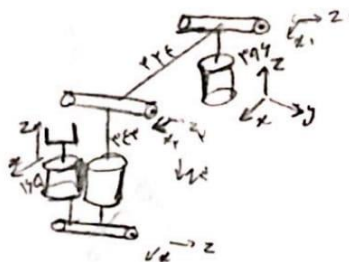


Link	$a_i$	$\alpha_i$	$\theta_i$	$d_i$
1	0	$-\frac{\pi}{4}$	$\theta_1(t)$	۳۹۹ mm
۲	۳۲۴ mm	0	$\theta_2(t)$	0
۳	0	$-\frac{\pi}{4}$	$\theta_3(t)$	0
۴	0	$\frac{\pi}{4}$	$\theta_4(t)$	۳۴۳ mm
۵	0	$+\frac{\pi}{4}$	$\theta_5(t)$	0
۶	0	0	$\theta_6(t)$	۱۹۵ mm

$$q = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

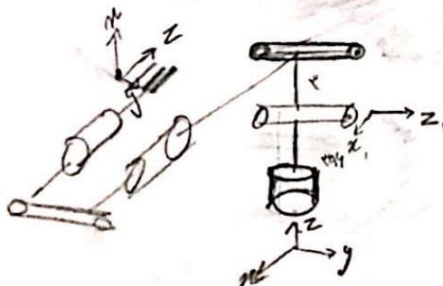
همانطور که می بینید مختصات EF با مرجع متعلق است

پس یک  $R_0^6$  همان دارد و  $0$  نیز ۳۲۴ mm در راستای  $x$  و ۲۸۸ mm در راستای  $z$  است:



1	0	0	0.324
0	1	0	4.201e-17
0	0	1	0.218
0	0	0	1

$$q = [0 \ 0 \ -\frac{\pi}{4} \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$



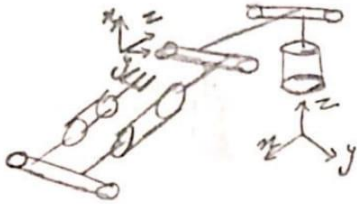
همانطور که می بینید حول محور  $y$  دوران داریم و یک  $R_0^6$  داریم به اندازه ۱۸۰ mm در راستای  $z$  و ۱۷۸ mm در راستای  $x$  داریم

6.123e-17	6.123e-17	-1	0.178
-6.123e-17	1	6.123e-17	1.127e-17
1	6.123e-17	6.123e-17	0.72
0	0	0	1

$$q = [0 \ 10 \ 1 \ -\frac{\pi}{4} \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

با توجه به شکل حول  $z$  ۹۰ درجه دوران و در راستای  $z$  ۵۰mm جابجایی

مورد راستای  $z$  ۳۹۶mm جابجایی داریم.

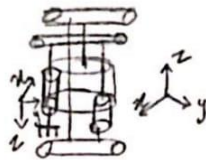


6.123e-17	6.123e-17	-1	0.502
-6.123e-17	1	6.123e-17	3.111e-17
1	6.123e-17	6.123e-17	0.396
0	0	0	1

$$q = [0 \ 1 \ \frac{\pi}{4} \ 1 \ \frac{\pi}{4} \ 0 \ 0 \ 0]$$

همانطور که من ببینم حول محور  $z$  ۱۸۰ درجه داریم و در راستای

محور  $z$  جابجایی خواهیم داشت در راستای محور  $y$ :  $394 - 324 + 343 = 413$   
 $-128 = 285mm$

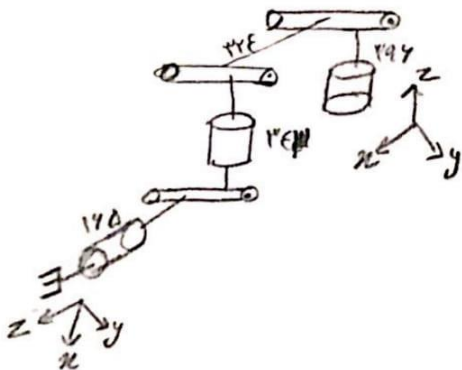


-1	-7.499e-33	1.225e-16	-1.959e-18
7.499e-33	1	1.225e-16	4.005e-17
-1.225e-16	1.225e-16	-1	0.25
0	0	0	1

$$q = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ \frac{\pi}{4} \ 0]$$

همانطور که من ببینم حول محور  $z$  ۹۰ درجه دوران داریم

در راستای  $z$  ۵۳mm و در راستای  $x$  ۴۸۹mm



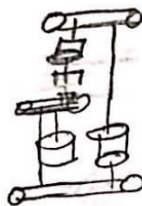
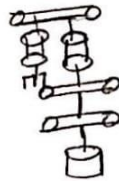
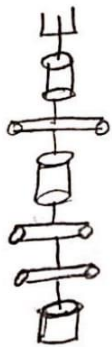
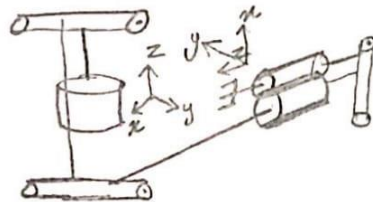
6.123e-17	-6.123e-17	1	0.489
6.123e-17	1	6.123e-17	5.211e-17
-1	6.123e-17	6.123e-17	0.053
0	0	0	1

$$h = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\pi}{4} & 0 & -\frac{\pi}{4} & 0 & \frac{\pi}{4} \end{bmatrix}$$

همانطور که می بینید محور z قبلی هم جدید و محور y قبلی هم جدید و محور x قبلی هم جدید

جدید و محور y قبلی و محور x قبلی است.

