

آزمایش شماره ۴:

موتورهای DC

<https://vc6.semnan.ac.ir/pw347tr5tybr/>

انواع موتورهای DC

۱- موتور تحریک مستقل

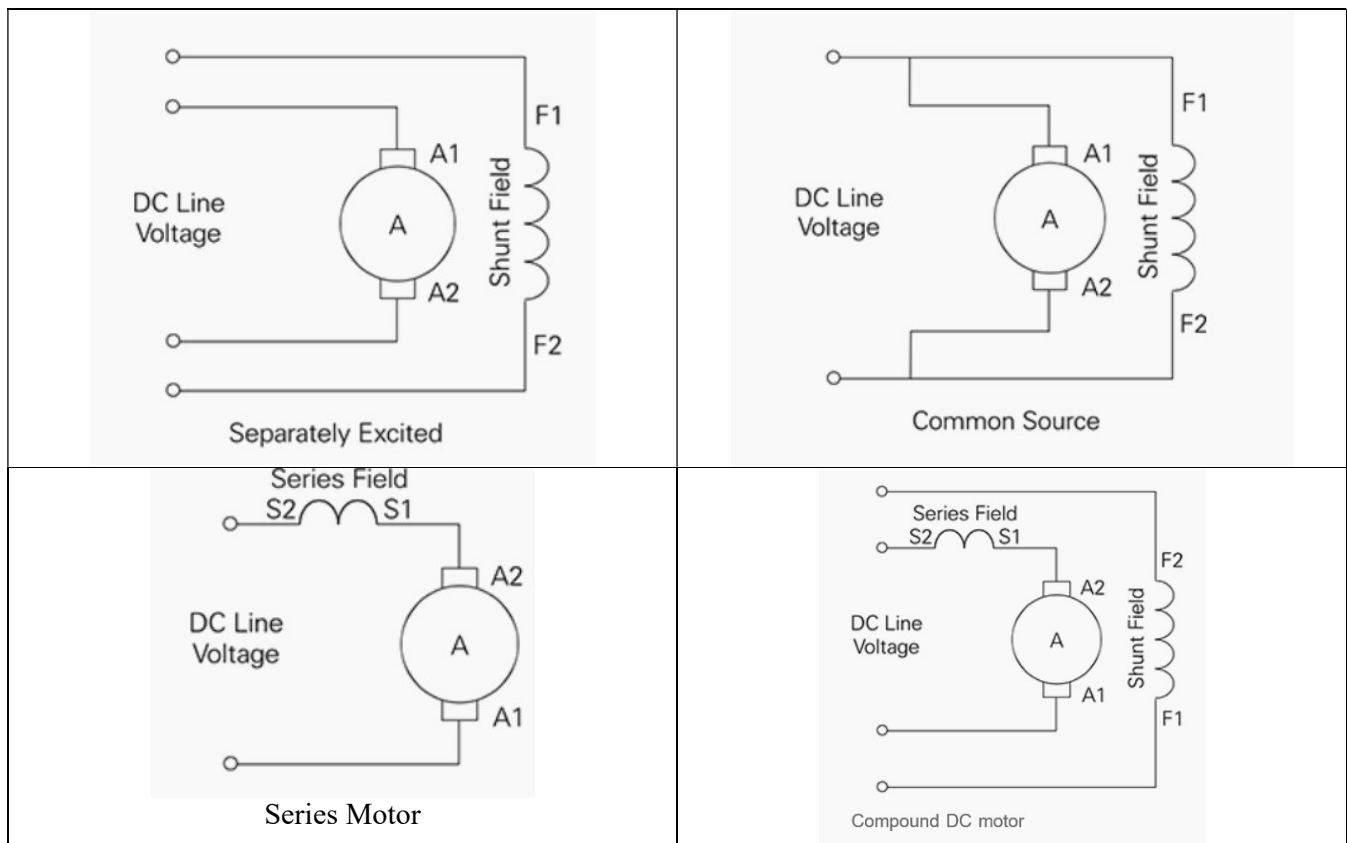
الف) تحریک نوع شنت (موازی)

