



# Principles of Mechatronic Systems

## مبانی سیستم های مکاترونیکی (جلسه سیزدهم)

By: Reza Tikani

Mechanical Engineering Department

Isfahan University of Technology



## عملگرهای پیوسته

---

عملگرهای پیوسته:

✓ موتورهای DC

✓ موتورهای AC

✓ موتورهای القائی

✓ موتورهای سنکرون

✓ عملگرهای هیدرولیکی و نیوماتیکی



## عملگرهای پیوسته

✓ تقسیم بندی ماشینهای الکتریکی

### ❖ از نظر نوع تبدیل

- موتور الکتریکی
- ژنراتور الکتریکی

(در ماشینهای الکتریکی فرایند تبدیل انرژی برگشت پذیر است.)

### ❖ از نظر نوع جریان الکتریکی

- جریان مستقیم DC
- جریان متناوب AC



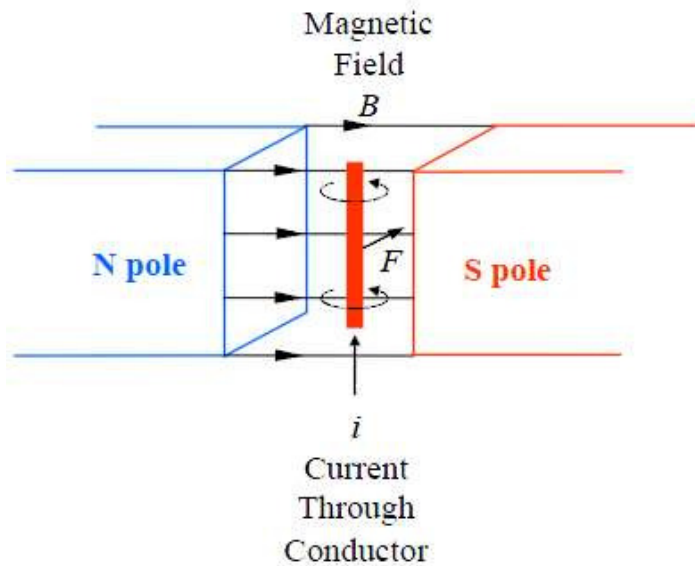
## DC Motors

- The most common actuator in mobile robotics
- simple, cheap, and easy to use.
- come in a great variety of sizes, to accommodate different robots and tasks.



## عملگرهای پیوسته

اصول عملکرد موتور DC:



$$F = Bil$$

$B$  - Flux density

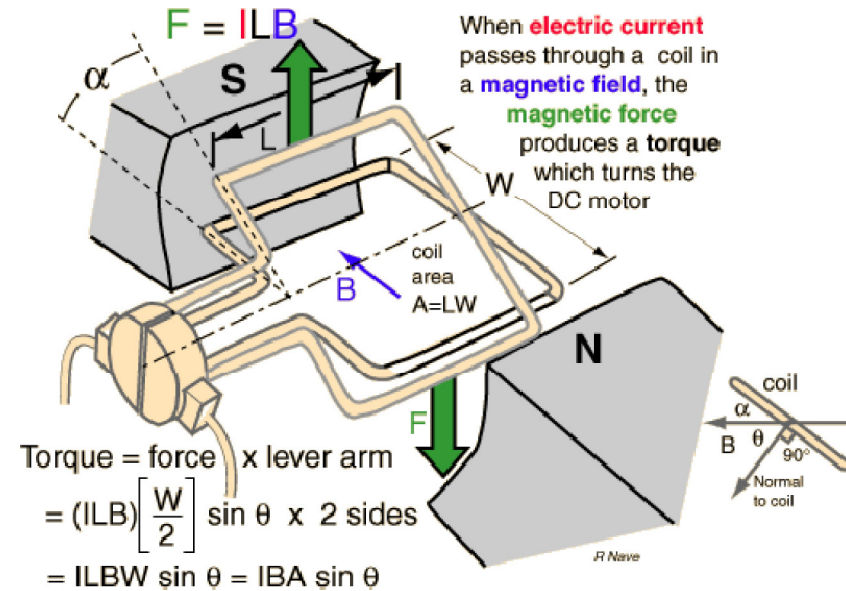
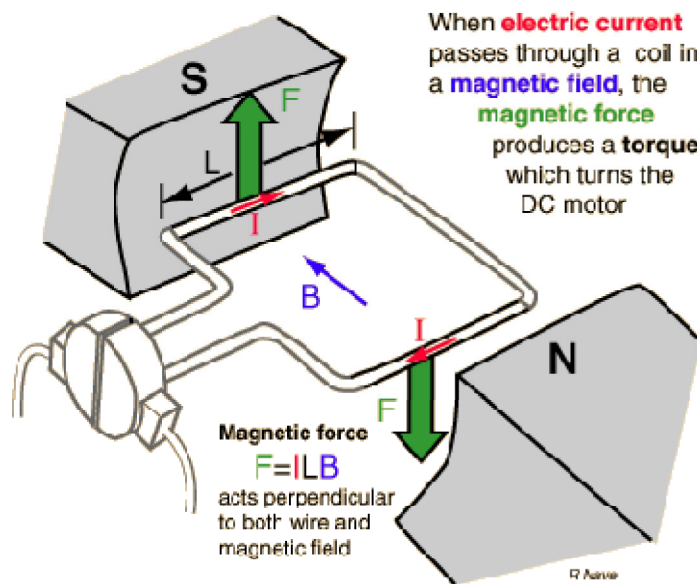
$i$  - Current through the conductor

$l$  - length of the conductor



# عملگرهای پیوسته

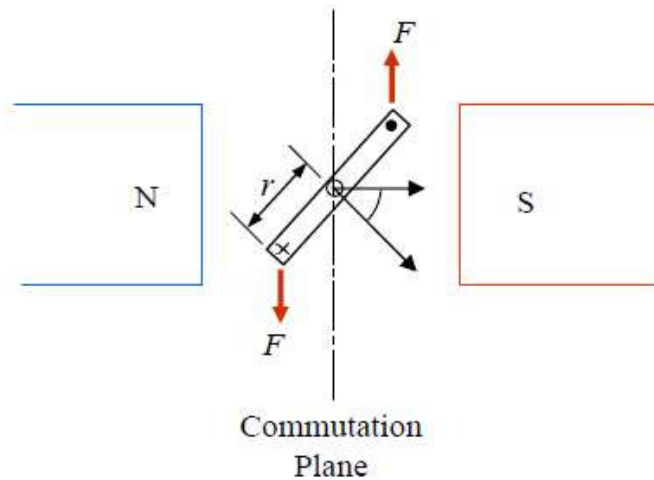
## اصول عملکرد موتور DC:





# عملگرهای پیوسته

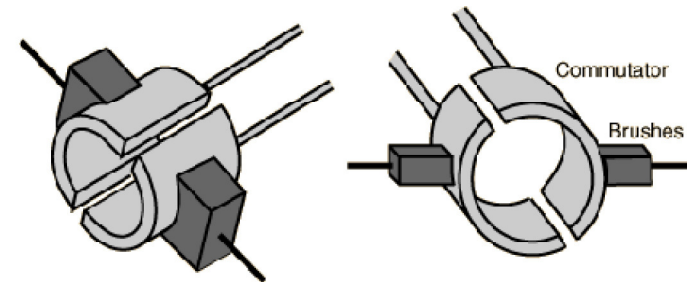
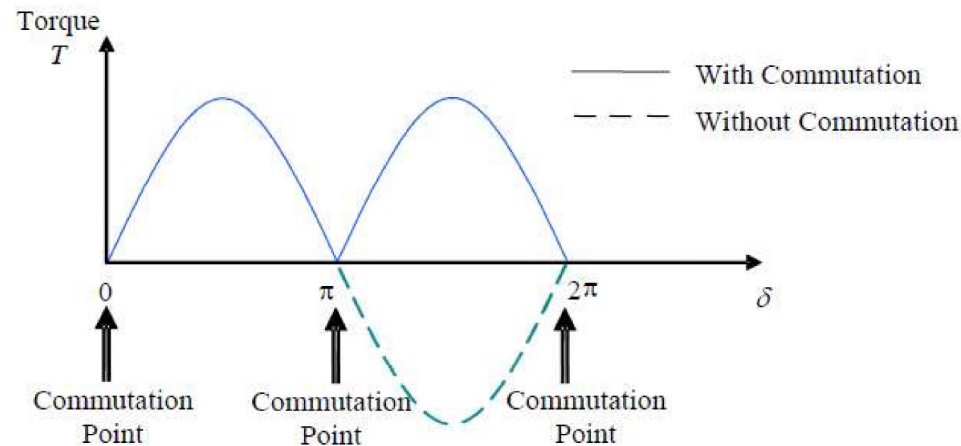
اصول عملکرد موتور DC:



