وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه جیرفت

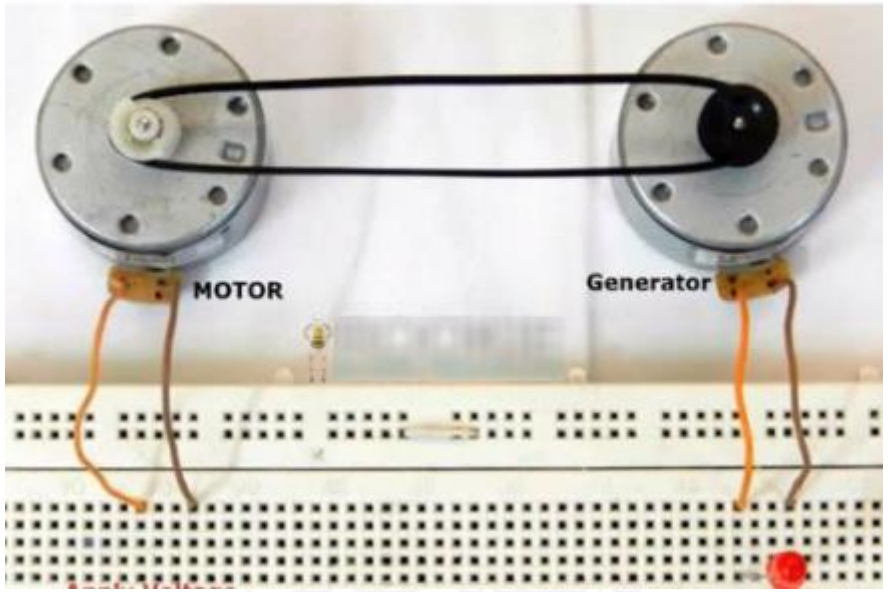
مبانی برق ۲

جلسه ۱۰

مهندس مکتم محمد هاشمی‌نژاد

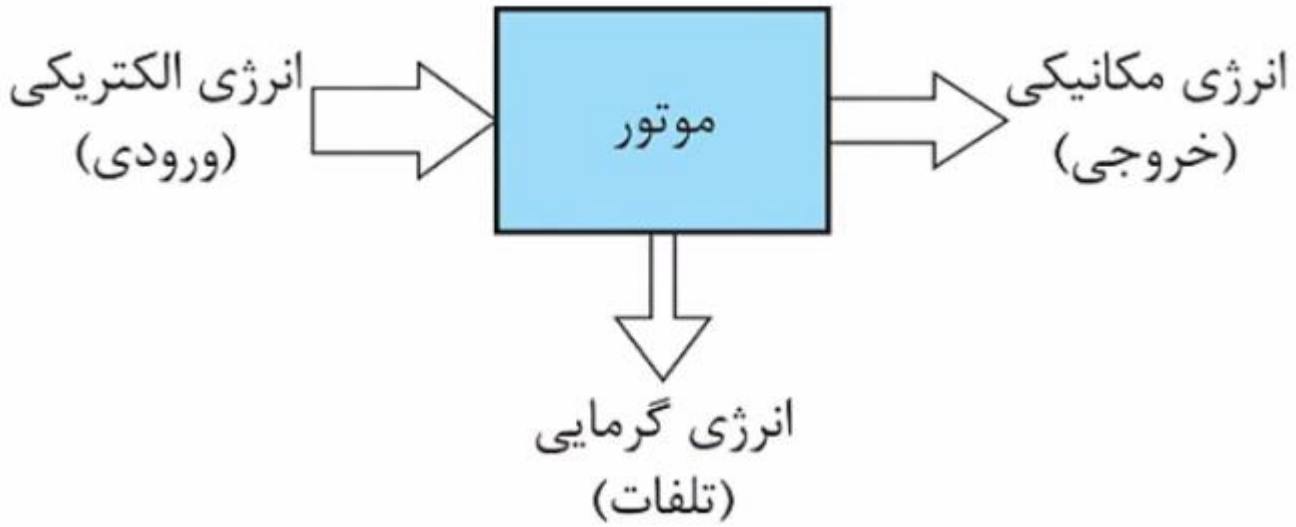
فصل چهارم

موتورهای جریان مستقیم



موتورهای جریان مستقیم

- ماشین الکتریکی است که ورودی آن یک ولتاژ الکتریکی جریان مستقیم و خروجی آن نیروی محرکه مکانیکی است.