-1.837e-16	-6.123e-17	1	-0.178
6.123e-17	-1	-6.123e-17	3.074e-17
1	6.123e-17	1.837e-16	0.072
0	0	0	1



حالت مفرد ریاضی:

در حالت  $q_n = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$  همانطور که در صفحات قبل حالت ربات به صورت فیزیکی رسم شده است، راس این حالت

آکمان برکت آهون محور  $z$  و حرکت صحیح موتورهای ممکن نیست و به همین خاطر ردیف متناظر صفر می شود. در هر ردیف متناظر با

حرکت زاویه این موتورهای مرتبط دارای مقادیر غیر صفر هستند. در ربات های فعلی تنها موتور ۲ میتواند مکان  $EF$

را تغییر دهد و در ربات های  $3$  تنها موتور اول تاثیر گذار است.

در تمام حالات  $3$  ها براساس نتایج به شرح زیر است:

$[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$

-4.201e-17	-0.178	-0.178	2.021e-17	0.165	0
0.324	1.984e-17	0	0	0	0
0	-0.324	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	1	1	1.225e-16	1	0
1	6.123e-17	6.123e-17	-1	6.123e-17	1

$[0 \ -\pi/2 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$

-1.127e-17	0.324	-1.905e-33	1.905e-33	-6.187e-34	-6.187e-34
0.178	1.09e-17	1.09e-17	-1.09e-17	-1.01e-17	-1.01e-17
0	-0.178	-0.178	2.021e-17	0.165	0
0	0	0	1	0	-1
0	1	1	6.123e-17	1	6.123e-17
1	6.123e-17	6.123e-17	-6.123e-17	6.123e-17	6.123e-17

$[0 \ 0 \ -\pi/2 \ 0 \ 0 \ 0]$

-3.111e-17	-1.905e-33	-1.905e-33	1.905e-33	-6.187e-34	-6.187e-34
0.502	3.074e-17	1.09e-17	-1.09e-17	-1.01e-17	-1.01e-17
0	-0.502	-0.178	2.021e-17	0.165	0
0	0	0	1	0	-1
0	1	1	6.123e-17	1	6.123e-17
1	6.123e-17	6.123e-17	-6.123e-17	6.123e-17	6.123e-17

$[0 \ \pi/2 \ \pi/2 \ 0 \ 0 \ 0]$

-4.005e-17	-0.146	0.178	-2.021e-17	-0.165	-6.163e-33
-1.959e-18	-1.2e-34	-1.335e-33	-6.163e-33	1.237e-33	3.081e-33
0	1.959e-18	2.18e-17	-2.475e-33	-2.021e-17	-3.421e-49
0	0	0	-1.225e-16	0	1.225e-16
0	1	1	0	1	1.225e-16
1	6.123e-17	6.123e-17	1	6.123e-17	-1

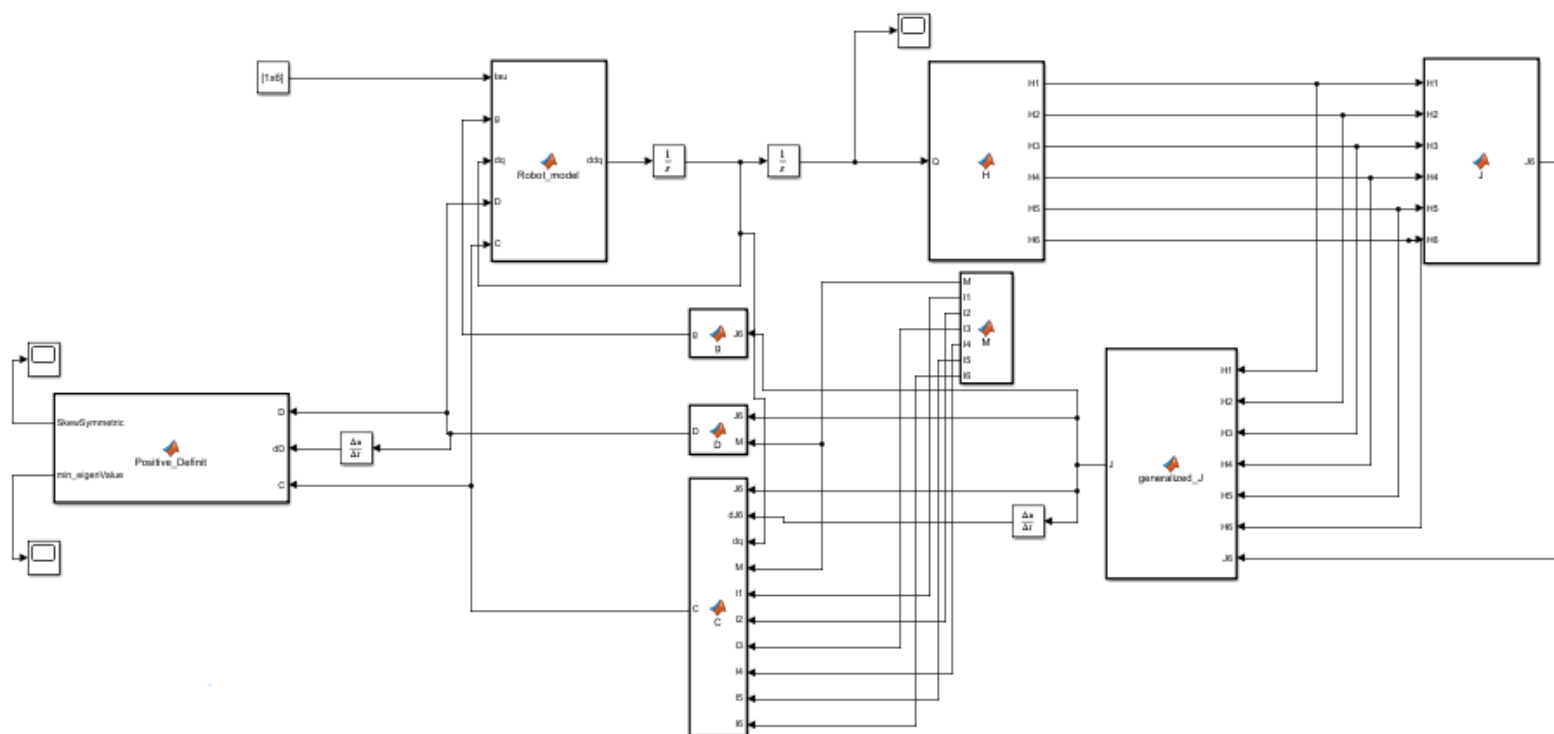
$[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \pi/2 \ 0]$

