



به نام خدا



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آزمایشگاه سیستم‌های کنترل خطی

گزارشکار آزمایش شماره ۴

محیا شهشهانی -- شیرین جمشیدی

۸۱۰۱۹۹۵۷۰ -- ۸۱۰۱۹۹۵۹۸

گروه ۵

اردیبهشت ماه ۱۴۰۲

فهرست

عنوان	شماره صفحه
چکیده	۳
بخش ۲-۳	۴
بخش ۳-۳	۵
بخش ۳-۴	۷
بخش ۴-۳	۱۰
بخش ۴-۴	۱۵
روند اجرای برنامه	۱۶

چکیده

در این آزمایش به شناسایی تابع تبدیل سروموتور DC خواهیم پرداخت. در بخش اول دستور کار با مراحل کنترل یک سیستم آشنا خواهیم شد. در بخش دوم به معرفی قسمت‌های مختلف مجموعه آموزشی موتور DC میپردازیم. در نهایت، در بخش سوم و چهارم با به کارگیری دو روش بررسی پاسخ زمانی و پاسخ فرکانسی سیستم به شناسایی و محاسبه تابع تبدیل موتور میپردازیم.

بخش ۲-۳) اندازه‌گیری ناحیه مرده

در مود کاری open loop موتور DC، درصد منبع تغذیه را صفر قرار می‌دهیم و سپس ولتاژ ارمیچر را به اهستگی افزایش می‌دهیم تا زمانی که موتور شروع به حرکت کند. این کار را یک بار در حالت ساعتگرد (cw) و یکبار در حالت پادساعتگرد (ccw) انجام می‌دهیم. مقدار ولتاژ ورودی در لحظه‌ی آغاز حرکت موتور، به عنوان عرض ناحیه‌ی مرده می‌خوانیم.

درصد ولتاژ منبع تغذیه در لحظه‌ی آغاز حرکت موتور در حالت cw: $0.28 \times 12 = 3.36$ ۲۸٪

درصد ولتاژ منبع تغذیه در لحظه‌ی آغاز حرکت موتور در حالت ccw: $-0.28 \times 12 = -3.36$ -۲۸٪

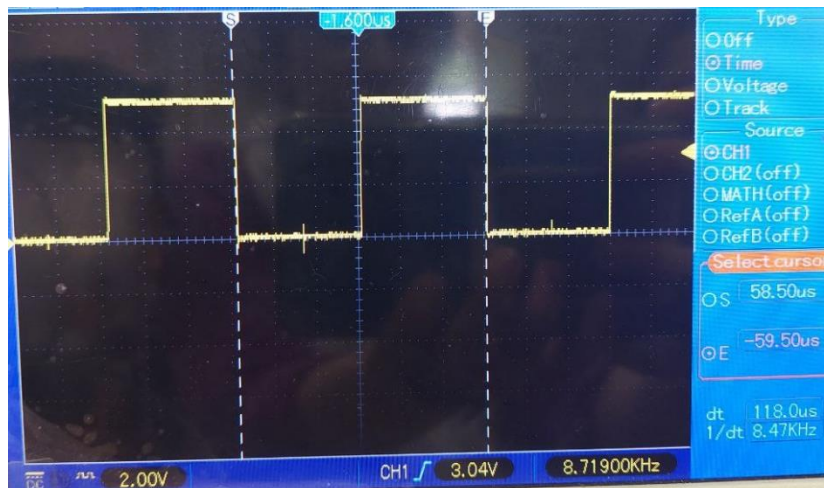
پس عرض ناحیه‌ی مرده از 3.36- تا 3.36 ولت می‌باشد.