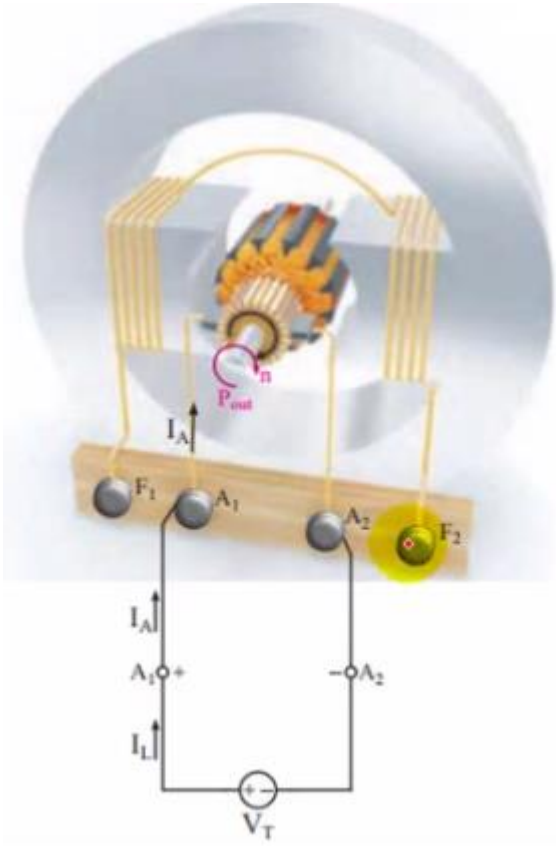
ویژگی ها موتورهای جریان مستقیم

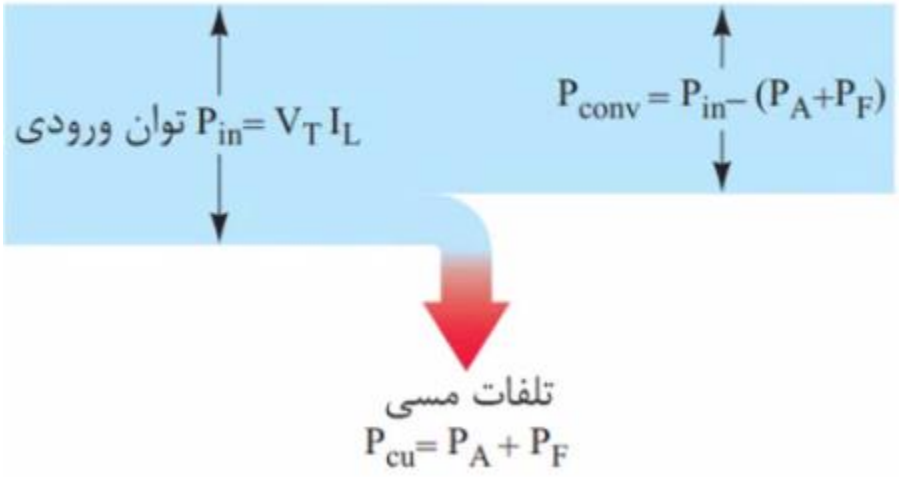
- تنوع گوناگون برای کابردهای گوناگون
- کنترل سرعت ساده
- گشتاور تولیدی زیاد
- ساختمان محکم
- مقاوم در برابر لرزش

- موتورهای جریان مستقیم براحتی تبدیل به ژنراتور جریان مستقیم می شوند.

پخش توان در موتورهای جریان مستقیم

- توان الکتریکی ورودی، توان منبع ولتاژ اعمالی به موتور است.
- بخشی از توان ورودی صرف تلفات مسی می شود.
- تلفات مسی بصورت گرما در سیم پیچ ها ظاهر می شود.





پخش توان در موتورهای جریان مستقیم

- توان تبدیل شده، توان الکتریکی تبدیل شده به توان مکانیکی است .

$$P_{conv} = E_A \cdot I_A$$

در این رابطه:

P_{conv} توان تبدیل شده. [W]

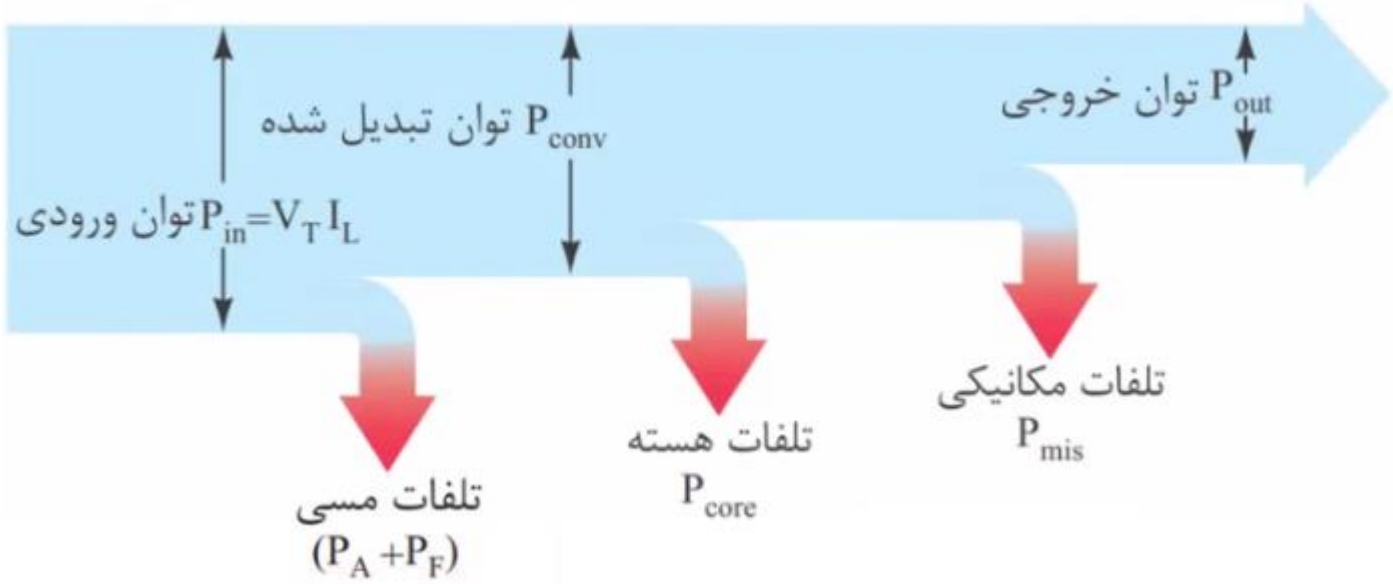
E_A نیروی محرکه القایی آرمیچر [V]

I_A جریان آرمیچر [A]

- با شروع گردش روتور، بخشی از توان صرف تلفات هیسترزیس و فوکو می شود.

پخش توان در موتورهای جریان مستقیم

- اصطکاک مکانیکی بین اجزای مختلف و فن موتور نیز از توان ورودی می کاهد. به این تلفات، تلفات مکانیکی می گویند.



مثال

- موتورجریان مستقیم ۲۰۰ ولت، ۱۰ آمپر با تلفات مسی ۵۰ وات، هسته ۴۰ وات و مکانیکی ۶۰ وات مفروض است. مطلوب است :
- توان ورودی
- توان تبدیل شده
- توانخروجی

$$P_{in} = V_T I_A = ۲۰۰ \times ۱۰ = ۲۰۰۰ \, W$$

$$P_{conv} = P_{in} - P_{cu} = ۲۰۰۰ - ۵۰ = ۱۹۵۰ \, W$$

$$P_{out} = P_{in} - P_{cu} - P_{core} - P_{mis}$$

$$= ۲۰۰۰ - ۵۰ - ۴۰ - ۶۰ = ۱۸۵۰ W$$

پخش توان در موتورهای جریان مستقیم

- حاصل جمع کل تلفات موتور را تلفات کل می گویند .