-5.211e-17	-0.343	-0.343	1.01e-17	6.939e-18	-1.938e-34
0.489	2.994e-17	1.01e-17	-0.165	1.01e-17	3.164e-18
0	-0.489	-0.165	-2.021e-17	-0.165	3.081e-33
0	0	0	0	0	1
0	1	1	1.225e-16	1	6.123e-17
1	6.123e-17	6.123e-17	-1	6.123e-17	6.123e-17

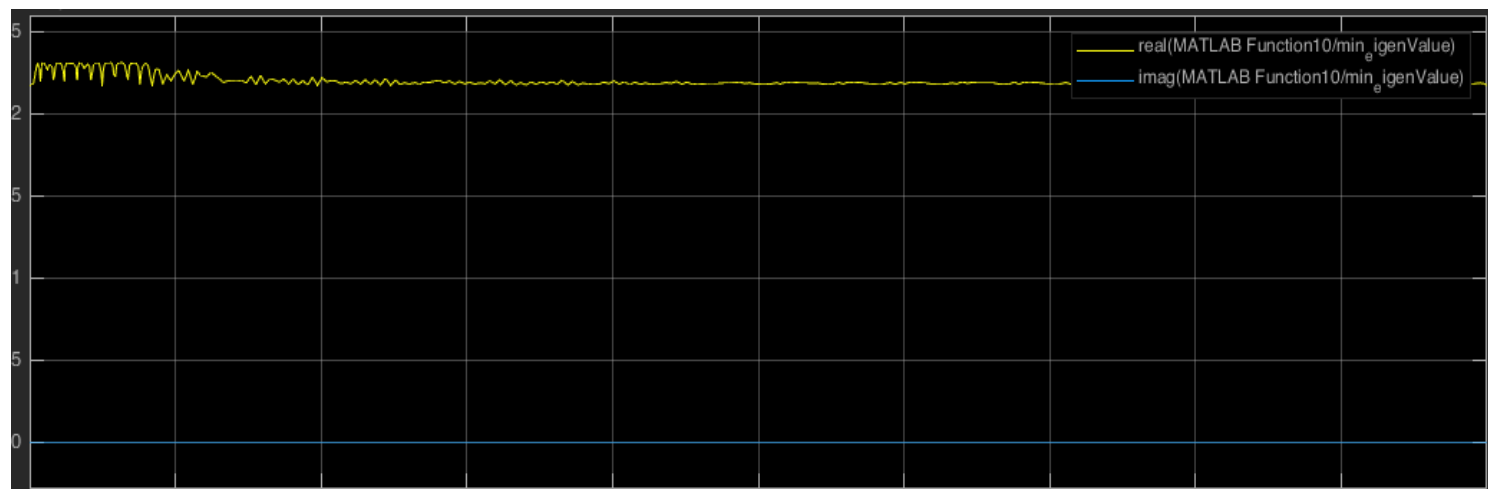
$[0 \ \pi/2 \ 0 \ -\pi/2 \ 0 \ \pi/2]$

-3.074e-17	-0.324	-6.674e-34	6.674e-34	1.01e-17	1.564e-34
-0.178	-1.09e-17	-1.09e-17	1.09e-17	0.165	2.554e-18
0	0.178	0.178	3.081e-33	6.187e-34	-1.541e-33
0	0	0	-1	-1.225e-16	1
0	1	1	6.123e-17	3.749e-33	-6.123e-17
1	6.123e-17	6.123e-17	-6.123e-17	1	1.837e-16