بخش ۳-۳) انکودر

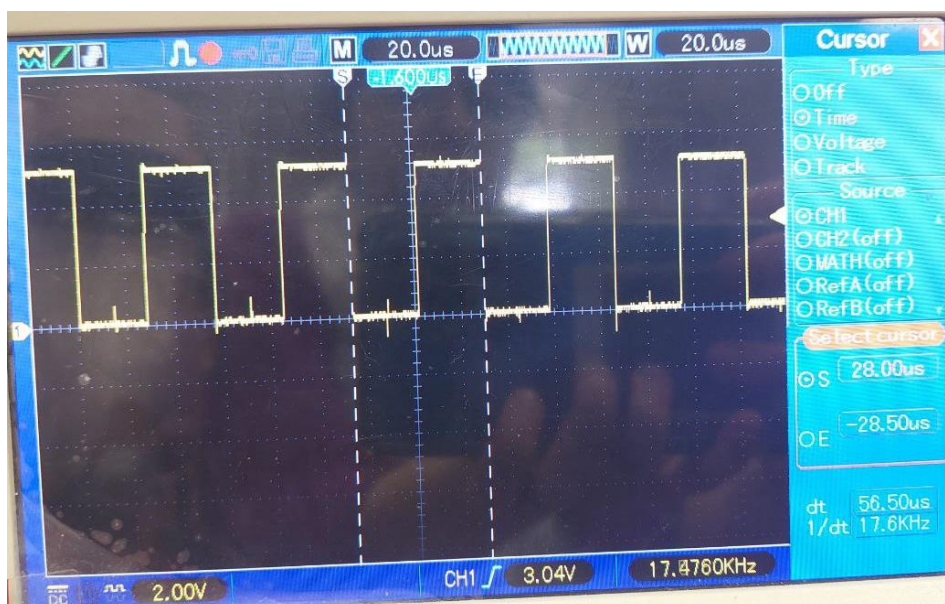
در این بخش برای اندازه‌گیری سرعت با استفاده از خروجی انکودر، فرکانس موج خروجی را با استفاده از cursur اندازه‌گیری میکنیم. سپس فرکانس اندازه‌گیری شده را تقسیم بر ۱۰۲۴ میکنیم زیرا انکودر به ازای هر دور ۱۰۲۴ پالس تولید میکند و سپس عدد محاسبه شده را در ۶۰ ضرب میکنیم تا سرعت بر حسب دقیقه بدست بیاید.