$$T = F \times 2r \sin \delta$$

$$T = Bi_a l \times 2r \sin \delta$$

$$T = Ai_a B \sin \delta$$

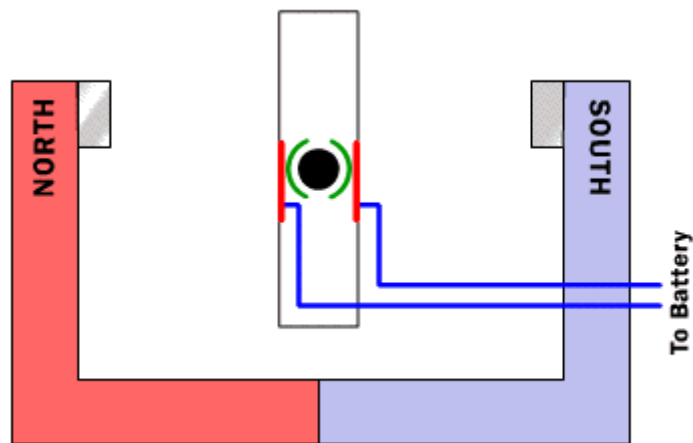
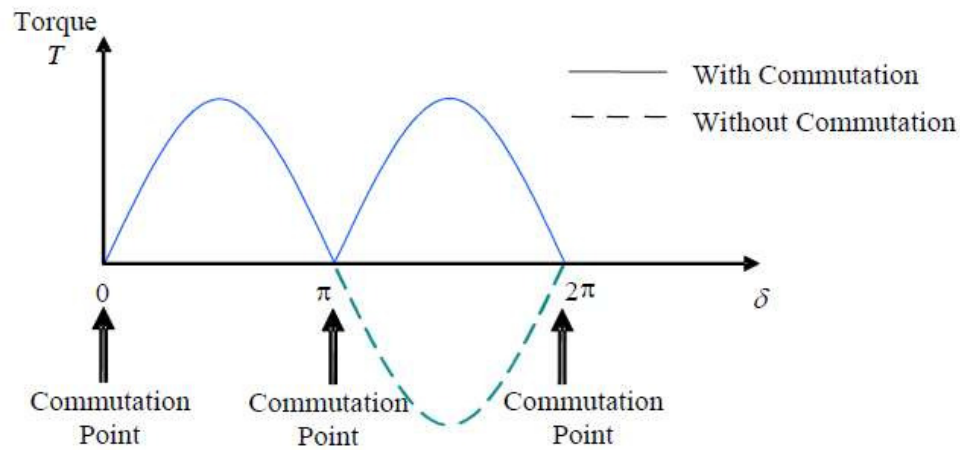


[hyperphysics.phy-astr.gsu.edu](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu)

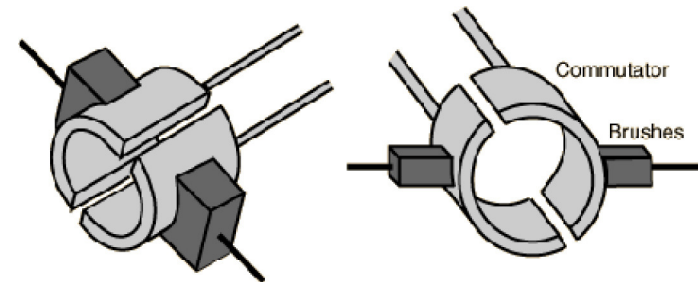


# عملگرهای پیوسته

اصول عملکرد موتور DC:



©2001 HowStuffWorks



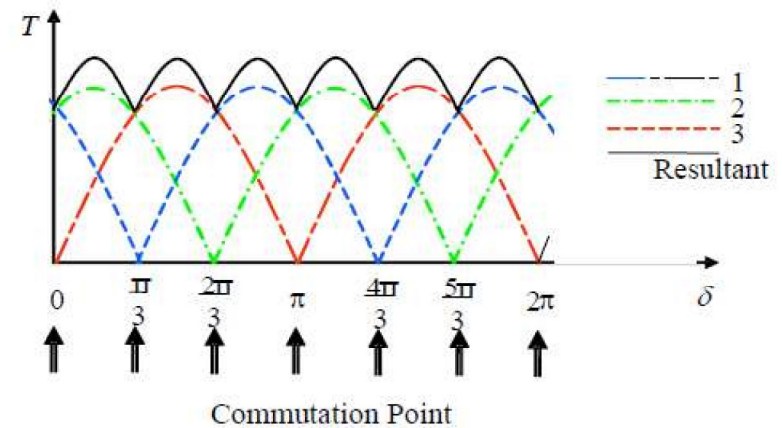
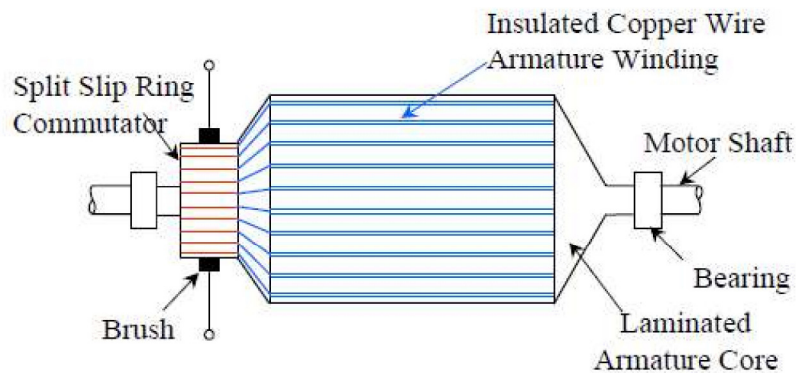
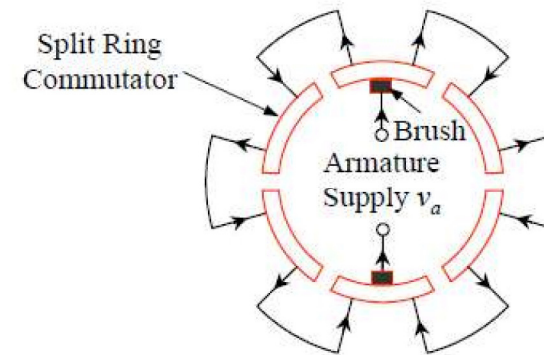
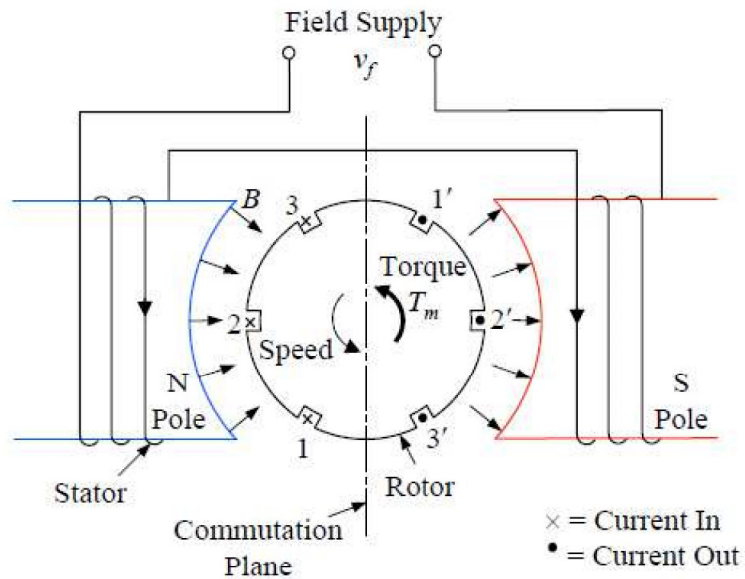
[hyperphysics.phy-astr.gsu.edu](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu)





