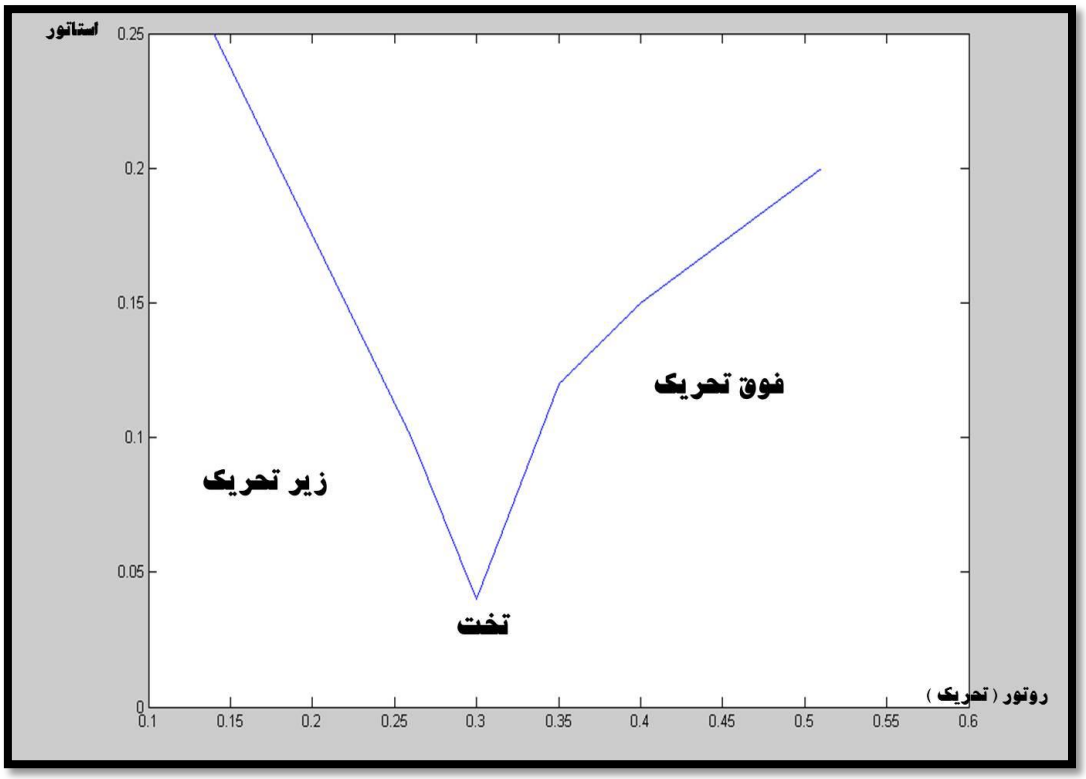
**آزمایش الف : تعیین مشخصه محرک اولیه ( موتو سنکرون سه فازه )**

**هدف این آزمایش بررسی جریان استاتور برحسب جریان تحریک می باشد . برای این منظور سیم بندی استاتور را به تغذیه سه فاز ۳۸۰ ولت در اتصال ستاره متصل کردیم . در حالت بی باری جریان تحریک را با استفاده از مقاومت متغیر تعبیه شده در موتور تغییر دادیم و جریان استاتور را اندازه گیری نمودیم . نتایج این آزمایش به شرح زیر می باشد :**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جریان روتور | ۰.۵۱ | ۰.۴ | ۰.۳۵ | ۰.۳ | ۰.۲۶ | ۰.۱۴ |
| جریان استاتور | ۰.۲ | ۰.۱۵ | ۰.۱۲ | ۰.۰۴ | ۰.۱ | ۰.۲۵ |

**نمودار حاصل به صورت زیر می باشد :**




**در جریان های تحریک کمتر از ۰.۳ ناحیه زیر تحریک نامیده می شوند که در این ناحیه توان راکتیو از برق شبکه دریافت می کنیم و به عبارت دیگر آن را مصرف می کنیم . به ناحیه نزدیک جریان تحریک ۰.۳ ، تخت گفته می شود ، یعنی در این ناحیه توان راکتیو تولیدی و مصرفی با هم برابر هستند و در ناحیه ای که جریان تحریک بیشتر از ۰.۳ است ، ناحیه فوق تحریک نامیده می شود که در آن توان راکتیو به شبکه می دهیم .**

**اگر جای دو فاز تغذیه استاتور را عوض کنیم ، جهت چرخش روتور عوض خواهد شد ولی نتایج تغییری نخواهند کرد .**

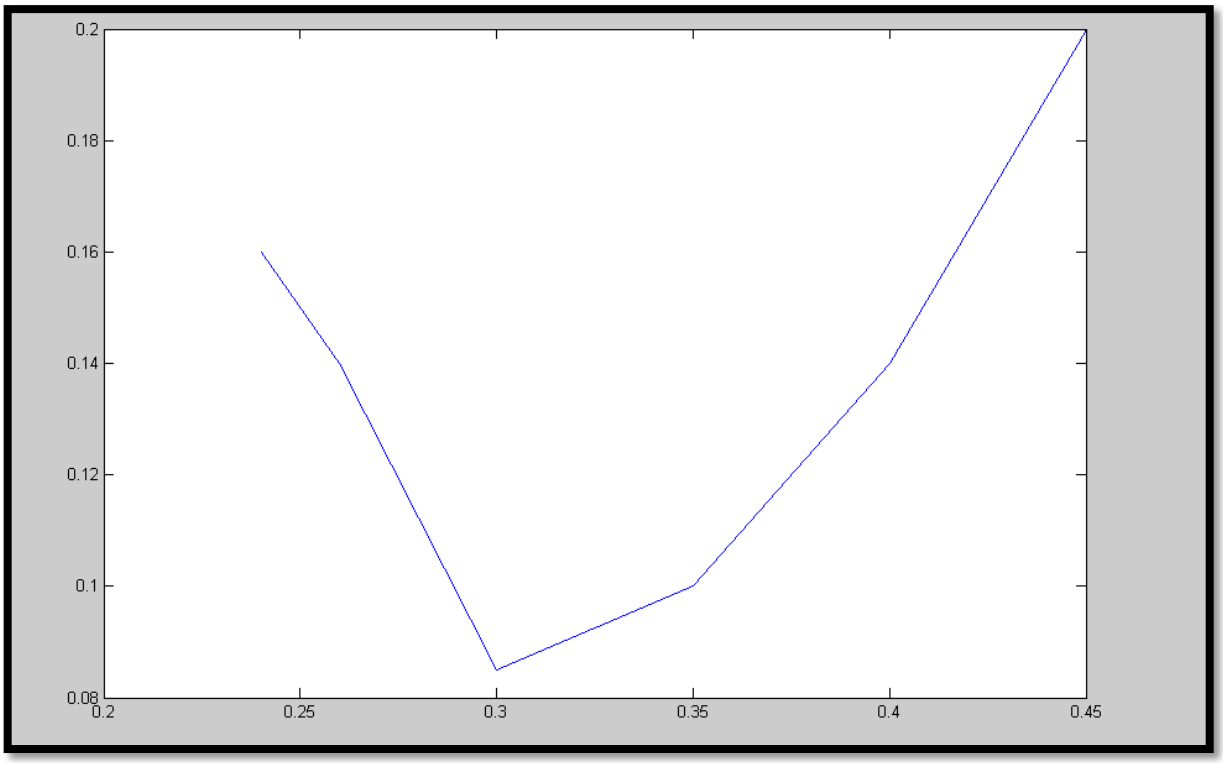
$$I_{r_{max}} = 0.51 \, , I_{s_{max}} = 0.25 \, , \omega = 1500 rpm$$

**در جریان تحریک ۰.۳ ، جریان استاتور حداقل می شود .**

## آزمایش ب : تعیین مشخصه جریان و سرعت محرک اولیه در بارهای مختلف

**آزمایش الف را در گشتاور ۰.۰۹ تکرار کردیم که نتایج آن به شرح زیر می باشد :**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جریان روتور | ۰.۴۵ | ۰.۴ | ۰.۳۵ | ۰.۳ | ۰.۲۶ | ۰.۲۴ |
| جریان استاتور | ۰.۲ | ۰.۱۴ | ۰.۱ | ۰.۰۸۵ | ۰.۱۴ | ۰.۱۶ |




$$I_{r_{max}} = 0.45 \, , I_{s_{max}} = 0.2 \, , \omega = 1500 rpm$$

**حداقل جریان استاتور در جریان تحریک ۰.۳ رخ داده است .**



www.hajihoseini.ir

**ساختمان ماشین های DC و شناسایی پارامترهای اساسی آن**

در این آزمایش ساختمان و اجزای مختلف یک ماشین الکتریکی DC مورد ارزیابی قرار گرفته و برخی از ویژگی ها و پارامترهای اساسی آن تعیین گردید .

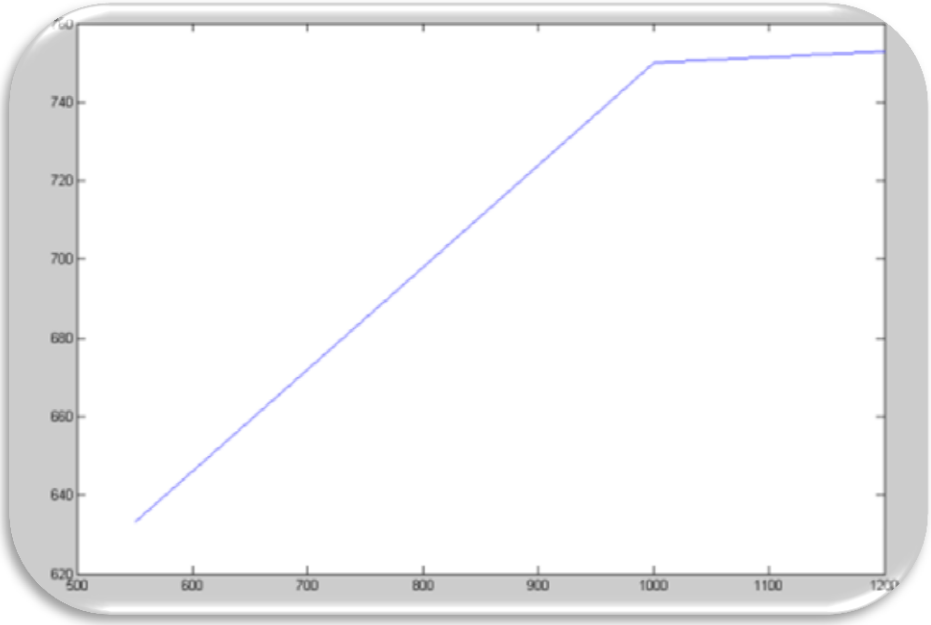
**آزمایش الف : شناسایی ساختمان ماشین الکتریکی DC**

با بررسی ظاهر ماشین الکتریکی DC مورد آزمایش ، متوجه شدیم که تعداد ذغال ها ( جاروبک ) ۲ عدد می باشد و هر کدام دو تیغه کموتاتور را در بر میگیرند .

**آزمایش ب : تعیین مقاومت سیم بندی آرمیچر**

به دلیل اینکه کلاف های آرمیچر با سرعت n دوران می کنند ، ذغال های جاروبک در اثر اصطکاک باعث عوض شدن مقاومت مجموعه متناسب با سرعت می شود . نتایج آزمایش به شرح زیر است :

| سرعت | ۱۵۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۰۰۰ | ۵۵۰ |
|---|---|---|---|---|
| مقاومت | ۷۸۰ | ۷۵۳ | ۷۵۰ | ۶۳۳ |




هر چه سرعت بالاتر می رود اصطکاک ذغال ها با کلاف بیشتر شد ه و در نتیجه مقاومت افزایش میابد .

برای راه اندازی موتور و محاسبه مقاومت کلاف های آرمیچر ، بقیه پارامترهای موتور را ثابت نگه می داریم ، مانند سرعت و جریان تحریک شنت و ولتاژ تحریک .

با توجه به اینکه دو جاروبک و دو مسیر موازی داشتیم ، نوع سیم بندی موجی می باشد .