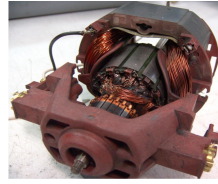
۲- موتور تحریک خودی ← ب) تحریک نوع سری

ج) تحریک کمپوند

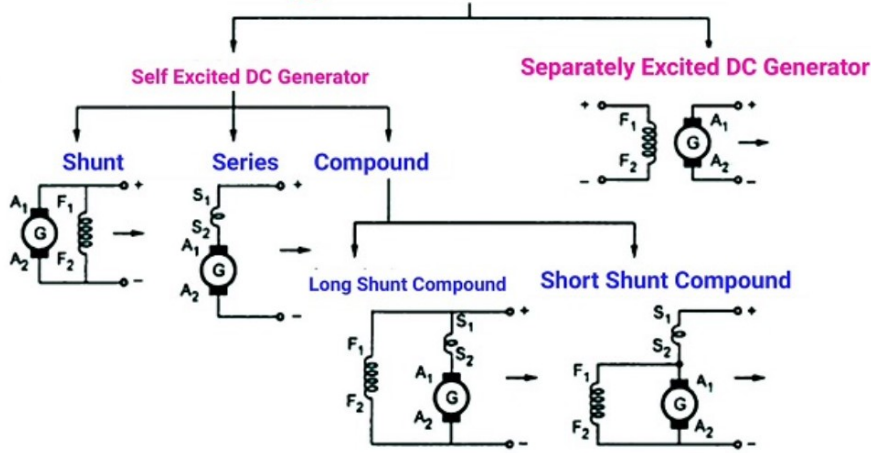
آزمایش شماره ۴:

بررسی مشخصات انواع موتورهای DC





### Types of DC Generators



موتور DC نوع تحریک مستقل

تنظیم سرعت در موتورهای DC

$$SR = \frac{\omega_{ne} - \omega_{fl}}{\omega_{fl}} \times 100\% = \frac{n_{ne} - n_{fl}}{n_{fl}} \times 100\% \quad \omega = \frac{2\pi}{60} n$$

در این دو موتور ولتاژ تحریک و ابرسبح از خارج تامین شده بنابراین اساس کار بر روی است.

$$I_F = \frac{V_F}{R_F}$$

$$V_T = E_A + R_A I_A$$

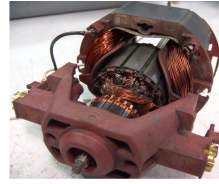
$$I_A = I_L$$

$$I_F = \frac{V_F}{R_F}$$

$$V_T = E_A + R_A I_A$$

$$I_L = I_A + I_F$$

$T_{ind} = T_{load} + D \cdot \omega + J \frac{d\omega}{dt}$   
 در صورتی که  $\frac{d\omega}{dt} = 0$  پس  $T_{ind} = T_{load}$   
 اگر از D صرف نظر کنیم  $T_{ind} = T_{load}$   
 در صورت معمولاً موتور تحریک مستقل برای خاصیت بیشتر در کارکرد و کنترل بیشتر استفاده میشود.



# آزمایش ماشین ۱

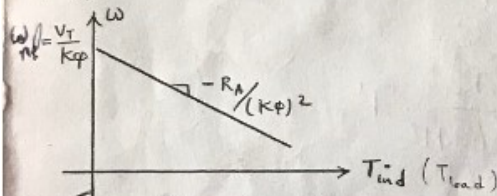
مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

$$\begin{cases} V_T = E_A + R_A I_A \\ E_A = K\phi\omega \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_T = K\phi\omega + R_A I_A \\ T_{ind} = K\phi I_A \end{cases} \rightarrow V_T = K\phi\omega + R_A \frac{T_{ind}}{K\phi}$$