# عملگرهای پیوسته

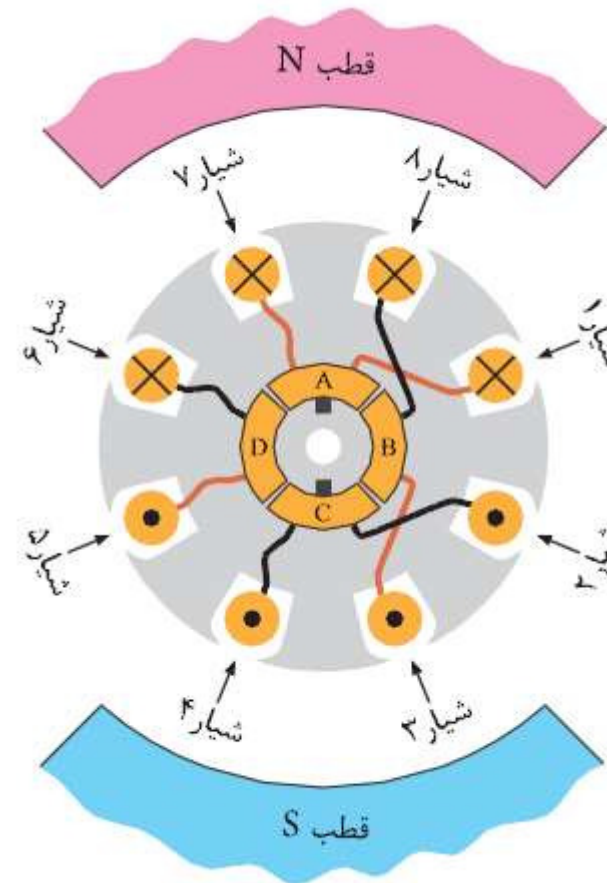
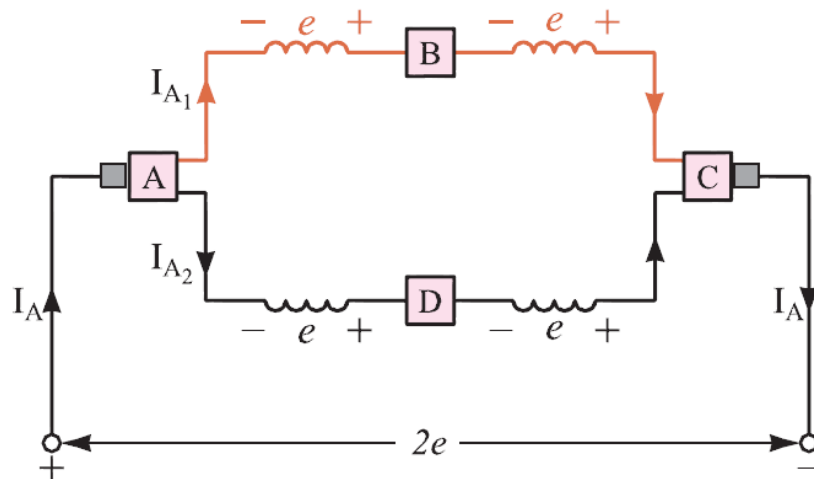
## اصول عملکرد موتور DC:





# عملگرهای پیوسته

## سیم پیچی در موتورهای DC:

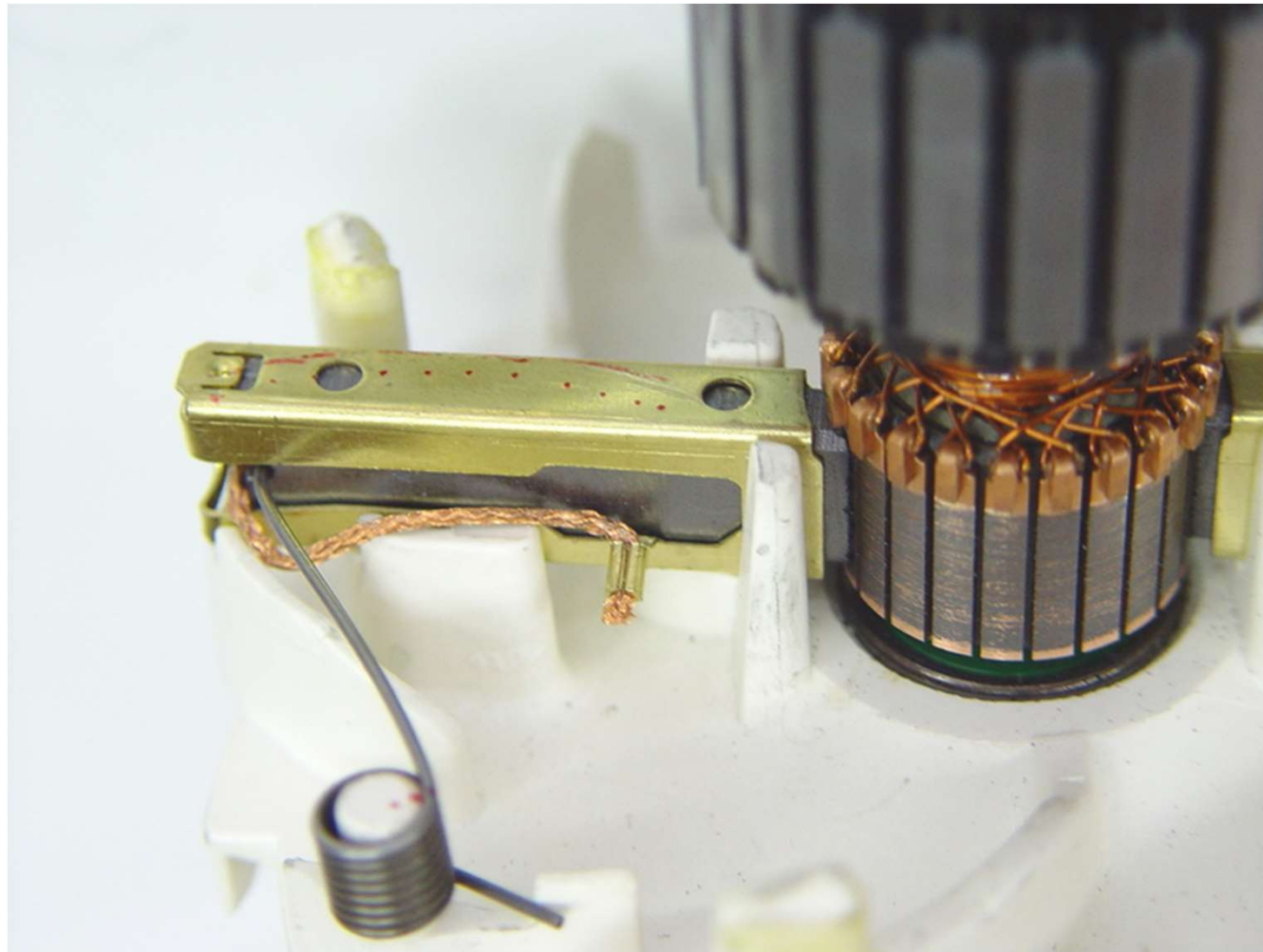


با گردش رتور و قرار گرفتن جاروبکها در مقابل تیغه‌های B و D نحوه سری و موازی شدن کلاف و تقسیم جریان را بررسی کنید.



## عملگرهای پیوسته

کوموتاتور:





## عملگرهای پیوسته

معایب وجود جاروبک در موتور:

سایش، بار مکانیکی، گرم شدن در اثر اصطکاک، جرقه زدن، اکسید شدن و ...

