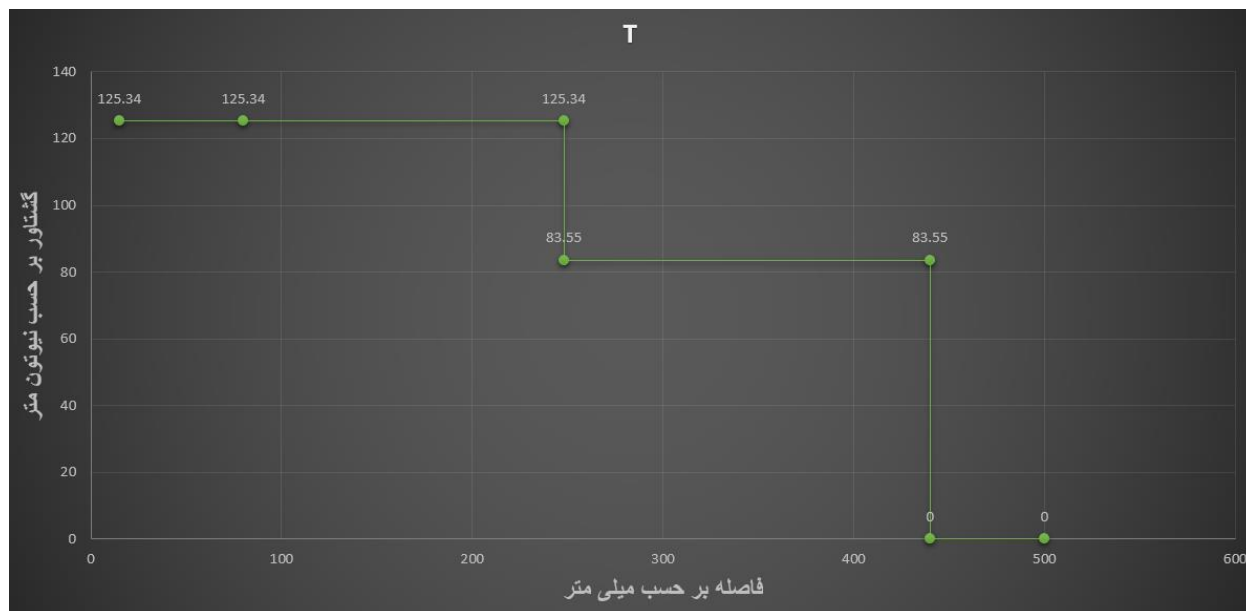
$$B_{11y} = 427.27 \text{ (N)}, B_{12y} = 703.73 \text{ (N)}$$



نمودار 7- گشتاور خمشی وارد بر شفت اول در راستای Y- حالت سوم

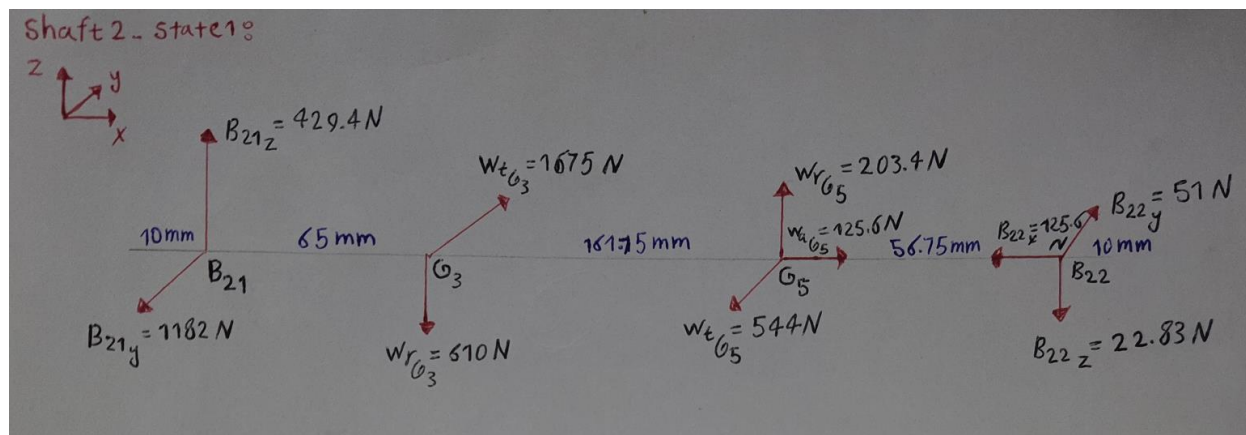


نمودار 8- گشتاور خمشی وارد بر شفت اول در راستای Z- حالت سوم



نمودار 9-گشتاور پیچشی وارد بر شفت اول- حالت سوم

شفت 2-حالت اول:



شکل 4- دیاگرام آزاد شفت دو-حالت اول

با توجه به اینکه چرخنده G_3 با چرخنده G_1 درگیر است، نیروهای G_1 در قسمت قبلی بدست آمده و از قانون سوم نیوتن نیروهای چرخنده G_3 نیز تعیین میشود.
برای چرخنده G_5 که یک چرخنده هلیکال است داریم:

$$\frac{T}{\frac{d}{2}} = \frac{p}{\frac{d}{2}} = \frac{\frac{500}{600 \times \frac{2\pi}{60}}}{\frac{29.26}{2}} = 544(N) = W_t$$

$$W_r = W_t \tan \phi_t = 203.4 (N) , W_a = W_t \tan \psi = 125.6 (N)$$

$$\sum M_y = 0 \rightarrow (203.4)(226.75) - (610)(65) - (B_{22z})(283.5) = 0$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow B_{21z} + 203.4 - 610 - B_{22z} = 0$$

$$B_{21z} = 429.4 (N)$$

$$B_{22z} = 22.83 (N)$$

$$\sum M_z = (1675)(65) - (544)(226.75) + (B_{22y})(283.5) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow 1675 - 544 + B_{22y} - B_{21y} = 0$$

$$B_{21y} = 1182 (N)$$

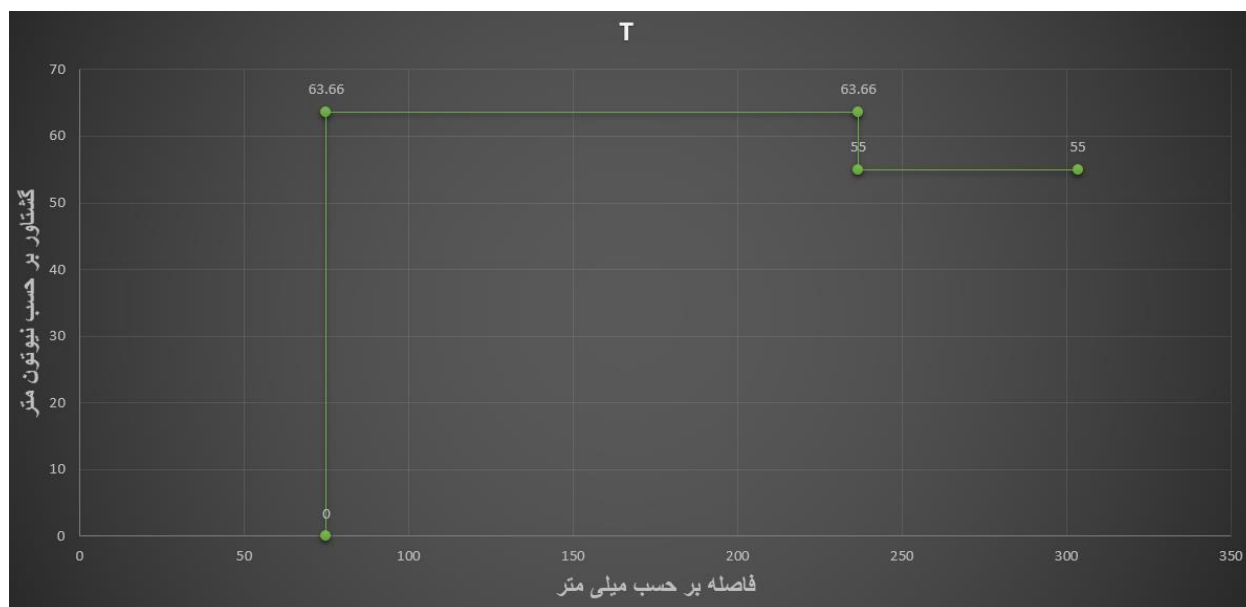
$$B_{22y} = 51 (N)$$



نمودار 10- گشتاور خمشی وارد بر شفت دوم در راستای ۲- حالت اول

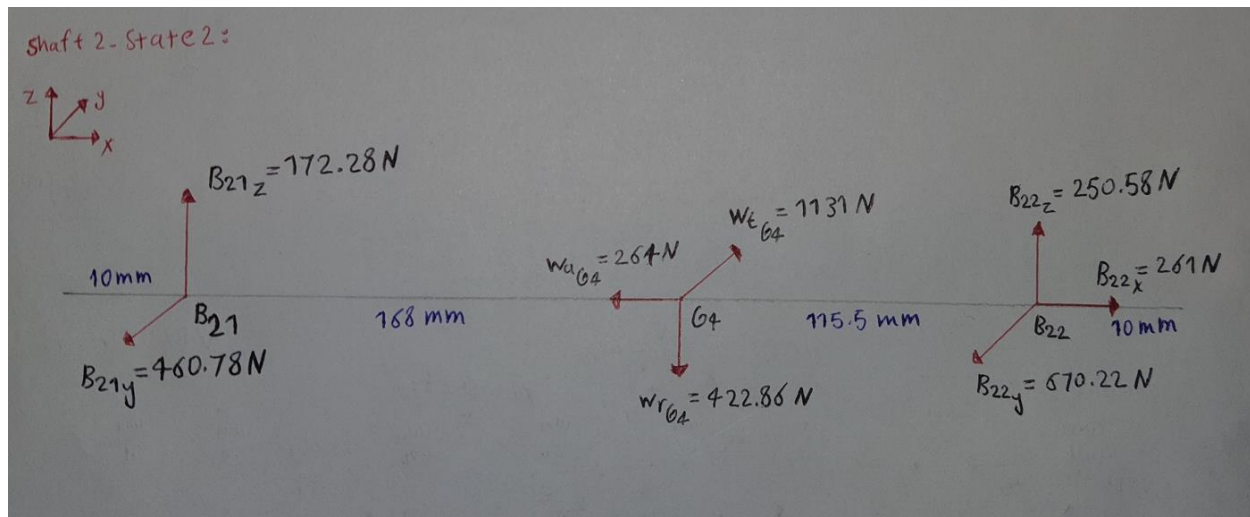


نمودار 11- گشتاور خمشی وارد بر شفت دوم در راستای Z- حالت اول



نمودار 12- گشتاور پیچشی وارد بر شفت دوم - حالت اول

شفت 2- حالت دوم:



شکل 5- دیاگرام آزاد شفت دو-حالت دوم

با توجه به اینکه چرخنده G_4 با چرخنده G_2 درگیر است، نیروهای G_2 در قسمت قبلی بدست آمده و از قانون سوم نیوتن نیروهای چرخنده G_4 نیز تعیین میشود.

$$\sum M_y = 0 \rightarrow (422.86)(168) - (B_{22z})(283.5) = 0$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow B_{21z} - 422.86 + 250.58 = 0$$