تلفات کل = تلفات مسی + تلفات هسته + تلفات مکانیکی

$$\Delta P = (P_A + P_F) + P_{core} + P_{mis}$$

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

- مجموع تلفات مکانیکی و هسته، تلفات ثابت و تلفات مسی را تلفات متغیر می گویند.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

بازده موتورهای جریان مستقیم

- نسبت توان خروجی به ورودی را بازده می گویند .

$$\%\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times ۱۰۰$$

- اگر یک موتور ۴ کیلووات، ۲۰ آمپر، ۲۵۰ ولت در شرایط نامی کار کند. بازده آنرا محاسبه کنید.

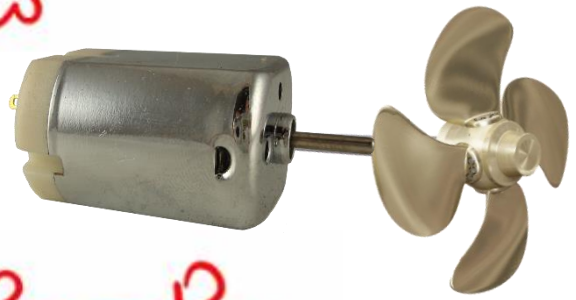
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{۴۰۰۰}{۲۵۰ \times ۲۰} = \frac{۴}{۵} = ۰/۸ = ۸۰\%$$

گشتاور موتورهای جریان مستقیم

- گشتاور موتور بدلیل حضور حلقه های جریان دار سیم پیچ آرمیچر در میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم پیچ های استاتور است.

$$T_A = K\varphi I_A \rightarrow \frac{T_A}{E_A} = \frac{K\varphi I_A}{K\varphi\omega} = \frac{I_A}{\omega} \Rightarrow T_A = \frac{E_A I_A}{\omega}$$

$$E_A = K \cdot \varphi \cdot \omega$$



گشتاور روتور — گشتاور بار

$$T_A = \frac{E_A I_A}{\omega}$$

$$T_A = \frac{P_{conv}}{\omega} \rightarrow T_{load} = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{P_{conv} - P_{core} - P_{mis}}{\omega}$$

$T_A > T_{load}$

مثال

- موتورجریان مستقیم ۸۰ کیلووات، ۸۰۰ ولت با سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه در حال کار است. اگر نیروی محرکه القایی ۷۵۰ ولت و جریان آرمیچر ۱۲۵ آمپر باشد. مطلوب است :
- گشتاور آرمیچر
- گشتاور بار

$$T_A = \frac{E_A I_A}{\omega} = \frac{750 \times 125}{1500 \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{15 \times 25}{\pi} = 597.13 N.m$$

گشتاور خالص ایجاد شده در روتور

2

$$T_L = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{80000}{1500 \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{80000}{50\pi} = \frac{1600}{\pi} = 509.55 N.m$$

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

مهار گسستگی در موتورهای جریان مستقیم

- کاهش شار مغناطیسی تحریک منجر به افزایش سرعت و کاهش گشتاور می شود .

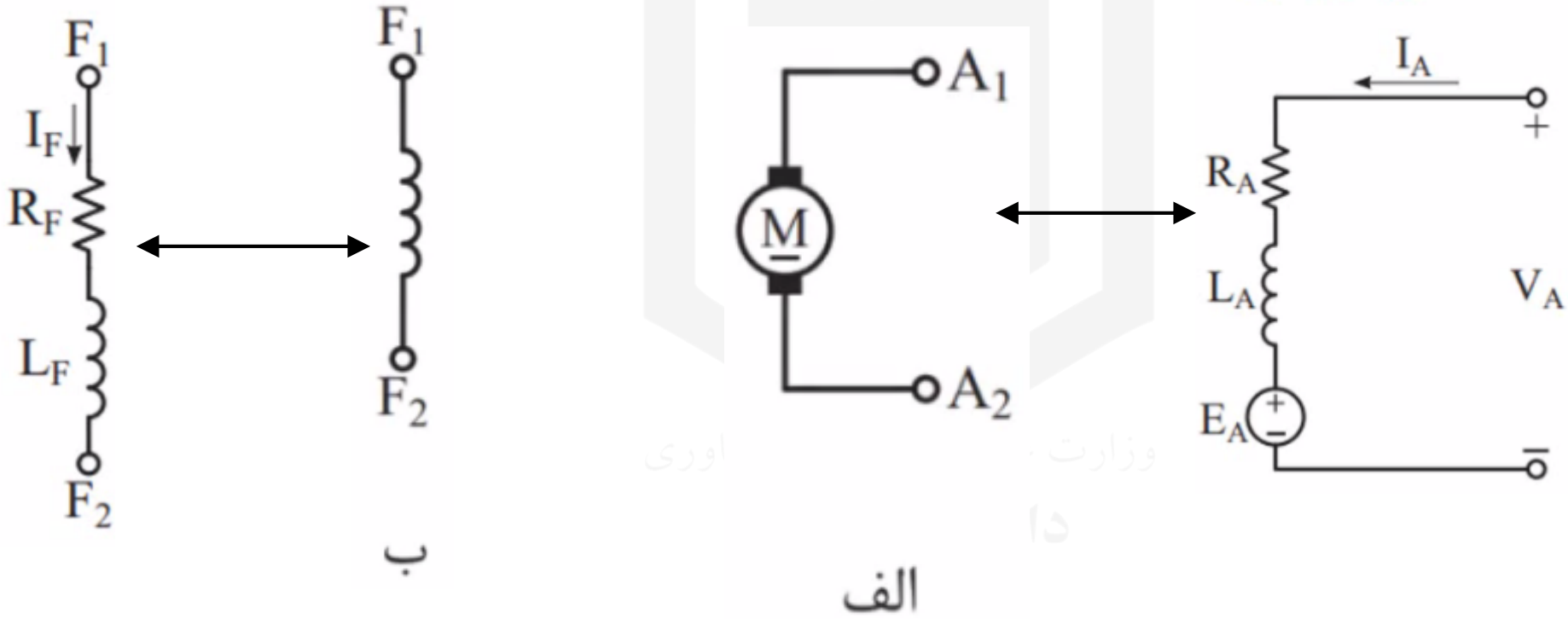
$$\omega = \frac{E_A}{K \cdot \varphi} \leftarrow E_A = K \varphi \omega$$

$$T_A = K \cdot \varphi \cdot I_A$$

- اگر موتور بی بار باشد، سرعت خیلی زیاد می شود. اگر موتور باردار باشد احتمال ایستادن روتور و افزایش جریان آرمیچر وجود دارد.