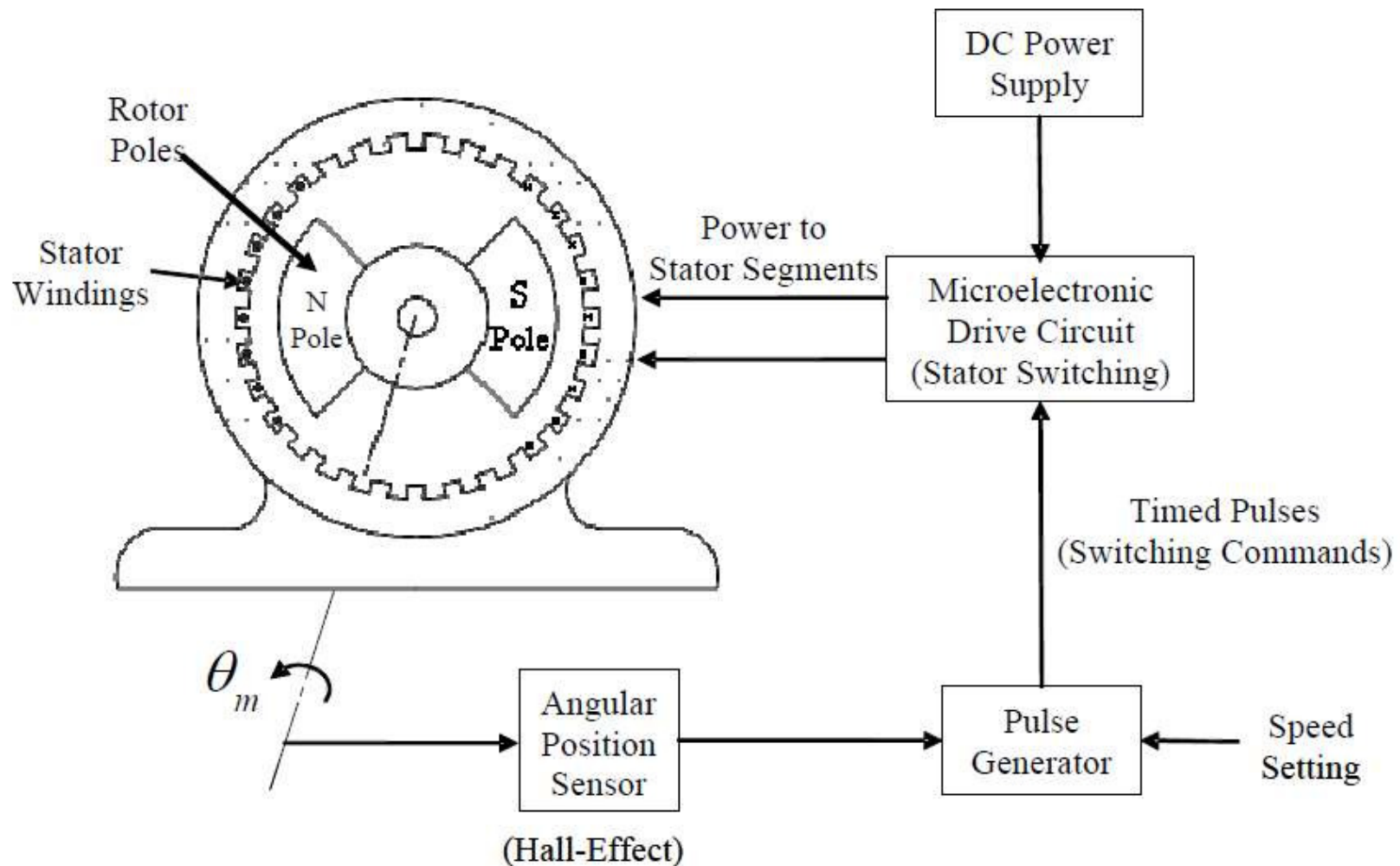






# عملگرهای پیوسته

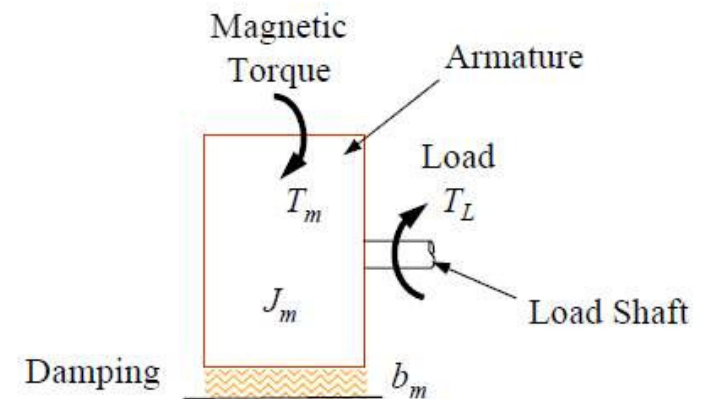
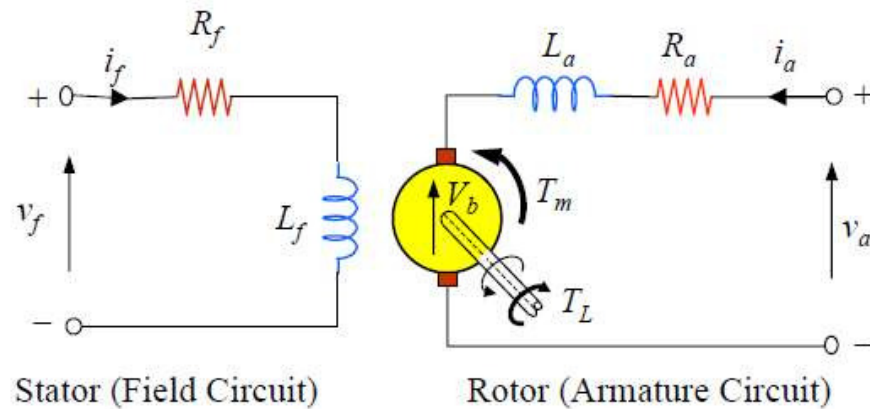
موتورهای DC آهنربای دائمی بدون جاروبک:





## عملگرهای پیوسته

روابط حاکم بر موتورهای DC:



$$F = Bil \Rightarrow T_m = k i_f i_a$$

$$v_b = Blv \Rightarrow v_b = k' i_f \omega_m$$

$$v_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + v_b$$

$$J_m \frac{d\omega_m}{dt} = T_m - T_L - b_m \omega_m$$



## عملگرهای پیوسته

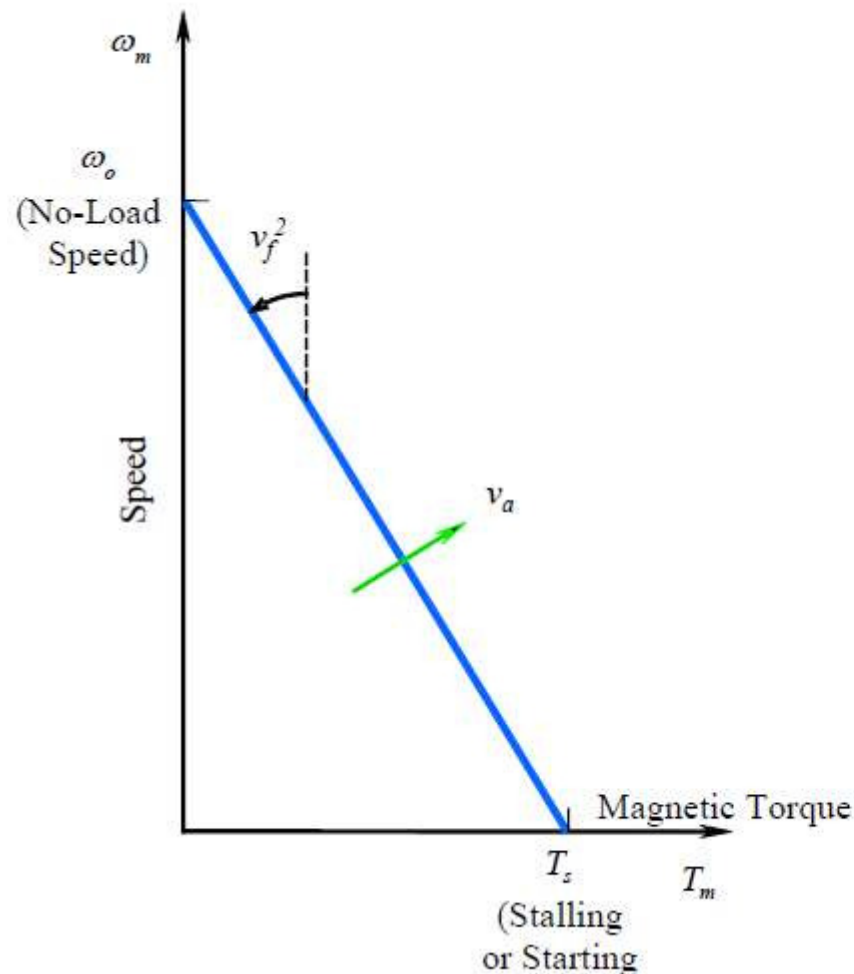
روابط حاکم بر موتورهای DC:

$$v_f = R_f i_f \quad v_a = R_a i_a + v_b$$

$$\frac{R_a R_f^2}{k k' v_f^2} T_m + \omega_m = \frac{R_f v_a}{k' v_f}$$

$$\frac{\omega_m}{\omega_o} + \frac{T_m}{T_s} = 1$$

$$J_m \frac{d\omega_m}{dt} = T_m - T_L - b_m \omega_m$$





## عملگرهای پیوسته

توان خروجی در موتور DC:

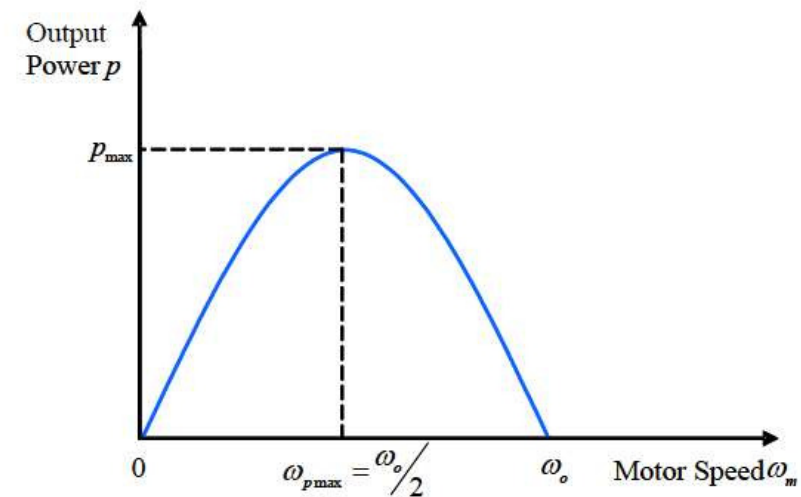
$$p = T_m \omega_m \quad \frac{\omega_m}{\omega_o} + \frac{T_m}{T_s} = 1$$

$$p = T_s \left[ 1 - \frac{\omega_m}{\omega_o} \right] \omega_m$$

ماکزیم مقدار این رابطه به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\frac{dp}{d\omega_m} = T_s \left( 1 - \frac{\omega_m}{\omega_o} \right) - \frac{T_s}{\omega_o} \omega_m = T_s \left( 1 - 2 \frac{\omega_m}{\omega_o} \right) = 0$$

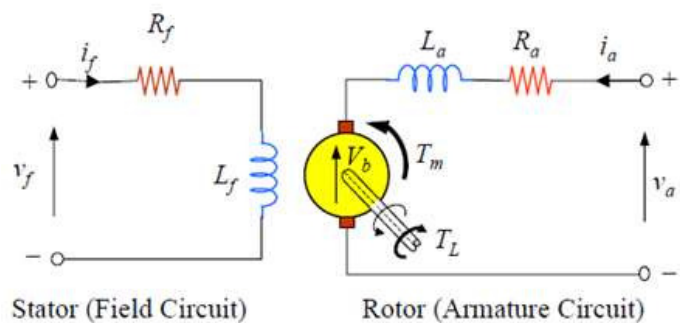
$$\omega_{p\max} = \frac{\omega_o}{2} \quad p_{\max} = \frac{1}{4} T_s \omega_o$$



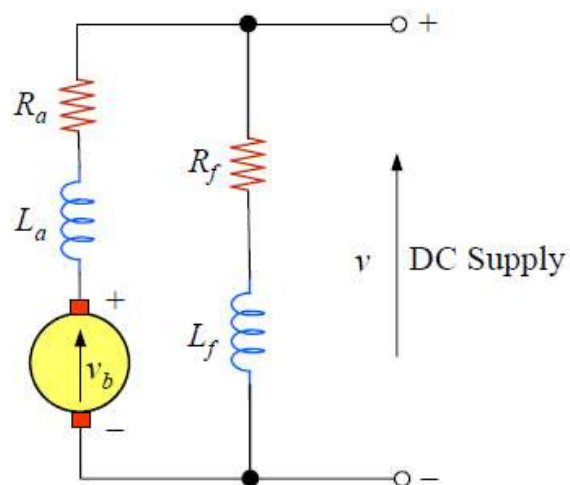




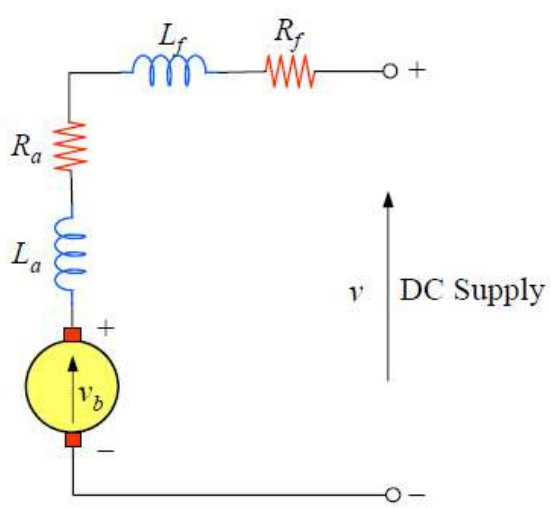
## عملگرهای پیوسته



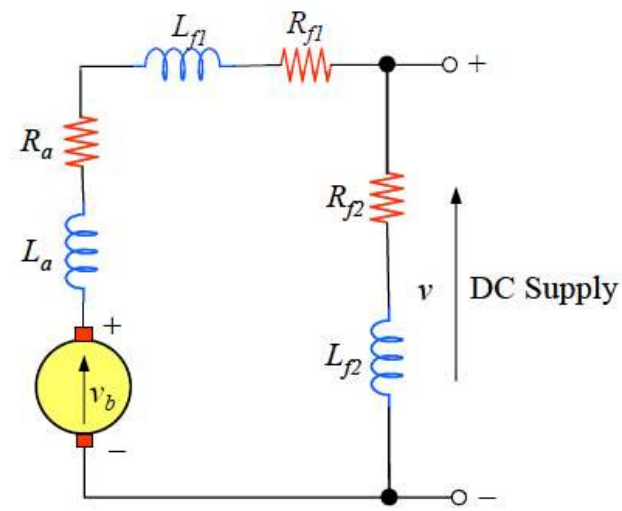
موتورهای DC با سیم پیچ های میدان، بسته به نحوه اتصال سیم پیچ های میدان و سیم پیچ های آرمیچر، به انواع تحریک مستقل سری، شنت، مرکب و تحریک مجزا تقسیم بندی می شوند. (استخراج روابط)



Shunt Wound Motor



Series Wound Motor

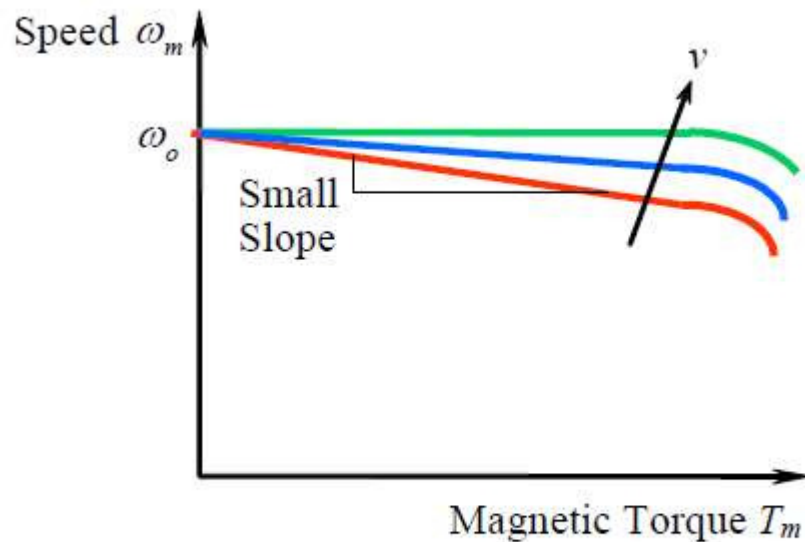


Compound Wound Motor



## عملگرهای پیوسته

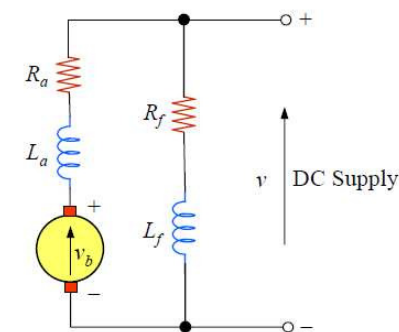
نمودارهای گشتاور-سرعت:



Shunt Wound Motor

در موتورهای شنت یا موازی کمترین گشتاور آغاز و سرعت بی بار بسیار کمی دارد و دارای تنظیم سرعت خوبی است.

در این موتورها بدون توجه به بار اعمالی، سرعت تقریباً ثابتی دارند.

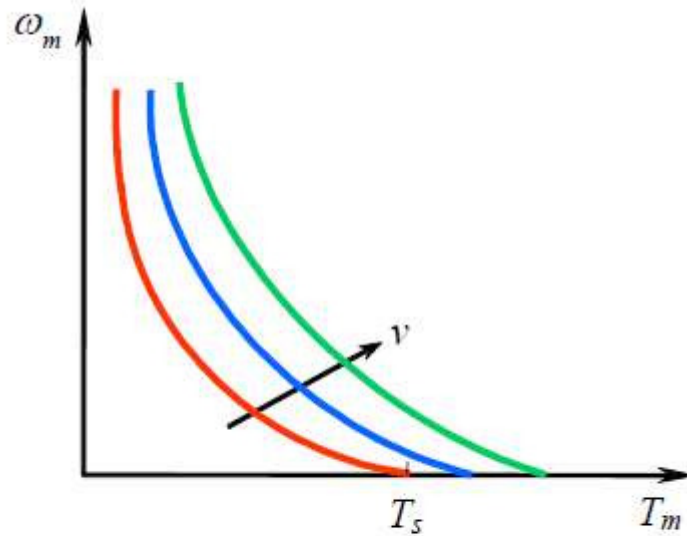


Shunt Wound Motor



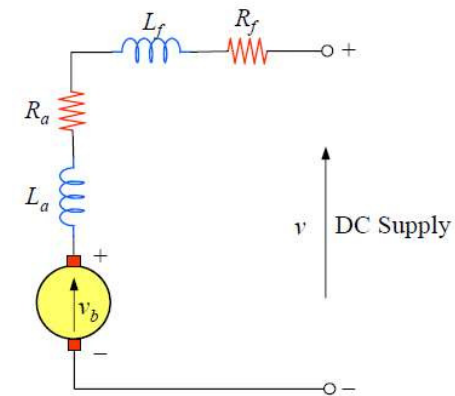
## عملگرهای پیوسته

نمودارهای گشتاور-سرعت:



Series Wound Motor

موتورهای سری بیشترین گشتاور راه انداز را تولید می کنند و سرعت بی باری بالایی دارند.

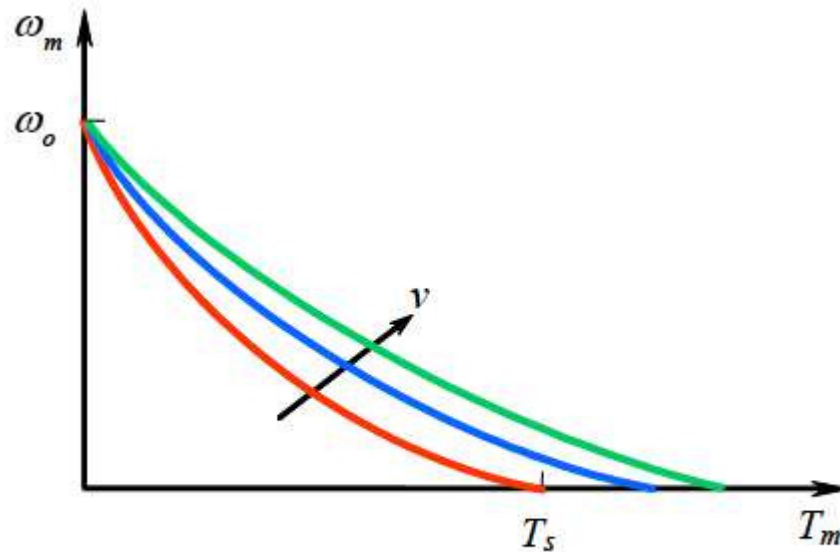


Series Wound Motor



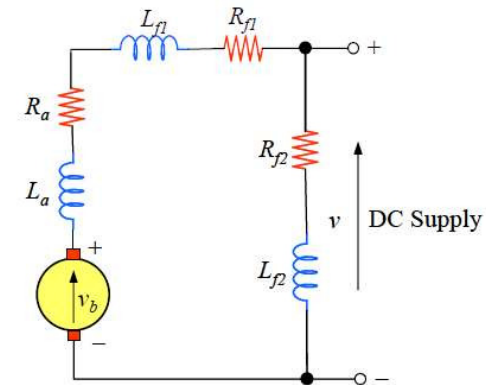
## عملگرهای پیوسته

نمودارهای گشتاور-سرعت:



Compound Wound Motor

موتورهای مرکب از بهترین قابلیت‌های موتورهای سری و موازی یعنی گشتاور آغاز بالا و تنظیم سرعت خوب بهره گرفته می شود.



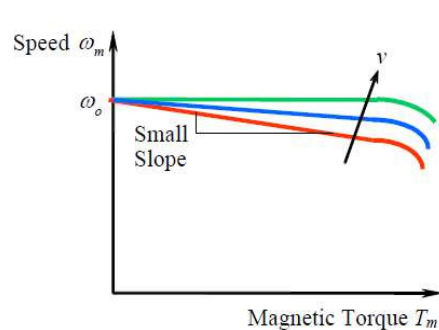
Compound Wound Motor



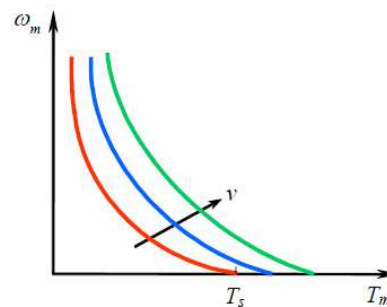
## عملگرهای پیوسته

مقایسه:

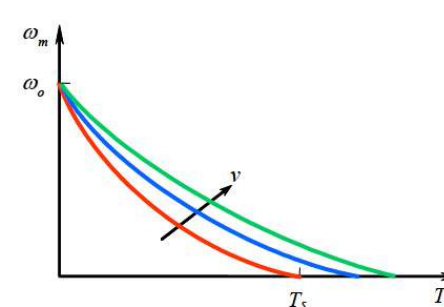
DC Motor Type	Speed Controllability	Starting Torque
Shunt-wound	Good	Average
Series-wound	Poor	High
Compound-wound	Ok	Ok