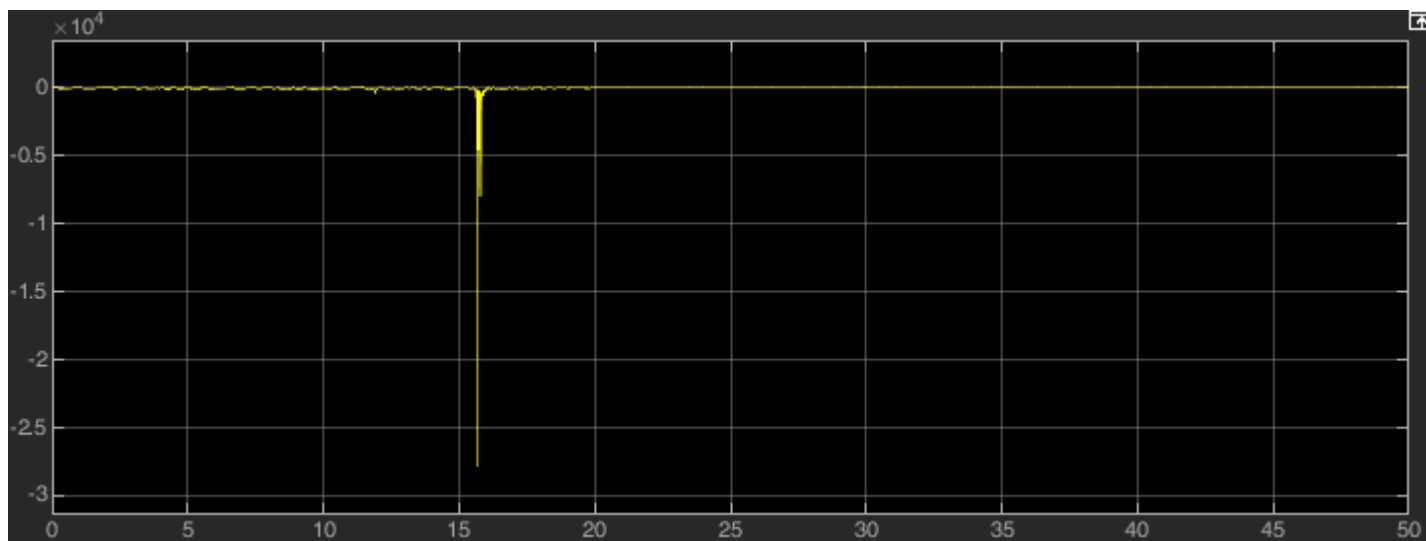
ماتریس های  $M(q)$  و  $C(q, \dot{q})$  و  $g(q)$  را به صورت زیر در متلب با توجه به روابط مناسبه کردم:



جهت اطمینان از مثبت معین بودن  $M(q)$  منوهای شامل کمترین مقدار ویژه در طول زمان رسم کردم که همانطور که میبینید همواره مثبت است و در نتیجه این ماتریس مثبت معین است.



همچنین جهت سنجش *Skew Symmetric* بودن  $\dot{M}_{2C}$  یک بردار دلخواه به این صورت ضرب کردم و مقدار عددی را کم کردم. انتظار داشتم این مقدار نزدیک صفر باشد اما حاصل زیر بود آمده:

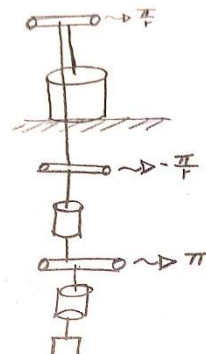
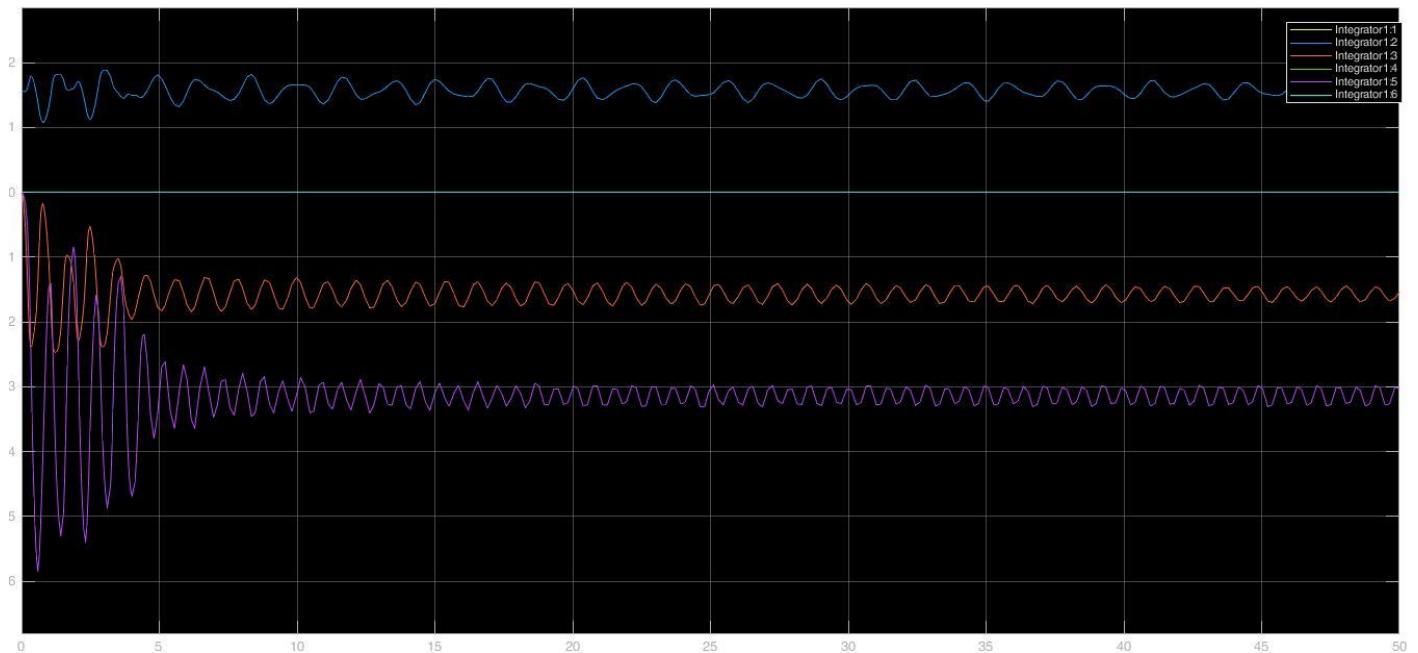