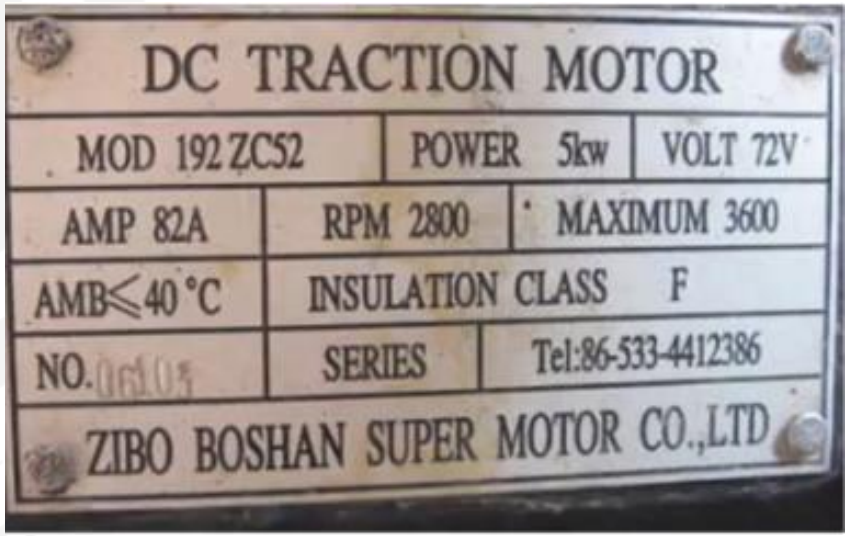
مدار معادل الکتریکی موتورهای جریان مستقیم

- جهت تحلیل راحت ماشین های الکتریکی از علامت های اختصاری و مدار معادل الکتریکی آنها استفاده می شود.



مشخصات موتورهای جریان مستقیم

- مشخصاتی که کارخانه سازنده موتور ارائه می دهد، مشخصات موتور نام دارد.
- دسته اول :مشخصات پلاک ماشین (مقادیر نامی)



مشخصات موتورهای جریان مستقیم

- مشخصاتی که کارخانه سازنده موتور ارائه می دهد، مشخصات موتور نام دارد .

- دسته دوم :منحنی مشخصه ها
  - ❖ منحنی مشخصه الکترومکانیکی (سرعت–جریان)
  - ❖ منحنی مشخصه الکترومغناطیسی (گشتاور–جریان)
  - ❖ منحنی مشخصه گشتاور–سرعت

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

مشخصات موتورهای جریان مستقیم

- مشخصاتی که کارخانه سازنده موتور ارائه می دهد، مشخصات موتور نام دارد .
- دسته سوم :مشخصات حاصل از تجزیه و تحلیل دسته یک و دو

که در این رابطه:

$$\%S_R = \frac{n_\circ - n}{n} \times ۱۰۰$$

S_R تنظیم سرعت

$n_\circ$ سرعت بی‌باری رتور

n سرعت بارداری رتور

- اگردرصد تنظیم سرعت پایین باشد، یعنی با افزایش بار، سرعت کمتر تغییر می کند.

مثال

- یک موتور جریان مستقیم ۲ کیلووات، در بی باری با سرعت ۱۵۰۰ و در بار نامی با سرعت ۱۴۴۰ دور بر دقیقه می گردد. مطلوب است :
- درصد تنظیم سرعت
- گشتاور نامی بار

$$\%S_R = \frac{n_0 - n}{n_0} \times 100 = \frac{1500 - 1440}{1500} \times 100 = \frac{6000}{1500} = 4\%$$

$$T_L = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{2000}{1440 \times \frac{\pi}{30}} = \frac{6000}{144\pi} = 13.27\ N.m$$

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

طبقه بندی موتورهای جریان مستقیم

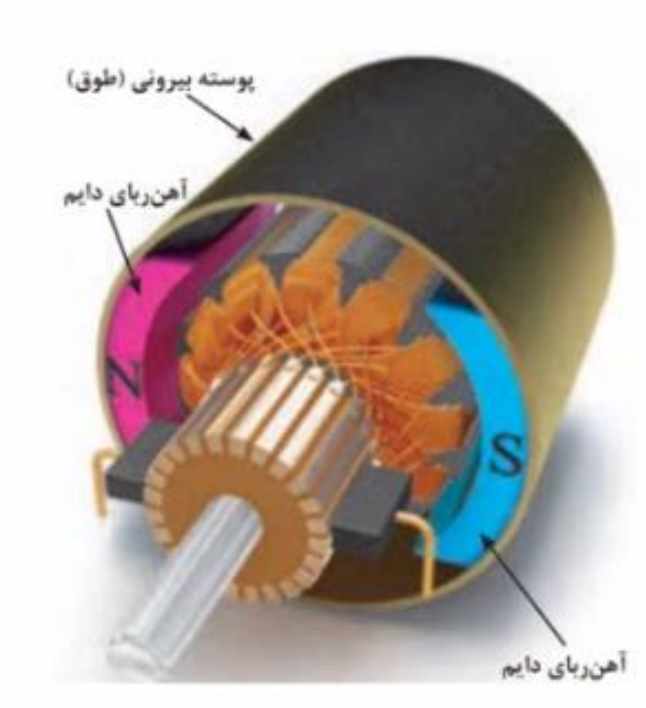
- موتورهای جریان مستقیم با آهنربای دائمی(PMDCM)
- موتورهای جریان مستقیم تحریک مستقل
- موتورهای جریان مستقیم شنت
- موتورهای جریان مستقیم سری
- موتورهای جریان مستقیم کمپوند