سخت خروجی موتور که سخت گسار سرعت است:

$$\omega = \frac{V_T}{K\phi} - R_A \frac{T_{ind}}{(K\phi)^2}$$

در شرایط بار:  $T_{ind} = T_{load}$



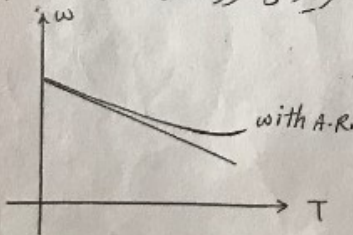
سخت خروجی بد معکس اصل از سیم در نتیجه

$R_A$  مقدار کوچکی است. گویای که در عمل تأثیر

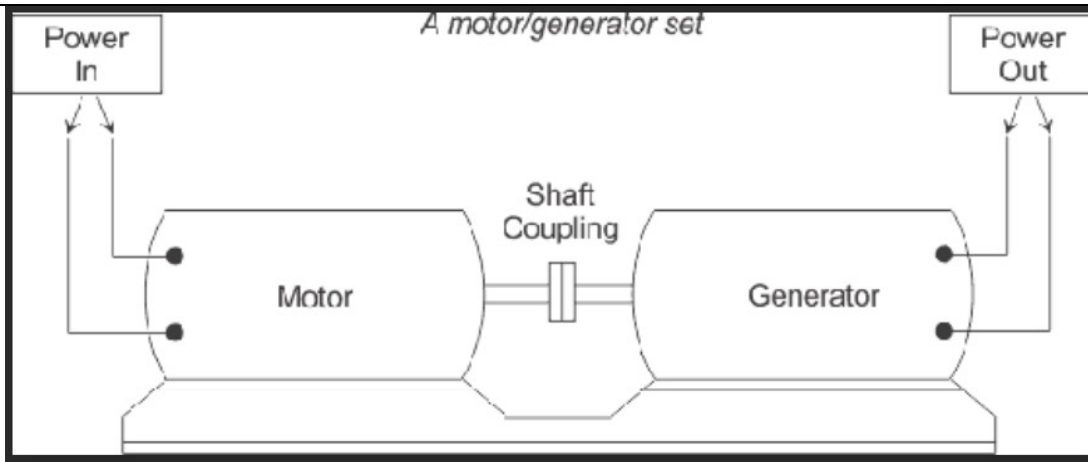
$\frac{V_T}{K\phi}$  خیلی بیشتر از  $R_A \frac{T_{load}}{(K\phi)^2}$  است.

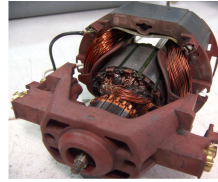
لذا سرعت با کاهش  $\phi$  زیاد می شود.

اگر موتور دارای سیم پیچی جریان کشنده نباشد، افتراش بر  $(T_{load})$  جریان از سیم  $(I_A)$  زیاد می شود و افتراش معکس اصل از سیم شار را کم می کند. با کاهش شار سرعت زیاد می شود. لذا سیم پیچی خروجی به صورت زیر در می آید.




A motor/generator set





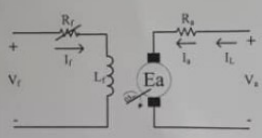
# آزمایش ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی


 دانشگاه ماسین های الکتریکی ۱  
 دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

### آزمایش شماره ۶- موتور تحریک مستقل

مشخصه خروجی موتورهای الکتریکی نمودار تغییرات سرعت - گشتاور است شکل (1-3) دیاگرام الکتریکی موتور تحریک مستقل را نشان می دهد بخش سمت راست ، مدار ارمیچر و بخش سمت چپ ، مدار تحریک است خروجی موتور  $\omega$  است که به بار مکانیکی یا محور یک ژنراتور متصل می شود. رفتار و روابط موتور تحریک مستقل و موتور شنت یکسان است لذا گاهی هر دو موتور در یک قالب معرفی می شوند.



شکل 1-6 موتور DC تحریک مستقل

روابط حاکم بر این موتور در حالت پایدار عبارتند از:

$$V_t = E_a + R_a I_a \quad (1-6)$$

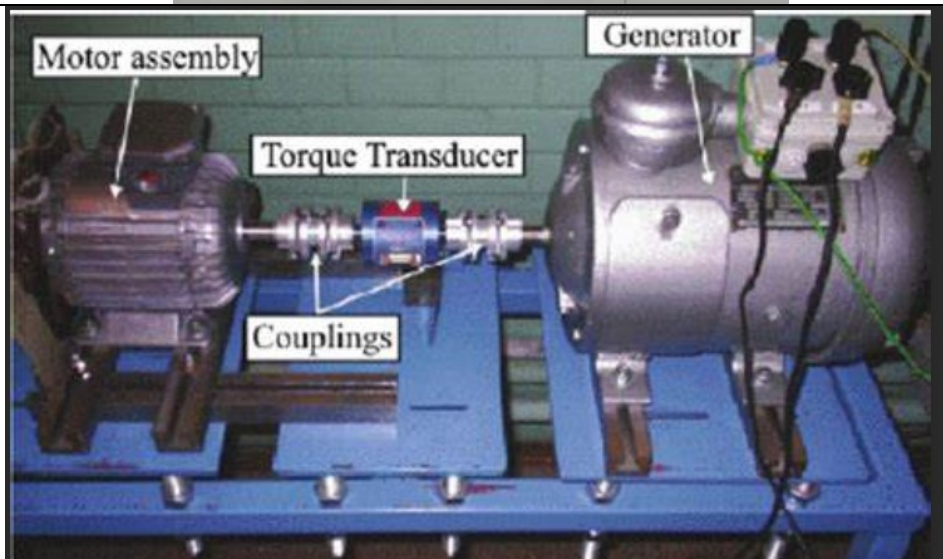
$$I_a = I_f \quad T_{ind} = K \phi I_a \quad E_a = K \phi \omega \quad I_f = \frac{V_t}{R_f} \quad (2-6)$$

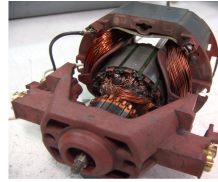
در تمامی ماشین های الکتریکی مقدار گشتاور القایی تولیدی به اندازه ای است که تمامی بار تحمیلی بر ماشین را تامین کند در حالت دینامیکی علاوه بر گشتاور بار گشتاور اصطکاک و اینرسی نیز وجود دارد رابطه دینامیکی موتور عبارتست از:


$$T_{ind} = T_{load} + D\omega + J \frac{d\omega}{dt} \quad (3-6)$$

معمولاً ضریب D کوچک و قابل صرف نظر است در شرایط پایدار سرعت ثابت و تغییرات آن صفر است لذا تحت شرایط ماکزیمم به صورت  $T_{ind} = T_{load}$  تبدیل می شود.

27







دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر      دانشگاه شاهرود

تثبات در صورتیکه بار مکانیکی و یا وسایلی از قبیل ترمز فونکو در آزمایشگاه موجود باشد. می توان از آنها بجای ژنراتور بعنوان بار موتور استفاده کرد. در این آزمایش با تغییر گشتاور بار، سرعت موتور اندازه گیری می شود. گشتاور بار موتور همان گشتاور القایی ژنراتور است یعنی:

$$T_{\text{induced}} = T_{\text{load}} \quad (5-6)$$

لذا برای تغییر بار موتور کافی است گشتاور ژنراتور تغییر کند. گشتاور القایی ژنراتور با دو روش زیر قابل تغییر است:

- ۱- تغییر جریان تحریک ژنراتور در محدوده صفر تا مقدار نامی آن در حالیکه بار مقاومتی متصل به ژنراتور ثابت است.
- ۲- تغییر بار مقاومتی متصل به ژنراتور در حالیکه جریان تحریک ژنراتور ثابت باقی می ماند.

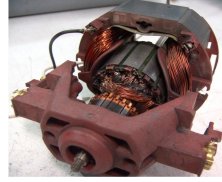
با تثبیت سیم بندی توسط مسئول آزمایشگاه، مدار را روشن کنید. در ابتدا هیچ بار مقاومتی به ژنراتور وصل نکنید. در حالی که ولتاژ آرمیچر موتور صفر است، ولتاژ تحریک موتور را افزایش دهید تا جریان تحریک موتور به 0.3A برسد. سپس با افزایش ولتاژ تحریک ژنراتور، جریان سیم پیچی تحریک آن را به 0.5A برسانید. به آهستگی ولتاژ آرمیچر موتور را تا مقدار 150V افزایش دهید. سرعت و جریان آرمیچر موتور و ژنراتور را یادداشت کنید.

حال ولتاژ آرمیچر موتور را به صفر برسانید. توجه: تحریک موتور نباید در این شرایط بی برق شود. بار مقاومتی را در حالی که بر روی ماکزیمم مقدار خود تنظیم شده است به ژنراتور وصل نموده، دوباره ولتاژ آرمیچر را به مقدار 150V برسانید. دقت کنید که در تمام مراحل انجام آزمایش مقدار جریان تحریک موتور در مقدار 0.3A و ولتاژ آرمیچر آن در مقدار 150V ثابت بماند. (چرا؟) با تغییر مقاومت بار ژنراتور، مقدار گشتاور بار اسمالی به موتور توسط ژنراتور را تغییر داده، جدول زیر را تکمیل کنید.

جدول شماره ۱-6: بدست آوردهن پارامترهای موتور تحریک مستقل به ازای تغییرات جریان آرمیچر ژنراتور

$V_A = 150 \text{ V} - I_{M1} = 0.4 \text{ A} - I_{M2} = 0.5 \text{ A}$									
$I_{M1} \text{ (A)}$	۰	۰.۵	۱	۱.۵	۲	۲.۵	۳	۳.۵	۴
$I_{M2} \text{ (A)}$									
$\omega \text{ (rpm)}$									
$T_{M1} \text{ (N.m)}$									

29

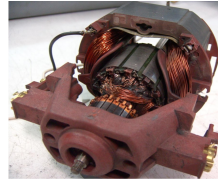



آزمایشگاه ماشین های الکتریکی ۱  
دانشگاه مهندسی برق  
دانشگاه تهران

تکالیف

- ۱- با شبیه سازی کامپیوتری یک ماشین DC تحریک مستقل، مشخصه خروجی آن را رسم کنید.
- ۲- تاثیر وجود و عدم وجود قطب کمکی بر مشخصه خروجی را شرح دهید.
- ۳- چرا در بی باری سیم بچی آرمیچر موتور جریان می کشد؟
- ۴- چرا در این آزمایش جریان تحریک و ولتاژ آرمیچر باید ثابت باشد؟
- ۵- جهت چرخش موتور DC را چگونه می توان بر عکس کرد؟

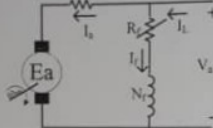
## موتور DC شنت




 دانشگاه گیلان  
 آزمایشگاه ماشین های الکتریکی ۱  
 دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

### آزمایش شماره ۷ - موتور شنت

اگر سیم پیچی تحریک با سیم پیچی آرمیچر موازی شود به ماشین شنت می گویند. مشخصه خروجی و عملکرد موتور شنت و تحریک مستقل شبیه همدیگر است ( چرا ؟ ) .



شکل 1-7- موتور DC شنت

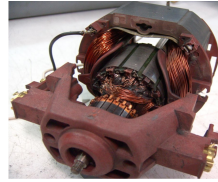
رابطه حاکم بر این موتور عبارتست از :


$$V_a = E_a + R_a I_a \quad (1-7)$$

$$I_a = I_f + I_L \quad , \quad I_f = \frac{V_a}{R_f} \quad , \quad T_{mech} = K \phi I_a \quad , \quad E_a = K \phi \omega \quad (2-7)$$

تکته : در هنگام راه اندازی موتور ها باید به مقدار جریان راه اندازی توجه داشت. در لحظه اتصال منبع ولتاژ به موتور به علت صفر بودن سرعت، مقدار  $R_a$  نیز صفر است. لذا جریان بسیار بزرگ  $I_a = \frac{V_a}{R_a}$  در سیم پیچی آرمیچر جاری شده. آنرا می توان با سوزاندن سیمهای این باید یا از مقاومت راه انداز در مسیر آرمیچر استفاده کرد. و یا در ابتدا از ولتاژهای بسیار کمتر از مقدار نامی بهره برد. در این حالت با شکل گیری سرعت (  $\omega$  ) و در نتیجه  $E_a$ ، ولتاژ اضافی را به تدریج افزایش می دهیم تا به مقدار نامی خود برسد.