$$B_{21z} = 172.28 \text{ (N)}$$

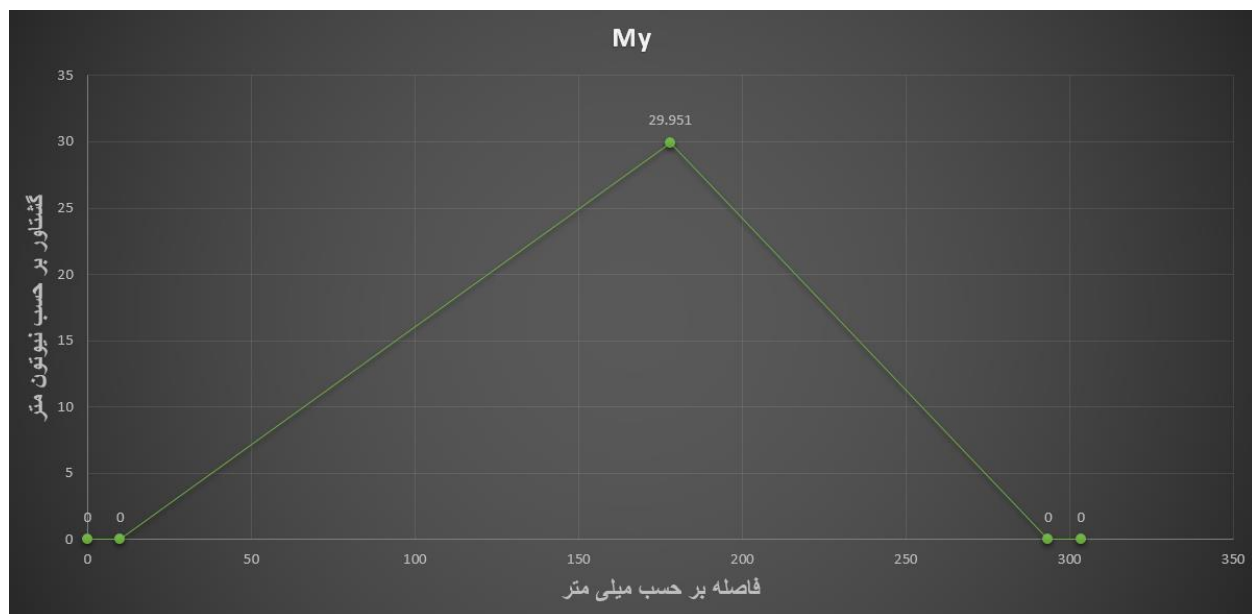
$$B_{22z} = 250.58 \text{ (N)}$$

$$\sum M_z = 0 \rightarrow (1131)(168) - (B_{22y})(283.5) = 0$$

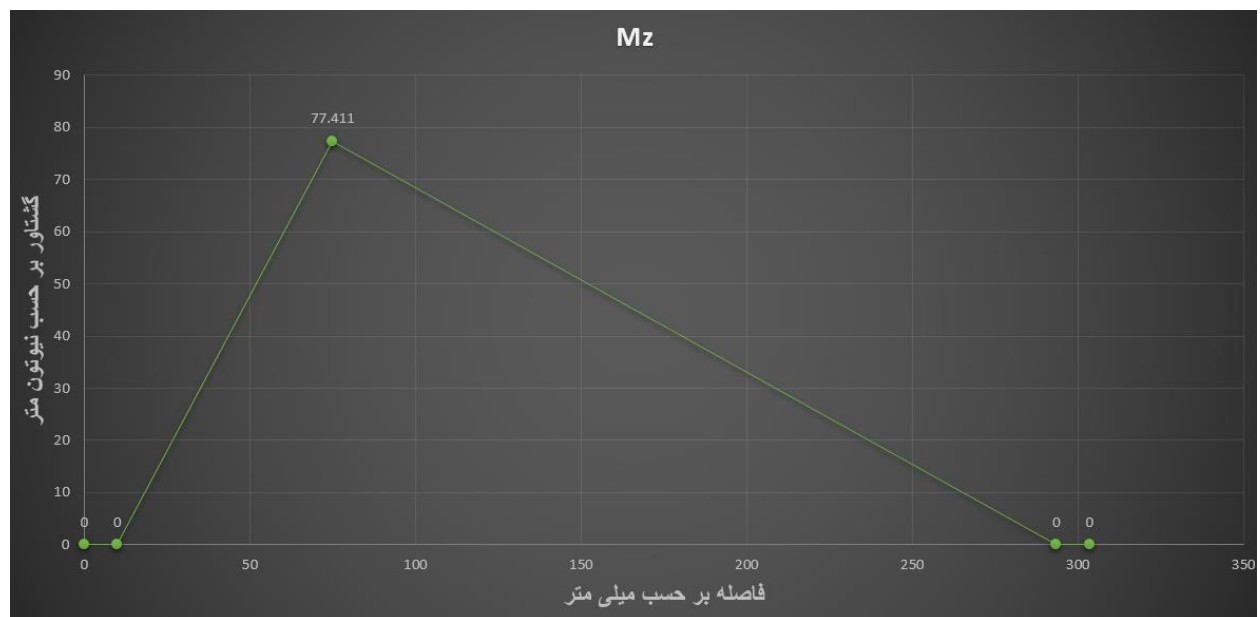
$$\sum F_y = 0 \rightarrow 1131 - B_{21y} - 670.22 = 0$$

$$B_{21y} = 460.78 \text{ (N)}$$

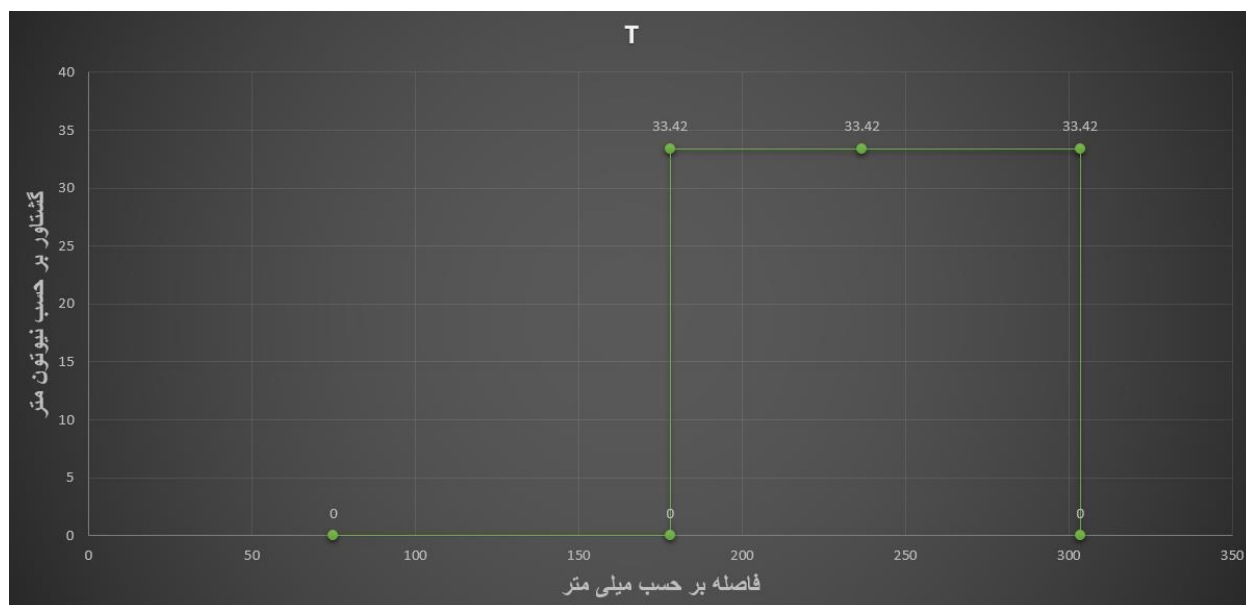
$$B_{22y} = 670.22 \text{ (N)}$$



نمودار 13- گشتاور خمشی وارد بر شفت دوم در راستای Y- حالت دوم

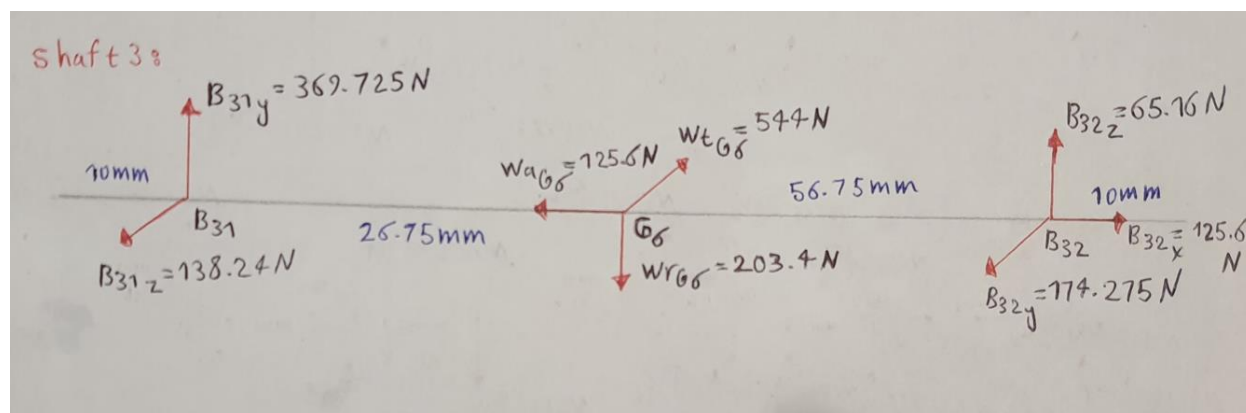


نمودار 14- گشتاور خمشی وارد بر شفت دوم در راستای Z- حالت دوم



نمودار 15- گشتاور پیچشی وارد بر شفت دوم - حالت دوم

شفت سوم:



شکل 6- دیاگرام آزاد شفت سه

با توجه به اینکه چرخدنده G6 با چرخدنده G5 درگیر است، نیروهای G5 در قسمت قبلی بدست آمده و از قانون سوم نیوتن نیروهای چرخدنده G6 نیز تعیین میشود.

$$\sum M_y = 0 \rightarrow (203.4)(26.75) - (B_{32z})(83.5) = 0$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow B_{31z} + B_{32z} - 203.4 = 0$$

$$B_{31z} = 138.24 \text{ (N)}$$

$$B_{32z} = 65.16 \text{ (N)}$$

$$\sum M_z = 0 \rightarrow (544)(26.75) - (B_{32y})(83.5) = 0$$

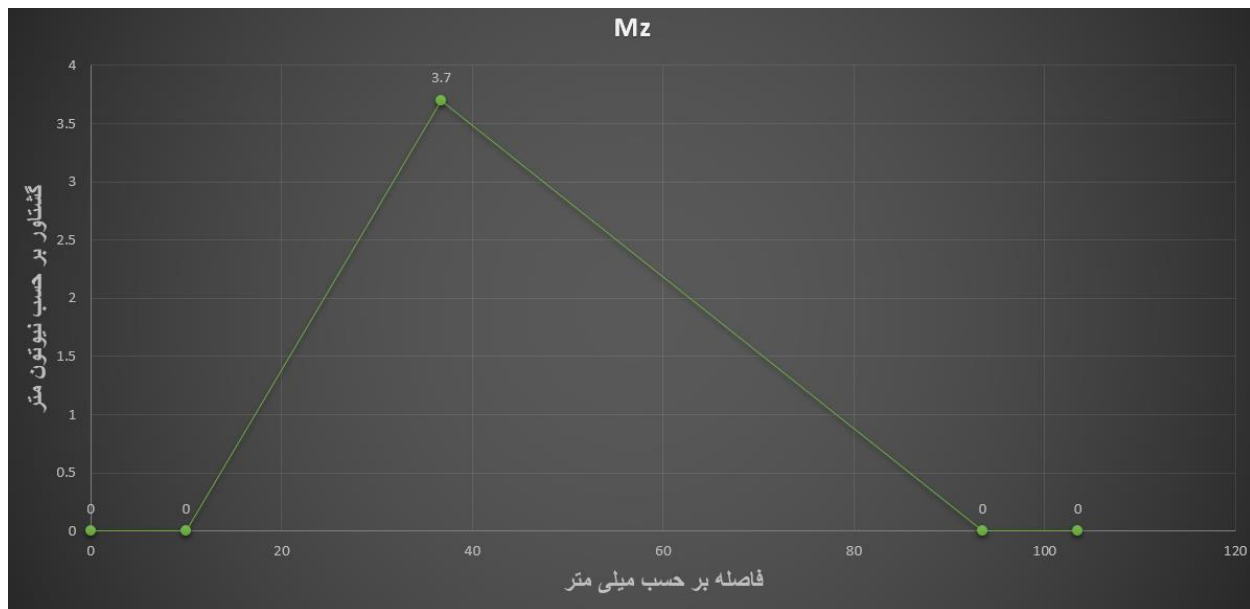
$$\sum F_y = 0 \rightarrow 549 - B_{31y} - B_{32y} = 0$$

$$B_{31y} = 369.725 \text{ (N)}$$

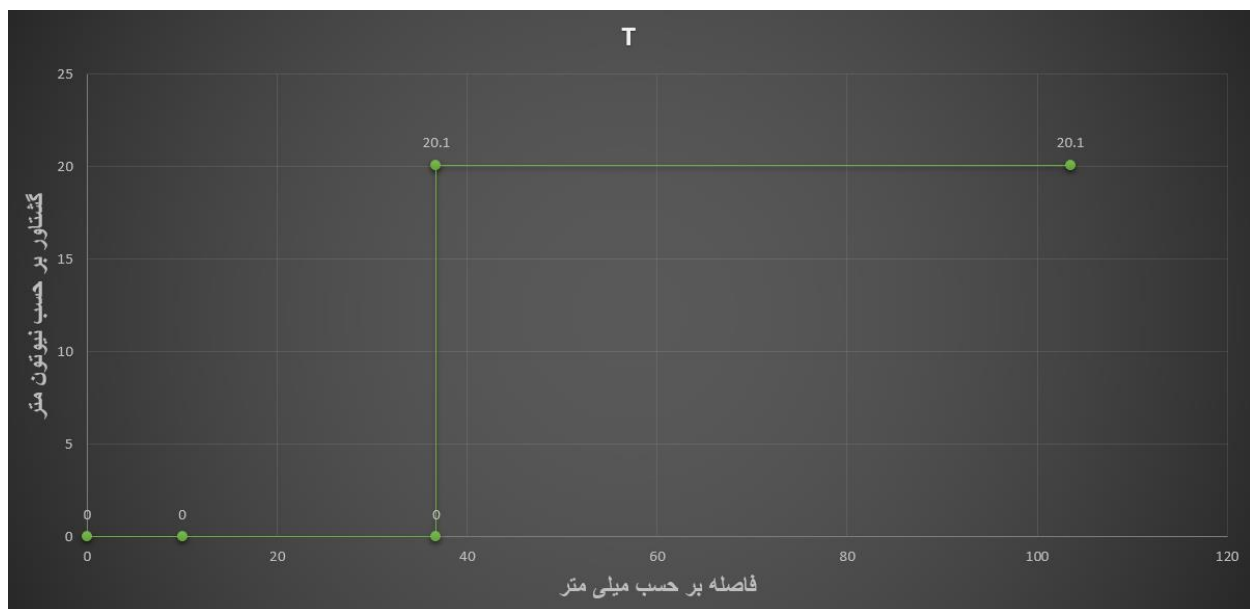
$$B_{32y} = 174.275 \text{ (N)}$$



نمودار 16- گشتاور خمشی وارد بر شفت سوم در راستای Y



نمودار 17- گشتاور خمشی وارد بر شفت سوم در راستای Z



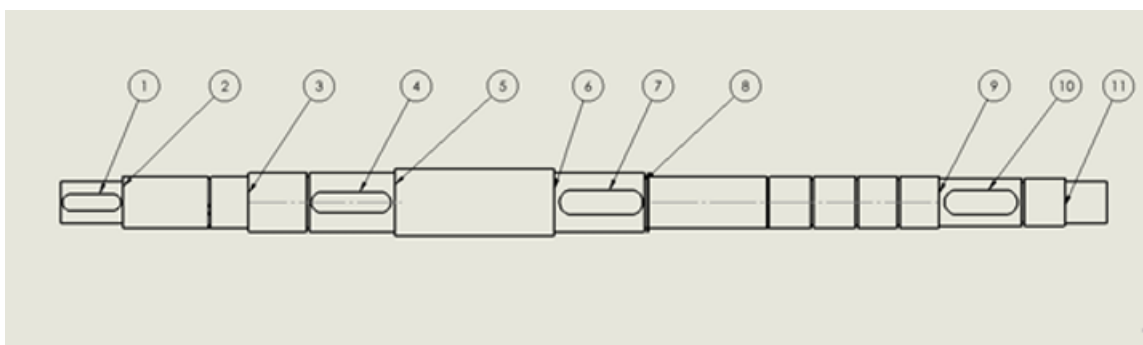
نمودار 18- گشتاور پیچشی وارد بر شفت سوم

4. طراحی شفت ها:

برای طراحی شفت با استفاده از محاسباتی که در قسمت های قبلی داشتیم و به کمک رابطه وستینگهاوس، قطر را در مقاطع بحرانی محاسبه میکنیم.

$$d = \sqrt[3]{\frac{32FS}{\pi} \sqrt{k_f^2 \left(\frac{M_m}{S_y} + \frac{M_a}{S_e}\right)^2 + k_{fs}^2 \left(\frac{T_m}{S_y} + \frac{T_a}{S_e}\right)^2}}$$

مقاطع بحرانی شفت 1 را در شکل زیر مشاهده میکنیم. ما قطرهای را با استفاده از کد متلب که در پیوست ضمیمه شده است محاسبه کردیم و یک نمونه محاسبات برای مقطع 4 ارایه کرده ایم.