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

موتورهای جریان مستقیم -آهنرباهای دائمی

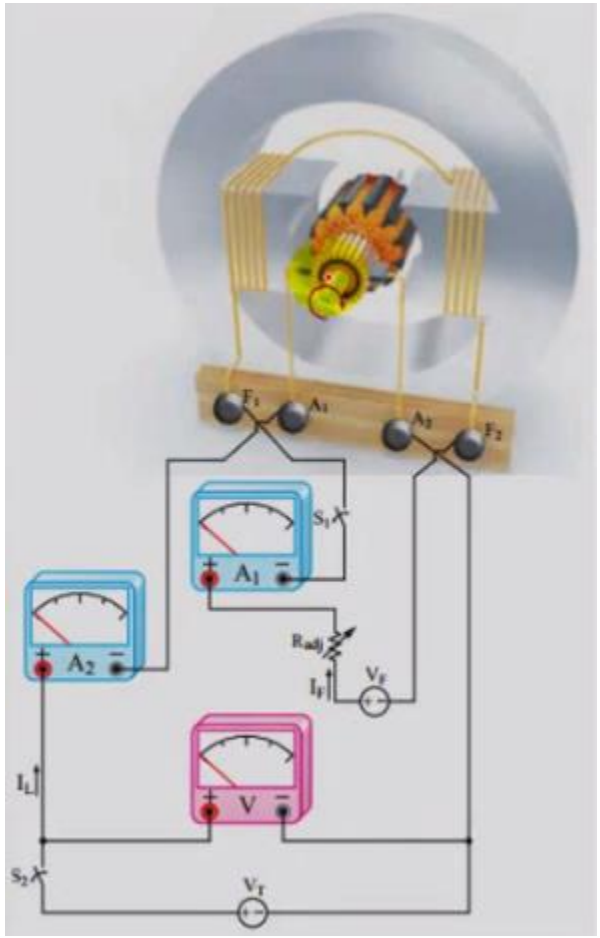
$$\omega = \frac{E_A}{k\phi}$$

- شار مغناطیسی داخل موتور توسط آهنرباهای دائمی تولید می شود.
- این موتور در حجم کوچک و توان کم، گشتاور مناسبی دارند .
- مزیت؛ عدم نیاز به تحریک خارجی و نبود تلفات تحریک
- معایب؛ عدم کنترل بر میدان تحریک
- کاربرد؛ پروژه های رباتیک کوچک، اسباب بازی ها موتور برف پاک کن، مسواک برقی و ...



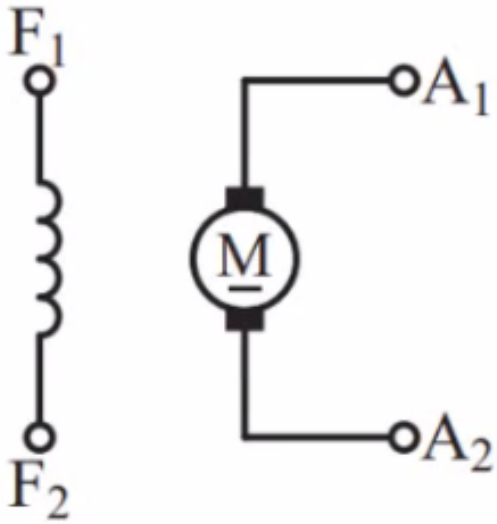
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل



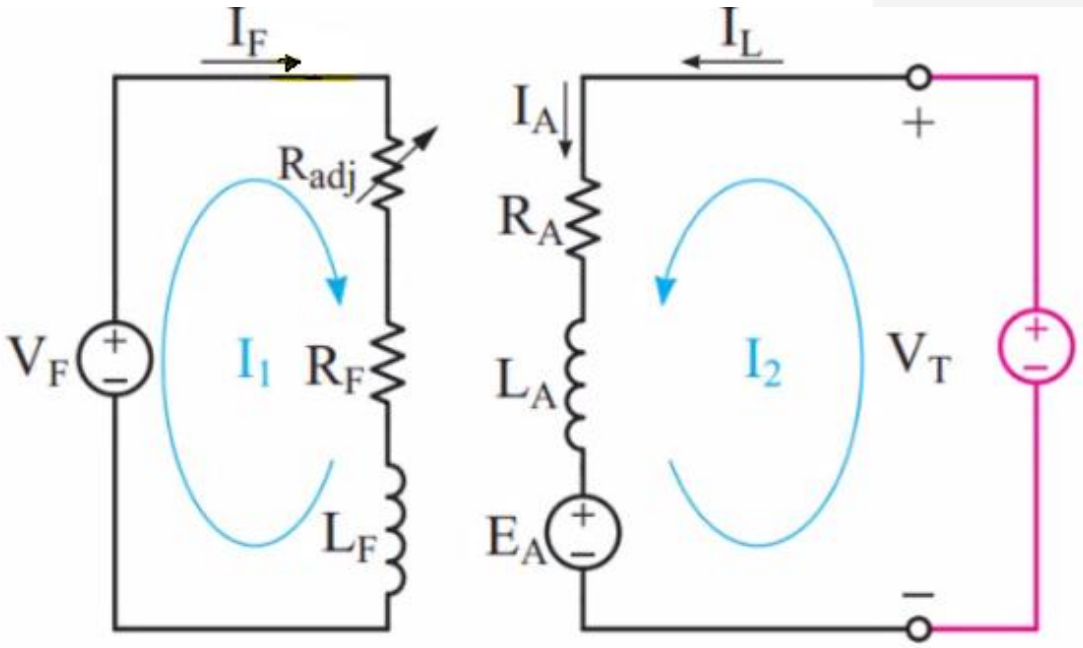
- شار مغناطیسی تحریک توسط مدار مستقل خارجی تامین می شود.

$$\phi = \phi(i_f)$$



موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

- مدار معادل الکتریکی



$$\begin{cases} -V_F + (R_{adj} + R_F) I_F + 0 = 0 \\ I_F = \dfrac{V_F}{R_F + R_{adj}} \end{cases}$$

$$-V_T + R_A I_A + E_A = 0 \rightarrow \begin{cases} E_A = V_T - R_A I_A \\ I_A = \dfrac{V_T - E_A}{R_A} \end{cases}$$