31





دانشگاه گیلان

انستیتوت ماشین‌های الکتریکی

شرح آزمایش

۱- آزمایش بی باری

اتصالات موتور شست و منبع تغذیه را ببندید. در حرکت از سیم بیچی های آرمیچر و تحریک شست پک اسپرینتر سری و با ترمینال های موتور پک ولتسنتر موازی کنید. هیچ بار و یا زرتور را به موتور وصل نکنید. ولتاژ منبع ورودی را از صفر و مطابق جدول زیر افزایش داده، جدول را کامل کنید.

جدول ۱-۷ مشخصه خروجی موتور شست در وضعیت بی باری

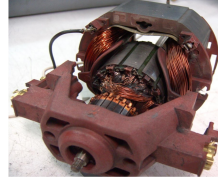
$V_d(V)$	0	30	60	90	120	150	180	210
$I_i(A)$								
$I_f(A)$								
$I_a(A)$								
$T_m(N.m)$								

۲- آزمایش بار هاری

پک زرتور با مقاومت متغیر متصل به ترمینال آن را سیم بندی کنید این زرتور (که با موتور گویل مکانیکی دارد) و مقاومت های متغیر، مجموعه بار موتور را شکل می دهد. ولتاژ اعمالی به ترمینال موتور را در 180V تنظیم و آنرا در طول آزمایش ثابت نگاه دارید. با تغییر مقاومت متغیر متصل به زرتور گشتاور بار موتور را تغییر داده، جدول زیر را کامل کنید.

32





دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر  
دانشگاه تهران  
آزمایشگاه ماشین های الکتریکی ۱

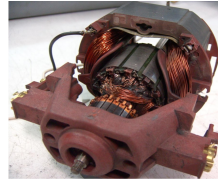
جدول 2-7 مشخصه خروجی موتور شنت در وضعیت بارهای


$I_{sa}(A)$	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
$I_{in}(A)$							
$I_{an}(A)$							
$N_m(rpm)$							
$T_{ad}(N.m)$							

کالیف

- 1- مشخصه موتور را بر اساس اعداد جدول رسم کنید.
- 2- در بی باری موتور با دو برابر شدن ولتاژ، جریان آرمیچر و تحرک موتور چه تغییری می کند؟
- 3- روش های کنترل سرعت موتور شنت را توضیح دهید.
- 4- موتور شنت را شبیه سازی کرده، در شرایط بی باری و بارهای آفر بررسی کنید.

33



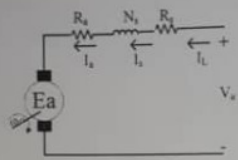


دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر  
دانشگاه شیراز

انجمن ماشین های الکتریکی

آزمایش شماره ۸ - موتور سری

در موتور سری سیم پیچی تحریک با سیم پیچی آرمیچر سری می شود این موتور دارای گشتاور راه اندازی بسیار بزرگی است.



شکل ۱-۸ موتور DC سری

روابط حاکم بر این موتور عبارتست از:

$$V_t = E_a + (R_a + R_f) I_a \quad (1-8)$$

$$I_a = I_f = I_a \quad T_{mech} = K \phi I_a \quad E_a = K \phi \omega \quad (2-8)$$

در ناحیه عملکرد خطی، شار مغناطیسی متناسب با جریان تحریک است. با توجه به این که  $I_a = I_f$  لذا

$$\phi = C I_a = C I_a \Rightarrow T_{mech} = K C I_a^2 \quad (3-8)$$

با توجه به مقدار جریان راه اندازی بالای موتور گشتاور راه اندازی تولیدی آن بسیار زیاد است. به کمک روابط فوق مشخصه خروجی موتور به صورت زیر قابل نمایش است.

$$\omega = \frac{V_t}{\sqrt{K C}} - \frac{1}{\sqrt{K C}} \frac{R_a + R_f}{K C} \quad (4-8)$$

وقتی گشتاور بار به صفر میل کند، سرعت به نهایت می شود لذا موتور DC سری هیچگاه نباید بدون بار راه اندازی شود.

34