**آزمایش ج : اندازه گیری مقاومت اهمی کلاف تحریک شنت و سری**

**چون چرخش روتور تاثیری در مقاومت اهمی کلاف تحریک ندارد ، می توان با استفاده از یک اهم متر مقاومت کلاف تحریک را اندازه گرفت . در هر حالت ، جریان نامی از آن کلاف عبور میکند . با اسفاده از دو روش ، مقدار مقاومت اهمی کلاف تحریک را به دست آوردیم که به شرح زیر می باشند :**

**الف ) روش اول : اهم متر**

Rseri=5.4

Rshunt=560

**ب ) روش دوم : اعمال جریان و ولتاژ**

Vseri=8.02

Vshunt=11.2

**پس مقدار مقاومت ها برابرند با :**

Rsunt=583.33

**آزمایش د : تعیین نسبت** Nsh **به** Nse

**هر دو سیم بندی به صورت تحریک مستقل بسته می شود . از طریق موتور سنکرون ژنراتور DC را به چرخش درآوردیم که ولتاژ تولیدی ژنراتور ۸۵ ولت بود . در سرعت ۱۵۰۰ و جریان سری ۰.۵ آمپر و جریان شنت ۶۸ میلی آمپر ، نتایج آزمایش به شرح زیر می باشد :**

$$N_{sh}I_{sh} = R\varphi \, , N_{se}I_{se} = R\varphi \;\rightarrow\; N_{se}I_{se} = N_{sh}I_{sh}$$

$$\frac{N_{sh}}{N_{se}} = \frac{0.5}{0.068m} = 735.294$$

**تغییر سرعت در نتیجه آزمایش تاثیری ندارد زیرا هر دو جریان به یک نسبت تغییر می کنند .**



www.hajihoseini.ir

**مشخصه ژنراتور DC تحریک مستقل**

**آزمایش الف : تعیین مشخصه بی باری**

**تغییرات ولتاژ القایی در آرمیچر برحسب تغییرات جریان تحریک وقتی سرعت روتور ثابت و جریان آرمیچر صفر است را مشخصه بی باری می گویند .**

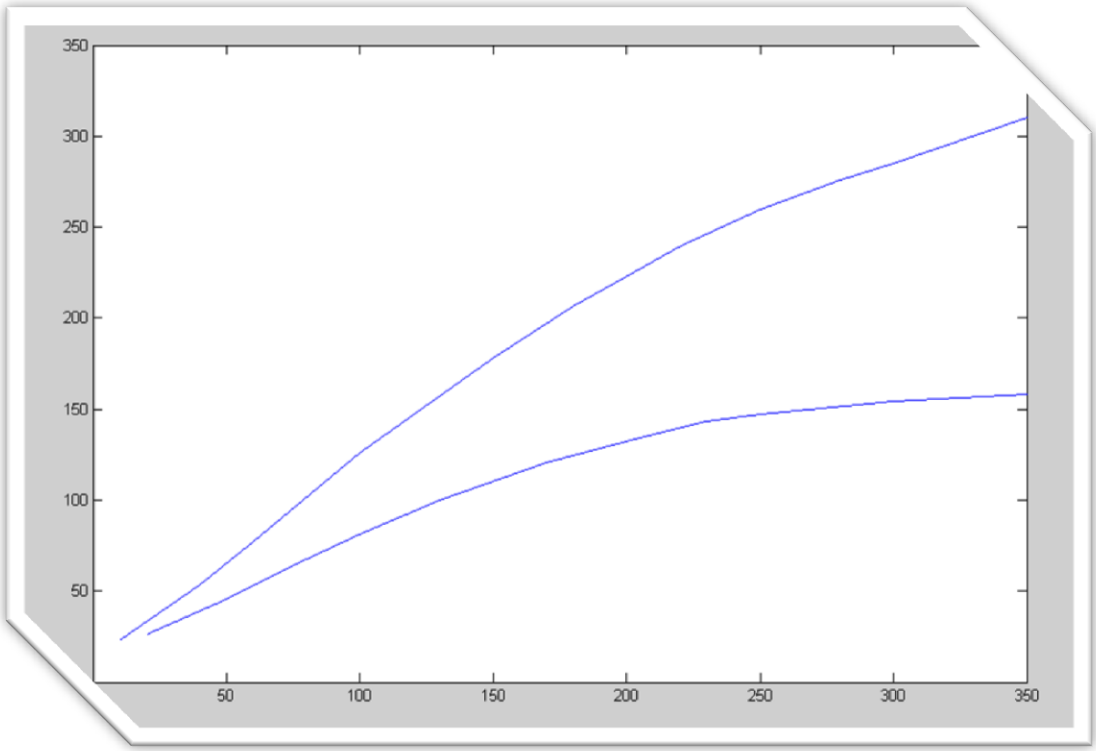
**آزمایش تحت دو سرعت ۱۵۰۰ و ۱۰۰۰ انجام شد که نتایج آن به شرح زیر می باشد :**

**سرعت = ۱۵۰۰**

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۲۲.۸ | ۵۳.۲ | ۷۷.۵ | ۱۲۶ | ۱۷۸.۵ | ۲۰۷ | ۲۲۳ | ۲۴۰ | ۲۶۰ | ۲۷۶ | ۲۸۵ | ۳۱۰ |
| $i_f$ | ۱۰ | ۴۰ | ۶۰ | ۱۰۰ | ۱۵۰ | ۱۸۰ | ۲۰۰ | ۲۲۰ | ۲۵۰ | ۲۸۰ | ۳۰۰ | ۳۵۰ |

**سرعت = ۱۰۰۰**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۲۶ | ۴۵.۳ | ۶۷.۳ | ۸۱ | ۱۰۰ | ۱۲۰.۵ | ۱۳۲ | ۱۴۳ | ۱۴۷ | ۱۵۴ | ۱۵۸ |
| $i_f$ | ۲۰ | ۵۰ | ۸۰ | ۱۰۰ | ۱۳۰ | ۱۷۰ | ۲۰۰ | ۲۳۰ | ۲۵۰ | ۳۰۰ | ۳۵۰ |



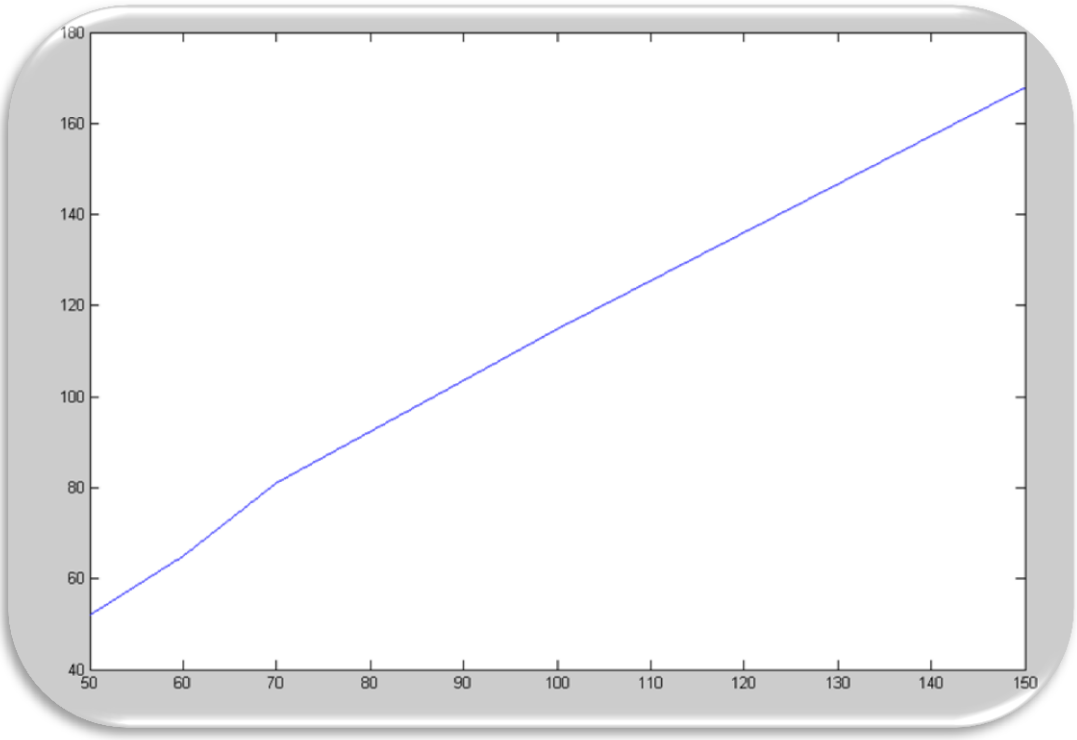
طبق نمودار در سرعت های بالاتر در یک جریان ثابت ولتاژ بیشتری از ژنراتور می گیریم و همانطور که مشاهده می شود ، در انتها شیب نمودار کم می شود تا پدیده اشباع رخ دهد و از آنجا به بعد با افزایش جریان تحریک ، ولتاژ دیده شده در ترمینال تغییر چندانی نمی کند .

## آزمایش ب : تعیین مشخصه بارگیری ژنراتور

بررسی تغییرات ولتاژ سیم بندی آرمیچر بر حسب تغییرات جریان سیم بندی تحریک در سرعت دوران روتور و جریان بار ثابت را مشخصه بارگیری گویند . برای این نمودار ، بار را به سیم بندی آرمیچر متصل می کنیم . سپس جریان تحریک را طوری تنظیم می کنیم که در بارهای مختلف ، جریان آرمیچر ثابت بماند .

آزمایش در سرعت ۱۵۰۰ و جریان بار ۰.۲۵ میلی آمپر انجام شد که نتایج آن به شرح زیر است :

| $v_t$ | ۱۶۸ | ۱۱۵ | ۸۱ | ۶۵ | ۵۲ |
|---|---|---|---|---|---|
| $i_f$ | ۱۵۰ | ۱۰۰ | ۷۰ | ۶۰ | ۵۰ |




در این آزمایش نسبت به آزمایش الف ولتاژ ترمینال مقادیر کمتری دارد زیرا به دلیل جریان عبوری از آرمیچر ، عکس العمل آرمیچر داریم .



www.hajihoseini.ir

**ج : تعیین مشخصه خارجی ژنراتور**

**بررسی تغییرات ولتاژ خروجی ( بار ) ژنراتور بر حسب تغییرات جریان بار وقتی که جریان تحریک و سرعت روتور ثابت است را مشخصه خارجی ژنراتور گویند .**

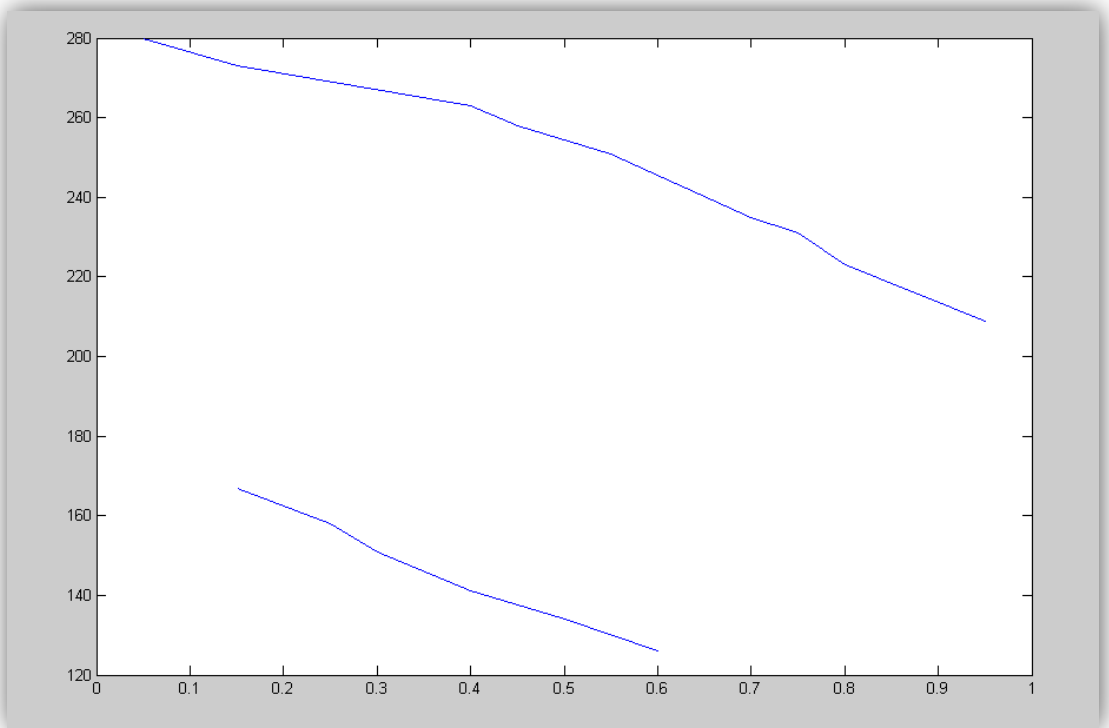
**این آزمایش تحت سرعت ۱۵۰۰ و دو حالت جریان تحریک نامی و ۵۰٪ جریان نامی انجام شده است که نتایج آن به شرح زیر است :**