Shunt Wound Motor



Series Wound Motor



Compound Wound Motor



## Armature Control

کنترل موتورهای DC:

$$T_m = k_m i_a$$

$$v_b = k'_m \omega_m$$

Mechanical

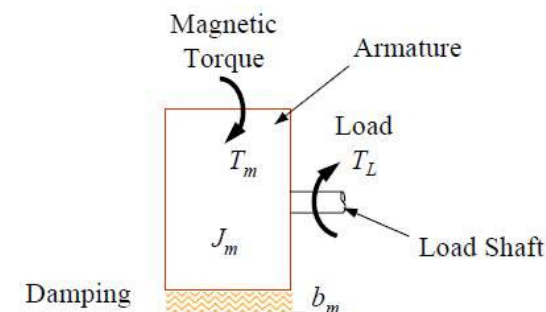
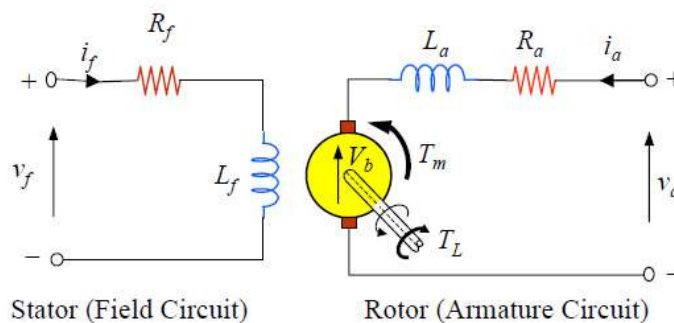
$$T_m - T_L = (J_m s + b_m) \omega_m$$

Electrical

$$v_a - v_b = (L_a s + R_a) i_a$$

$$\omega_m = \frac{k_m}{\Delta(s)} v_a - \frac{(L_a s + R_a)}{\Delta(s)} T_L$$

$$\Delta(s) = (L_a s + R_a)(J_m s + b_m) + k_m k'_m$$

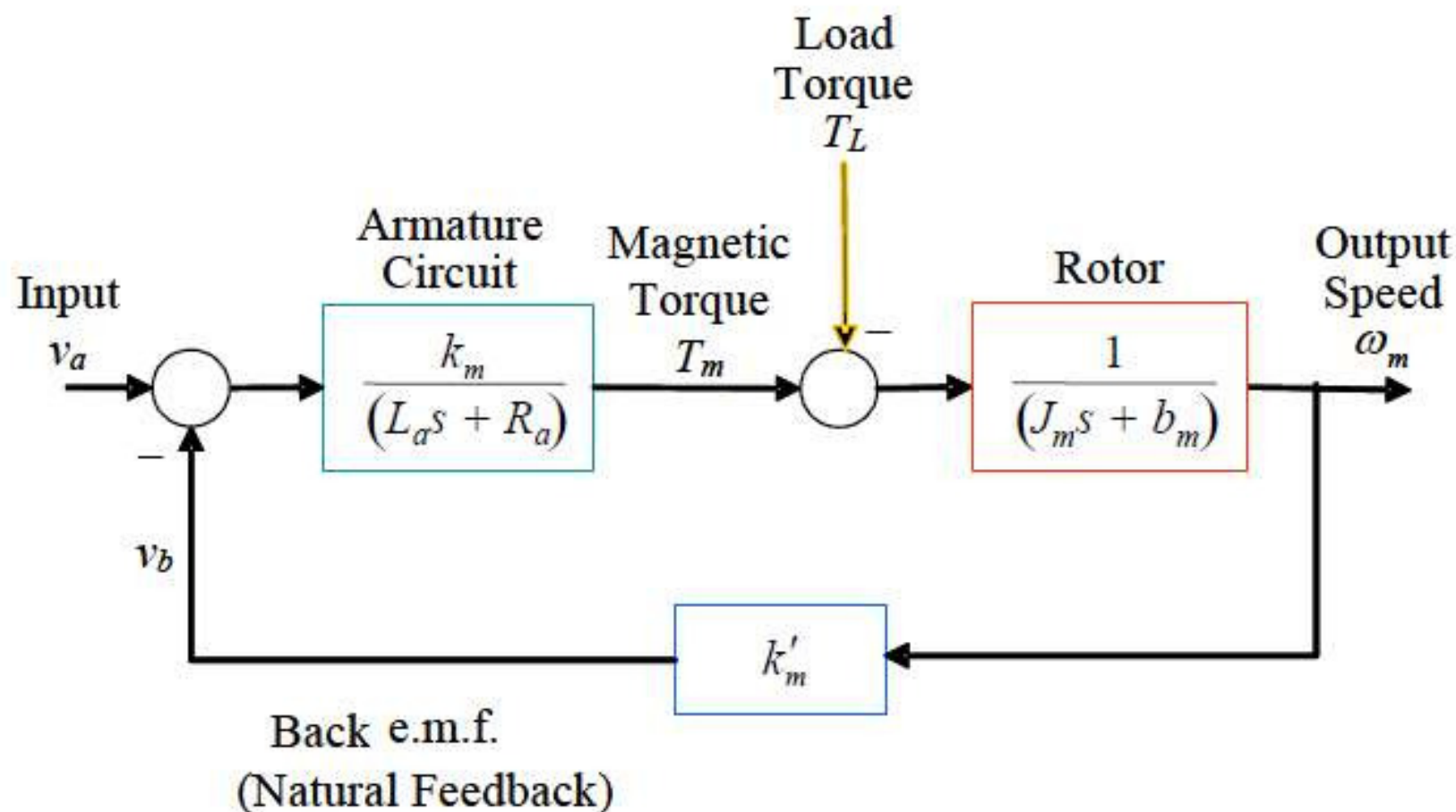




## عملگرهای پیوسته

کنترل موتورهای DC:

### Armature Control







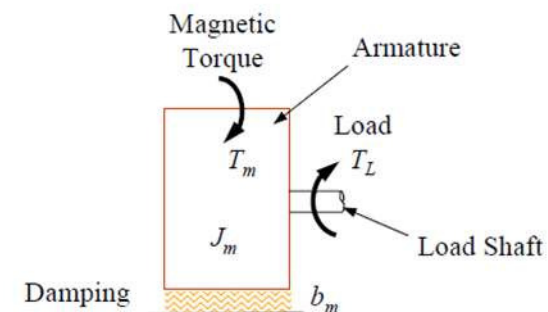
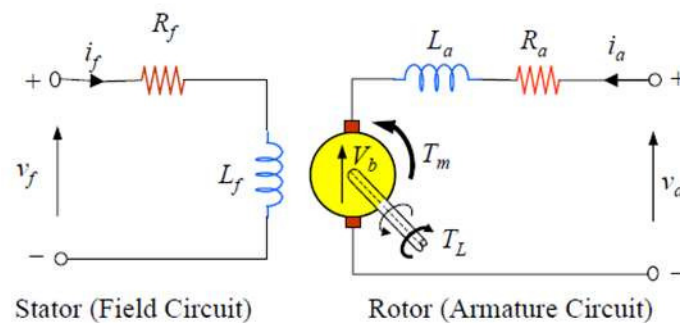
## Field Control

کنترل موتورهای DC:

$$T_m = k_a i_f \quad v_f = (L_f s + R_f) i_f$$

$$T_m - T_L = (J_m s + b_m) \omega_m$$

$$\omega_m = \frac{k_a}{(L_f s + R_f)(J_m s + b_m)} v_f - \frac{1}{(J_m s + b_m)} T_L$$