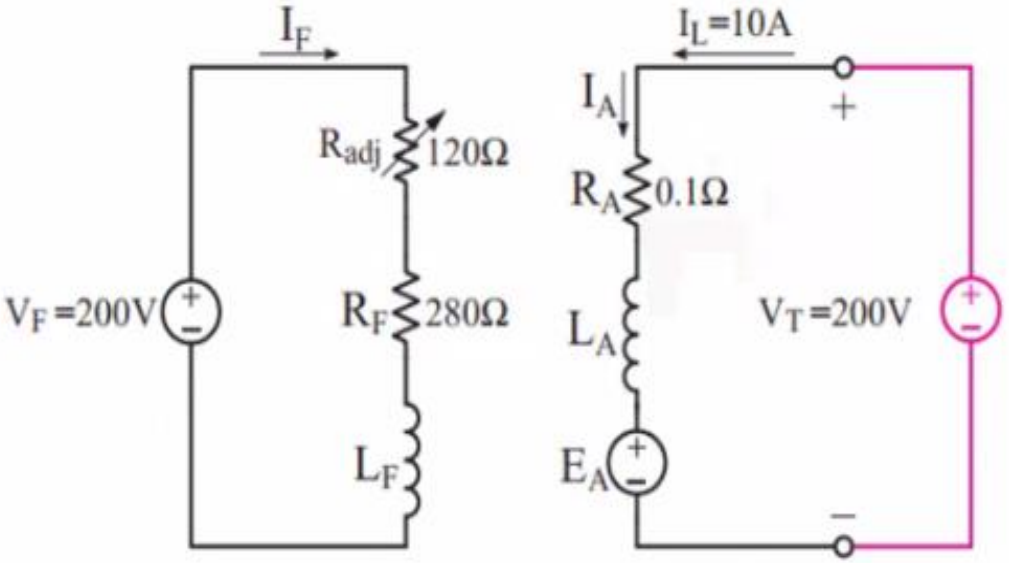
$$P_{cuA} = R_A I_A^2 \quad , \quad P_{cuF} = (R_F + R_{adj}) I_F^2$$

مثال

- موتور DC ۲۰۰ ولت، ۱۰ آمپر با مدار معادل شکل زیر مفروض است.

مطلوب است:

- جریان مدار تحریک
- نیروی محرکه القایی
- تلفات تحریک و آرمیچر
- سرعت موتور
- گشتاور بار (تلفات ثابت ۲۰۰ وات فرض شود)



$$K = 4\ rad^{-1}$$

$$\varphi(I_F) = 500(1 - e^{-2I_F})\ mWeber$$

وزارت علوم، تحقیقات و فن
دانشگاه جیرفت

مثال

$$I_F = \frac{V_F}{R_F + R_{adj}} = \frac{۲۰۰}{۴۰۰} = ۰/۵\ A$$

$$\begin{cases} \varphi = ۵۰۰\left(1 - e^{-۲\times ۰/۵}\right) = ۵۰۰\left(1 - e^{-1}\right) = ۳۱۵\ mWb \\ E_A = V_T - R_A I_A = ۲۰۰ - ۰/۱ \times ۱۰ = ۱۹۹\ V \end{cases}$$

$$P_{cu_A} = R_A I_A^۲ = ۰/۱ \times ۱۰^۲ = ۱۰\ W$$

$$P_{cu_F} = (R_F + R_{adj})\, I_F^۲ = ۴۰۰ \times ۰/۲۵ = ۱۰۰\ W$$

$$\rightarrow P_{cu} = ۱۱۰\ W$$

$$\omega = \frac{E_A}{K\varphi} = \frac{۱۹۹}{۴ \times ۰/۳۱۵} = ۱۵۷/۹۳\ rad/s \rightarrow n = ۱۵۰۸/۹۴\ RPM$$

مثال

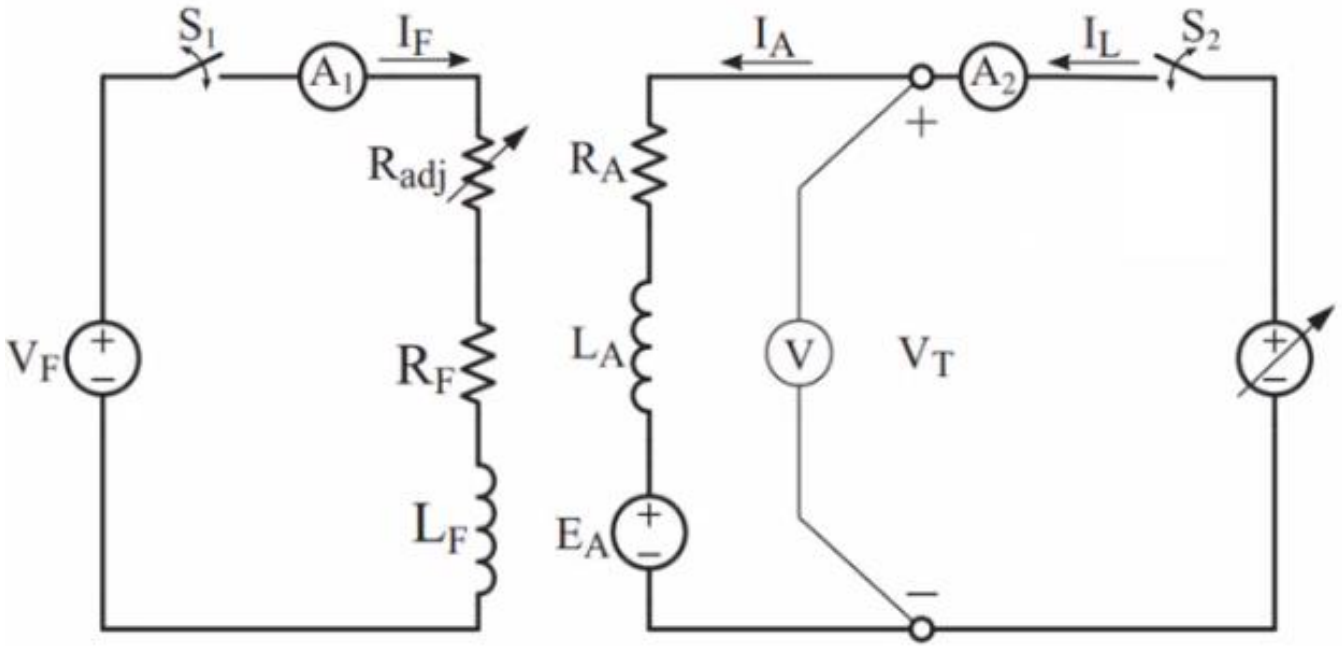
$$T_L = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{P_{in} - \Delta P}{\omega} = \frac{V_T I_L - \Delta P}{\omega}$$

$$= \frac{۲۰۰ \times ۱۰ - ۲۰۰ - ۱۱۰}{۱۵۷/۹۲} = \frac{۱۹۹۰}{۱۵۷/۹۲} = ۱۰/۱ \; N.m$$

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

- نحوه راه اندازی
- قبل از راه اندازی به پلاک موتور مراجعه کنید.



موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

- آزمایش بارداری >> استخراج منحنی مشخصه های الکترومکانیکی، الکترومغناطیسی و گشتاور–سرعت

موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

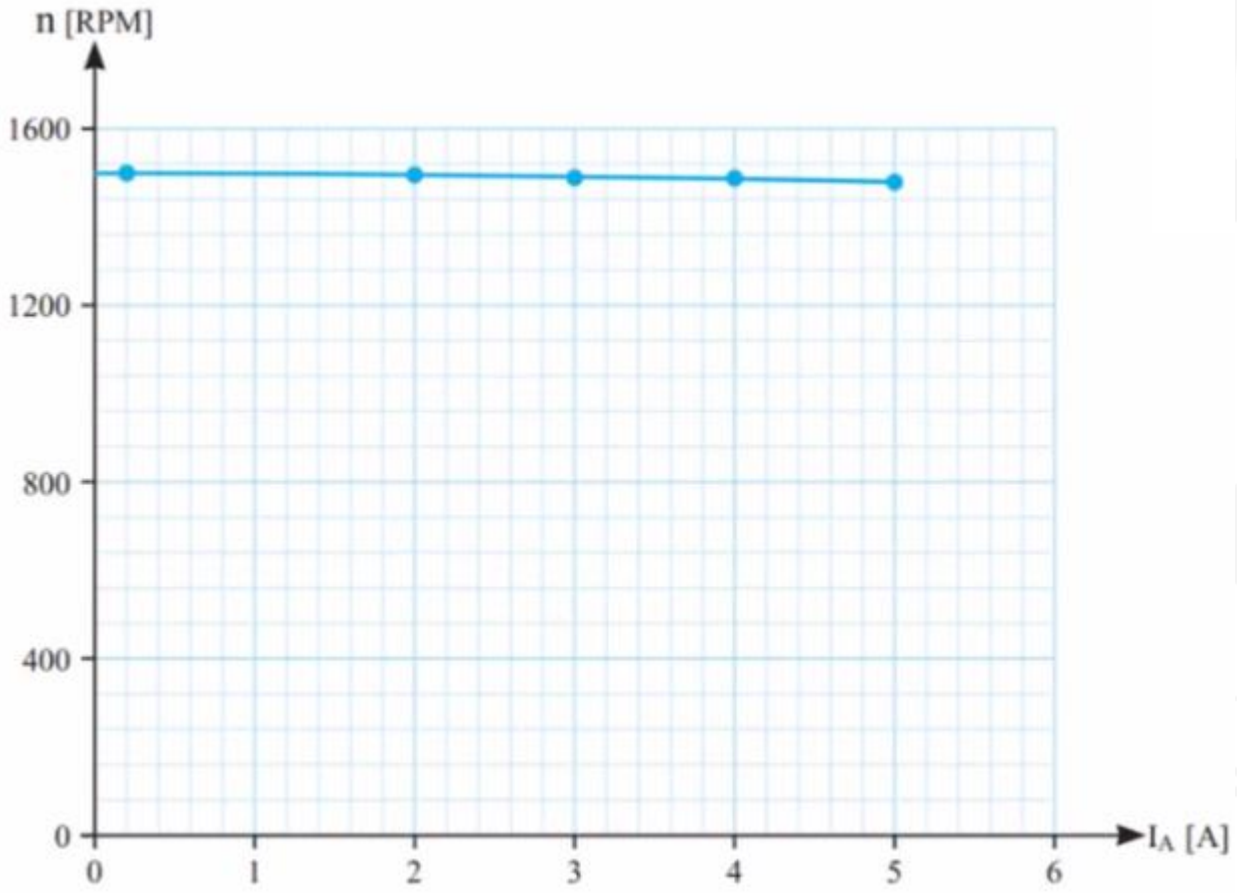
- آزمایش بارداری
- ازحالت بی باری تا زمان رسیدن جریان موتور به مقدار نامی گشتاور را زیاد می کنیم.

V_T	۲۲۰V				
n[RPM]	۱۵۰۰	۱۴۹۶	۱۴۹۰	۱۴۸۹	۱۴۸۰
I_A[A]	۰/۲	۲	۳	۴	۵
T_{load}[Nm]	۰	۳	۴/۵	۶	۷/۵