**در جریان ۵۰٪ جریان نامی :**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۱۶۷ | ۱۵۸ | ۱۵۱ | ۱۴۱ | ۱۳۴ | ۱۲۶ |
| $i_a$ | ۰.۱۵ | ۰.۲۵ | ۰.۳ | ۰.۴ | ۰.۵ | ۰.۶ |

**در جریان نامی :**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۲۸۰ | ۲۷۳ | ۲۶۳ | ۲۵۸ | ۲۵۱ | ۲۳۵ | ۲۳۱ | ۲۲۳ | ۲۰۹ |
| $i_a$ | ۰.۰۵ | ۰.۱۵ | ۰.۴ | ۰.۴۵ | ۰.۵۵ | ۰.۷ | ۰.۷۵ | ۰.۸۰ | ۰.۹۵ |




**با افزایش جریان تحریک ولتاژ ترمینال به طور محسوسی افزایش یافت .**



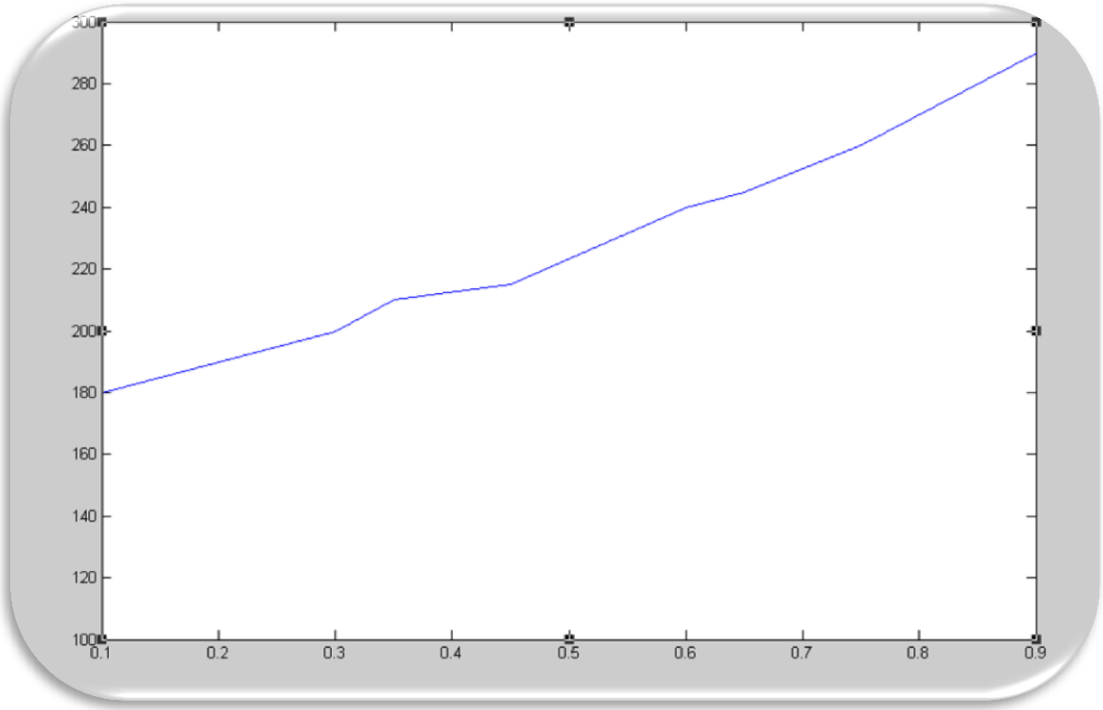
www.hajihoseini.ir

**آزمایش د : تعیین مشخصه آرمیچر ژنراتور**

**تغییرات جریان سیم بندی تحریک بر حسب تغییرات جریان آرمیچر در سرعت و ولتاژ آرمیچر ثابت را مشخصه آرمیچر ژنراتور گویند .**

**این آزمایش را در سرعت ۱۵۰۰ و ولتاژ خروجی ۲۰۰ ولت انجام دادیم که نتایج آن به شکل زیر است :**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $i_a$ | ۰.۱ | ۰.۳ | ۰.۳۵ | ۰.۴۵ | ۰.۶ | ۰.۶۵ | ۰.۷۵ | ۰.۹ |
| $i_f$ | ۱۸۰ | ۲۰۰ | ۲۱۰ | ۲۱۵ | ۲۴۰ | ۲۴۵ | ۲۶۰ | ۲۹۰ |



## مشخصه های ژنراتور DC شنت

دراین آزمایش کلیه مشخصات یک زنراتور DC تحریک شنت را تجزیه و تحلیل کردیم.

**مشخصه بی باری :** تغییرات ولتاژ القایی آرمیچر بر حسب تغییرات جیران کلاف وقتی سرعت روتور ثابت وجریان آرمیچر صفر باشد را مشخصه بی باری می گویند .

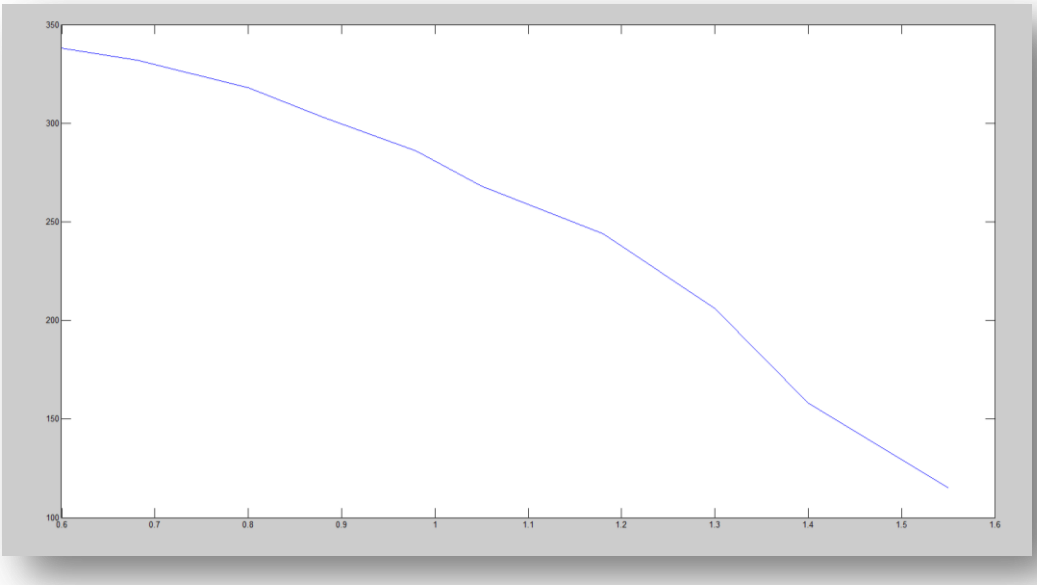
برای اینکه ولتاژسازی رخ دهد مقاومت مدار تحریک شنت را بیشتر از مقاومت بحرانی و سرعت را کمتر از سرعت بحرانی نگرفتیم .

### الف. شناسایی مقاومت ژنراتور

با استفاده از نتایج آزمایش ۳ با محاسبه شیب نمودار بی باری در ناحیه وسط ، مقاومت بحرانی را بدست آوردیم . سپس با اتصال ژنراتور و تغییر مقاومت کل مدار شنت ، از حداقل تا ۱۲۵٪ مقاومت بحرانی ، مقدار ولتاز آرمیچر را خواندیم که نتایج به شرح زیر است :

$$\text{مقاومت بحرانی در سرعت} 1500 = \frac{178.5}{150} = 1.19$$

| $R_{shunt}(k)$ | ۰.۶ | ۰.۶۸ | ۰.۸ | ۰.۸۸ | ۰.۹۸ | ۱.۰۵ | ۱.۱۸ | ۱.۳ | ۱.۴ | ۱.۵۵ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۳۳۸ | ۳۳۲ | ۳۱۸ | ۳۰۳ | ۲۸۶ | ۲۶۸ | ۲۴۴ | ۲۰۶ | ۱۵۸ | ۱۱۵ |






www.hajihoseini.ir

**با افزایش مقاومت شنت ، جریان کاهش پیدا می کند که در نتیجه مقدار شار هم کاهش پیدا می کند و با کاهش شار ، ولتاژ نیز کاهش پیدا می کند که نمودار هم همین را اثبات می کند .**

## ب. شناسایی سرعت بحرانی

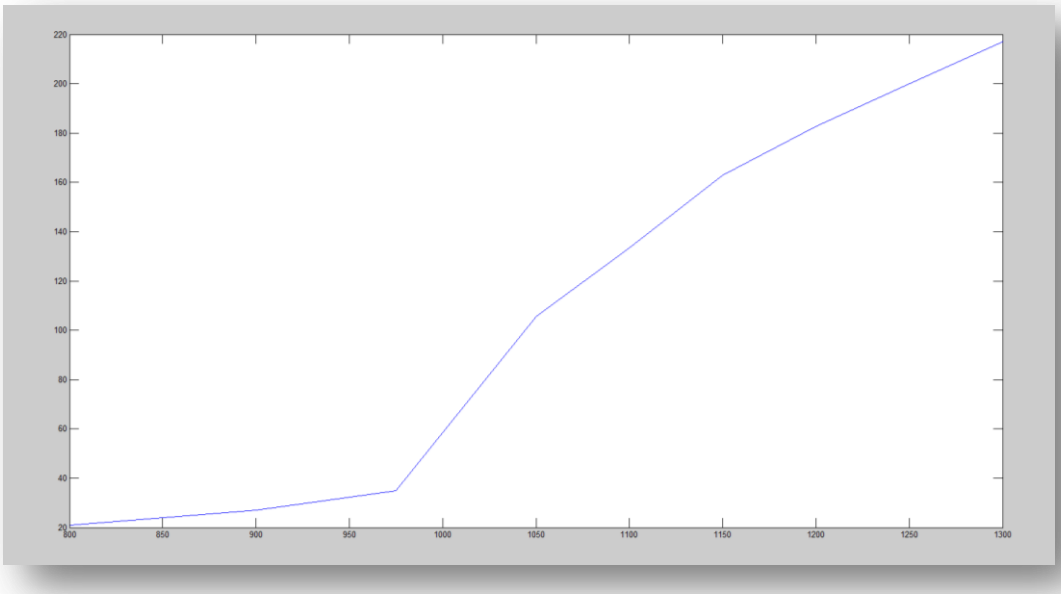
**با استفاده از رابطه (۳) و نتایج آز۳ سرعت بحرانی را برای مقاومت شنت ۸۳۰ اهم محاسبه کردیم.**

**با تغییر سرعت از ۷۵٪ تا ۱۲۵٪ سرعت بحرانی ولتاژ القایی را اندازه گرفتیم که جدول ونمودار آن به شرح زیر می باشند :**

$$\omega_c = \frac{0.83}{1.19} * 1500 = 1046.2$$

**چون در گزارش کار منحنی بی باری خواسته شده است ، به صورت مستقل مدار را بستیم .**

| $\omega$ | ۸۰۰ | ۹۰۰ | ۹۷۵ | ۱۰۵۰ | ۱۱۰۰ | ۱۱۵۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۵۰ | ۱۳۰۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۲۱ | ۲۶.۹ | ۳۴.۹ | ۱۰۵.۵ | ۱۳۳.۳ | ۱۶۳ | ۱۸۲.۷ | ۲۰۰ | ۲۱۷ |