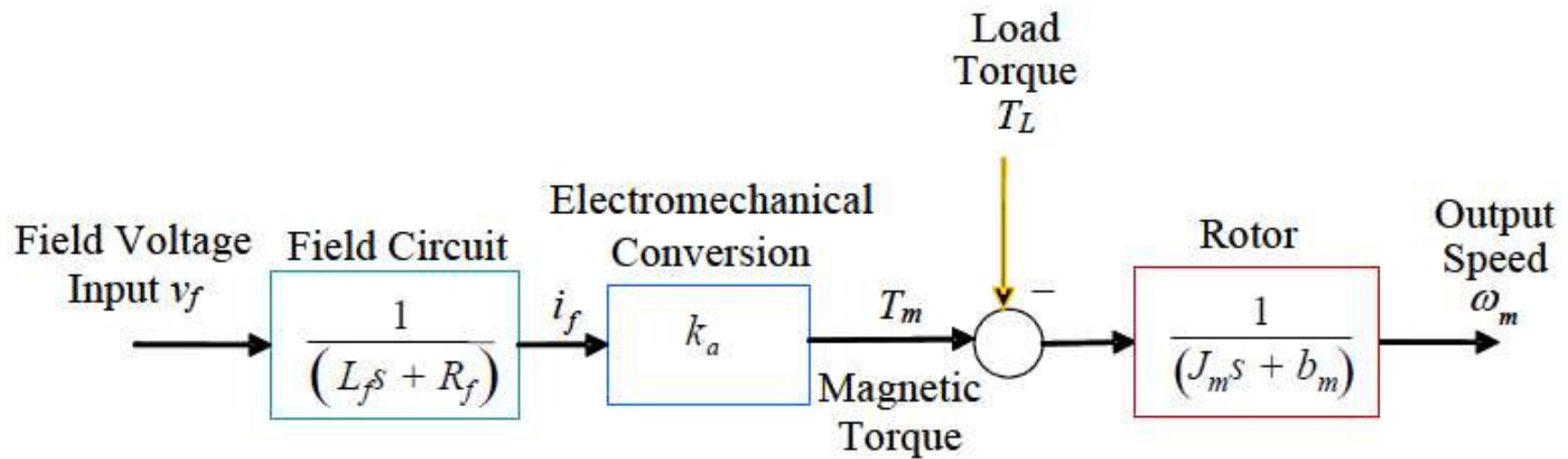




## عملگرهای پیوسته

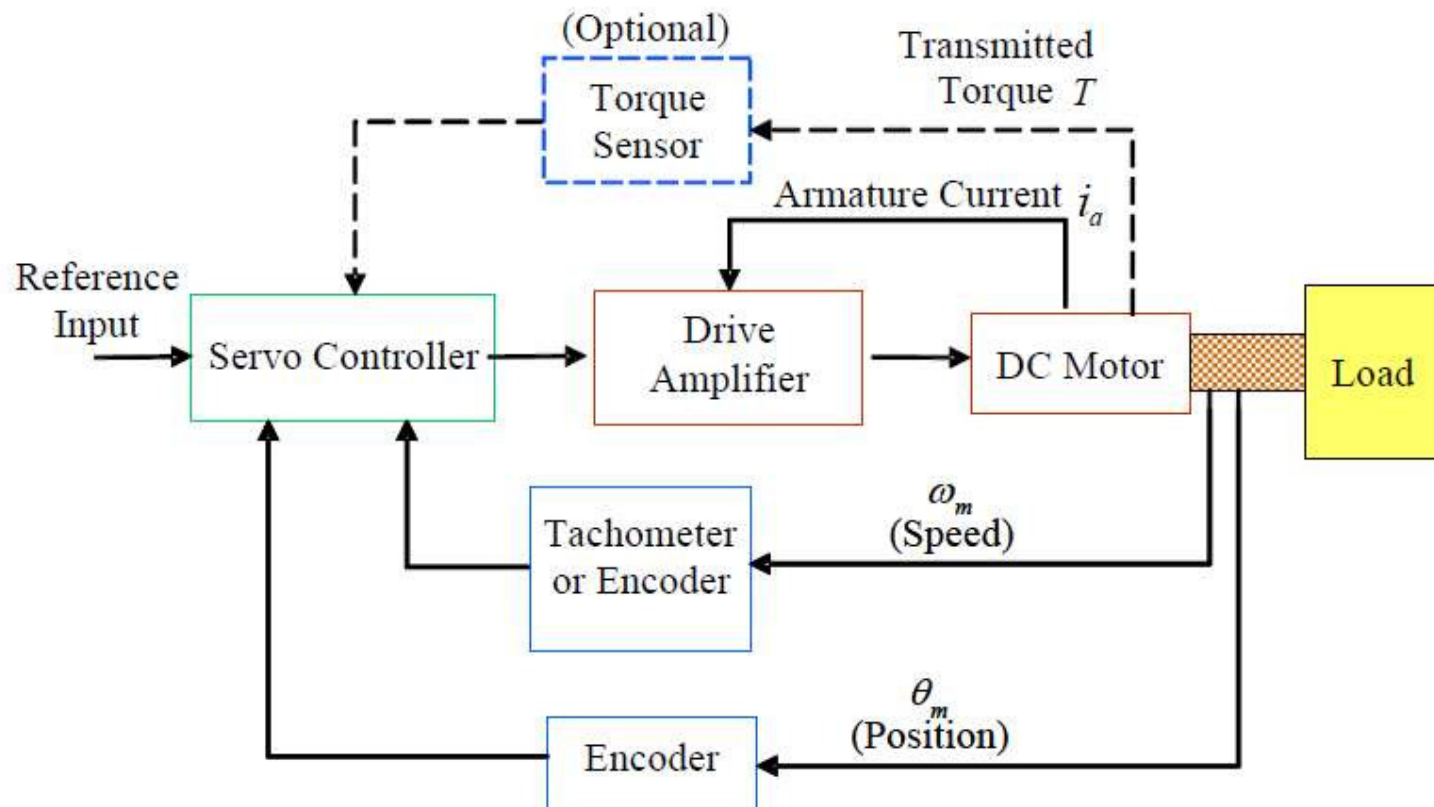
کنترل موتورهای DC:

### Field Control





- **Servomotor:**





## عملگرهای پیوسته

---

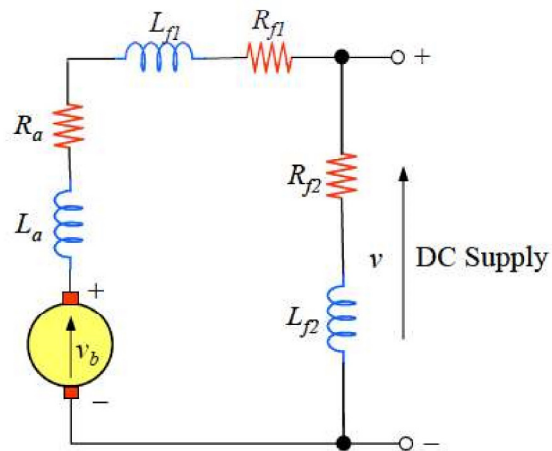
**مثال:** یک موتور شنت ۲۳۰ ولت، دارای مقاومت آرمیچر  $\frac{0}{1}$  اهم است. این موتور با ولتاژ ۲۳۰ ولت در سرعت ۱۱۵۰ دور بر دقیقه کار می کند که در این حالت جریان عبوری از آرمیچر ۱۰۰ آمپر می باشد. حال اگر یک مقاومت یک اهم با آرمیچر سری شود و سیم پیچ میدان تغییری نکند و بار بگونه ای باشد که همان جریان ۱۰۰ اهم از آرمیچر کشیده شود، آنگاه سرعت محور، قدرت ورودی و نیروی محرکه چقدر است؟



## عملگرهای پیوسته

**تمرین ۱:** یک موتور شنت ۱۰ اسب بخار، ۲۳۰ ولت، در حالت بی باری جریان آرمیچری برابر ۶ آمپر از منبع ۲۳۰ ولت دریافت می کند. در این حالت سرعت موتور ۱۲۰۰ دور بر دقیقه و مقاومت آرمیچر ۰/۲ اهم است. در صورتیکه ولتاژ تغذیه ثابت و جریان آرمیچر ۳۷ آمپر گردد، سرعت و گشتاور الکترومغناطیسی خروجی چقدر است؟

**تمرین ۲:** معادلات حاکم بر موتور جریان مستقیم با تحریک ترکیبی را به دست آورید.



Compound Wound Motor