با توجه به شماتیک معادل دیفرانسیل پیاده سازی شده با فرض زیر ورودی‌های صفر و سینوسی اعمال شدند و نتایج زیر بدست آمد:

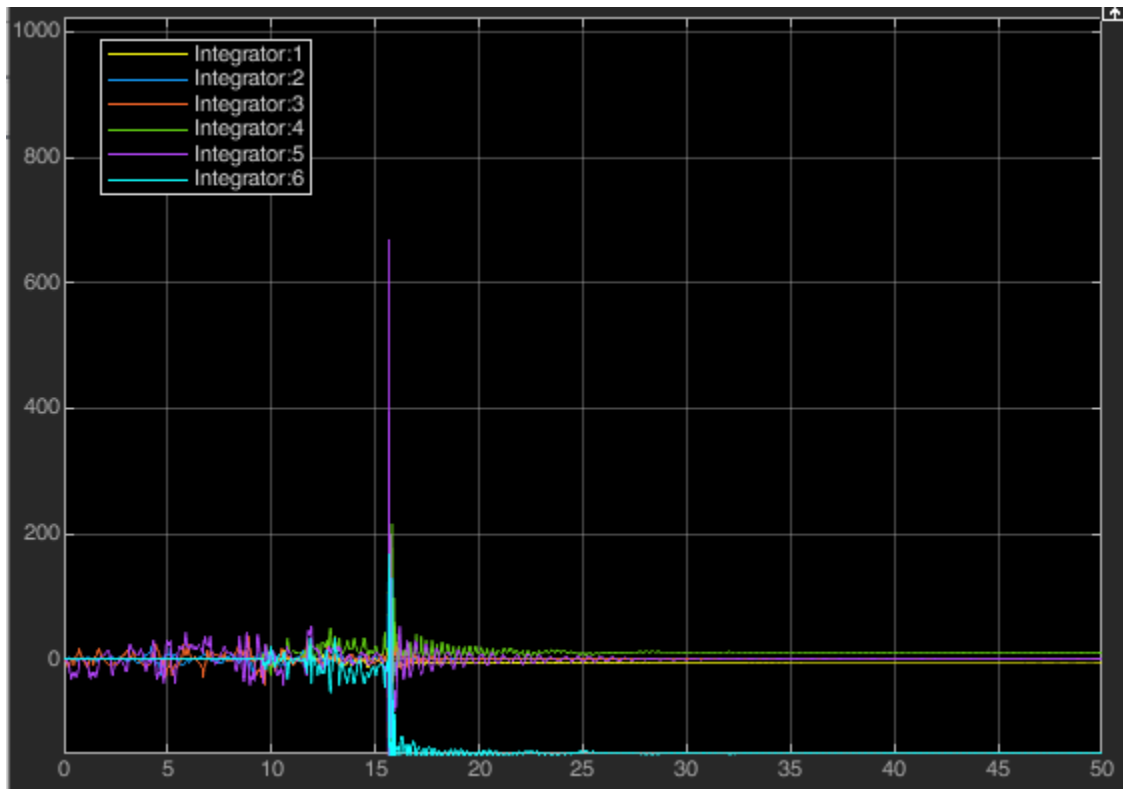
شعاع استوانه تمامی موتور ها به دلیل نبود اطلاعات کافی در دیتاشیت ربات ۸۶ میلی‌متر فرض شد.

جهت محاسبه ماتریس لختی دورانی به ازای روتور یا استاتور یک استوانه با نصف جرم بیان شده در صورت سوال و شعاع بیان شده در نظر گرفتم و انتقال آن به مرکز ثقل در نظر گرفته شد.

به ازای ورودی صفر برای همه گشتاورها: (زاویه موتور های اول و دوم و چهارم بدون تغییر ماندند اما زاویه موتورهای سوم و پنجم و ششم به سمت مقادیری مشخص میل کردند که در شکل بعد نشان دادم این حالت افتادن بازو به سمت پایین به دلیل جاذبه است.)

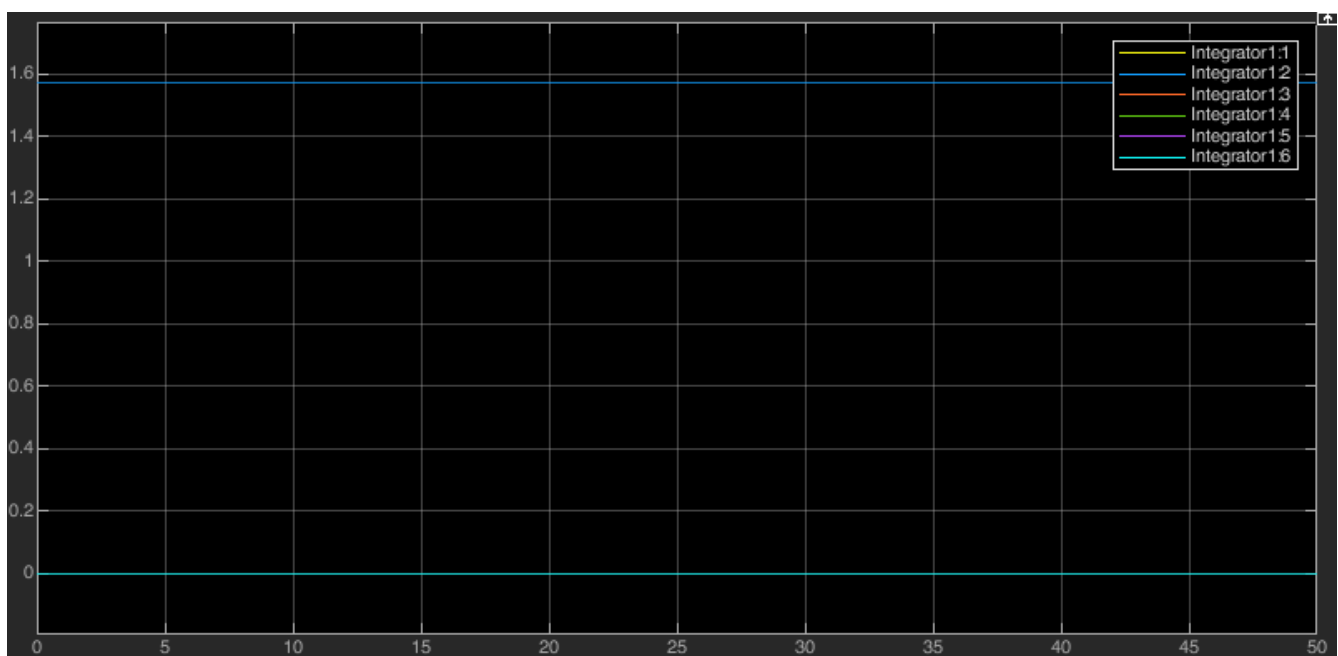


نتیجه برای مشتق q:



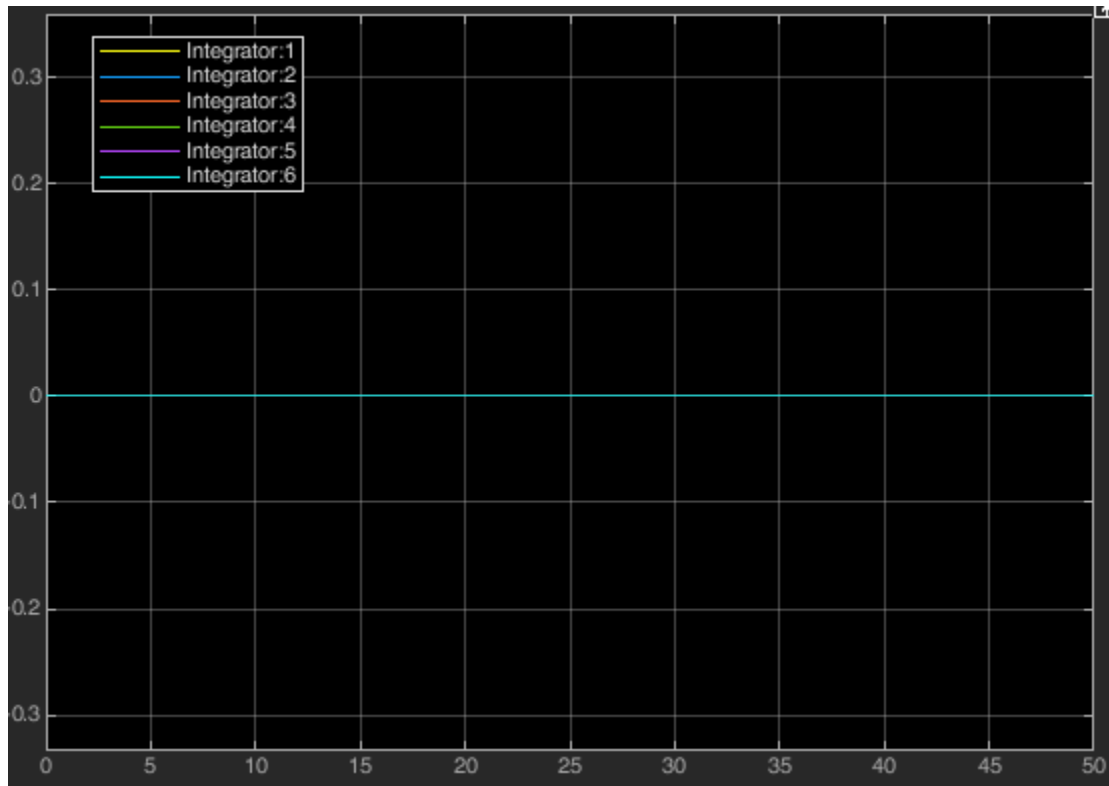
با اعمال ورودی به اندازه نیروی وزن انتظار داریم ربات وزن خود را تحمل کند و در حالت اولیه باقی بماند که مطابق انتظار است:

نتیجه برای q:



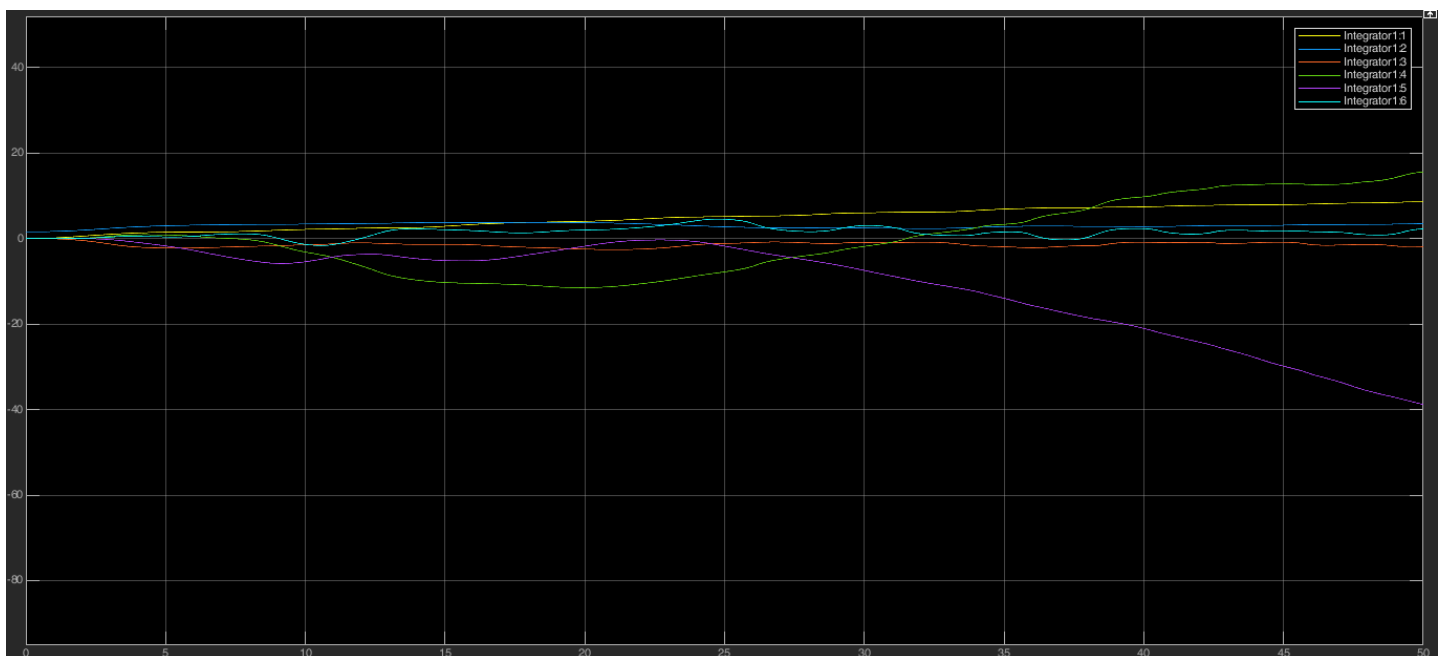


نتیجه برای مشتق  $q$ :