**همانطور که از نمودار مشاهده می کنیم در سرعت های پایین تر از سرعت بحرانی ، ولتاژ تولیدی خیلی کم می باشد ولی بعد از سرعت بحرانی ، با افزایش سرعت ، ولتاژ تولیدی نیز افزایش پیدا می کند .**



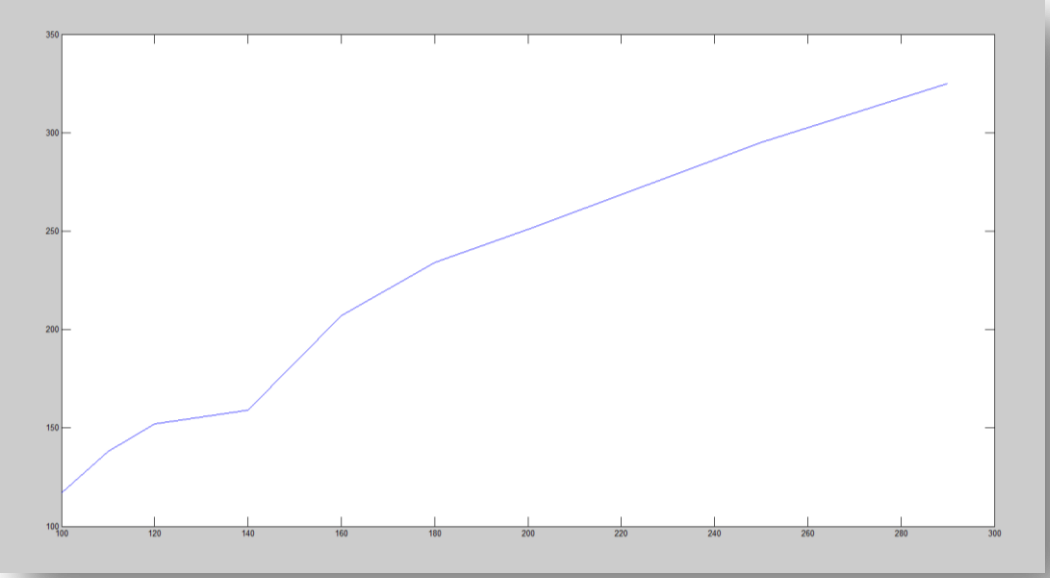
www.hajihoseini.ir

**با توجه به نمودار به نظر می رسد که حدود سرعت بحرانی در این آزمایش باید ۹۸۰ باشد که تقریبا با مقدار به دست آمده نزدیک هستند .**

## ج. تعیین مشخصه بارگیری ژنراتور DC شنت

**تغییرات ولتاژ خروجی بر حسب تغییرات جریان سیم بندی تحریک در جریان آرمیچر ۵۰٪ نامی (0.5A) که توسط رئوستای مسیر تحریک شنت تنظیم شد و سرعت 1500rpm را مشاهده کردیم که نتایج در ادامه آمده است :**

| $I_{shunt}$ | ۲۹۰ | ۲۵۰ | ۲۰۰ | ۱۸۰ | ۱۶۰ | ۱۴۰ | ۱۲۰ | ۱۱۰ | ۱۰۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۳۲۵ | ۲۹۵ | ۲۵۱ | ۲۳۴ | ۲۰۷ | ۱۵۹ | ۱۵۲ | ۱۳۸ | ۱۱۷ |

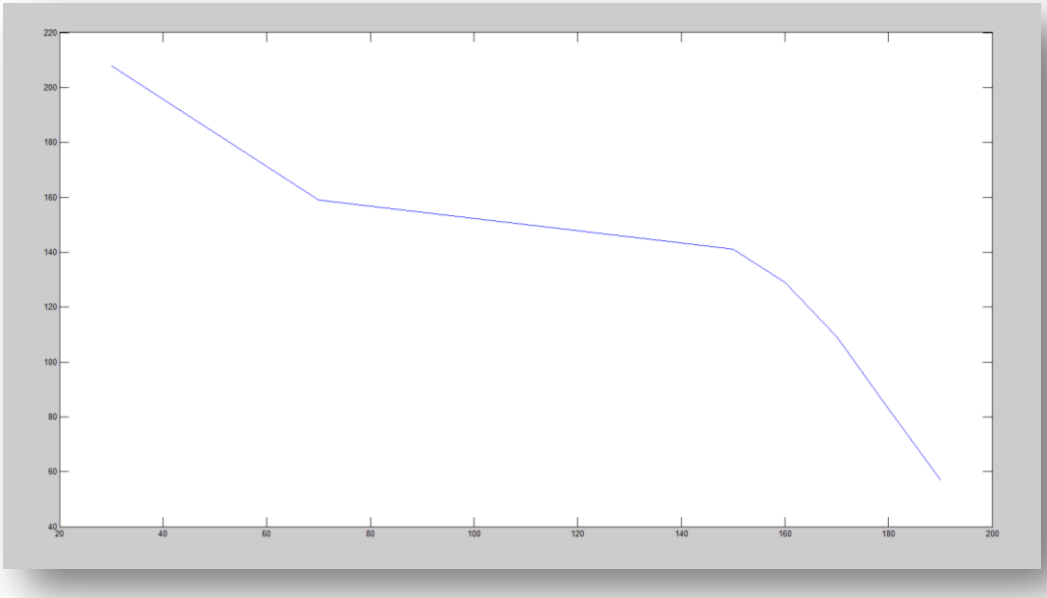



**مشاهده می کنیم که با افزایش جریان ، ولتاژ تولیدی نیز افزایش پیدا کرده است .**

## د.تعیین مشخصه خارجی ژنراتور DC

**آزمایش بررسی تغییرات ولتاژ بار را بر حسب تغییرات جریان بار در سرعت ثابت انجام دادیم . این کار را با اعمال بار اهمی و تغییر آن و خواندن ولتاژ بار و جریان بار در اثر هر تغییر انجام دادیم. سرعت در این آزمایش ۱۵۰۰rpm بود. نتایج به صورت زیر هستند :**

| $I_L$ | ۳۰ | ۷۰ | ۱۵۰ | ۱۶۰ | ۱۷۰ | ۱۸۰ | ۱۹۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۲۰۸ | ۱۵۹ | ۱۴۱ | ۱۲۹ | ۱۰۹ | ۸۳ | ۵۷ |




**در نمودار فوق محور عمودی ولتاژ و محور عمودی جریان بار می باشد که همانطور که مشاهده می کنیم با افزایش جریان بار ، ولتاژ خروجی کاهش پیدا می کند .**



www.hajihoseini.ir

**مشخصه ژنراتور DC تحریک سری**

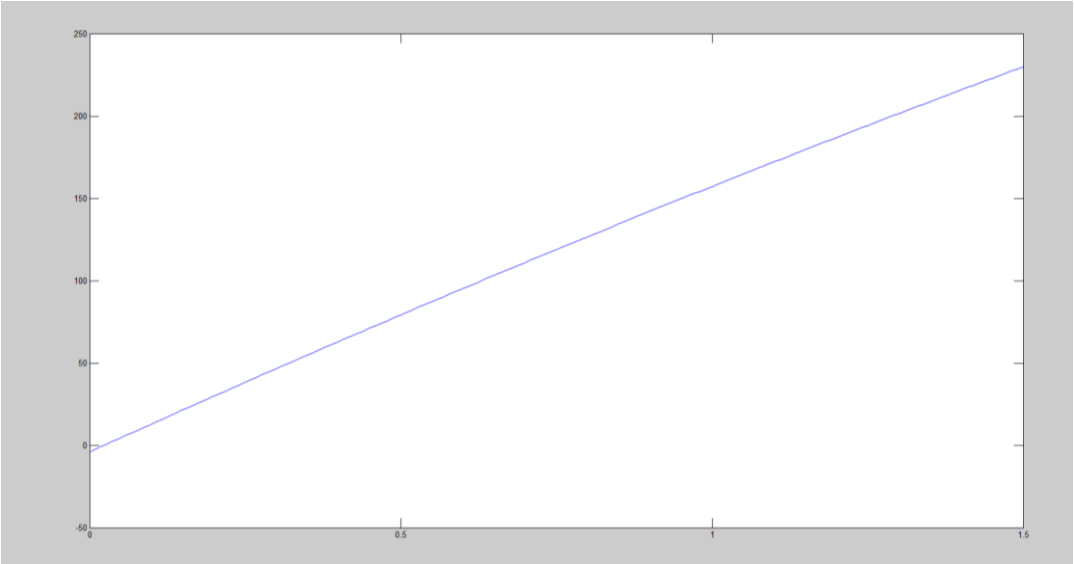
**در این آزمایش کلیه مشخصه های یک ژنراتور DC تحریک سری مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد . در این آزمایش ، سیم بندی تحریک ژنراتور به صورت سری به مدار آرمیچر متصل می گردد بطوریکه جریان از سیم بندی تحریک توسط رئوستای موازی با آن به دیورتور موسوم است ، صورت می پذیرد .**

**در آزمایش الف نیز همانند ژنراتور شنت می توان با اتصال ژنراتور سری به شکل تحریک مستقل ، نمودار مشخصه بی باری ژنراتور DC تحریک سری ، مورد آزمایش قرار داد . در این حالت موتور تحریک مستقل بسته می شود ولی از سیم پیچی سری بعنوان سیم بندی تحریک استفاده می کنیم .**

**برای به دست آوردن این مشخصه هم باید در طول اندازه گیری ، سرعت و دوران روتور ثابت و تغییرات جریان سیم بندی تحریک نیز از آهنگ یکنواختی برخوردار باشد .**

**نتایج این آزمایش در سرعت ۱۵۰۰ به شرح زیر است :**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۳۲ | ۵۱ | ۸۱ | ۹۴ | ۱۱۷ | ۱۳۰ | ۱۷۰ | ۱۹۵ | ۲۰۴ | ۲۱۵ | ۲۲۹ |
| $i_f$ | ۰.۲ | ۰.۳۵ | ۰.۵ | ۰.۶ | ۰.۷۵ | ۰.۸ | ۱.۱ | ۱.۲۵ | ۱.۳ | ۱.۴ | ۱.۵ |




**انتظار داشتیم این نمودار هم به اشباع برود ولی چون تعداد دور سیم پیچ سری پایین است با حداکثر جریان اندازه گیری شده نتوانستیم وارد منطقه اشباع شویم .**

**اگر سرعت از ۱۵۰۰ به ۱۰۰۰ تغییر پیدا کند ، طبق رابطه $E = k\varphi\omega$ ، ولتاژ نیز کاهش پیدا می کند و نمودار پایین تر می آید ولی شکل کلی نمودار تغییر نمی کند .**



www.hajihoseini.ir

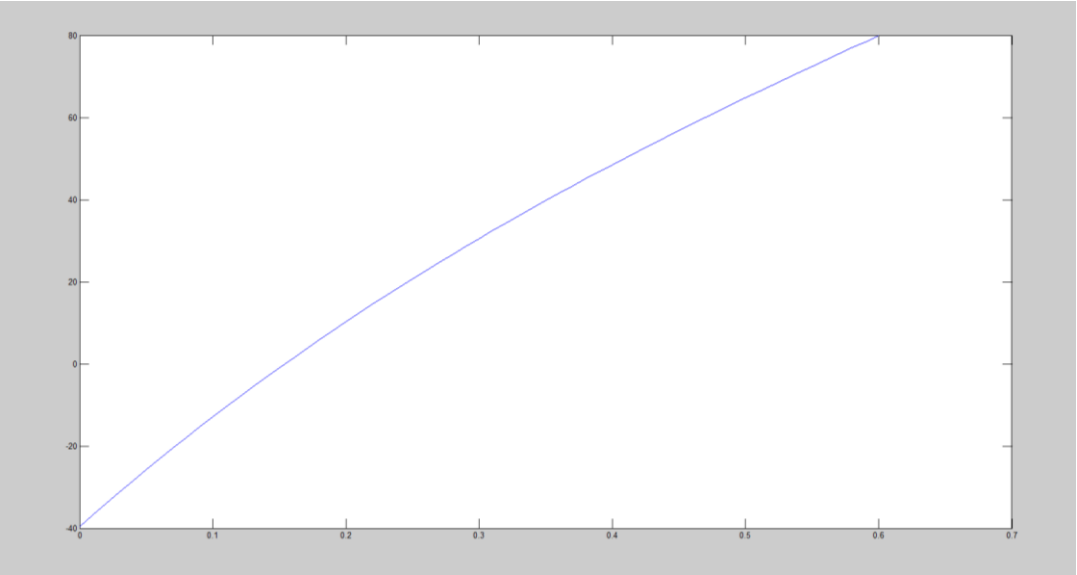
تفاوت عمده در آزمایش بی باری ژنراتور سری و شنت این بود که به علت تعداد دور پایین در سیم پیچ سری ، باید ولتاژ و جریان آن را کنترل کنیم تا باعث سوختن آن نشود .