با توجه به فرضیات که در ابتدای پروژه بیان شد داریم:

$$S_e' = 0.504 (630) = 317.52 \text{ Mpa}$$

حال باید ضرایب مارین را بدست آوریم:

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	S_{UTS} kpsi	S_{UTS} MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

$K_a \rightarrow a = 4.51$, $b = -0.265 \rightarrow K_a = 0.871$ (ضریب اصلاح سطح)

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

$K_b = 1.24 d^{-0.107} \rightarrow d=28 \rightarrow K_b = 0.868$ (ضریب اندازه)

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{bending} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion} \end{cases}$$

$K_c = 1$ (ضریب بارگذاری)

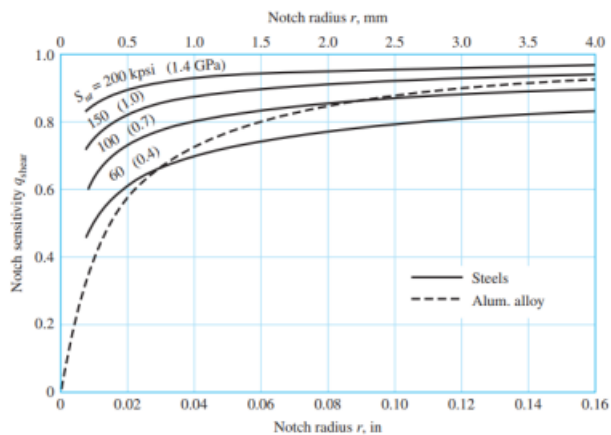
$K_d = 1$ (ضریب دما)

Reliability, %	Transformation Variate z_α	Reliability Factor k_σ
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

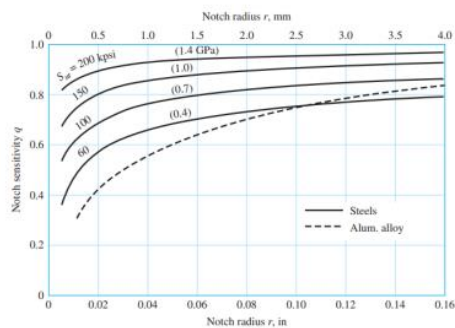
$K_e = 0.868$ (ضریب اطمینان)

ضرایب K_f و K_{fs} برای خار یا پله توسط نمودارهای زیر محاسبه میشوند.

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

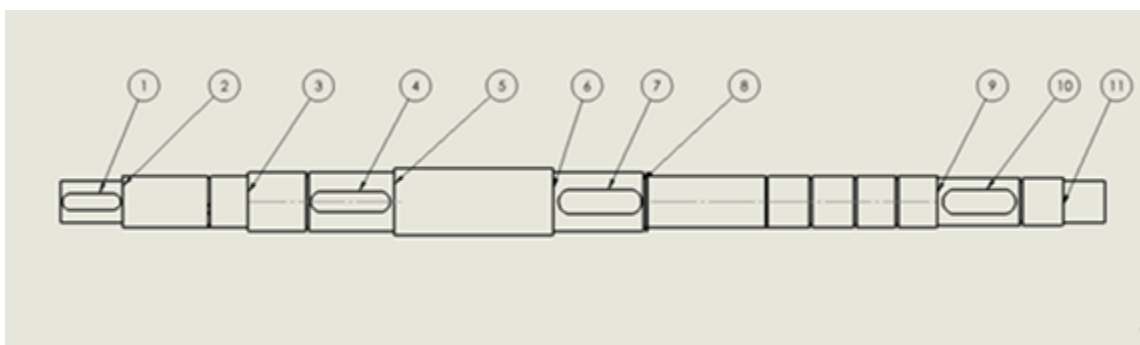
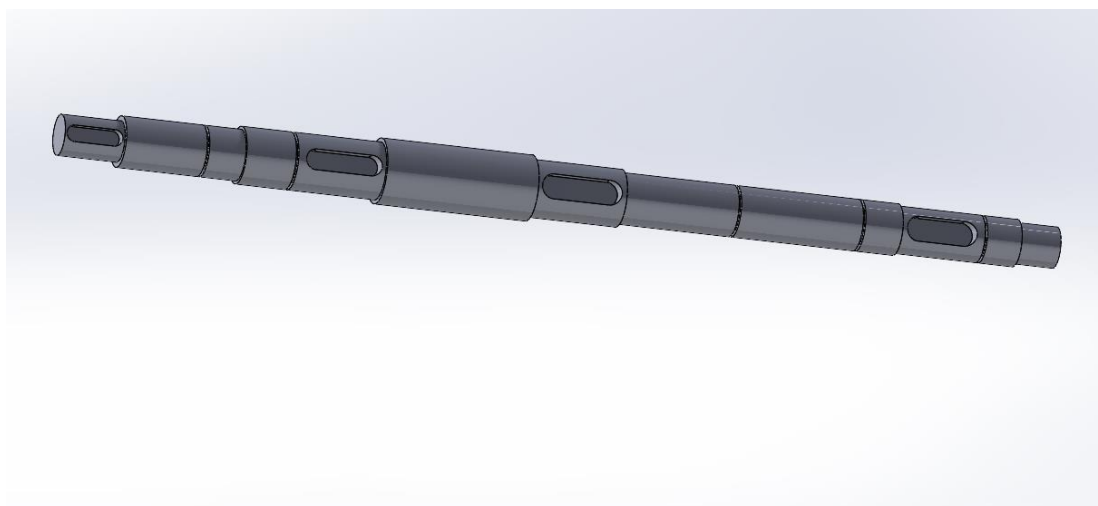


$$k_{fs} = 1 + q_s(k_{ts} - 1)$$



طراحی شفت 1

بنابر رابطه وستینگهاوس قطر شفت برای مقطع انتخابی در حالت سوم برابر 22.9 میلی متر بدست می آید که در نهایت با توجه به چیدمان شفت و ملاحظات طراحی آن را به طور معقول رند خواهیم کرد. بنابراین روند بدست آوردن قطر شفت در نقاط بحرانی همانند روند بالا میباشد. از این پس ما برای هر شفت جدول جامعی شامل نقاط بحرانی و قطر آن ها و در نهایت قطر نهایی را گزارش میکنیم. یادآوری میشود که کد متلب استفاده شده برای بدست آوردن سریع تر قطر ها ضمیمه شده است.



جدول جامع شفت 1:

num	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X	15	30	90	145	160	236	248	281	420	440	480
Kf	1.6	1.94	1.94	1.6	1.94	1.94	1.6	1.94	1.94	1.6	1.94
Kfs	1.3	1.69	1.69	1.3	1.69	1.69	1.3	1.69	1.69	1.3	1.69
حالت اول d	18.7	19.85	20.62	18.69	20.26	19.97	18.33	19.86	19.8	21.8	20.07
حالت دوم d	21	23	22.2	25.7	27	23.7	22	23.5	21.8	20.8	19.98
حالت سوم d	20.8	22.7	23.7	22.9	24.7	26.7	25.2	24.84	19.93	21.8	20.03
d final	20	25	28	28	32	32	28	28	25	25	23

برای هر شفت محاسبات خار را به صورت جداگانه ارایه کرده ایم.
رابطه ی محاسبه طول خار:

$$L = \frac{4T.FS}{dhS_y}$$

در رابطه بالا T مقدار گشتاور در محل خار و d قطر شفت و h عمق خار میباشند.

جداول مربوط به خار های مستطیلی و خار های فنری استفاده شده در طراحی شفت در پیوست آورده شده است.

محاسبات خار برای شفت 1:

1- چرخ زنجیر:

$$L = \frac{4 T F S}{d h S_y} = \frac{4 \times 131.31 \times 2}{20 \times 7 \times 370} = 17.775 \text{ mm}$$

طول جاخار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : L= 20mm

2- چرخدنده G₁ :

$$L = \frac{4 \times 125.34 \times 2}{28 \times 7 \times 370} = 13.83 \text{ mm}$$

طول جاکار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : $L = 28 \text{ mm}$

3- چرخنده G_2 :

$$L = \frac{4 \times 83.55 \times 2}{28 \times 7 \times 370} = 9.22 \text{ mm}$$

طول جاکار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : $L = 28 \text{ mm}$

4- چرخنده G_7 :

$$L = \frac{4 \times 88.55 \times 2}{23 \times 7 \times 370} = 11.2 \text{ mm}$$

طول جاکار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : $L = 23 \text{ mm}$

بنابر این حد دوام تصحیح شده بدست می آید:

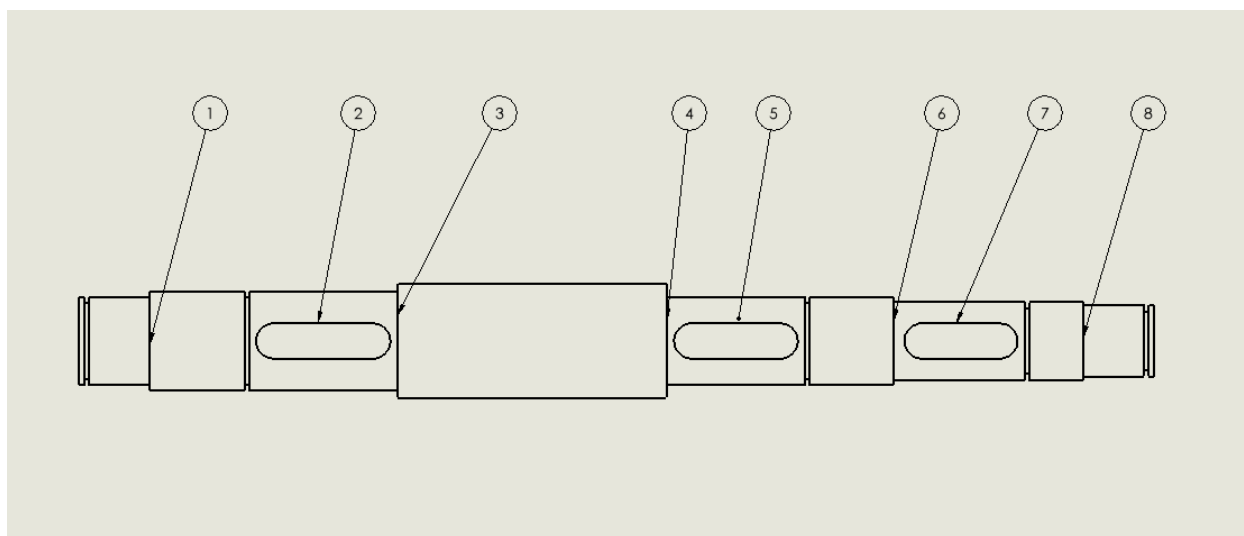
$$0.871 \times 0.868 \times 1 \times 1 \times 0.868 \times 1 \times 317.52 = 208.37 \text{ Mpa}$$

بنابر رابطه وستینگهاوس قطر شفت برای مقطع انتخابی در حالت سوم برابر 22.9 میلی متر بدست می آید که در نهایت با توجه به چیدمان شفت و ملاحظات طراحی آن را به طور معقول رند خواهیم کرد.

بنابراین روند بدست آوردن قطر شفت در نقاط بحرانی همانند روند بالا میباشد.

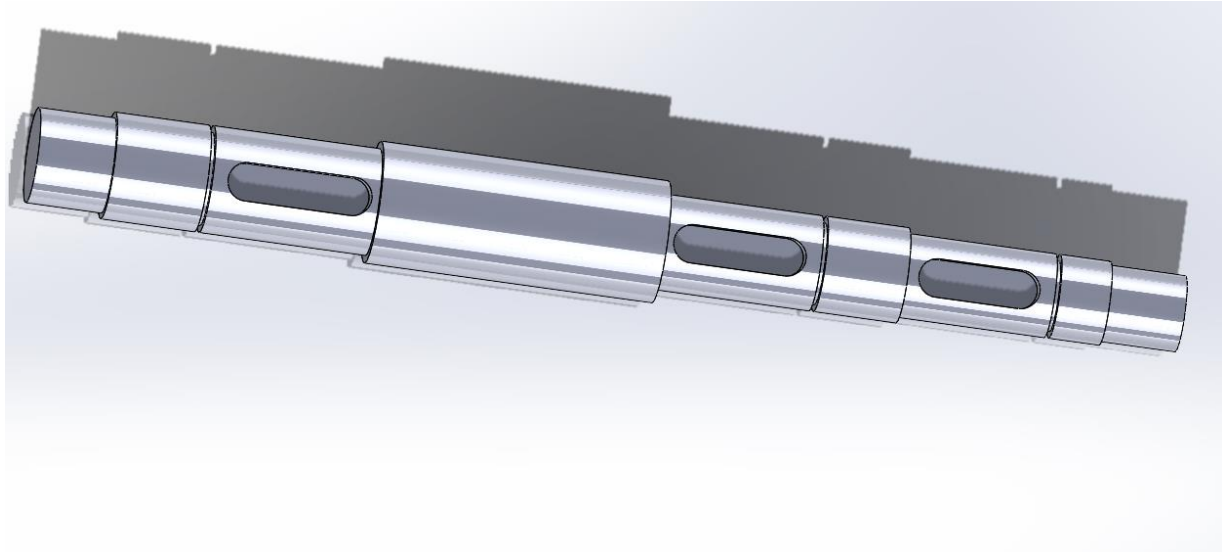
از این پس ما برای هر شفت جدول جامعی شامل نقاط بحرانی و قطر آن ها و در نهایت قطر نهایی را گزارش میکنیم. یادآوری میشود که کد متلب استفاده شده برای بدست آوردن سریع تر قطر ها ضمیمه شده است.