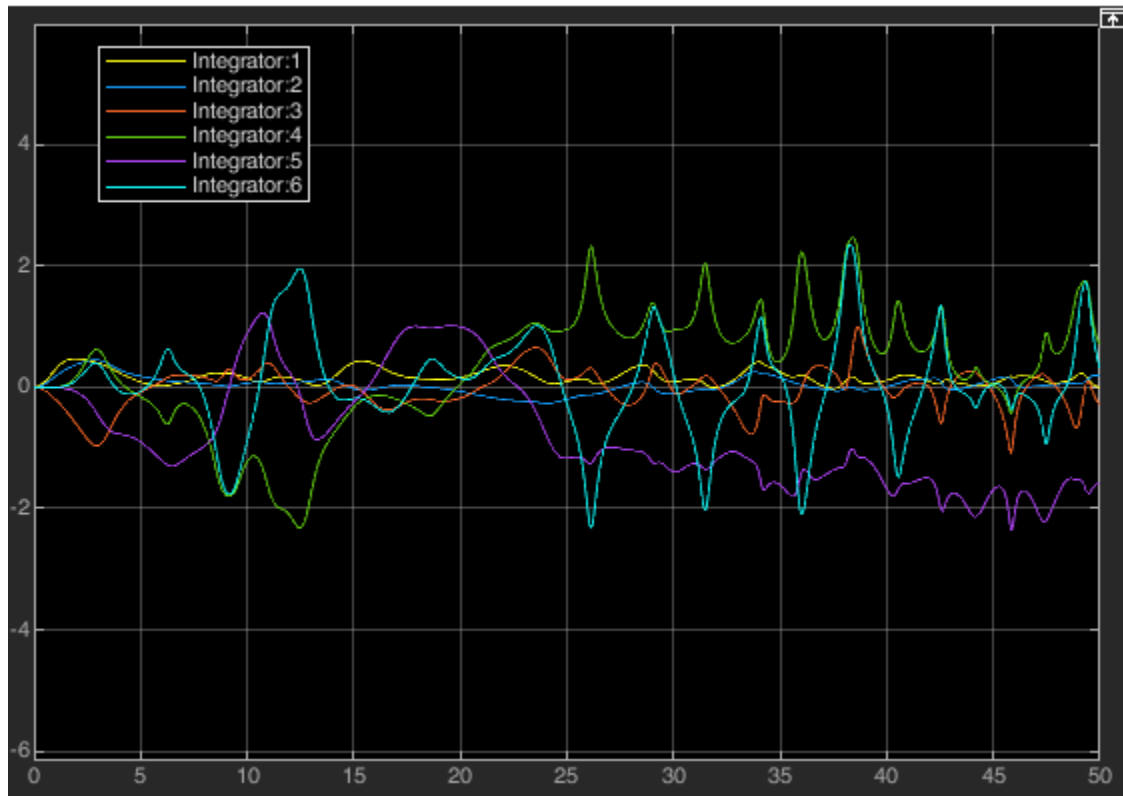


با اعمال ورودی وزن + گشتاور سینوسی برای مولفه اول مقادیر تقریباً ثابت ماندند و با زوم به تغییرات زیر رسیدیم که بنظر منطقی است چون چرخش موتور اول به دلیل برگشت بازو در موتور پنجم مکان EF را تغییر نمی‌دهد:

نتیجه برای  $q$ :

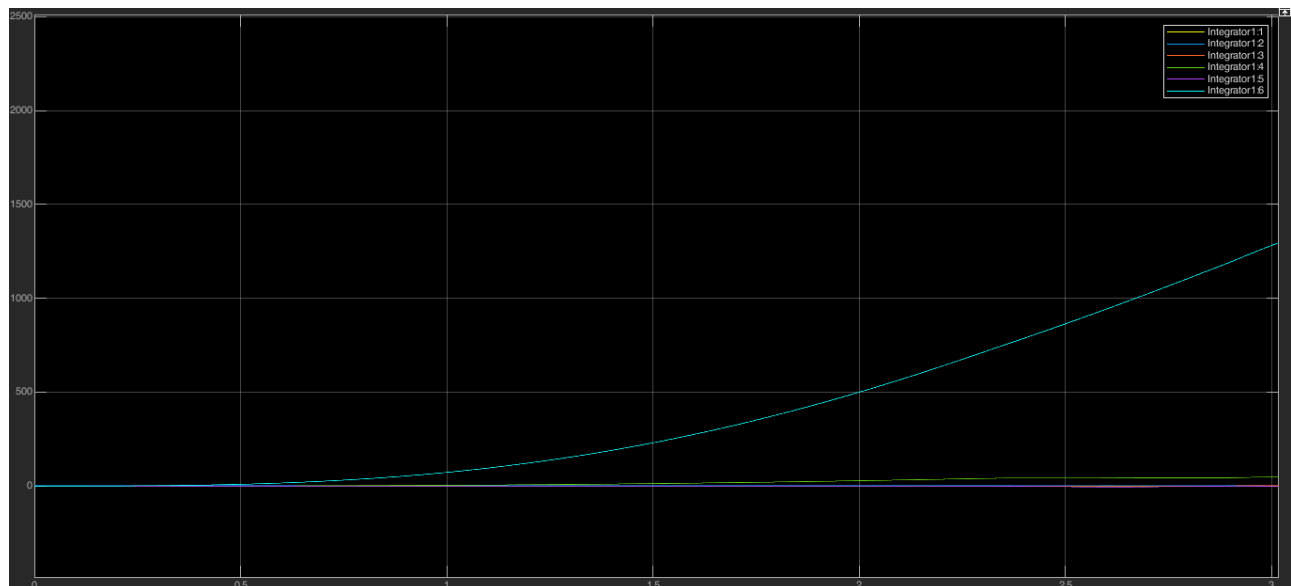


نتیجه برای مشتق q:



با اعمال ورودی وزن + گشتاور سینوسی برای مولفه آخر زاویه موتور آخر واگرا شد. با بررسی دوباره مدل خود به ایرادی نرسیدم و نیاز به تحلیل بیش تر آن دارم:

نتیجه برای q:



نتیجه برای مشتق  $q$ :