$$speed = \frac{frequency}{1024} \times 60$$

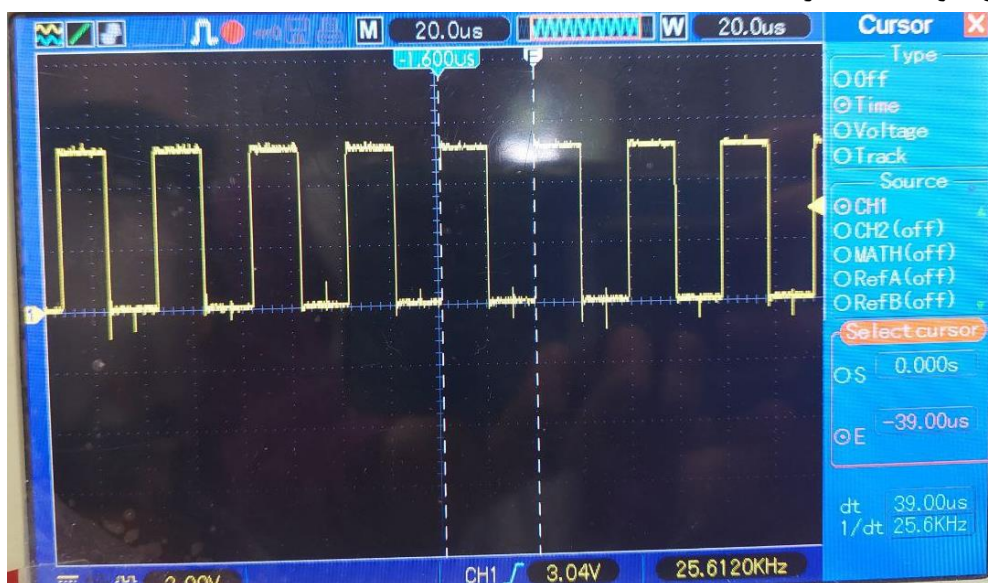
فرکانس خوانده شده در 500RPM: 8.47kHz



فرکانس خوانده شده در 1000RPM: 17.6kHz



فرکانس خوانده شده در 1000RPM: 25.6kHz



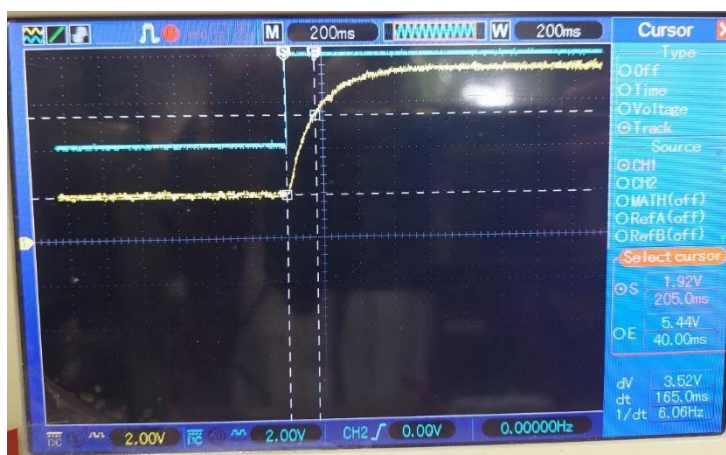
سرعت اندازه گیری شده با استفاده از خروجی انکودر	سرعت نمایش داده شده در مد OPEN LOOP
496RPM	500RPM
1031RPM	1000RPM
1500RPM	1500RPM

بخش ۳-۴) شناسایی تابع تبدیل موتور DC با بررسی پاسخ زمانی

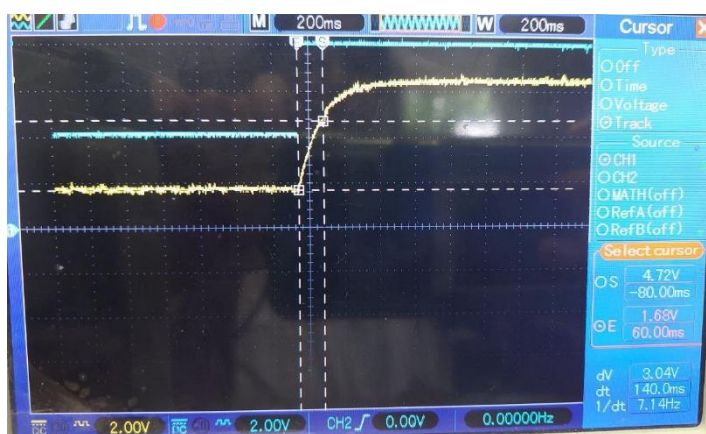
برای محاسبه بهره‌ی حالت ماندگار، دامنه خروجی را تقسیم بر دامنه ورودی می‌کنیم. و برای محاسبه ثابت زمانی، زمان لحظه‌ای را می‌خوانیم که خروجی به ۶۳٪ مقدار نهایی‌اش رسیده باشد.

شناسایی تابع تبدیل موتور با بایاس ۶ ولت:

دامنه ورودی	دامنه خروجی	بهره حالت ماندگار	ثابت زمانی	شکل موج
4v	5.68v	1.42	165ms	شکل الف
4v	4.8v	1.2	140ms	شکل ب



شکل الف



شکل ب

بایاس ۶ ولت برای این است که موج‌های ورودی و خروجی وارد ناحیه‌ی مرده نشود.

شناسایی تابع تبدیل موتور با بایاس ۳ ولت:

دایره ورودی	دایره خروجی	بهره حالت ماندگار	ثابت زمانی	شکل موج
4v	3.28v	0.82	195ms	شکل ج
4v	2.8v	0.7	175ms	شکل د



شکل ج



شکل د

همانطور که میبینیم، بایاس ۳ ولت، از عرض ناحیه‌ی مرده‌ای که در بخش اول بدست آوردیم، کمتر می‌باشد و در نتیجه موج‌های ورودی و خروجی در ناحیه‌ی مرده افتاده‌اند. به همین سبب گویی یک تابع تبدیل متفاوت با جدول قبلی‌ست که علت آن همان افتادن شکل موج‌ها در ناحیه‌ی مرده می‌باشد. پس مطلوب ما و آن چیزی که میتوان از آن تابع تبدیل را بدست آورد، همان بایاس ۶ ولت می‌باشد.

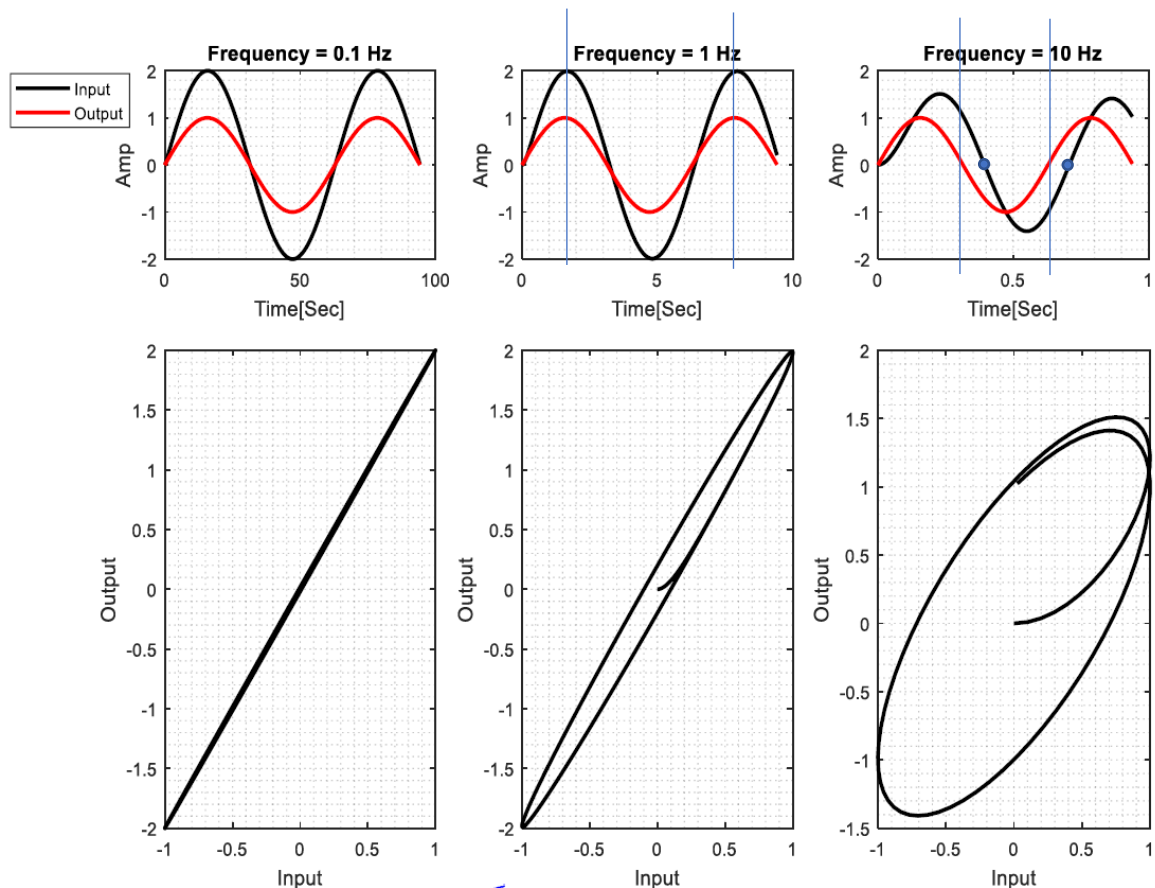
در هر دو حالت بایاس، در حالتی که موتور بی بار باشد، ثابت زمانی کمتری نسبت به حالت باردار دارد. می دانیم که وقتی سیستم باردار می شود، به عبارتی انگار از نیروی محرکه اولیه سیستم کم می شود و انگار که از توان ورودی سیستم کم میکنیم. لذا انتظار می رود که زمان بیشتری طول بکشد تا سیستم به سرعت مطلوب ما و حالت ماندگار برسد. همانطور که دیده می شود نتایج با انتظارات ما مطابقت دارد.

$$\frac{k_m}{1+sT_m} = \frac{1.42}{1+1.65s} \text{ تابع تبدیل بدست آمده به ازای بایاس ۶ ولت بی بار:}$$

$$\frac{k_m}{1+sT_m} = \frac{1.2}{1+1.4s} \text{ تابع تبدیل بدست آمده به ازای بایاس ۶ ولت باردار:}$$

بخش ۴-۳) شناسایی تابع تبدیل موتور در حوزه فرکانس

- با افزایش فرکانس شاهد افزایش اختلاف فاز بین ورودی و خروجی هستیم. دامنه خروجی روی یک ثابت باقی مانده است. علت اینکه نمودار خروجی برحسب ورودی با افزایش فرکانس از حالت خطی خارج می‌شود این است که در حالت فرکانس پایین، بین ورودی و خروجی اختلاف فازی نداریم. هنگامی که ورودی در دره است، خروجی نیز در دره است و به ازای ورودی یکتا، خروجی یکتا داریم. با افزایش فرکانس و عقب افتادن خروجی از ورودی، خروجی یکسانی به ازای دو ورودی متفاوت داریم و برعکس. (به طور مثال با ورودی صفر یکبار عددی منفی در خروجی داریم و یکبار مثبت)



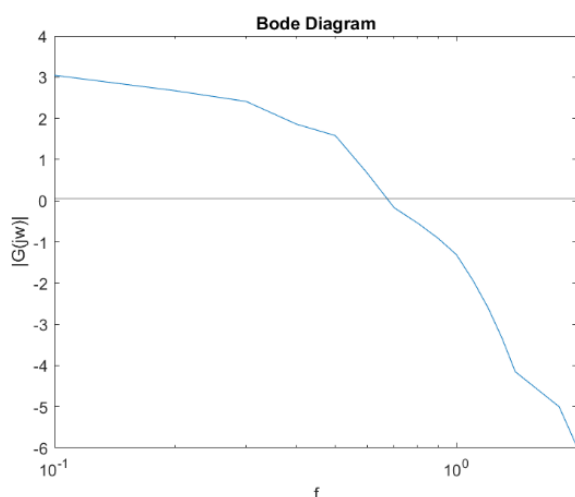
شکل ۳-۴-۱

فرکانس	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
دامنه خروجی به ورودی	1.42	1.36	1.32	1.24	1.2	1.08	0.98	0.94
دامنه خروجی به ورودی (dB)	$20\log(1.42)$ = 3.046	2.67	2.41	1.86	1.58	0.67	-0.17	-0.54
فرکانس	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.8	2
دامنه خروجی به ورودی	0.9	0.86	0.8	0.74	0.68	0.62	0.56	0.5
دامنه خروجی به ورودی (dB)	-0.91	-1.31	-1.94	-2.61	-3.35	-4.15	-5	-6

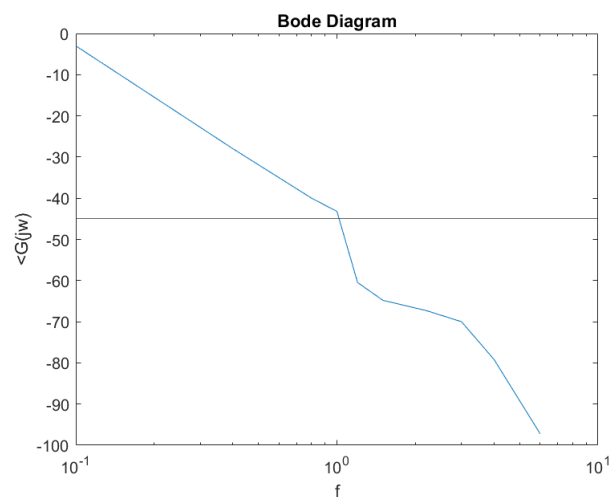
جدول ۳: شناسایی اندازه تابع تبدیل

فرکانس	0.1	0.4	0.8	1	1.2	1.5
اختلاف فاز ورودی و خروجی (درجه)	3	28	40	43.2	60.48	64.8
فرکانس	2.2	3	4	6	20	45
اختلاف فاز ورودی و خروجی (درجه)	67.3	70	79.2	97.2	پیدا نیست	پیدا نیست