طراحی شفت 2:



روند طراحی همانند قبل است و در زیر جدول جامع شفت دو را داریم:

num	1	2	3	4	5	6	7	8
X	10	75	80	156	161	220	225	273.5
Kf	1.94	1.6	1.94	1.94	1.6	1.94	1.6	1.94
Kfs	1.69	1.3	1.69	1.69	1.3	1.69	1.3	1.69
حالت اول d	19.5	23.8	17.8	20.72	19.1	18.08	17.8	17.3
حالت دوم d	8.87	18.36	14.03	24.66	23.69	23.3	23.1	15.04
d final	25	28	32	25	25	22	22	20



محاسبات خار برای شفت 2:

1- چرخنده G_3 :

$$L = \frac{4 T F S}{d h S_y} = \frac{4 \times 63.66 \times 2}{28 \times 5 \times 370} = 9.824 \text{ mm}$$

طول جاکار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : $L = 28 \text{ mm}$

2- چرخنده G_4 :

$$L = \frac{4 \times 63.66 \times 2}{25 \times 5 \times 370} = 11.04 \text{ mm}$$

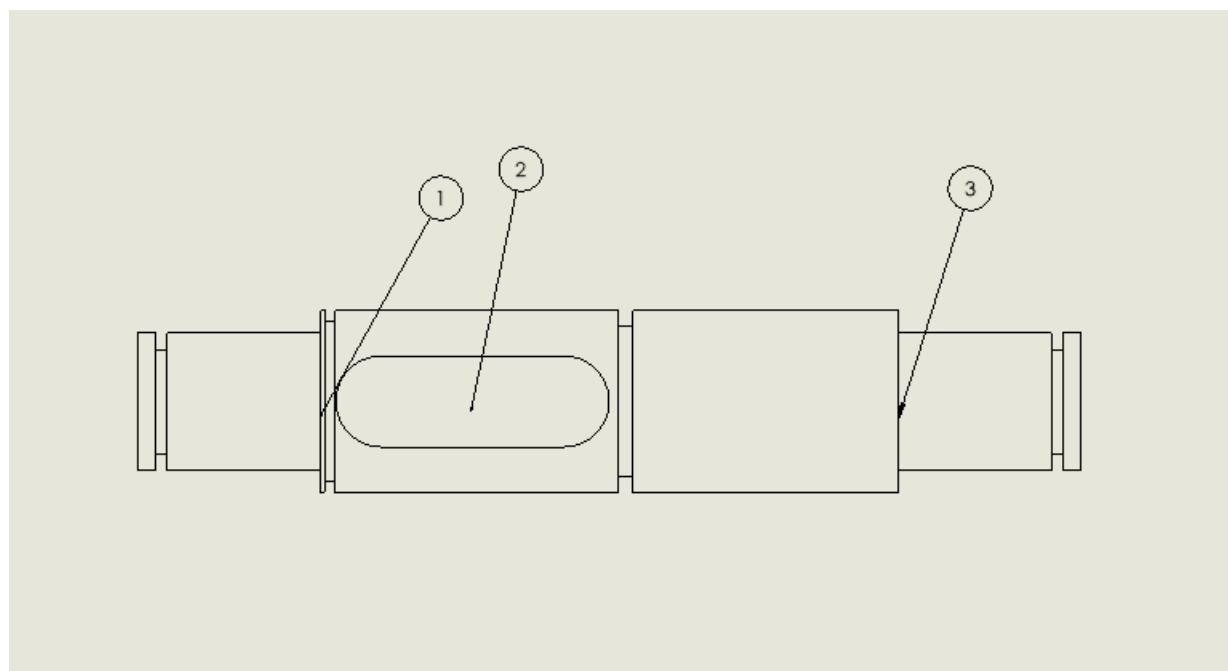
طول جاکار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : $L = 25 \text{ mm}$

3- چرخنده G_5 :

$$L = \frac{4 \times 55 \times 2}{22 \times 5 \times 370} = 10.81 \text{ mm}$$

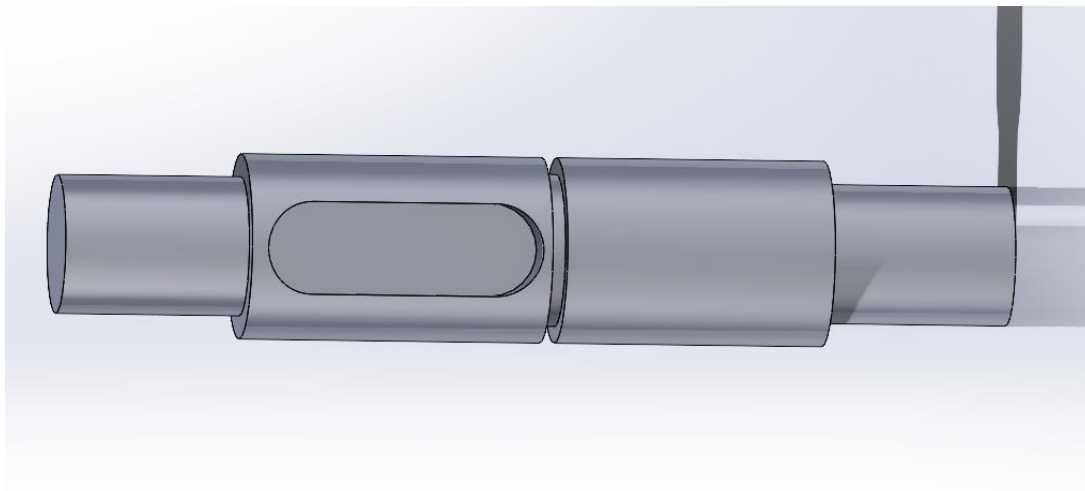
طول جاکار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : $L = 22 \text{ mm}$

طراحی شفت 3:



روند طراحی همانند قبل است و در زیر جدول جامع شفت سه را داریم:

num	1	2	3
X	10	25	83.5
Kf	1.94	1.6	1.94
Kfs	1.69	1.3	1.69
d	11.8	16.14	12.6
d final	15	20	15



محاسبات خار برای شفت 3:

1- چرخنده G_6 :

$$L = \frac{4 T F S}{d h S_y} = \frac{4 \times 20.1 \times 2}{20 \times 5 \times 370} = 4.346 \text{ mm}$$

طول جاخار، حداقل برابر قطر شفت است در نتیجه : $L = 20 \text{ mm}$

مقاطع بحرانی در شکل زیر نشان داده شده اند:

نقشه کامل شفت ها در پیوست آمده است.

5. بلبرینگ های زیر چرخنده های هرزگرد:

برای G_1 :

با توجه تحلیل نیرویی چرخنده 1، از برینگ سوزنی $K28 \times 33 \times 17$ استفاده میکنیم.

حداکثر قطر سوراخ چرخنده برابر $d=34\text{mm}$ میباشد و $C_0=33500$ و $C=19000$ که عمر مورد نیاز ما را تامین میکند. $d_{\text{Bearing}}=28\text{to}33$

برای G_2 :

با توجه تحلیل نیرویی چرخنده 2، از برینگ سوزنی $K28 \times 33 \times 17$ استفاده میکنیم.

حداکثر قطر سوراخ چرخنده برابر $d=45\text{mm}$ میباشد و $C_0=33500$ و $C=19000$ که عمر مورد نیاز ما را تامین میکند. $d_{\text{Bearing}}=28\text{to}33$

برای G_6 :

با توجه تحلیل نیرویی چرخنده 2، از برینگ سوزنی $K20 \times 30 \times 30$ استفاده میکنیم.

$$d_{\text{Bearing}}=20\text{to}30$$

کاتالوگ مربوط به این برینگ ها در پیوست ضمیمه شده است.

6. طراحی برینگ های اصلی:

عمر مورد نیاز (محاسبه با ماکزیمم سرعت = 1000rpm)

$$15(y) \times 250(d) \times 12(h) \times 60(\text{min}) \times 1000(\text{rpm}) = 2.7 \times 10^9$$

B₁₁:

حالت اول فقط چرخنده G₇ و G₈ درگیر باشند:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 414.705 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

حالت دوم علاوه بر دو چرخنده بالا چرخنده های G₁ و G₃ نیز درگیر باشند:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 1285.6 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

حالت سوم علاوه بر دو چرخنده G₇ و G₈، چرخنده های G₂ و G₄ نیز درگیر باشند:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 629.3 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

$$P = \sqrt[3]{(0.2 \times (414.7^3) + 0.3 \times (1285.6^3) + 0.5 \times (629.3^3))} = 938.85 \text{ N}$$

به عنوان اولین حدس 6305 را انتخاب میکنیم:

رابطه عمر برینگ:

$$L = a_1 a_2 \left(\frac{C_{10}}{nP} \right)^a$$

a₁ ضریب قابلیت اطمینان است که برابر 95 درصد در نظر میگیریم. (a₁=0.62)

a₂ ضریب دما است که چون دمای کاری دمای عادی است، آن را برابر یک در نظر میگیریم.

C₁₀ برابر ظرفیت دینامیکی برینگ میباشد که از کاتالوگ قابل استخراج است.

99	98	97	96	95	90	50	درصد قابلیت اطمینان
0.21	0.33	0.44	0.53	0.62	1	5	ضریب a_1

250-300	200-250	150-200	150 تا	دما (سانتی گراد)
0.6	0.75	0.9	1	ضریب a_2

n ضریب بار میباشد که 1.3 را برای چرخنده و 1.2 را برای بارگذاری ملایم و ضریب 2 را برای نزدیک بودن برینگ B_{11} به چرخ زنجیر در نظر میگیریم بنابراین:

$$n = 1.3 \times 1.2 \times 2 = 3.12$$

با توجه به کاتالوگ ظرفیت دینامیکی 6305 برابر 22500 میباشد.

$$L = a_1 a_2 \left(\frac{C_{10}}{nP} \right)^3 \rightarrow L = 2 \times 10^8 \text{ مورد پذیرش نیست زیرا عمر مورد نیاز ما را تامین نمیکند.}$$

حدس بعدی برینگ 22205 cc که برینگ مخروطی است. ظرفیت دینامیکی این برینگ برابر:

$$C_0 = 35700, D = 52\text{mm} \rightarrow L = 4.164 \times 10^9$$

این برینگ عمر مورد نیاز ما را تامین میکند و بنابراین قابل قبول است.

B_{12} :

برینگ 6205 را حدس میزنیم. $C_0 = 6950$ و $C_{10} = 14000$ میباشد.

برای حالات مختلفی که در بالا گفته شد به ترتیب نیرو را محاسبه میکنیم:

حالت اول:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 80.465 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

حالت دوم:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 487.13 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

حالت سوم:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 801.6 \text{ N}$$

$$F_a = 261 \text{ N}$$

در این حالت نکته اینجاست که نیروی محوری داریم و این نیرو را به برینگ B₁₂ داده ایم.

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{261}{6950} = 0.0375 \rightarrow e = 0.224$$

از جدول ضرایب بار محوری و شعاعی استفاده میکنیم.

همچنین رابطه بار معادل به صورت زیر است:

$$P = F_e = XVF_r + YF_a$$

F_a/C_0	e	$F_a/(VF_r) \leq e$		$F_a/(VF_r) > e$	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{261}{1 \times 801.6} = 0.3255 > e \rightarrow X = 0.56, Y = 1.96$$

$$F_e = 0.56 \times 801.6 + 1.96 \times 261 = 960.458 \text{ N}$$

$$P = \sqrt[3]{(0.2 \times (80.465^3) + 0.3 \times (487.13^3) + 0.5 \times (960.458^3))} = 781.76 \text{ N}$$

برای این برینگ قابلیت اطمینان را برابر 95 درصد و دما را تا 150 درجه در نظر میگیریم:

$$a_1 = 0.62, a_2 = 1$$

ضریب بارگذاری به صورت 1.3 برای چرخدنده و 1.2 برای بار ملایم تاثیر داده میشود:

$$n = 1.2 \times 1.3 = 1.56$$

$$L = 0.62 \times 1 \times \left(\frac{14000}{1.56 \times 781.76} \right)^3 = 937 \times 10^6$$

عمر مورد نیاز ما تامین نمیشود و بنابر این باید سراغ دیگری برویم:

6305

$$C_0 = 11400, C_{10} = 22500$$

نیرو در حالت های اول و دوم تغییر نمیکند چون بار محوری نداریم و تنها برای حالت سوم باید بار معادل را مجدد محاسبه کنیم:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 801.6 \text{ N}$$

$$F_a = 261 \text{ N}$$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{261}{11400} = 0.0228 \rightarrow e = 0.228$$

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{261}{1 \times 801.6} = 0.3255 > e \rightarrow X = 0.56, Y = 1.932$$

$$F_e = 0.56 \times 801.6 + 1.932 \times 261 = 953.67 \text{ N}$$

$$P = \sqrt[3]{(0.2 \times (80.465^3) + 0.3 \times (487.13^3) + 0.5 \times (953.67^3))} = 776.65 \text{ N}$$

$$L = 0.62 \times 1 \times \left(\frac{22500}{1.56 \times 776.65} \right)^3 = 3.8 \times 10^9$$

بنابر این 6305 قابل قبول است و انتخاب میشود.

$$d = 25 \text{ mm}, D = 62 \text{ mm}$$

برای تکه ی دوم شفت اول بارگذاری ثابت است و تنها کافی است یک حالت را بررسی کنیم.