برای به دست آوردن مشخصه ژنراتور تحریک سری ، با اتصال ژنراتور به شکل تحریک مستقل این کار را انجام می دهیم . در این حالت ، جریان تحریک به گونه ای تنظیم می گردد که در بارهای اهمی متفاوت که به آرمیچر متصل می گردد ، جریان عبوری از آرمیچر ثابت باقی بماند .

این نمودار ( نمودار بارگیری ) ، تغییرات ولتاژ آرمیچر را برحسب جریان تحریک سری بیان می دارد . در طول آزمایش ، سرعت دوران آرمیچر ، ثابت است .

در این آزمایش ، جریان آرمیچر را ۰.۲۵ آمپر ( ثابت ) در نظر می گیریم و سرعت ۱۵۰۰ می باشد . نتایج به شرح زیر است :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_t$ | ۱۶۰ | ۱۰۹ | ۸۱ | ۷۳ | ۶۳ | ۴۹ |
| $i_f$ | ۱.۱ | ۰.۸ | ۰.۶ | ۰.۵۵ | ۰.۵ | ۰۴ |




با توجه به اینکه جریان آرمیچر ثابت است ، مشاهده می کنیم که با اضافه کردن بار ، جریان تحریک کاهش یافته و ولتاژ نیز کاهش یافته است .

طبق رابطه $E = k\varphi\omega$ ، اگر سرعت کاهش پیدا کند ولتاژ نیز کاهش پیدا می کند و نمودار پایین تر می آید ولی شکل کلی نمودار تغییری نخواهد کرد .

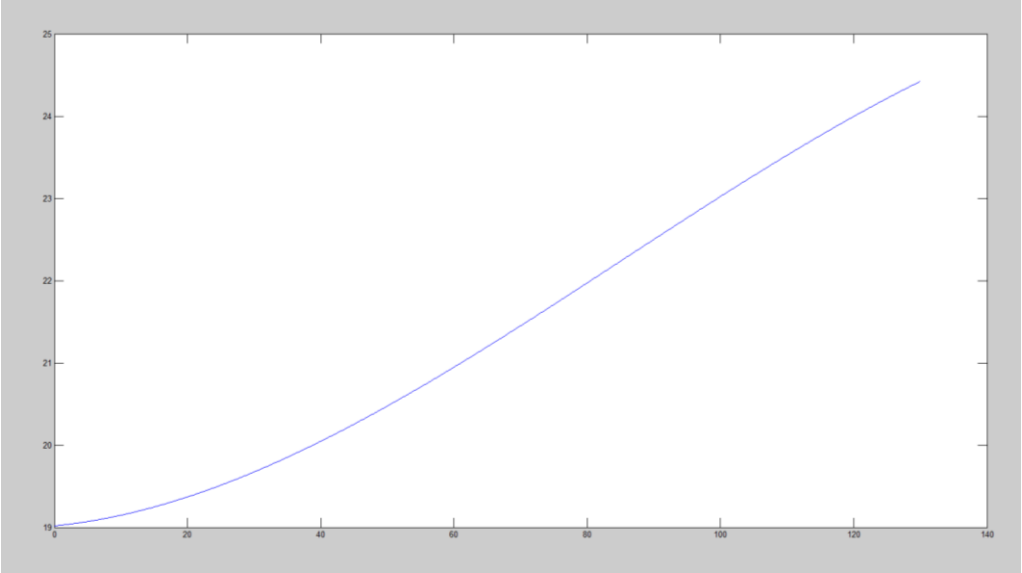
برای تعیین مشخصه ژنراتور DC سری ، لازم است دو سر بار ژنراتور برحسب جریان عبوری از آن شناسایی شود . برای اینکه در این حالت ولتاژ سازی اتفاق بیفتد باید سیم بندی تحریک سری به گونه ای باشد که جریان عبوری از آن باعث تقویت پس



www.hajihoseini.ir

ماند مغناطیسی هسته گردد و درصورت ولتاژسازی با تغییر بار خروجی ، تغییرات ولتاژ بار ، برحسب جریان بار در سرعت ثابت را اندازه گیری می کنیم و مشخصه خارجی به دست می آید . نتایج در سرعت ۱۵۰۰ به شرح زیر است :

| $I_a$(mA) | 10 | 30 | 50 | 60 | 70 | 90 | 105 | 110 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_t$(V) | 19.2 | 19.5 | 20.6 | 21.1 | 21.3 | 22.5 | 23.2 | 23.6 |




مشاهده می کنیم که هرچه جریان آرمیچر افزایش پیدا کند ، ولتاژ ترمینال نیز افزایش پیدا می کند .

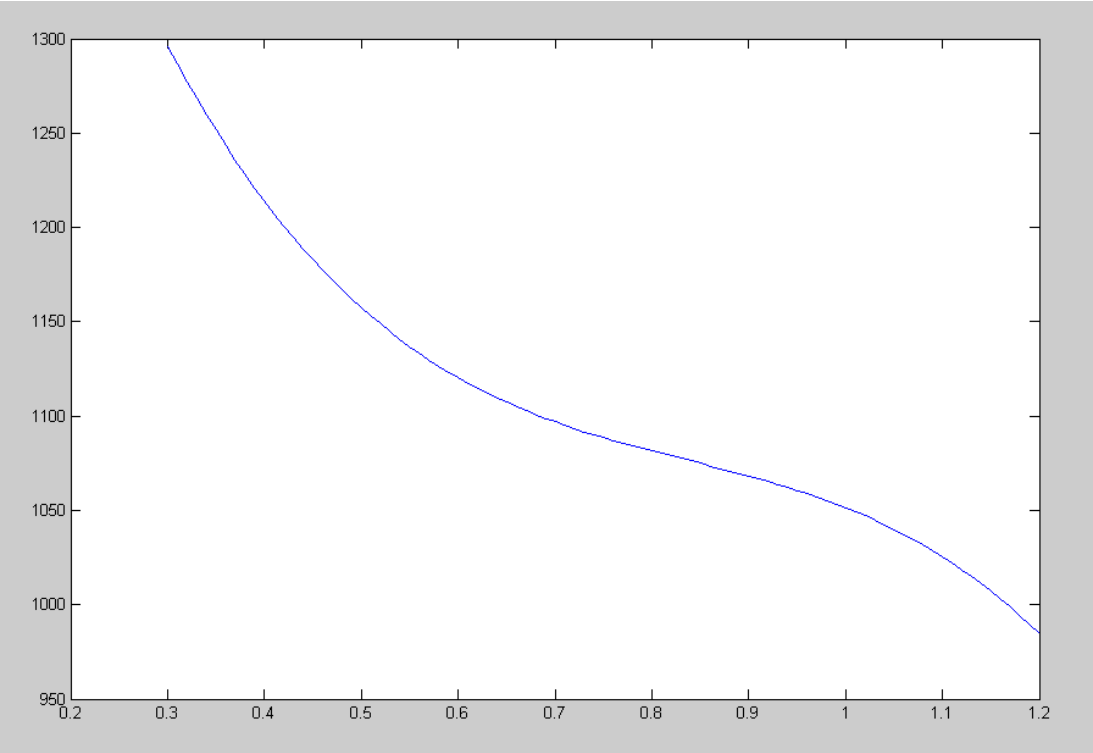
برای رسم نمودار افت ولتاژ عکس العمل آرمیچر برحسب جریان بار ، چون جریان های اندازه گیری شده در آزمایش الف و ج نقاط مشترکی نداشتند ، نتوانستیم این نمودار را رسم نماییم .

**مشخصه موتور DC شنت**

**تعیین مشخصه سرعت جریان موتور شنت**

**به منظور شناسایی مشخصه سرعت جریان در ولتاژ تغذیه ماشین که جریان تحریک ثابت از آن منجر می شود ، سرعت را در جریان های مختلف اندازه گیری نمودیم . در این آزمایش ، ولتاژ تغذیه ۲۲۰ ولت و جریان تحریک ، 200mA بود .ضمنا در این آزمایش گشتاور را از مقدار بی باری تا 1.1 N.m تغییر دادیم . نتایج به شرح زیر است :**

| w | 1250 | 1200 | 1100 | 1125 | 1100 | 1050 | 1025 | 1010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ia | 0.35 | 0.45 | 0.55 | 0.65 | 0.75 | 0.95 | 1.1 | **1.15** |




$E=K\varphi\omega$ , $\omega=(E/K\varphi)$ , $E=V_t - I_aR_a$ → $\omega=(V_t - I_aR_a)/(K\varphi)$

**با توجه به روابط بالا نتیجه می گیریم که با افزایش جریان صورت کسر کاهش پیدا می کند و سرعت موتور نیز کاهش پیدا می کند .**

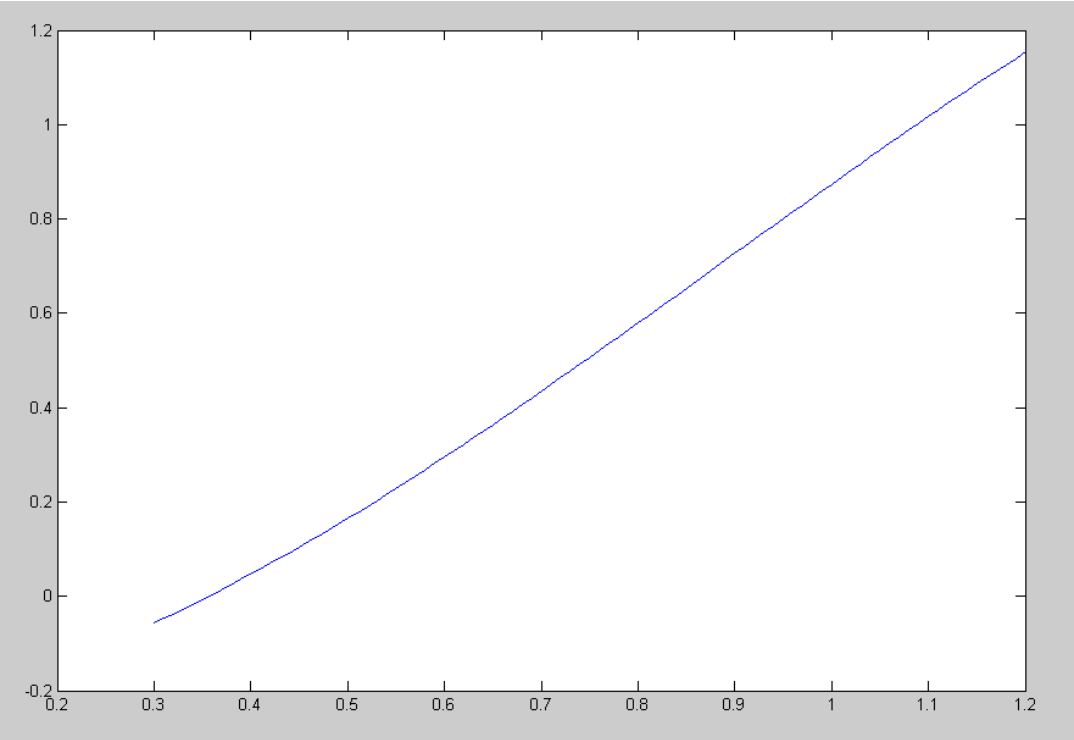
**با توجه به روابط بالا با کاهش $V_t$ به 180v سرعت موتور با افزایش جریان دوباره کاهش خواهد یافت .**

**تعیین مشخصه گشتاور جریان**

**این مشخصه میزان اثرات بارگیری موتور را بر جریان تغذیه بیان می کند . در ناحیه خطی شار ثابت و گشتاور موتور به صورت خطی با جریان تغییر می کند .**

**در این آزمایش با اتصال موتور شنت به تغذیه 220v و جریان تحریک 250mA بار موتور را از بی باری تا 1.1N.m تغییر دادیم که نتایج به شرح زیر می باشد :**

| $\tau$ | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 1 | 1.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ia | 0.35 | 0.45 | 0.55 | 0.65 | 0.75 | 0.95 | 1.1 | **1.15** |



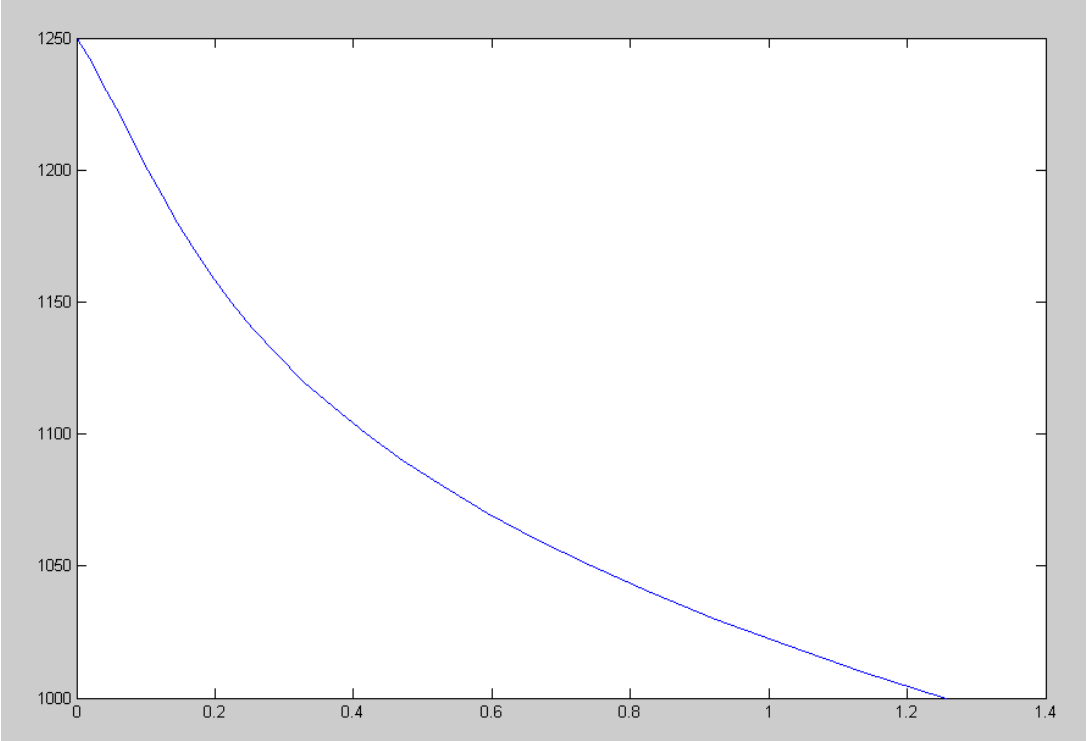

**همانطور که انتظار می رفت با توجه به رابطه $T=K\Phi I$ گشتاور به صورت خطی با جریان تغییر کرد .**

**با توجه رابطه $V_t=(R_{sh}+r)I_f$ با کاهش ولتاژ تغذیه ، جریان تحریک نیز کاهش پیدا می کند . با کاهش جریان تحریک ، شار نیز کاهش پیدا می کند در نتیجه جریان آرمیچر نیز کاهش پیدا می کند .**

**تعیین مشخصه سرعت گشتاور**

**در اثر بارگیری سرعت بار دچار تغییر می شود . از این مشخصه به منظور شناسایی درصد تغییر سرعت در اثر بارگیری استفاده می شود . با تنظیم تغذیه موتور به اندازه 200v و جریان تحریک 250mA این آزمایش را انجام دادیم که نتایج آن به شرح زیر می باشد :**

| $\tau$ | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 1 | 1.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| w | 1250 | 1200 | 1100 | 1125 | 1100 | 1050 | 1025 | **1010** |




**از نمودار بالا متوجه می شویم که با افزایش گشتاور ، سرعت موتور کاهش پیدا می کند .**

**با توجه رابطه $V_t=(R_{sh}+r)I_f$ با کاهش ولتاژ تغذیه ، جریان تحریک نیز کاهش پیدا می کند . با کاهش جریان تحریک ، شار نیز کاهش پیدا می کند در نتیجه جریان آرمیچر نیز کاهش پیدا می کند .**

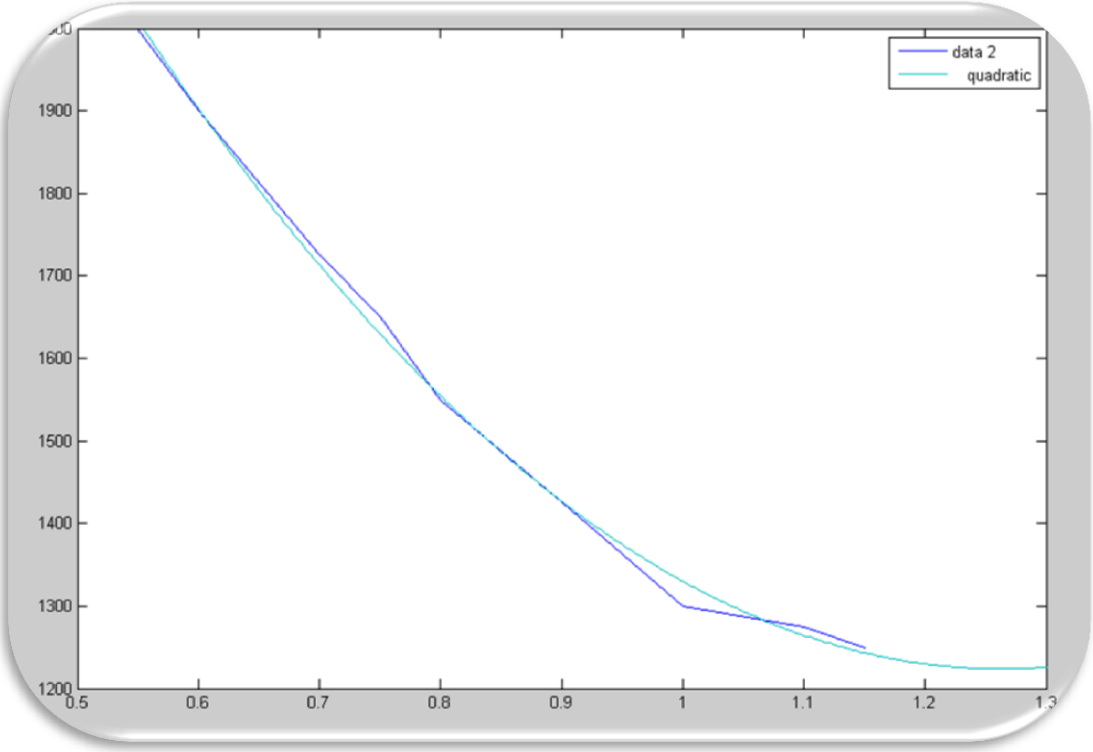
**مشخصه موتور dc سری**

## آزمایش الف : تعیین مشخصه سرعت – جریان

**با توجه به روابط زیر با اندازه گیری سرعت و جریان آرمیچر برای ولتاژ تغذیه ثابت ۲۲۰ ولت و بار مکانیکی متغیر از ۰.۲ تا ۱.۵ ، نمودار سرعت – جریان به صورت زیر می باشد :**

$$v_t = k\varphi w + (R_a + R_s)I_a \ , \ v_t = k\frac{NI}{R}w + (R_a + R_s)I_a \rightarrow k'wI = V_t - R'^{I_a} \rightarrow w = \frac{v_t}{k'I} - \frac{R'}{k'}$$

| w | 2000 | 1900 | 1725 | 1650 | 1550 | 1425 | 1300 | 1275 | 1250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ia | 0.55 | 0.6 | 0.7 | 0.75 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.1 | **1.15** |



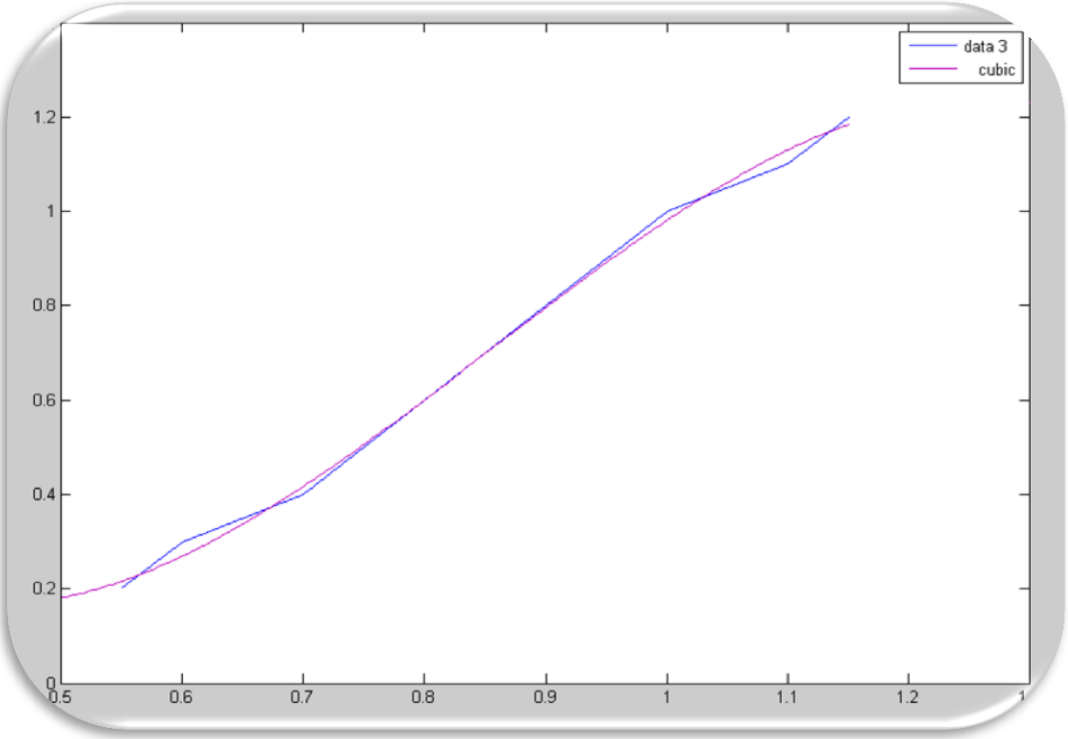

**همانطور که انتظار می رفت سرعت با جریان رابطه معکوس دارد که با افزایش جریان سرعت کاهش قابل توجهی دارد .**

## آزمایش ب : تعیین مشخصه گشتاور – جریان

**در این آزمایش دیورتور در مدار قرار نگرفته و ولتاژ تغذیه ۲۲۰ ولت ثابت می باشد و گشتاور خروجی را از ۰.۲ تا ۱.۲ تغییر دادیم . روابط و نتایج آزمایش ب شرح زیر می باشند :**

$$Ia = Ise \ , \qquad T = k\varphi I \ , NI = R\varphi \rightarrow T = \frac{kNI^2}{R}$$

| T | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.1 | 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ia | 0.55 | 0.6 | 0.7 | 0.75 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.1 | **1.15** |