جدول ۴: شناسایی فاز تابع تبدیل



شکل ۳-۳: نمودار bode اندازه تابع تبدیل

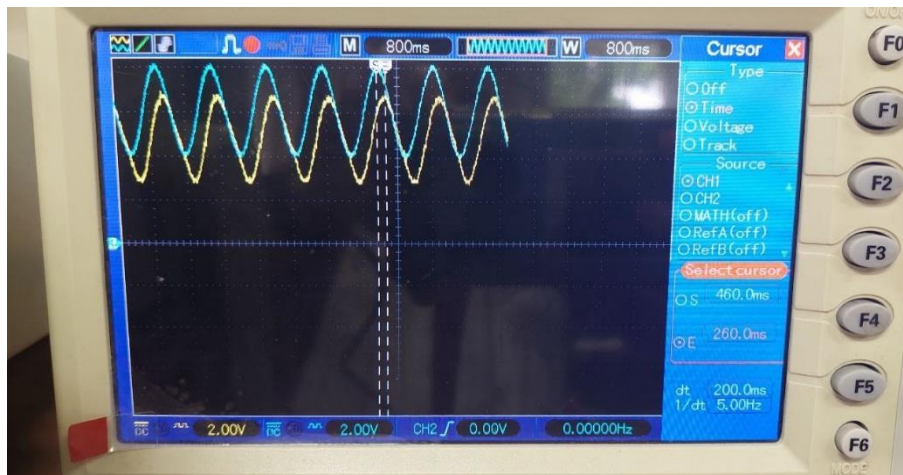


شکل ۳-۴: نمودار bode فاز تابع تبدیل

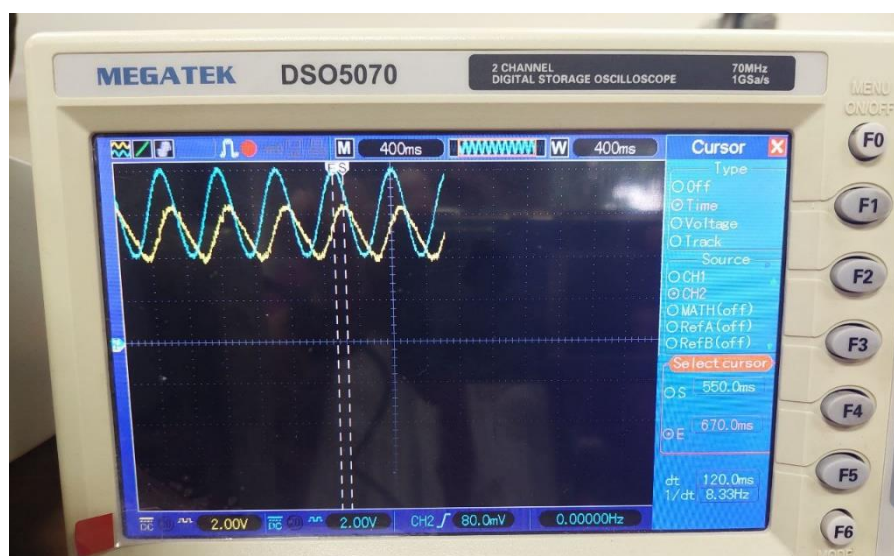
- اختلاف فاز ورودی و خروجی نهایتاً به ۹۰ درجه میل میکند.
- زمانی که $s=0$ است، طبق این رابطه $\frac{V_m(s)}{V_s(s)} = \frac{K_m}{T_m s + 1}$ برابر با K_m خواهد بود. دامنه برابر با 3.046 dB است که پس از تبدیل برابر با 1.42 است.
- فرکانسی که پس از عبور از آن، بهره سیستم نسبت به حالت صفر 3dB کاهش پیدا میکند. با استفاده از نمودار و خط رسم شده، فرکانس مورد نظر حدود ۰.۶۷ می باشد.
- فرکانس قطع با معکوس ثابت زمانی متناسب است.

$$\begin{aligned}
 \text{در } f = 2\text{Hz} &\rightarrow |G(s)| = 0.5 \\
 \Rightarrow \frac{1.42}{T_m(2\pi f) + 1} &= 0.5 \\
 \Rightarrow \frac{1.42}{\sqrt{T_m^2 + 4\pi^2 f^2} + 1} &= 0.5 \\
 \rightarrow \sqrt{T_m^2 \times (14\pi^2) + 1} &= \frac{1.42}{0.5} = 2.84 \\
 \rightarrow T_m^2 \times 14\pi^2 + 1 &= 10.454 \\
 \rightarrow T_m^2 &= \frac{10.454}{14\pi^2} \\
 T_m^2 &= 0.447 \\
 \rightarrow T_m &= 0.211 \quad 1/T_m = 4.72 \\
 \phi &\approx \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{T_m} \right) = 0.75
 \end{aligned}$$

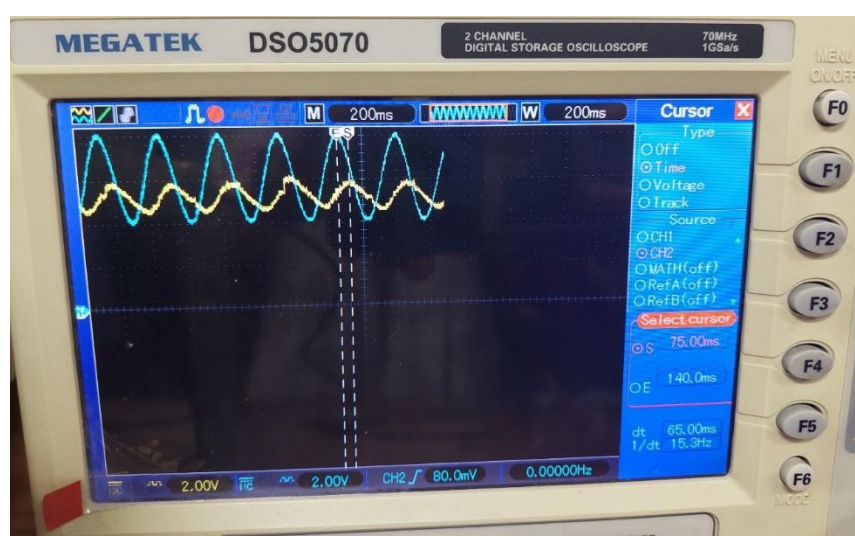
- با توجه به نمودار، مقدار فاز سیستم در فرکانس قطع برابر با ۳۷ درجه می باشد.



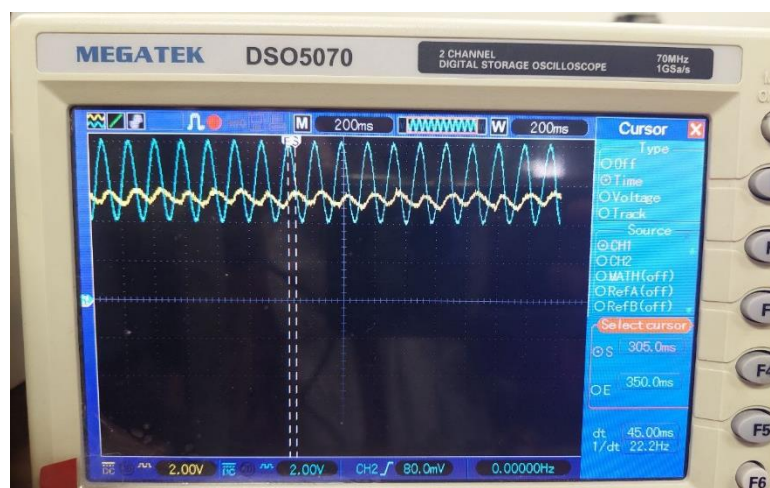
شکل ۳-۴: فرکانس ۰.۴



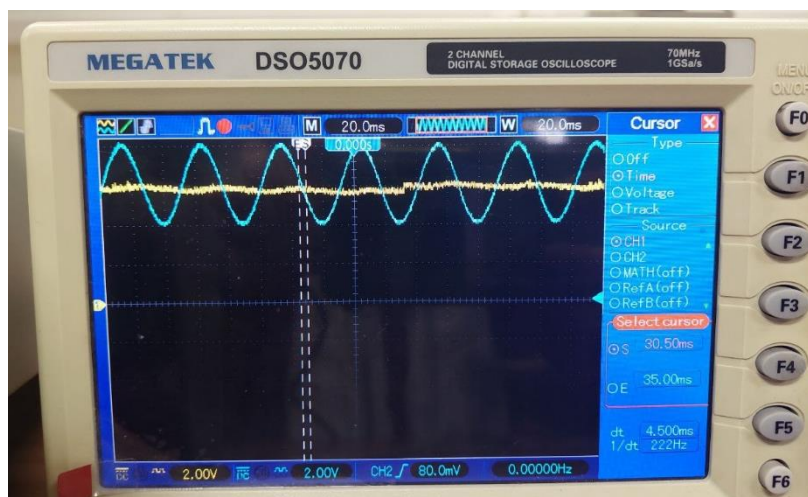
شکل ۳-۴-۵: فرکانس ۱



شکل ۳-۴-۶: فرکانس ۳



شکل ۳-۴-۷: فرکانس ۶



شکل ۳-۴-۸: فرکانس ۲۰

در نهایت تابع تبدیل به صورت زیر خواهد بود: $\frac{k_m}{1+sT_m} = \frac{1.42}{1+0.211s}$

بخش ۴-۴) مقایسه تابع تبدیل موتور در حوزه زمان و فرکانس

دو تابعی که در دو بخش به دست آورده‌ایم را مقایسه کرده و مشاهده می‌کنیم که به خوبی با یکدیگر تطابق دارند و بسیار به یکدیگر نزدیک هستند.

روند اجرای آزمایش

- برای رسم نمودار bode از فایل Lab4.m پیوست شده استفاده کردیم.