بار محوری را به برینگ B₁₄ میدهم:

B₁₃:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 1169.1 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

برینگ 6404 را به عنوان انتخاب اول بررسی میکنیم:

$$C_0 = 19600, C = 35800$$

با ضریب اطمینان 95 درصد و دما تا 120 درجه برای بارگذاری حالت قبل:

$$L = 0.62 \times 1 \times \left(\frac{19600}{1.56 \times 1169.1} \right)^3 = 4.689 \times 10^9$$

بنابراین برینگ عمر مورد انتظار ما را داراست و مناسب است. $d = 25\text{mm}$ و $D = 80\text{mm}$

B₁₄ :

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 1169.1 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

به عنوان اولین حدس 6404 را انتخاب میکنیم:

$$C_0 = 16600, C = 30700$$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{118}{16600} = 0.0071 \rightarrow e = 0.19$$

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{118}{1 \times 1169.1} = 0.1 < e \rightarrow X = 1, Y = 0$$

$$F_e = 1 \times 801.6 + 0 \times 261 = 1169.1 \text{ N}$$

$$L = 0.62 \times 1 \times \left(\frac{30700}{1.56 \times 1169.1} \right)^3 = 2.597 \times 10^9$$

عدد بدست آمده بسیار نزدیک به عمر مورد نیاز ماست. از آنجایی که نمیخواهیم اوردیزاین کنیم و همچنین قابلیت اطمینان را نیز 95 درصد گرفته ایم، این برینگ مورد پذیرش است. اگر قابلیت اطمینان را 90 درصد در نظر گرفته بودیم، آنگاه:

$$L = 4.7 \times 10^9$$

طراحی برینگ های شفت دوم:

نیروی محوری را به برینگ B22 می‌دهیم:

B21:

$$L = 15 \times 250 \times 2 \times 6 \times 60 \times (600 \times 0.3 + 1000 \times 0.5) = 1836 \times 10^6$$

$$L2 = 15 \times 250 \times 2 \times 6 \times 60 \times 600 \times 0.3 = 486 \times 10^6$$

$$L3 = 15 \times 250 \times 2 \times 6 \times 60 \times 1000 \times 0.5 = 1350 \times 10^6$$

$$\alpha2 = \frac{L2}{L} = 0.265$$

$$\alpha3 = \frac{L3}{L} = 0.735$$

حالت اول:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 1257.58 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

حالت دوم:

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 510.715 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

برای حدس اول برینگ 6305 را انتخاب می‌کنیم:

$$C_{10} = 22500$$

ضریب اطمینان را برابر 95 درصد در نظر میگیریم و دما عادی و شرایط بارگذاری همانند حالت قبل است:

$$P = \sqrt[3]{0.265 \times (1257.58^3) + 0.735 \times (510.715^3)} = 854.96 \text{ N}$$

$$L = 1 \times 0.62 \times \left(\frac{22500}{1.56 \times 854.96} \right)^3 = 2.97 \times 10^9$$

بنابراین 6305 قابل قبول است و عمر مورد نیاز ما را تامین میکند. $D = 62 \text{ mm}$, $d = 25 \text{ mm}$.

B₂₂ :

6304 را به عنوان حدس اول انتخاب میکنیم: $C_{10} = 15900$, $C_0 = 7800$

حالت اول :

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 55.88 \text{ N}$$

$$F_a = 125.6 \text{ N}$$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{125.6}{7800} = 0.016 \rightarrow e = 0.2$$

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{125.6}{1 \times 55.88} = 2.24 > e \rightarrow X = 0.56 , Y = 2.22$$

$$F_e = 0.56 \times 55.88 + 2.22 \times 125.6 = 310.12 \text{ N}$$

حالت دوم :

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 715.53 \text{ N}$$

$$F_a = 261 \text{ N}$$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{261}{7800} = 0.033 \rightarrow e = 0.23$$

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{261}{1 \times 715.53} = 0.365 > e \rightarrow X = 0.56 , Y = 1.92$$

$$F_e = 0.56 \times 715.53 + 1.92 \times 261 = 901.81 \text{ N}$$

$$P = \sqrt[3]{0.265 \times (310.12^3) + 0.735 \times (901.81^3)} = 817.8 \text{ N}$$

ضریب اطمینان را برابر 90 درصد در نظر میگیریم و شرایط بارگذاری همانند حالت قبل است:

$$L = 1 \times 1 \times \left(\frac{15900}{1.56 \times 817.8} \right)^3 = 2.8 \times 10^9$$

عمر مورد نیاز را تامین میکند و قابل قبول است.

$$6304 \rightarrow D=52\text{mm}, d=20\text{mm}$$

طراحی برینگ های شفت سوم:

نیروی محوری را به برینگ B₃₂ میدهم:

B₃₁ :

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 394.72 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

سرعت دورانی شفت سه پایین تر از شفت های یک و دو است بنابراین عمر را یکبار دیگر حساب میکنیم:

$$15(y) \times 250(d) \times 12(h) \times 60(\text{min}) \times 250(\text{rpm}) = 0.675 \times 10^9$$

حدس اولیه برینگ 6302 با مشخصات C₁₀ = 11400 و C₀ = 5400

با ضریب اطمینان 90 درصد:

$$L = 1 \times 1 \times \left(\frac{11400}{1.56 \times 394.72} \right)^3 = 0.674 \times 10^9$$

برینگ عمر مورد نیاز را تامین میکند و قابل قبول است. اگر کلاس را بالا ببریم اوردیزاین میشود و نیازی به اینکار نیست.

B₃₂:

برای حدس اول 6302 را انتخاب میکنیم. $C = 7800$ و $C_0 = 3550$

$$F_r = \sqrt{F_y^2 + F_z^2} = 186.1 \text{ N}$$

$$F_a = 125.6$$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{125.6}{3550} = 0.035 \rightarrow e = 0.23$$

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{125.6}{1 \times 186.1} = 0.67 > e \rightarrow X = 0.56, Y = 1.92$$

$$F_e = 0.56 \times 186.1 + 1.92 \times 125.6 = 345.368 \text{ N}$$

با ضریب اطمینان 95 درصد:

$$L = 0.62 \times 1 \times \left(\frac{7800}{1.56 \times 345.368} \right)^3 = 1.8 \times 10^9$$

عمر زیادی است و مقداری اوردیزاین میشود بنابراین برینگ دیگری را انتخاب میکنیم:

حدس بعدی 6002 : $C = 5590$, $C_0 = 2500$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{125.6}{2500} = 0.05 \rightarrow e = 0.25$$

$$\frac{F_a}{V F_r} = \frac{125.6}{1 \times 186.1} = 0.67 > e \rightarrow X = 0.56, Y = 1.78$$

$$F_e = 0.56 \times 186.1 + 1.78 \times 125.6 = 227.784 \text{ N}$$

با ضریب اطمینان 95 درصد:

$$L = 0.62 \times 1 \times \left(\frac{5590}{1.56 \times 227.784} \right)^3 = 810 \times 10^6$$

برینگ مناسب است.

نحوه تثبیت قطعات:

همانطور که در قسمت های قبلی گفته شد برای تثبیت دورانی و محوری اجزا روی شفت از پله، خار مستطیلی و همچنین خار فنری استفاده کرده ایم که در نقشه های شفت مشخص هستند.

همچنین برای تثبیت محوری پولی روی شفت یک از پیچ و مهره استفاده می کنیم که باید قطر سوراخ یک چهارم قطر شفت یعنی 5 cm باشد و پیچ M5 نیاز است و از یک واشر با قطر خارجی 30 mm استفاده می کنیم.

تمام بلبرینگ ها با پرس فیت تثبیت دورانی می شوند.

برای تثبیت محوری چرخنده 6 روی شفت از سمت راست با خار فنری و از سمت چپ با بوش حلقه ای انجام می دهیم و تثبیت دورانی نیز با خار مستطیلی انجام می شود. هردو بلبرینگ این شفت نیز از یک طرف با پله شفت تثبیت شده اند و از طرف دیگر با پله پوسته تثبیت شده اند.

چرخنده 3 روی شفت 2 از سمت راست با پله و از سمت چپ با خار فنری تثبیت محوری می شود. چرخنده 4 و 5 نیز از سمت راست با خار فنری و از سمت چپ با پله تثبیت محوری شده اند. هر سه چرخنده نیز با خار مستطیلی تثبیت دورانی شده اند. هردو بلبرینگ این شفت نیز از یک طرف با پله شفت تثبیت محوری شده اند و از طرف دیگر با پله پوسته تثبیت محوری شده اند.

چرخنده 1 از سمت راست با پله و از سمت چپ با خار فنری تثبیت محوری می شود. چرخنده 3 و 7 از سمت راست با خار فنری و از سمت چپ با پله تثبیت محوری می شوند و همه چرخنده ها با خار مستطیلی تثبیت دورانی می شوند. B11 و B12 و B14 از یک طرف با پله پوسته و از طرف دیگر با پله شفت تثبیت محوری می شوند. B13 با خار فنری تثبیت محوری می شود.

همچنین برای تثبیت برینگ ها روی بدنه پوسته گیربکس، برینگ را پرس فیت میکنند. همچنین میتوانیم از پیچ تثبیت استفاده کرده و برینگ ها را بر روی پوسته بدین شکل تثبیت کنیم. روش دیگری که میتوان استفاده کرد و در برخی خودرو ها استفاده میشود، استفاده از مهره و واشر قفل کن برای تثبیت برینگ به بدنه میباشد. جداول خار های استفاده شده در پیوست آورده شده است.

نحوه تفرانس گذاری:

برای اینکه در سرتاسر پروژه روند تفرانس گذاری یکسان باشد، شفت را مبنای تفرانس میگذاریم
(h برای شفت) همچنین تفرانس گذاری برای خار ها و جاکار ها به ترتیب به صورت J9 و n9 انجام شده است.
جدول تفرانس قطر شفت در پیوست آورده شده است.

محاسبات قیمت:

در تاریخ هشت دی ماه 1401، در سایت <https://www.shahrahan.com> هر کیلو فولاد ck45 به قیمت 44800 تومان به فروش میرود. وزن شفت های ما به ترتیب 2.3، 1.6 و 1 کیلوگرم میباشد که در مجموع حدود 5 کیلوگرم میشود بنابراین قیمت شفت ها برابر: 224 هزار تومان میشود.

با توجه به خدمات سایت shahr-service.ir هر واحد تراشکاری مانند جای خار یا پله حدود 100 هزار تومان هزینه دارد که برای این پروژه چیزی حدود سه میلیون و هفتصد هزار تومان میشود.

قیمت برینگ ها نیز در زیر آورده شده است:

قیمت برینگ های سوزنی بین 60 تا 80 تومن: منبع سایت ترب-از سه برینگ سوزنی استفاده کردیم.

قیمت برینگ های ساده را از <https://fidargostar.net> بدست میاوریم:

دو عدد برینگ 6302 با قیمت 33 هزار تومان

برینگ 6305 با قیمت 69 تومان - 3 عدد

برینگ 6205 نیز قیمتی حدود 51 تومان دارد

برینگ های 6404 و 6304 در سایت موجود نبودند ولی حدود قیمت 60 تومان را میشود برای آن ها در نظر گرفت.

تخمین از هزینه ساخت پوسته گیربکس نیز حدود 1 میلیون تومان است

مجموع هزینه فاز دوم پروژه: حدود 5 میلیون و شش صد هزار تومان

منابع

جزوه استاد نورانی

کتاب طراحی اجزای شیگلی

کاتالوگ های شرکت SKF

<https://www.shahrahan.com/heat-treatment-steel/ck45-steel>

سایت ترب

پیوست:

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation	Associated radial shaft seals ¹⁾			
F _w	E _w	U	C	C ₀	P _u	Reference speed	Limiting speed			Single lip	Double lip		
mm			kN		kN	r/min		g	—	—			
16	20	10	7,48	10	1,16	24 000	26 000	5,5	K 16x20x10	—	—		
	20	13	8,58	12	1,37	24 000	26 000	7,5	K 16x20x13	—	—		
	20	17	11,2	17	2	24 000	26 000	10	K 16x20x17	—	—		
	22	12	11	12,5	1,5	22 000	26 000	10	K 16x22x12	G 16x22x3	SD 16x22x3		
	22	16	14,2	17,6	2,12	22 000	26 000	12	K 16x22x16	G 16x22x3	SD 16x22x3		
	22	20	17,6	22,8	2,8	22 000	26 000	17	K 16x22x20	G 16x22x3	SD 16x22x3		
	24	20	20,5	23,6	2,9	22 000	24 000	22	K 16x24x20	G 16x24x3	SD 16x24x3		
	17	21	10	7,81	10,8	1,22	22 000	26 000	5,5	K 17x21x10	—	—	
		18	24	12	12,1	15	1,8	20 000	24 000	12	K 18x24x12	G 18x24x3	SD 18x24x3
			19	23	13	9,13	13,7	1,6	20 000	24 000	8	K 19x23x13	—
20		24		10	8,58	12,9	1,46	20 000	22 000	6,5	K 20x24x10	—	—
	24	13	9,52	14,6	1,66	20 000	22 000	9	K 20x24x13	—	—		
	24	17	12,5	20,8	2,4	20 000	22 000	12	K 20x24x17	—	—		
	26	17	18,3	26	3,2	19 000	22 000	16	K 20x26x17	G 20x26x4	SD 20x26x4		
	26	20	20,1	29	3,6	19 000	22 000	19	K 20x26x20	G 20x26x4	SD 20x26x4		
	28	20	22,9	28,5	3,45	18 000	20 000	27	K 20x28x20	G 20x28x4	SD 20x28x4		
	28	25	29,2	39	4,9	18 000	20 000	32	K 20x28x25	G 20x28x4	SD 20x28x4		
	30	30	34,1	41,5	5,2	17 000	20 000	49	K 20x30x30	—	—		
21	25	13	9,68	15,3	1,76	19 000	22 000	9	K 21x25x13	—	—		
22	26	10	8,8	13,7	1,56	18 000	20 000	7,5	K 22x26x10	—	—		
	26	13	10,1	16,3	1,86	18 000	20 000	9,5	K 22x26x13	—	—		
	26	17	13,2	22,8	2,7	18 000	20 000	12	K 22x26x17	—	—		
	28	17	18,3	27	3,25	17 000	20 000	18	K 22x28x17	G 22x28x4	SD 22x28x4		
	29	16	19,4	25,5	3,05	17 000	19 000	16	K 22x28x16	—	—		
	30	15	19	23,6	2,8	17 000	19 000	18	K 22x30x15 TN	G 22x30x4	SD 22x30x4		
	23	35	16	24,2	23,2	2,9	15 000	17 000	29	K 23x35x16 TN	—	—	
		24	28	10	9,35	15	1,73	17 000	19 000	8,5	K 24x28x10	—	—
28			13	10,6	18	2,08	17 000	19 000	10	K 24x28x13	—	—	
30	17		18,7	27,5	3,4	16 000	18 000	19	K 24x30x17	—	—		
25	29	10	9,52	15,6	1,8	16 000	18 000	8,5	K 25x29x10	—	—		
	29	13	10,8	18,6	2,16	16 000	18 000	11	K 25x29x13	—	—		
	30	17	17,9	30,5	3,6	16 000	18 000	16	K 25x30x17	—	—		
	30	20	20,9	36,5	4,4	16 000	18 000	18	K 25x30x20	—	—		
	32	16	19,8	27,5	3,35	15 000	17 000	21	K 25x32x16	G 25x32x4	—		
	33	20	27,5	38	4,65	15 000	17 000	33	K 25x33x20	G 25x33x4	SD 25x33x4		
	35	30	44,6	62	7,8	15 000	17 000	65	K 25x35x30	G 25x35x4	SD 25x35x4		
	26	30	13	11,2	19,6	2,28	16 000	18 000	11	K 26x30x13	—	—	
28		33	13	14,7	24,5	2,85	14 000	16 000	13	K 28x33x13	—	—	
	33	17	19	33,5	4,05	14 000	16 000	17	K 28x33x17	—	—		
30	35	13	15,1	25,5	3	13 000	15 000	14	K 30x35x13	—	—		
	35	17	18,7	34	4,05	13 000	15 000	19	K 30x35x17	—	—		
	35	27	29,2	60	7,35	13 000	15 000	30	K 30x35x27	—	—		
	37	18	25,1	39	4,65	13 000	15 000	30	K 30x37x18	G 30x37x4	SD 30x37x4		
	40	30	46,8	69,5	8,65	12 000	14 000	73	K 30x40x30	G 30x40x4	SD 30x40x4		

* Popular item
 † For additional information → skf.com/heads

SKF

Product data online → skf.com/ge/17000-7-1

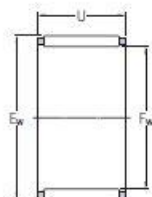
615

7.1



7.1 Needle roller and cage assemblies

F_w 32 – 100 mm



7.1

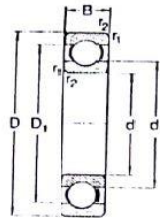


Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation	Associated radial shaft seals ¹⁾	
F _w	E _w	U	C _d	C _s	P _u	Reference speed	Limiting speed			Single lip	Double lip
mm			kN	kN	kN	r/min		g	–	–	
32	37	13	14,7	25,5	3	13 000	14 000	18	K 32x37x13	–	–
	37	17	19	35,5	4,25	13 000	14 000	19	K 32x37x17	–	–
	38	20	25,1	45	5,6	12 000	14 000	30	K 32x38x20	–	–
	40	25	35,8	58,5	7,2	12 000	14 000	49	K 32x40x25	–	–
	40	13	15,4	28	3,25	12 000	13 000	19	K 35x40x13	–	–
	40	17	19,8	39	4,65	12 000	13 000	21	K 35x40x17	–	–
	40	27	23,8	49	6	12 000	13 000	39	K 35x40x27 TN	–	–
	42	16	23,3	37,5	4,5	11 000	13 000	34	K 35x42x16	G 35x42x4	SD 35x42x4
	42	18	26,4	44	5,3	11 000	13 000	34	K 35x42x18	G 35x42x4	SD 35x42x4
	45	20	35,2	50	6,2	11 000	12 000	56	K 35x45x20	G 35x45x4	SD 35x45x4
37	42	17	21,6	43	5,2	11 000	13 000	22	K 37x42x17	–	–
38	43	17	19,8	39	4,65	11 000	12 000	29	K 38x43x17	–	–
	46	32	52,3	100	12,5	10 000	12 000	76	K 38x46x32	–	–
40	45	17	20,5	41,5	5	10 000	12 000	31	K 40x45x17	–	–
	45	27	31,4	73,5	9	10 000	12 000	46	K 40x45x27	–	–
	48	20	34,7	58,5	7,35	10 000	11 000	49	K 40x48x20	–	–
42	47	17	20,9	43	5,2	10 000	11 000	32	K 42x47x17	–	–
	50	20	33,6	57	7,1	9 500	11 000	53	K 42x50x20	–	–
43	48	17	20,9	43	5,2	9 500	11 000	30	K 43x48x17	–	–
45	50	17	21,6	46,5	5,6	9 000	10 000	34	K 45x50x17	–	–
	50	27	33	81,5	10	9 000	10 000	52	K 45x50x27	–	–
	53	28	49,5	98	12,2	9 000	10 000	81	K 45x53x28	–	–
47	52	17	22,4	49	6	9 000	10 000	35	K 47x52x17	–	–
50	55	20	25,5	60	7,2	8 500	9 500	43	K 50x55x20	–	–
	55	30	37,4	98	12	8 500	9 500	65	K 50x55x30	–	–
	57	18	31,9	64	7,8	8 000	9 000	47	K 50x57x18	–	–
	58	25	41,8	81,5	10,2	8 000	9 000	90	K 50x58x25	G 50x58x4	SD 50x58x4
55	60	20	27	67	8,15	7 500	8 500	40	K 55x60x20	–	–
	60	30	39,6	108	13,4	7 500	8 500	71	K 55x60x30	–	–
	62	18	34,1	71	8,5	7 500	8 500	52	K 55x62x18	–	–
	63	32	59,4	129	16,3	7 500	8 500	102	K 55x63x32	G 55x63x5	–

* Popular item

1) For additional information → skf.com/usa

Deep groove ball bearings
d 17-40 mm



with full outer
ring shoulder



with recessed outer
ring shoulder

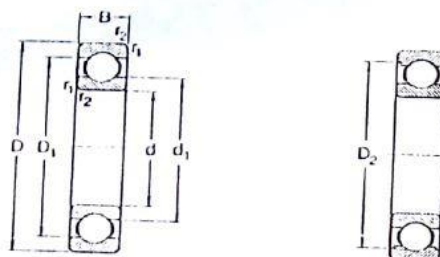
Principal dimensions			Basic load ratings		Limiting speeds		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀	Lubrication grease	oil	kg	—
mm			N		r/min			
17	26	5	1 680	930	24 000	30 000	0,0082	61803
	35	8	6 050	2 800	19 000	24 000	0,032	16003
	35	10	6 050	2 800	19 000	24 000	0,039	6003
	40	12	9 560	4 500	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	13 500	6 550	16 000	19 000	0,12	6303
20	62	17	22 900	11 800	12 000	15 000	0,27	6403
	32	7	2 700	1 500	19 000	24 000	0,018	61804
	42	8	7 020	3 400	17 000	20 000	0,050	16004
	42	12	9 360	4 500	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	12 700	6 200	15 000	18 000	0,11	6204
25	52	15	15 900	7 800	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	30 700	16 600	10 000	13 000	0,40	6404
	37	7	3 120	1 960	17 000	20 000	0,022	61805
	47	8	7 610	4 000	14 000	17 000	0,060	16005
	47	12	11 200	5 800	15 000	18 000	0,080	6005
30	52	15	14 000	6 950	12 000	15 000	0,13	6205
	62	17	22 500	11 400	11 000	14 000	0,23	6305
	80	21	35 800	19 600	9 000	11 000	0,53	6405
	42	7	3 120	2 080	15 000	18 000	0,026	61806
	55	9	11 200	5 850	12 000	15 000	0,085	16006
35	55	13	13 300	6 800	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	19 500	10 000	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	28 100	14 500	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	43 600	24 000	8 500	10 000	0,74	6406
	47	7	4 030	3 000	13 000	16 000	0,030	61807
40	62	9	12 400	6 950	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	8 500	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	13 700	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	18 000	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 160	3 350	11 000	14 000	0,034	61808
	68	9	13 300	7 800	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	9 300	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	16 600	8 500	10 000	0,37	6208
	90	23	41 000	22 400	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	6 700	8 000	1,25	6408

118

SKF

2

deep groove ball bearings
d 3-15 mm



with full outer
ring shoulder

with recessed outer
ring shoulder

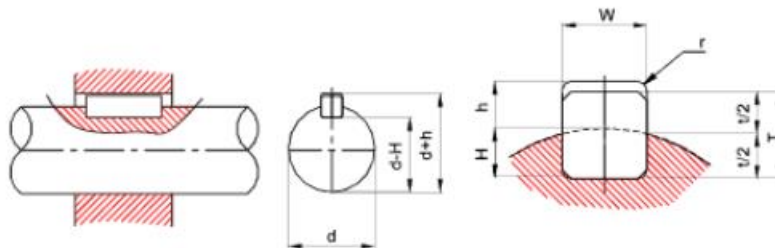
Principal dimensions			Basic load ratings		Limiting speeds		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀	grease	oil		↓ شماره ضعیف
mm			N		r/min		kg	-
3	10	4	488	170	40 000	48 000	0,0015	623
4	9	2,5	540	183	45 000	53 000	0,00070	618/4
	13	5	884	315	33 000	45 000	0,0031	624
	16	5	1 110	440	34 000	40 000	0,0054	634
5	11	3	637	232	40 000	48 000	0,0012	618/5
	16	5	1 110	440	34 000	40 000	0,0050	625
	19	6	1 720	720	32 000	38 000	0,0090	635
6	13	3,5	884	325	36 000	45 000	0,0020	618/6
	19	6	1 720	720	32 000	38 000	0,0084	626
7	14	3,5	956	360	38 000	45 000	0,0022	618/7
	19	6	1 720	720	34 000	40 000	0,0075	607
	22	7	3 250	1 340	30 000	36 000	0,013	627
8	16	4	1 330	530	36 000	43 000	0,0030	618/8
	22	7	3 250	1 340	32 000	38 000	0,012	608
9	17	4	1 430	585	34 000	40 000	0,0034	618/9
	24	7	3 710	1 530	30 000	36 000	0,014	609
	26	8	4 620	1 960	26 000	32 000	0,020	629
10	19	5	1 480	630	32 000	38 000	0,0055	618/10
	26	8	4 620	1 960	28 000	34 000	0,019	6000
	28	8	4 620	1 960	28 000	34 000	0,022	16100
	30	9	5 070	2 240	24 000	30 000	0,032	6200
	35	11	8 060	3 750	20 000	26 000	0,053	6300
12	21	5	1 430	695	30 000	36 000	0,0063	618/11
	28	8	5 070	2 240	26 000	32 000	0,022	6001
	30	8	5 070	2 240	24 000	30 000	0,023	16101
	32	10	6 890	3 100	22 000	28 000	0,037	6201
	37	12	9 750	4 650	19 000	24 000	0,060	6301
15	24	5	1 560	815	26 000	32 000	0,0074	618/12
	32	8	5 590	2 500	22 000	28 000	0,025	16002
	32	9	5 590	2 500	22 000	28 000	0,030	6002
	35	11	7 800	3 550	19 000	24 000	0,045	6202
	42	13	11 400	5 400	17 000	20 000	0,082	6302

116

SKF

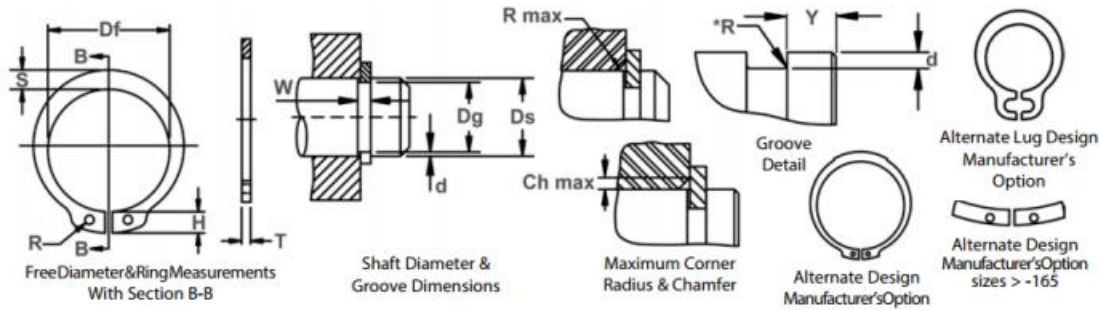
①

خار مستطیلی:



Nominal Dia d		Key	KeyWay											
		b x h width x thck	Nom	Width b					Depth				Radius r	
Over	Incl			Tolerance Class					Shaft t ₁		Hub t ₂			
				Free		Normal		Close/Int	-	-	-	-	Max	min
				Shaft H9	Hub D10	Shaft N9	Hub Js9	Shaft/Hub P9	Nom	Tol	Nom	Tol		
6	8	2x2	2	+0,025	+0,06	-0,004	+0,012	-0,006	1,2	+0,1 0	1,0	+0,1 0	0,16	0,08
8	10	3x3	3	0	+0,02	-0,029	-0,012	-0,031	1,8		1,4		0,16	0,08
10	12	4x4	4	+0,03	+0,078	0	+0,015	-0,012	2,5		1,8		0,16	0,08
12	17	5x5	5	0	+0,030	-0,030	-0,015	-0,042	3,0		2,3		0,25	0,16
17	22	6x6	6						3,5		2,8		0,25	0,16
22	30	8x7	8	+0,036	+0,098	0	+0,018	-0,015	4,0	+0,2 0	3,3	+0,2 0	0,25	0,16
30	38	10x8	10	0	+0,040	-0,036	-0,018	-0,051	5,0		3,3		0,40	0,25
38	44	12x8	12	+0,043 0	+0,12 +0,050	0 -0,043	+0,021 -0,021	-0,018 -0,061	5,0	+0,2 0	3,3	+0,2 0	0,40	0,25
44	50	14x9	14						5,5		3,8		0,40	0,25
50	58	16x10	16						6,0		4,3		0,40	0,25
58	65	18x11	18						7,0		4,4		0,40	0,25
65	75	20x12	20	+0,052 0	+0,149 +0,065	0 -0,052	+0,026 -0,026	-0,022 -0,074	7,5	+0,2 0	4,9	+0,2 0	0,60	0,40
75	85	22x14	22						9,0		5,4		0,60	0,40
85	95	25x14	25						9,0		5,4		0,60	0,40
95	110	28x16	28						10,0		6,4		0,60	0,40
110	130	32x18	32	+0,062 0	+0,18 +0,080	0 -0,062	+0,031 -0,031	-0,026 -0,088	11,0	+0,3 0	7,4	+0,3 0	0,6	0,4
130	150	36x20	36						12,0		8,4		1,0	0,7
150	170	40x22	40						13,0		9,4		1,0	0,7
170	200	45x25	45						15,0		10,4		1,0	0,7
200	230	50x28	50						17,0		11,4		1,0	0,7
230	260	56x32	56	+0,074 0	+0,220 0,100	0 -0,074	+0,037 -0,037	-0,032 -0,106	20,0	+0,3 0	12,4	+0,3 0	1,6	1,2
260	290	63x32	63						20,0		12,4		1,6	1,2
290	330	70x36	70						22,0		14,4		1,6	1,2
330	380	80x40	80						25,0		15,4		2,5	2,0
380	440	90x45	90	+0,087	+0,260	0	+0,043	-0,037	28,0		17,4		2,5	2,0
440	500	100x50	100	0	0,120	-0,087	-0,043	-0,124	31,0		19,5		2,5	2,0

خار فنی:



RING NO.	SHAFT DIA. (mm)	GROOVE SIZE			RING SIZE & WEIGHT										SUPPLEMENTARY DATA					
		DIAMETER		WIDTH	DEPTH	THICKNESS ***		FREE DIAMETER		LUG HT.	MAX. SEC.	HOLE DIA.	WEIGHT	EDGE MARGIN	THRUST LOAD Ring	THRUST LOAD Groove	Allowable Rad/ Cham.	Max. Load w/Ch Max.	RPM Limits	
		Ds	Dg	TOL.	W Min.	d	T	Tol.	Df	Tol.	H Max.	S Ref.	R Min.	kg/ 1000	Y Min.	Pr kN	Pg kN	R/Ch Max.	Pr kN	
DSH-3	3	2.8	-0.04	0.50	0.10	0.40	-0.05	2.7	+0.04	1.9	0.8	1.0	0.017	0.3	0.47	0.1	0.5	0.27	36000	
DSH-4	4	3.8		0.50	0.10	0.40		3.7		2.2	0.9	1.0	0.022	0.3	0.50	0.2	0.5	0.30	211000	
DSH-5	5	4.8		0.70	0.10	0.60		4.7		2.5	1.1	1.0	0.065	0.3	1.00	0.2	0.5	0.80	154000	
DSH-6	6	5.7	-0.06	0.80	0.15	0.70	-0.06	5.6	+0.06	2.7	1.3	1.2	0.084	0.5	1.45	0.4	0.5	0.90	114000	
DSH-7	7	6.7		0.90	0.15	0.80		6.5		3.1	1.4	1.2	0.121	0.5	2.60	0.5	0.5	1.40	121000	
DSH-8	8	7.6		0.90	0.20	0.80		7.4		3.2	1.5	1.2	0.158	0.6	3.00	0.8	0.5	2.00	96000	
DSH-9	9	8.6	-0.11	1.10	0.20	1.00	-0.06	8.4	+0.10	3.3	1.7	1.2	0.300	0.6	3.50	0.9	0.5	2.40	85000	
DSH-10	10	9.6		1.10	0.20	1.00		9.3		3.3	1.8	1.5	0.340	0.6	4.00	1.0	1.0	2.40	84000	
DSH-11	11	10.5		1.10	0.25	1.00		10.2		3.3	1.8	1.5	0.410	0.8	4.50	1.4	1.0	2.40	70000	
DSH-12	12	11.5	-0.13	1.10	0.25	1.00	-0.06	11.0	+0.13	3.3	1.8	1.7	0.500	0.8	5.00	1.5	1.0	2.40	75000	
DSH-13	13	12.4		1.10	0.30	1.00		11.9		3.4	2.0	1.7	0.530	0.9	5.80	2.0	1.0	2.40	66000	
DSH-14	14	13.4		1.10	0.30	1.00		12.9		3.5	2.1	1.7	0.640	0.9	6.40	2.1	1.0	2.40	58000	
DSH-15	15	14.3	-0.15	1.10	0.35	1.00	-0.06	13.8	+0.13	3.6	2.2	1.7	0.670	1.1	6.90	2.6	1.0	2.40	50000	
DSH-16	16	15.2		1.10	0.40	1.00		14.7		3.7	2.2	1.7	0.700	1.2	7.40	3.2	1.0	2.40	45000	
DSH-17	17	16.2		1.10	0.40	1.00		15.7		3.8	2.3	1.7	0.820	1.2	8.00	3.4	1.0	2.40	41000	
DSH-18	18	17.0	-0.21	1.30	0.50	1.20	-0.06	16.5	+0.13	3.9	2.4	2.0	1.110	1.5	17.00	4.5	1.5	3.75	39000	
DSH-19	19	18.0		1.30	0.50	1.20		17.5		3.9	2.5	2.0	1.220	1.5	17.00	4.8	1.5	3.80	35000	
DSH-20	20	19.0		1.30	0.50	1.20		18.5		4.0	2.6	2.0	1.300	1.5	17.10	5.0	1.5	3.85	32000	
DSH-21	21	20.0	-0.21	1.30	0.50	1.20	-0.06	19.5	+0.13	4.1	2.7	2.0	1.420	1.5	16.80	5.3	1.5	3.75	29000	
DSH-22	22	21.0		1.30	0.50	1.20		20.5		4.2	2.8	2.0	1.500	1.5	16.90	5.6	1.5	3.80	27000	
DSH-23	23	22.0		1.30	0.50	1.20		21.5		4.3	2.9	2.0	1.630	1.5	16.60	5.9	1.5	3.80	25000	
DSH-24	24	22.9	-0.25	1.30	0.55	1.20	-0.06	22.2	+0.21	4.4	3.0	2.0	1.770	1.7	16.10	6.7	1.5	3.65	27000	
DSH-25	25	23.9		1.30	0.55	1.20		23.2		4.4	3.0	2.0	1.900	1.7	16.20	7.0	1.5	3.70	25000	
DSH-26	26	24.9		1.30	0.55	1.20		24.2		4.5	3.1	2.0	1.960	1.7	16.10	7.3	1.5	3.70	24000	
DSH-27	27	25.6	-0.25	1.30	0.70	1.20	-0.06	24.9	+0.21	4.6	3.1	2.0	2.080	2.1	16.40	9.6	1.5	3.80	22500	
DSH-28	28	26.6		1.60	0.70	1.50		25.9		4.7	3.2	2.0	2.920	2.1	32.10	10.0	1.5	7.50	21200	
DSH-29	29	27.6		1.60	0.70	1.50		26.9		4.8	3.4	2.0	3.200	2.1	31.80	10.3	1.5	7.45	20000	
DSH-30	30	28.6	-0.25	1.60	0.70	1.50	-0.06	27.9	+0.25	5.0	3.5	2.0	3.320	2.1	32.10	10.7	1.5	7.65	18900	
DSH-31	31	29.3		1.60	0.85	1.50		28.6		5.1	3.5	2.5	3.450	2.6	31.50	13.4	2.0	5.60	17900	
DSH-32	32	30.3		1.60	0.85	1.50		29.6		5.2	3.6	2.5	3.540	2.6	31.20	13.8	2.0	5.55	16900	
DSH-33	33	31.3	-0.25	1.60	0.85	1.50	-0.06	30.5	+0.25	5.2	3.7	2.5	3.690	2.6	31.60	14.3	2.0	5.65	17400	
DSH-34	34	32.3		1.60	0.85	1.50		31.5		5.4	3.8	2.5	3.800	2.6	31.30	14.7	2.0	5.60	16100	
DSH-35	35	33.0		1.60	1.00	1.50		32.2		5.6	3.9	2.5	4.000	3.0	30.80	17.8	2.0	5.55	15500	

تلرانس شفت ها:

Basic Size	Loose Running			Free Running			Close Running			Sliding			Locational Clearance		
	Hole C11	Shaft h11	Fit ^a	Hole D9	Shaft j9	Fit ^a	Hole F8	Shaft k7	Fit ^a	Hole G7	Shaft b6	Fit ^a	Hole H7	Shaft b6	Fit ^a
30	Max 30.240	30.000	0.240	30.117	30.000	0.117	30.053	30.000	0.053	30.028	30.000	0.028	30.021	30.000	0.021
	Min 30.110	29.870	0.240	30.065	29.948	0.117	30.020	29.979	0.041	30.007	29.987	0.020	30.000	29.987	0.013
40	Max 40.280	40.000	0.280	40.142	40.000	0.142	40.064	40.000	0.064	40.034	40.000	0.034	40.025	40.000	0.025
	Min 40.120	39.840	0.280	40.080	39.938	0.142	40.025	39.975	0.050	40.009	39.984	0.025	40.000	39.984	0.016
50	Max 50.290	50.000	0.290	50.142	50.000	0.142	50.064	50.000	0.064	50.034	50.000	0.034	50.025	50.000	0.025
	Min 50.130	49.840	0.290	50.080	49.938	0.142	50.025	49.975	0.050	50.009	49.984	0.025	50.000	49.984	0.016
60	Max 60.330	60.000	0.330	60.174	60.000	0.174	60.076	60.000	0.076	60.040	60.000	0.040	60.030	60.000	0.030
	Min 60.140	59.810	0.330	60.100	59.926	0.174	60.030	59.970	0.060	60.010	59.981	0.030	60.000	59.981	0.019
80	Max 80.340	80.000	0.340	80.174	80.000	0.174	80.076	80.000	0.076	80.040	80.000	0.040	80.030	80.000	0.030
	Min 80.150	79.810	0.340	80.100	79.926	0.174	80.030	79.970	0.060	80.010	79.981	0.030	80.000	79.981	0.019
100	Max 100.390	100.000	0.390	100.207	100.000	0.207	100.090	100.000	0.090	100.047	100.000	0.047	100.035	100.000	0.035
	Min 100.170	99.780	0.390	100.120	99.913	0.207	100.036	99.965	0.071	100.012	99.978	0.036	100.000	99.978	0.022
120	Max 120.400	120.000	0.400	120.207	120.000	0.207	120.090	120.000	0.090	120.047	120.000	0.047	120.035	120.000	0.035
	Min 120.180	119.780	0.400	120.120	119.913	0.207	120.036	119.965	0.071	120.012	119.978	0.036	120.000	119.978	0.022
160	Max 160.460	160.000	0.460	160.245	160.000	0.245	160.106	160.000	0.106	160.054	160.000	0.054	160.040	160.000	0.040
	Min 160.210	159.750	0.460	160.145	159.900	0.245	160.043	159.960	0.083	160.014	159.975	0.043	160.000	159.975	0.025
200	Max 200.530	200.000	0.530	200.285	200.000	0.285	200.122	200.000	0.122	200.061	200.000	0.061	200.046	200.000	0.046
	Min 200.240	199.710	0.530	200.170	199.885	0.285	200.050	199.954	0.095	200.015	199.971	0.046	200.000	199.971	0.029
250	Max 250.570	250.000	0.570	250.285	250.000	0.285	250.122	250.000	0.122	250.061	250.000	0.061	250.046	250.000	0.046
	Min 250.280	249.710	0.570	250.170	249.885	0.285	250.050	249.954	0.095	250.015	249.971	0.046	250.000	249.971	0.029
300	Max 300.650	300.000	0.650	300.320	300.000	0.320	300.137	300.000	0.137	300.069	300.000	0.069	300.052	300.000	0.052
	Min 300.330	299.680	0.650	300.190	299.870	0.320	300.056	299.948	0.090	300.017	299.968	0.056	300.000	299.968	0.032
400	Max 400.760	400.000	0.760	400.350	400.000	0.350	400.151	400.000	0.151	400.075	400.000	0.075	400.057	400.000	0.057
	Min 400.400	399.640	0.760	400.210	399.860	0.350	400.062	399.943	0.062	400.018	399.964	0.057	400.000	399.964	0.036
500	Max 500.880	500.000	0.880	500.385	500.000	0.385	500.165	500.000	0.165	500.083	500.000	0.083	500.063	500.000	0.063
	Min 500.480	499.600	0.880	500.230	499.845	0.385	500.068	499.937	0.068	500.020	499.940	0.020	500.000	499.940	0.060

کد ذکر شده در قسمت محاسبه قطر شفت:

```
F_y=[-853.63 1256 -402.37];
F_yp=[0 0.02675 0.835];
F_z=[138.24 -203.4 63.15];
F_zp=[0 0.02675 0.835];
T=[0 19.9];
T_p=[0 0.02675 0.835];
x=[0.01 0.025 0.0735];
M_y=[];
M_z=[];
d=[];
T_f=[];
    for i=1:length(x)
        M_z(i)=0;
        for j=1:length(F_y)

            if x(i)>F_yp(j)

                M_z(i)=M_z(i)+(x(i)-F_yp(j))*-1*F_y(j);

            end

        end

    end

    for i=1:length(x)
        M_y(i)=0;
        for j=1:length(F_z)

            if x(i)> F_zp(j)

                M_y(i)=M_y(i)+(x(i)-F_zp(j))*F_z(j);

            end

        end

    end
```



```

end

M_a=(M_y.^2+M_z.^2).^0.5;

for i=1:length(x)
    for j=1:length(T_p)-1
        if x(i)>=T_p(j) && x(i)<T_p(j+1)
            T_f(i)=T(j);
            break;
        end
    end
end

end

Fs=2;
kf=1.864;
kfs=1.688;
se=194.97;
sy=370;

d=
(( (32*Fs*1000)/pi)*((kf/se).*M_a).^2+((kfs/sy).*T_f).^2).^
0.5).^(1/3)

```

نمونه خروجی :



```

Command Window
>> diameter

d =

    11.8978    16.1478    12.6258

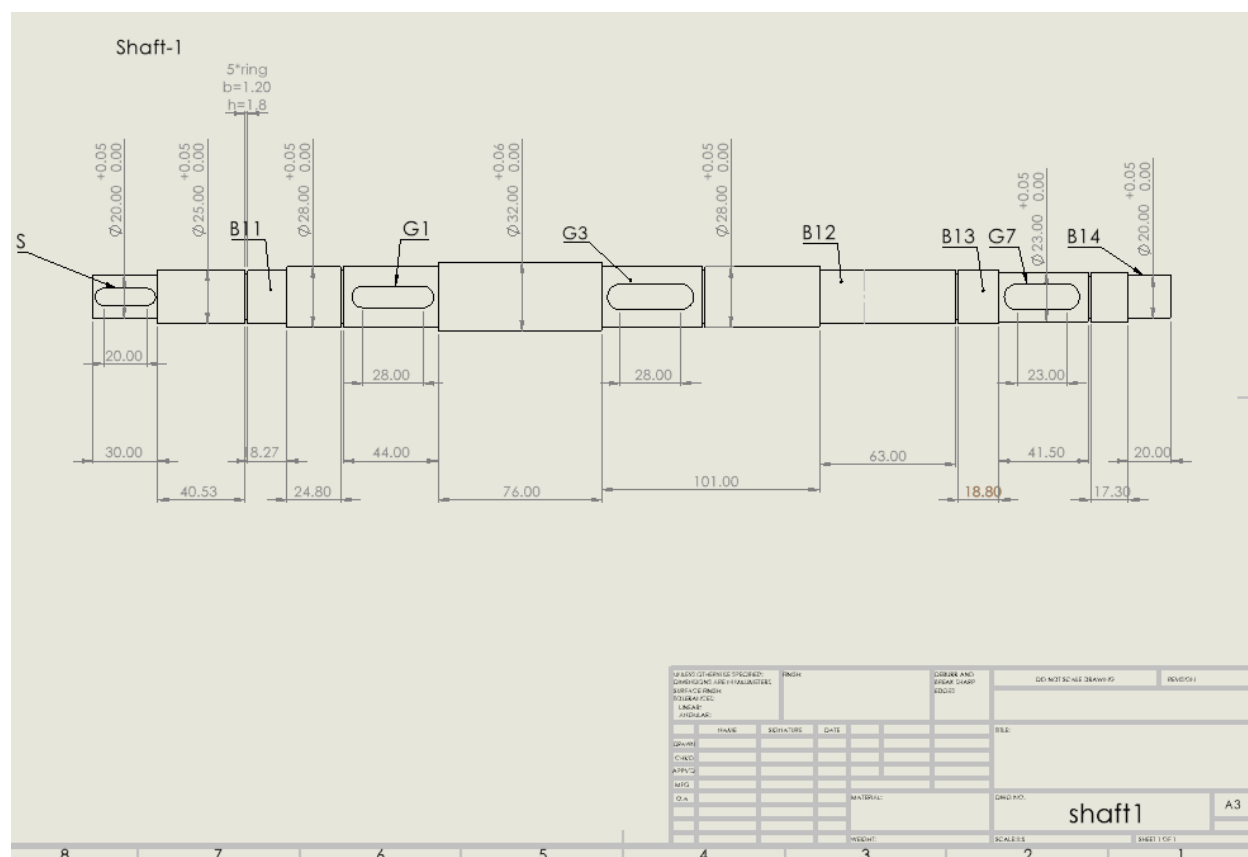
```

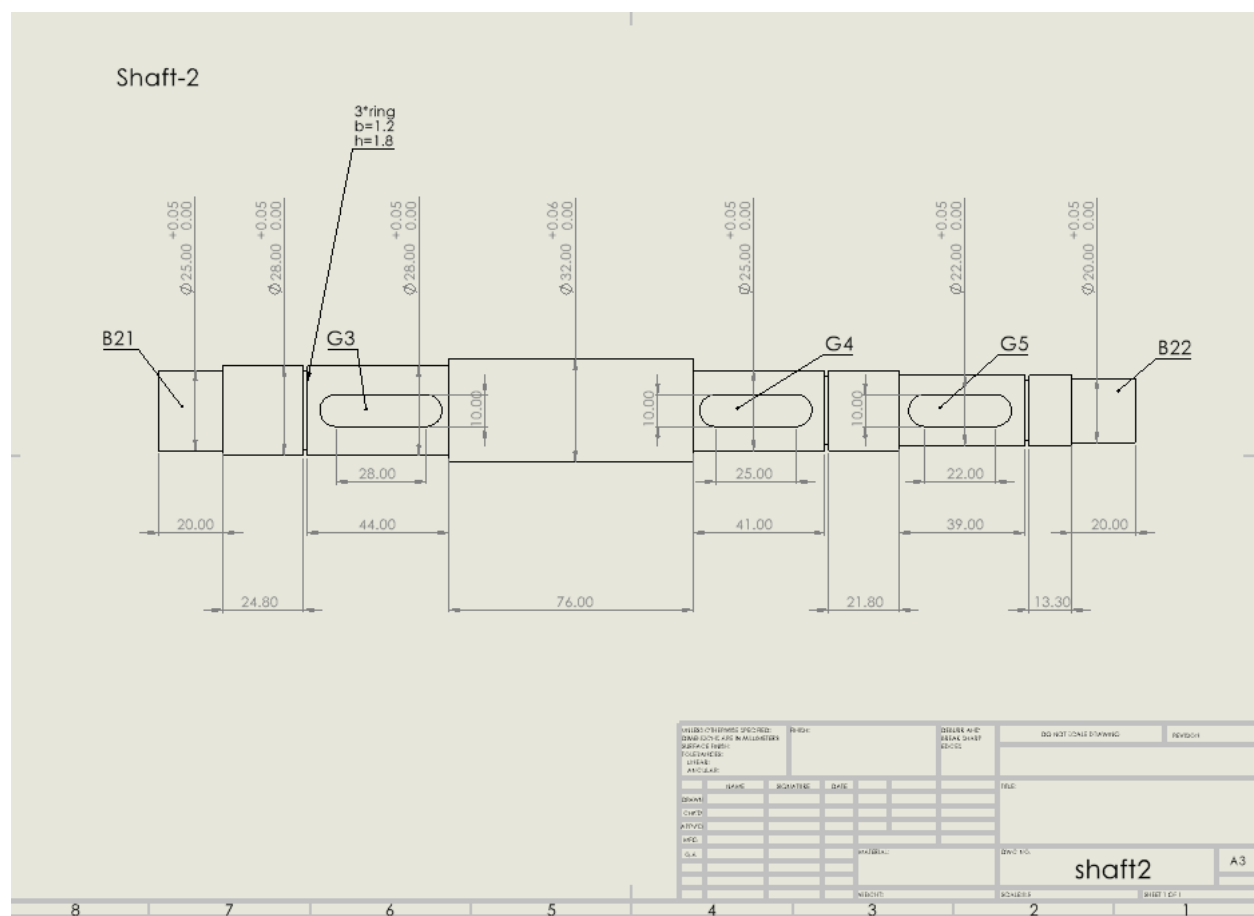
توضیح کد

ما برای هر حالت از شفت نیروها در جهت y و z را به همراه موقعیت نیرو می دهیم . همچنین مقدار T و محل های شروع و پایان داده می شود. سپس موقعیت های حساس را که میخواهیم کد ما قطر را در آنها حساب کند در ماتریس X وارد می کنیم.

تابع اول ممان در جهت z و تابع دوم ممان در جهت y را حساب می کند و تابع سوم نیز تورک را در هر نقطه بحرانی محاسبه می کند. سپس با اضافه کردن ضرایب S_e و S_y در کد وستینگهاوس اخر قطر ها حساب می شوند .

نقشه های مونتاژی

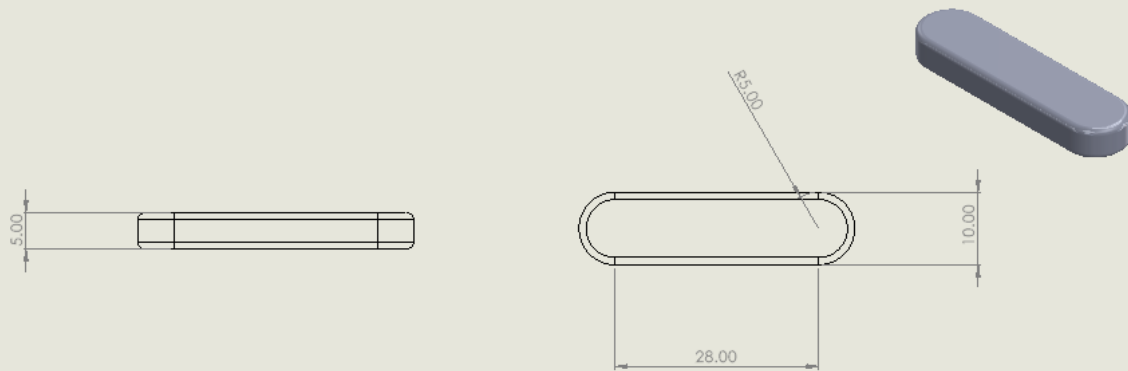




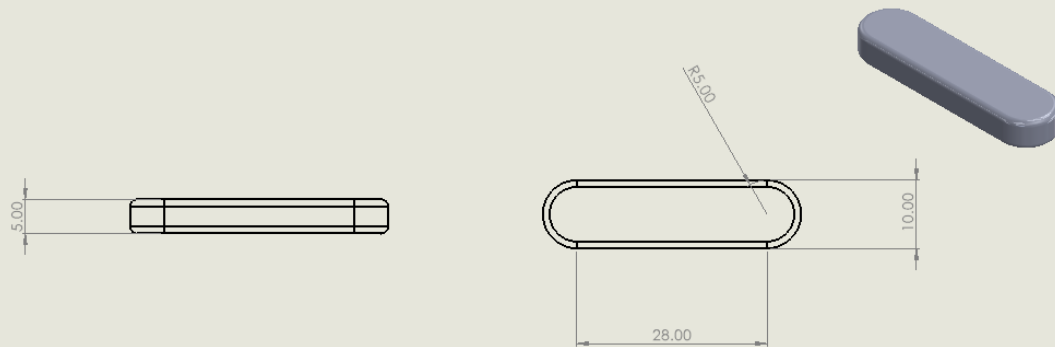
Technical drawing of Shaft-3, showing dimensions and features:

- Overall length: 115.00 mm
- Overall diameter: $\varnothing 20.00$ mm
- Central hole diameter: 10.00 mm
- Central section length: 36.00 mm
- End section length (left): 20.00 mm
- End section length (right): 20.00 mm
- Ring dimensions: $b=1.60$, $h=1.8$
- Features: B31, G6, B32
- Surface finish: R5.00
- Material: 20.00
- Weight: 25.90
- Scale: 1:1
- Sheet: 1 of 1

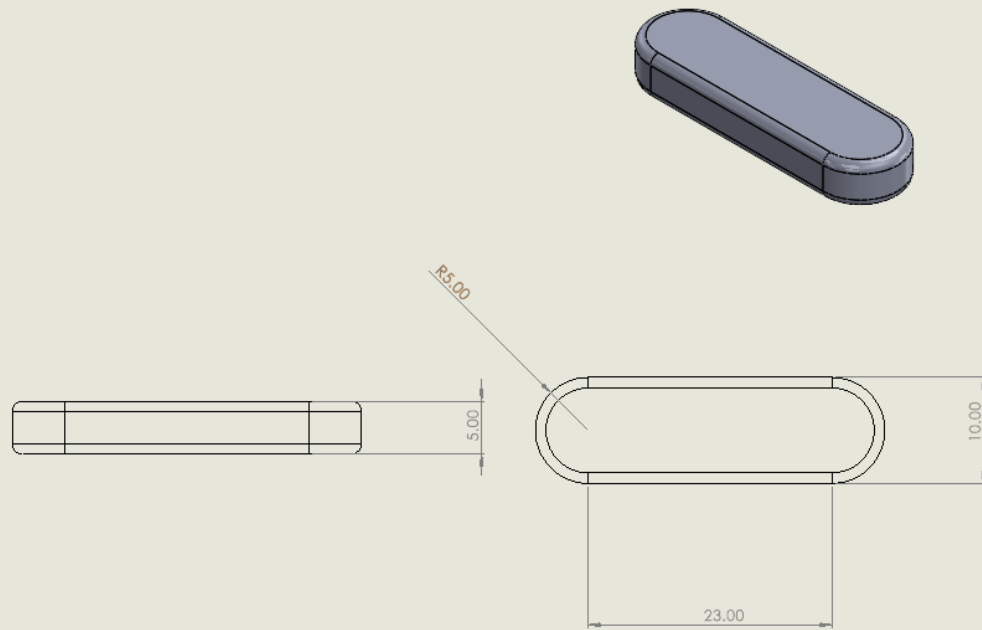
Key G1



Key G3



Key G7



Key S