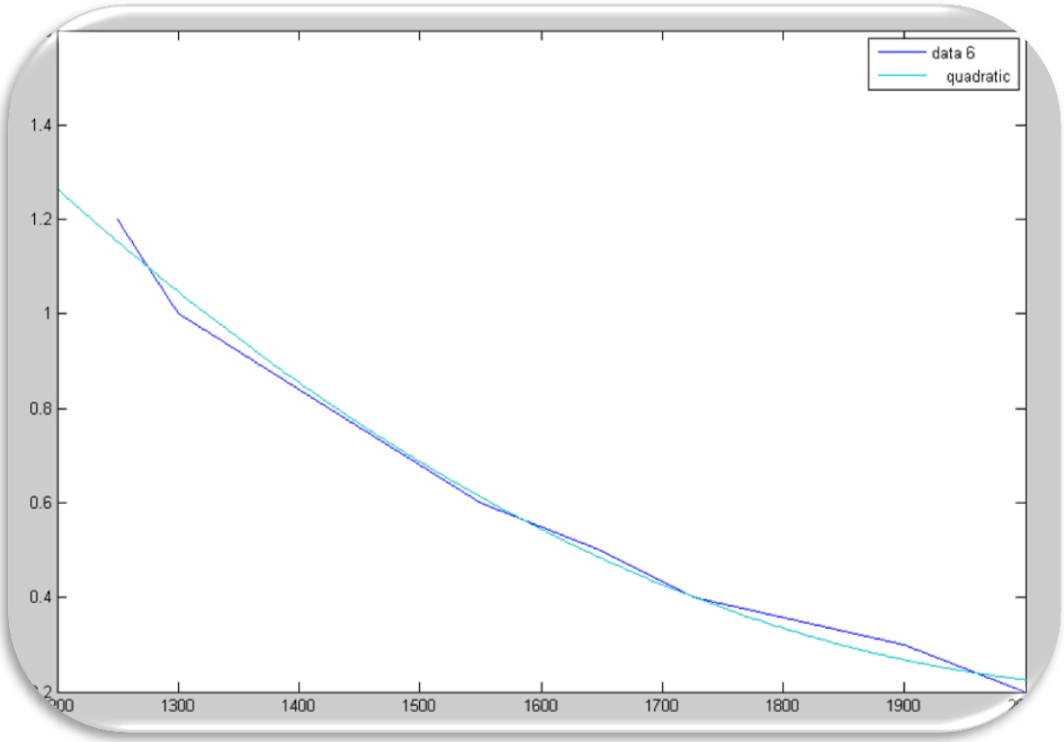

**همانطور که طبق روابط انتظار داشتیم ، با افزایش جریان ، گشتاور به صورت درجه دو افزایش یافت .**

## آزمایش ج : تعیین مشخصه سرعت – گشتاور

**در این آزمایش گشتاور را در ولتاژ تغذیه ثابت ۲۲۰ ولت از ۰.۲ تا ۱.۲ افزایش دادیم . روابط و نتایج به صورت زیر می باشند :**

$$Ia = \sqrt{\frac{T}{kk'}} \quad \rightarrow \quad W = \frac{Vt}{\sqrt{kk'T}} - \frac{Ra + Rs}{kk'}$$

| T | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.1 | 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| w | 2000 | 1900 | 1725 | 1650 | 1550 | 1425 | 1300 | 1275 | **1250** |




**طبق انتظار افزایش گشتاور باعث کاهش سرعت شد که این از نمودار و روابط نیز قابل استنتاج است .**

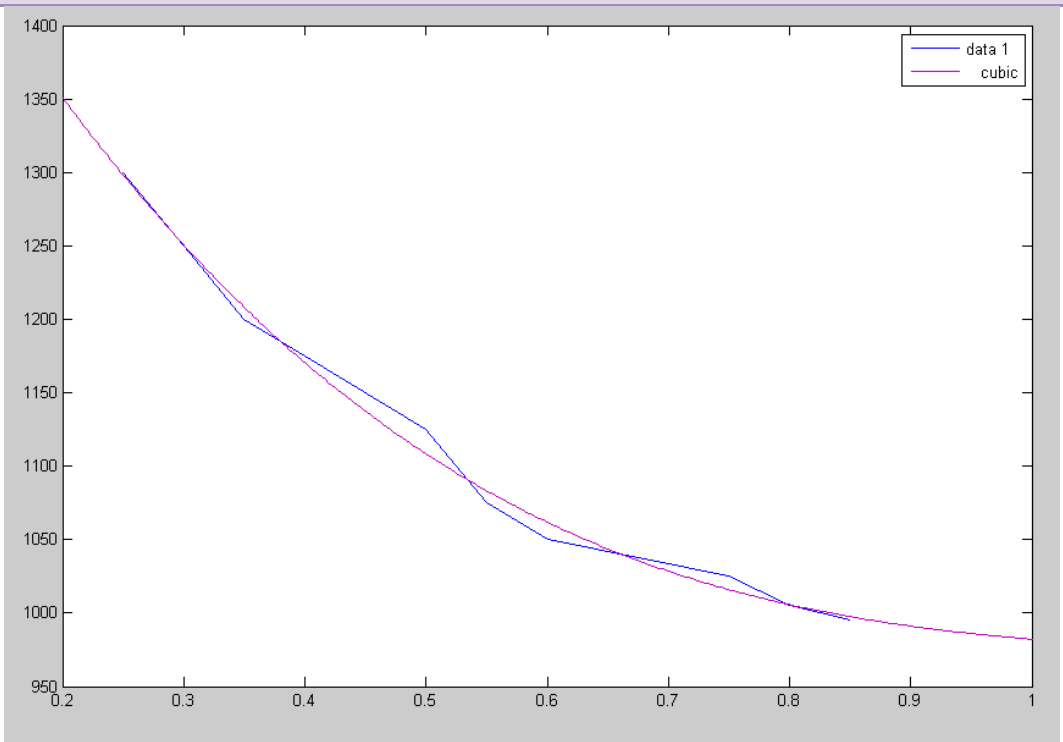
**آزمایش نهم : مشخصه های موتور کمپوند**

**آزمایش الف : مشخصه سرعت–جریان**

**میدانیم با افزایش جریان آرمیچر شار سیم بندی سری افزایش یافته است . چنانچه میزان شار شنت در مقایسه با شار سری بزرگتر باشد موتور به سمت مشخصه شنت تمایل پیدا می کند در غیر اینصورت به مشخصه موتور سری نزدیک می شود .**

**در این آزمایش نقطه کار بی باری موتور را در ولتاژ ۲۲۰ ولت و سرعت ۱۵۰۰ تنظیم کردیم . نتایج آزمایش به شرح زیر می باشند :**

| W | 1300 | 1250 | 1200 | 1175 | 1125 | 1075 | 1050 | 1025 | 1005 | 995 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.5 | 0.55 | 0.6 | 0.75 | 0.8 | 0.85 |

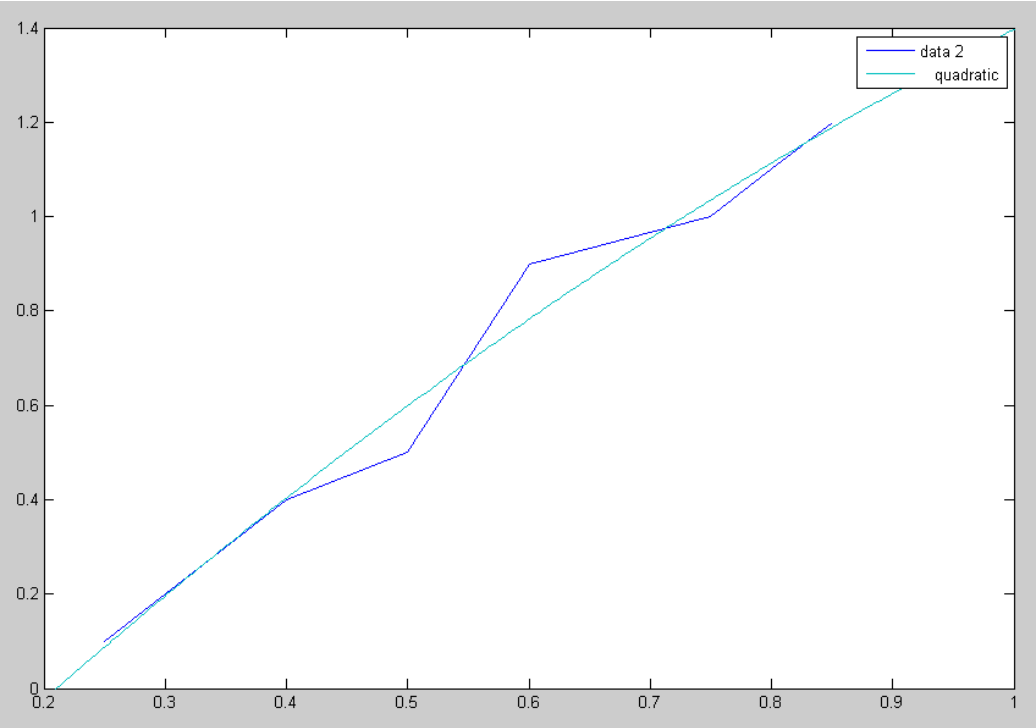



**با افزایش جریان تا حدود ۰.۵ آمپر سرعت به صورت خطی کاهش می یابد ولی از آن به بعد به دلیل عکس العمل آرمیچر جریان به شدت افت می کند .**

**آزمایش ب : مشخصه گشتاور– جریان**

**مقدار شار سیم بندی شنت مستقل از جریان بوده ولی شار سیم بندی سری متناسب با جریان است . این آزمایش را در ولتاژ تغذیه ۲۲۰ ولت و در بارهای مختلف از ۰.۱ تا ۱.۲ انجام دادیم که نتایج آن به شرح زیر است :**

| T | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.5 | 0.55 | 0.6 | 0.75 | 0.8 | 0.85 |



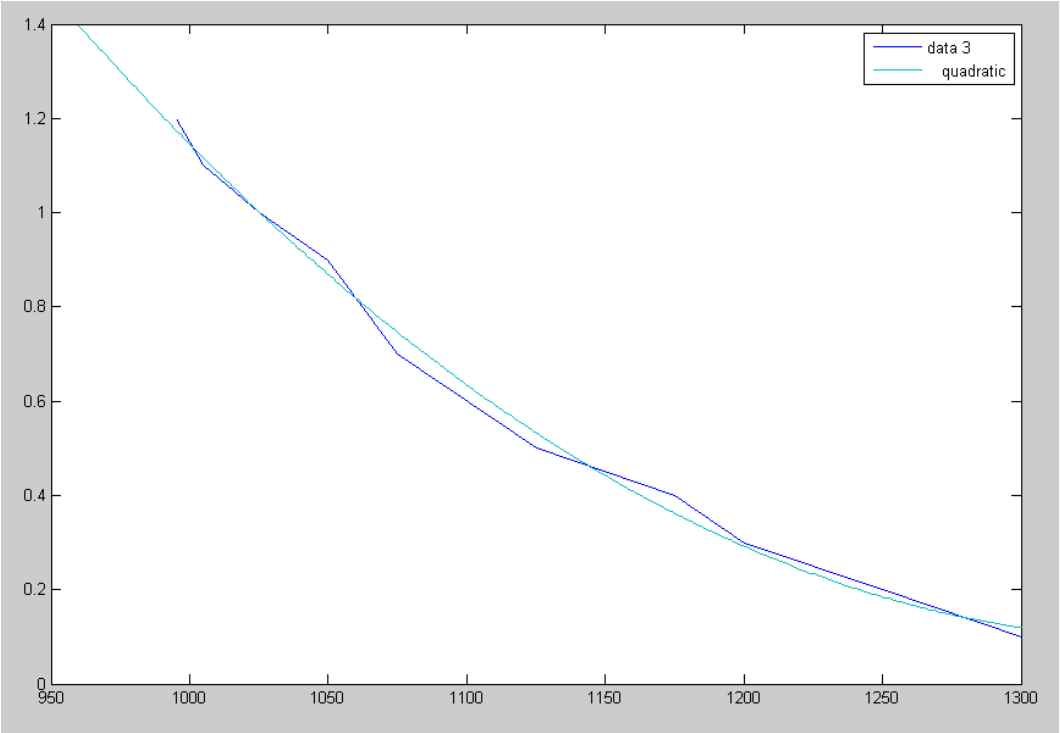

**همانطور که انتظار داشتیم با توجه به رابطه زیر افزایش جریان باعث افزایش گشتاور به صورت خطی می شود .**

$$T = k\varphi I$$

**آزمایش ج : مشخصه سرعت – گشتاور**

**در این نوع اتصال با افزایش بار ، جریان آرمیچر زیاد می شود . در ماشین کمپوند افزایش جریان به دلیل وجود شار سیم بندی سری ، کمتر از ماشین شنت مشابه است . با افزایش گشتاور ، شار سیم بندی سری افزایش می یابد . این آزمایش را در ولتاژ تغذیه ۲۲۰ ولت انجام دادیم که نتایج آن به شرح زیر می باشد :**

| W | 1300 | 1250 | 1200 | 1175 | 1125 | 1075 | 1050 | 1025 | 1005 | 995 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.2 |




**با افزایش گشتاور با توجه به مقاومت آرمیجر و مقاومت سیم بندی سری سرعت دچار کاهش می شود .**

**راه انداز مقاومتی موتور های** DC

**در ابتدای راه اندازی مقاومت سری با آرمیچر حداکثر می باشد تا جریان عبوری از آن محدود شود . سپس با سرعت گیری موتور ، جریان کاهش یافته و مقاومت راه انداز تقلیل می یابد . اگر نسبت حداکثر جریان به حداقل مجاز در طول راه اندازی را با $\delta$ نشان دهیم ، محاسبه مقاومت های راه انداز به صورت زیر می باشند :**

**حداکثر جریان ۱ آمپر و حداقل ۰.۵ آمپر می باشد و ولتاژ تغذیه ۲۲۰ ولت ثابت در طول آزمایش می باشد .**

$$\delta = \frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{1}{0.5} = 2$$

$$\frac{R1}{R2} = \delta^{i-1}, i = 1,2,3, \dots$$

$$R_k = R_a \rightarrow k = 4 \rightarrow R_1 = 8R_a \rightarrow R_3 = 2R_a \rightarrow R_2 = 4R_a \quad , \quad R_4 = R_a$$

$$\rightarrow r_3 = R_a \rightarrow r_2 = 2R_a \rightarrow r_1 = 4R_a$$



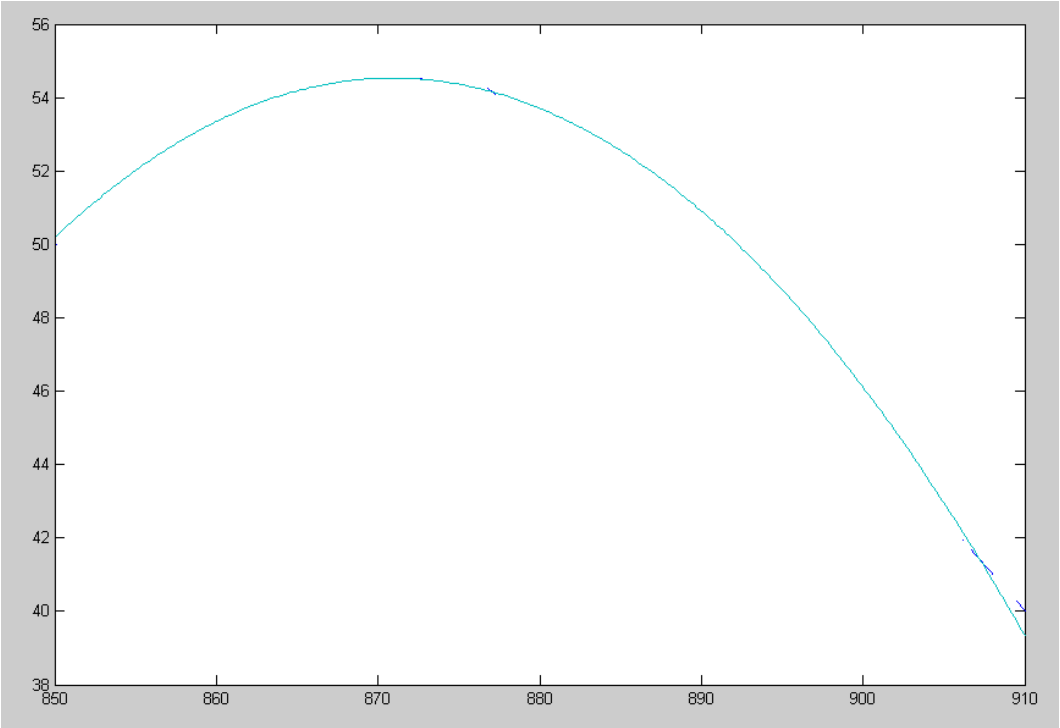
www.hajihoseini.ir

## مشخصه جریان سرعت موتور DC با راه انداز سه نقطه ای

موتور DC را توسط مدار راه انداز سه نقطه ای در مقدار ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان تحریک ۱۵۰ میلی آمپر تغذیه کردیم . سپس جریان را با کاهش مقاومت راه انداز که با تغییر اهرم انجام میگیرد ، عوض کردیم .

نتایج به شرح زیر می باشد :

| $I_a$ | ۵۰ | ۵۵ | ۴۵ | ۴۰ |
|---|---|---|---|---|
| w | 850 | 875 | 900 | **910** |




مشاهده می شود که با کاهش مقاومت ، جریان نیز کاهش می یابد ولی سرعت افزایش می یابد .

**راندمان موتورهای DC به روش پشت به پشت**

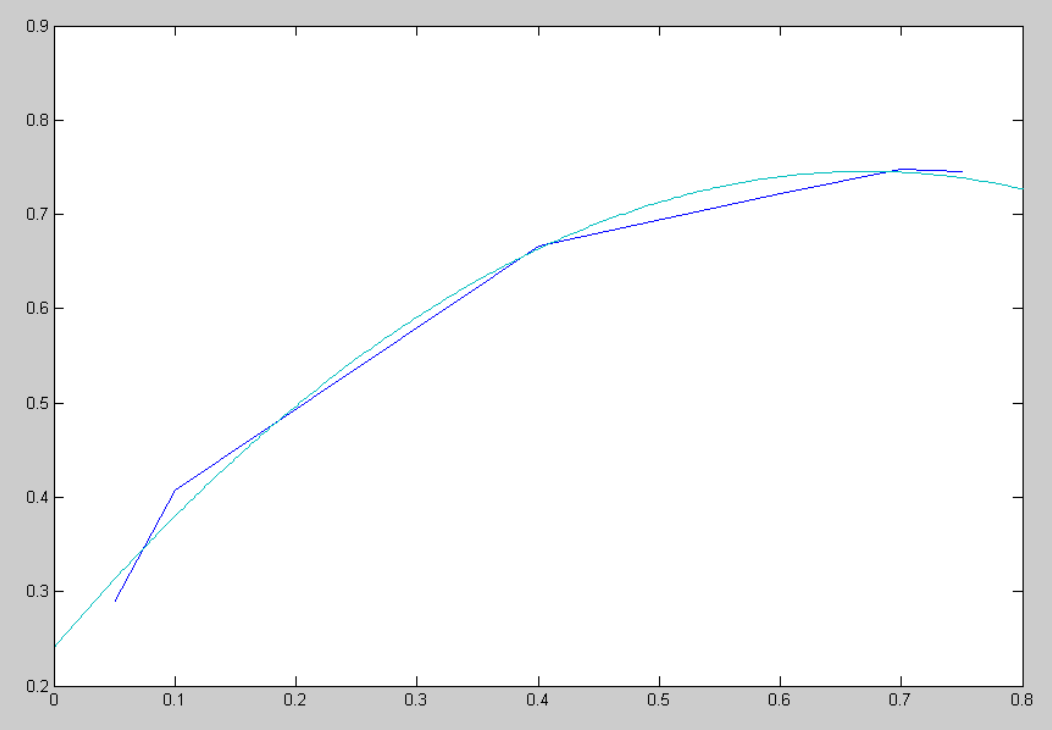
**در این آزمایش دو ماشین DC کاملا مشابه که یکی در حالت ژنراتوری و دیگری در حالت موتوری به یکدیگر کوپل شده اند را با اعمال تغذیه مناسب مورد آزمایش قرار دادیم . در نتیجه شبکه تغذیه فقط تلفات مجموعه دو ماشین را تامین می کند . توجه شود که در این آزمایش مشخصه راندمان هر دو ماشین یکسان فرض گردیده ، پس می توان راندمان را از رابطه زیر به دست آورد :**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | ۰.۰۵ | ۰.۱ | ۰.۴ | ۰.۶ | ۰.۷ | ۰.۷۵ |
| $I_2$ | ۰.۵۵ | ۰.۵ | ۰.۵ | ۰.۵۵ | ۰.۵۵ | ۰.۶ |
| $I_3$ | ۱۹۰ | ۱۸۰ | ۱۳۰ | ۱۰۰ | ۸۰ | ۶۰ |
| $I_4$ | ۱۳۰ | ۱۳۹ | ۱۳۹ | ۱۲۰ | ۱۱۰ | ۱۰۰ |

**با استفاده از برنامه متلب و با دستور زیر ، نمودار حاصل به شکل زیر می باشد :**

```
n=sqrt(i1./(i1+i2));
```

```
>> plot(i1,n)
```




**همانطور که انتظار داشتیم با افزایش جریان ، تا جایی راندمان نیز افزایش می یابد ولی بعد از آن نقطه ، به دلیل وجود تلفات راندمان کاهش می یابد .**



www.hajihoseini.ir

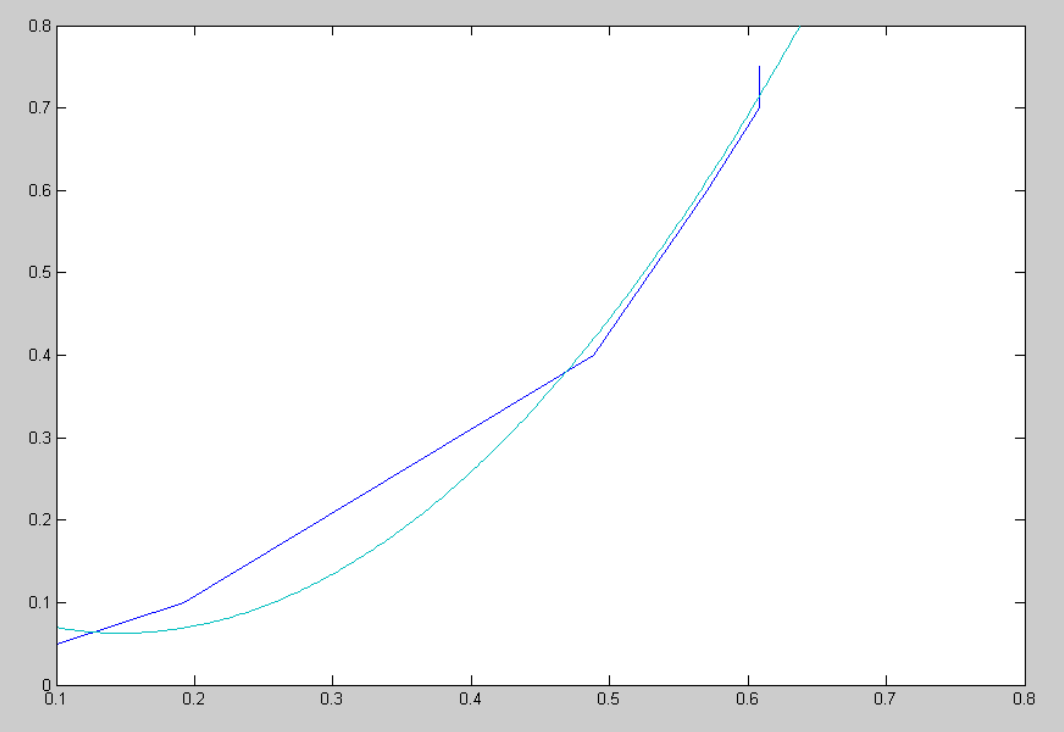
**ب : تعیین مشخصه راندمان جریان از طریق جداسازی تلفات**

**تلفات ماشین ها با توجه به روابط زیر در بی باری برابر است با :**

```
w=220.*i2-[((i1+0.001.*i3).^2).*r+(i1+i2-0.001.*i4).*r+220.*0.001.*i3-220.*0.001.*i4]
```

**پس چون شرایط برای دو ماشین تقریبا یکسان است ، می توان راندمان هر ماشین را به صورت جداگانه با استفاده از روابط زیر به دست آورد :**

```
ng=(220.*i1)./(220.*i1+r.*(i1+i2).^2+220.*0.001.*i3+0.5.*w);
```




```
nm=(220.*(i1+i2)-r.*((i1+i2-0.001.*i4).^2)-220.*0.001.*i4-w./2)./(220.*(i1+i2))
```