دانشگاه جیرفت

موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

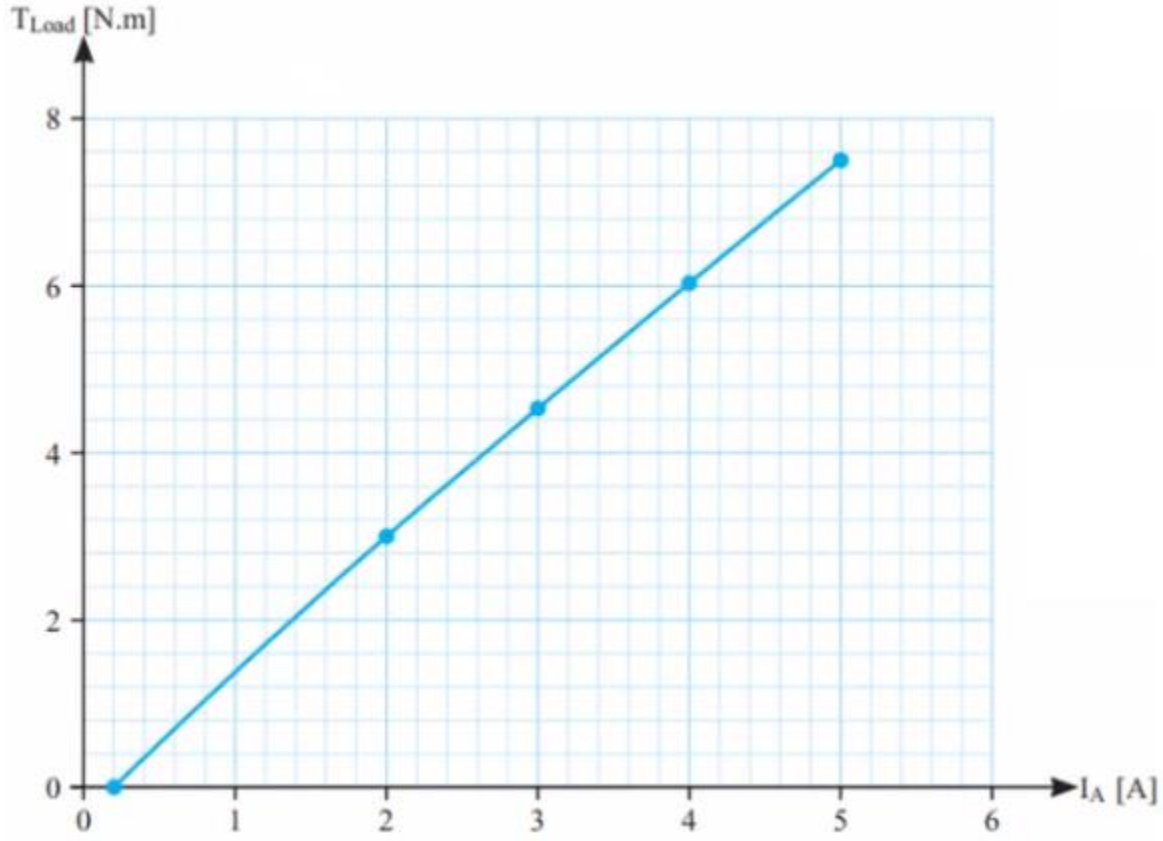
- منحنی مشخصه الکترومکانیکی



Https://www.drisnet.com

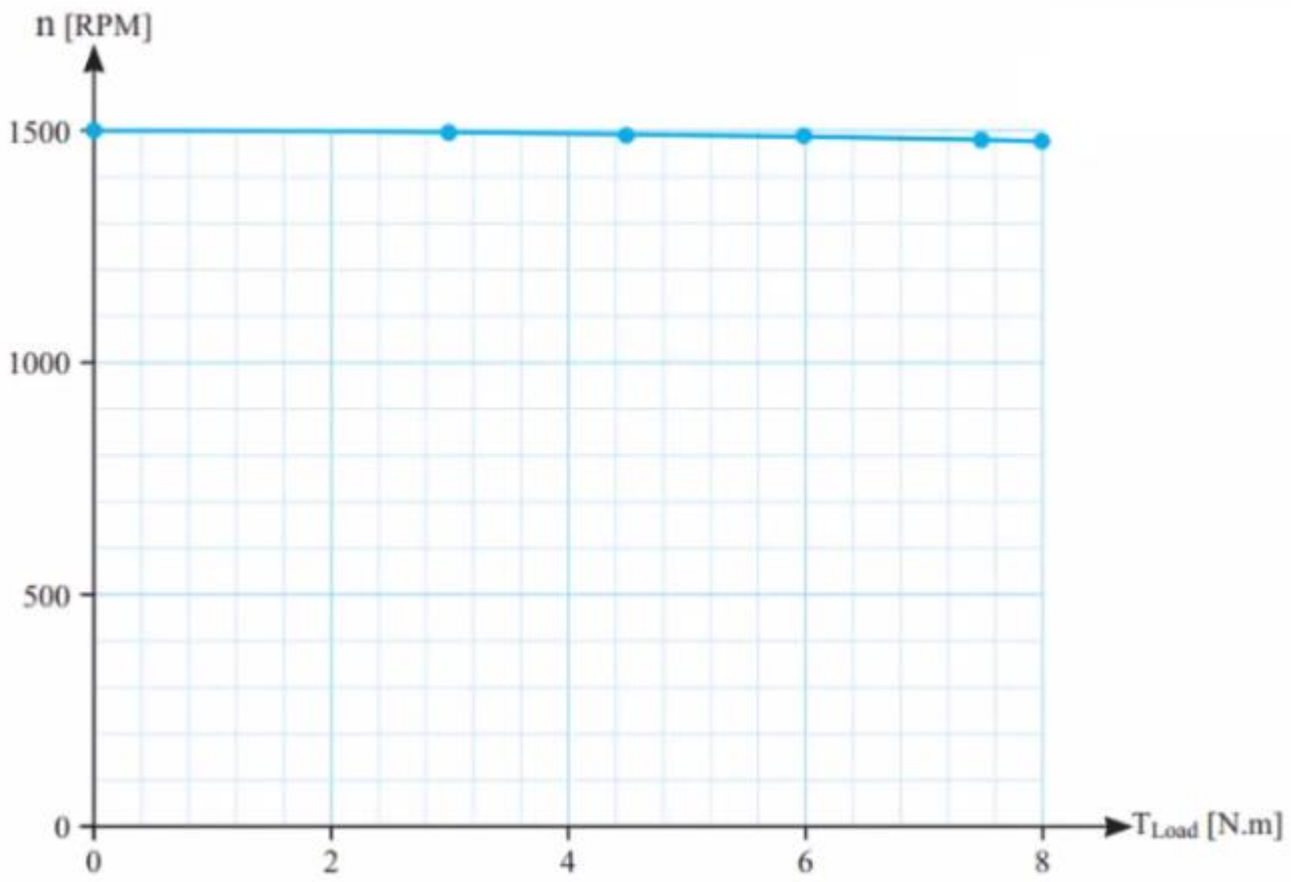
موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

- منحنی مشخصه الکترومغناطیسی



موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

- منحنی مشخصه گشتاور–سرعت



موتورهای جریان مستقیم -تحریک مستقل

- کاربرد؛ در جاهایی که به سرعت تقریبا ثابت در گشتاورهای بار مختلف نیاز است، سعی می شود از این موتورها استفاده شود .

- توجه؛ افزایش گشتاور بار بیش از حد مجاز موتور منجر به افزایش بیش از حد جریان موتور می شود و در نهایت احتمال سوختن موتور وجود دارد.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت