

ادامه ماشینهای DC

ماشینهای DC

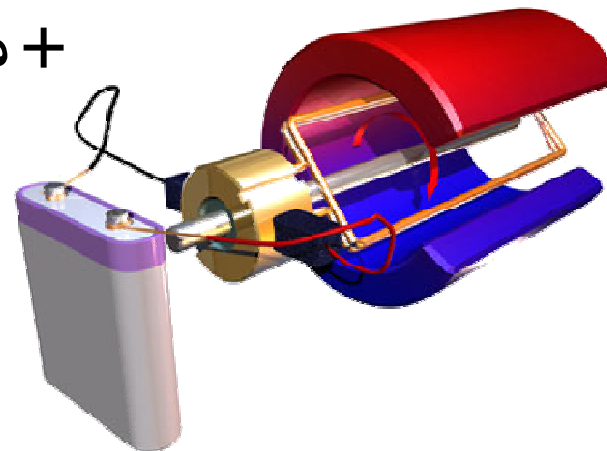
مشخصه های موتورهای DC

* مهمترین منحنی مشخصه ها در حالت موتوری:

+ منحنی مشخصه گشتاور سرعت (مشخصه خروجی)

+ منحنی مشخصه گشتاور جریان

+ منحنی مشخصه سرعت جریان



ماشینهای DC

مشخصه خروجی موتورهای DC شنت

❖ منظور از مشخصه خروجی مشخصه گشتاور بر حسب سرعت موتور شنت است.

❖ با افزایش بار روی محور موتور شنت، گشتاور بار از گشتاور القایی بیشتر می شود. لذا سرعت موتور شروع به کند شدن می کند. با کاهش سرعت، ولتاژ تولید شده داخلی ($E_A = K\phi\omega$) کاهش می یابد و جریان آرمیچر افزایش می یابد ($I_A = (V_T - E_A) / R_A$). با افزایش جریان آرمیچر گشتاور القایی بیشتر می شود ($T_{ind} = K\phi I_A$) و نهایتاً گشتاور القایی با گشتاور بار در سرعت مکانیکی کمتری برابر می شوند.

$$V_T = E_A + I_A R_A \quad E_A = k\phi\omega, \quad I_A = \frac{\tau_{ind}}{k\phi}$$

$$V_T = k\phi\omega + \frac{\tau_{ind}}{k\phi} R_A \Rightarrow \omega = \frac{V_T}{k\phi} - \frac{\tau_{ind}}{(k\phi)^2} R_A$$

ماشینهای DC

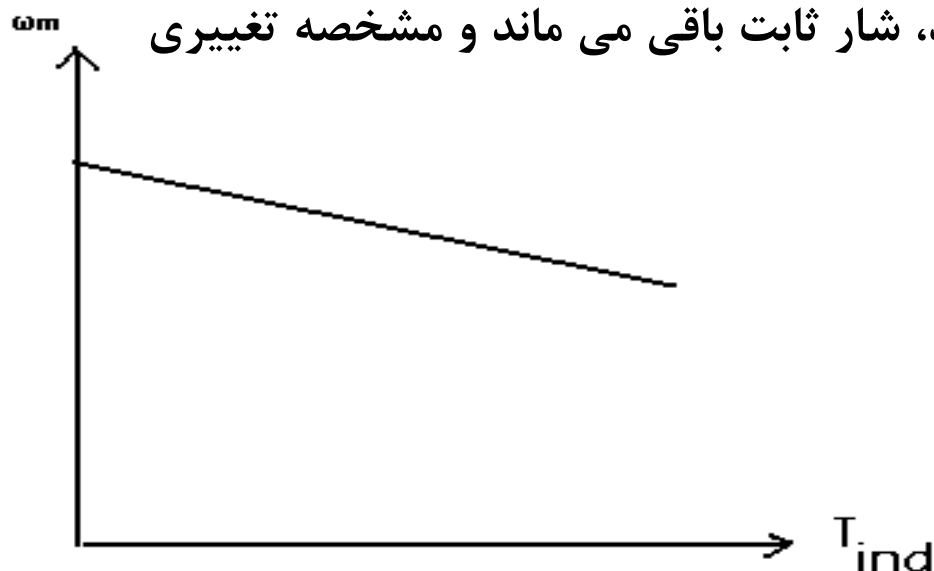
مشخصه خروجی موتورهای DC شنت

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

❖ مشخصه موتور تحریک جداگانه هم به همین شکل بدست می آید.

❖ عکس العمل آرمیچر روی این مشخصه تاثیر می گذارد . وجود عکس العمل آرمیچر باعث تضعیف شار می شود و طبق رابطه فوق با کاهش شار سرعت افزایش می یابد.

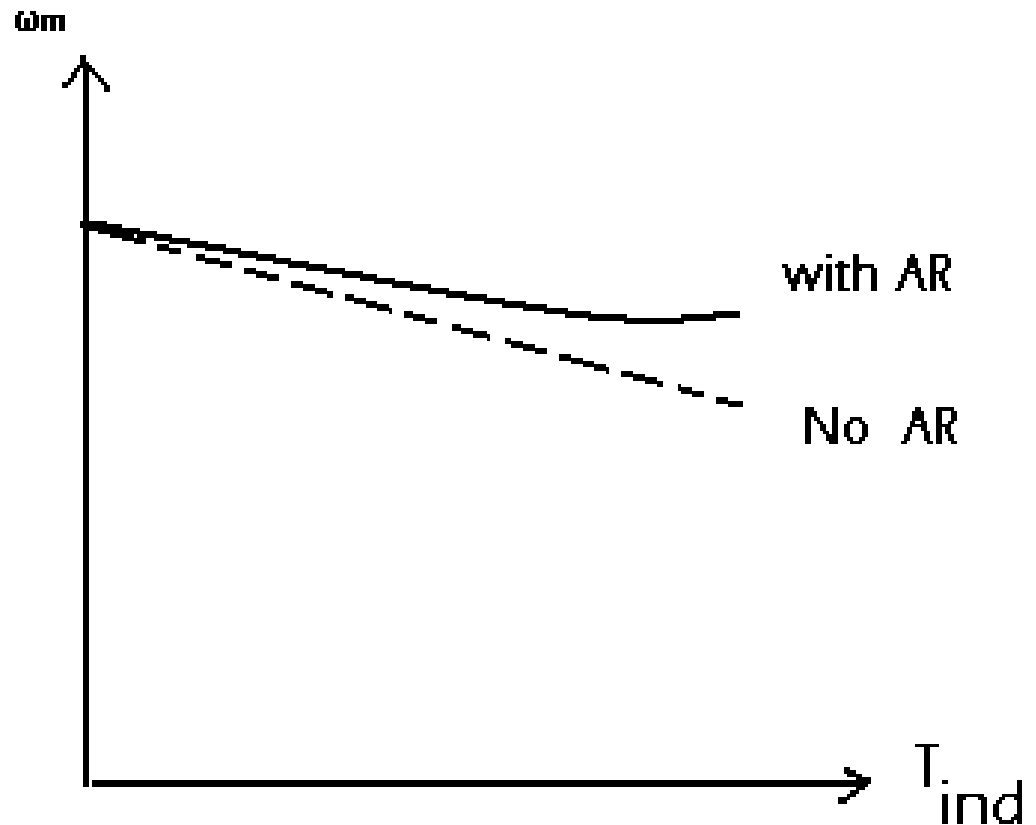
❖ چنانچه ماشین دارای سیم پیچی جبران ساز باشد، شار ثابت باقی می ماند و مشخصه تغییری نخواهد کرد.



ماشینهای DC

مشخصه خروجی موتورهای DC شنت

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



ماشینهای DC

EXAMPLE:

A 50 hp, 250 V, 1200 r/min dc shunt motor with compensating windings, $R_A = 0.06 \Omega$ (including brushes, comp. windings, & inter-poles). The field circuit has a total resistance of $R_{adj} + R_F$ of 50Ω which develops a no load speed of 1200 r/min. There are 1200 turns per pole on shunt field winding

- (a) Find speed of this motor when its input current is 100 A
- (b) Find speed of this motor when its input current is 200 A
- (c) Find the speed of this motor when its input current is 300 A
- (d) plot torque-speed characteristic of this motor

ماشینهای DC

SOLUTION:

$E_A = K' \phi n$, since I_F is constant (V_T & R_F const.) & since there are no A.R. $\rightarrow \phi$ would be constant

\rightarrow relationships between speeds & internal generated voltages of motor at 2 different load conditions is:

$$E_{A2}/E_{A1} = [K' \phi n_2]/[K' \phi n_1]$$

constant K' cancels, also ϕ canceled \rightarrow

$$n_2 = E_{A2}/E_{A1} \cdot n_1$$

at no load I_A is zero so $E_{A1} = V_T = 250$ V

While speed $n_1 = 1200$ r/min

If internal generated voltage at any other load is determined, motor speed at the load can be determined

ماشینهای DC

SOLUTION:

(a) if $I_L = 100$ A then armature current :

$$I_A = I_L - I_F = I_L - V_T / R_F = 100 - 250 / 50 = 95 \text{ A}$$

$$\rightarrow E_A = V_T - R_A I_A = 250 - (95)(0.06) = 244.3 \text{ V}$$

Resulting speed:

$$n_2 = E_{A2} / E_{A1} \times n_1 = 244.3 / 250 \times 1200 = 1173 \text{ r/min}$$

(b) $I_L = 200$ A $\rightarrow I_A = 200 - 250 / 50 = 195$ A

$$E_A = 250 - (195)(0.06) = 238.3 \text{ V}$$

$$n_2 = 238.3 / 250 \times 1200 = 1144 \text{ r/min}$$

ماشینهای DC

SOLUTION:

(c) if $I_L = 300$ A, then $I_A = I_L - I_F = 300 - 250/50 = 295$ A

$$E_A = 250 - (295)(0.06) = 232.3 \text{ V}$$

$$n_2 = 232.3/250 \times 1200 = 1115 \text{ r/min}$$

(d) torque versus speed

At no load induced torque is zero

$$P_{\text{conv}} = E_A I_A = T_{\text{ind}} \omega$$

From this equation

$$T_{\text{ind}} = E_A I_A / \omega$$

$$I_L = 100 \text{ A} \rightarrow$$

$$T_{\text{ind}} = (244.3)(95) / [1173 \times 1/60 \times 2\pi] = 190 \text{ N.m.}$$

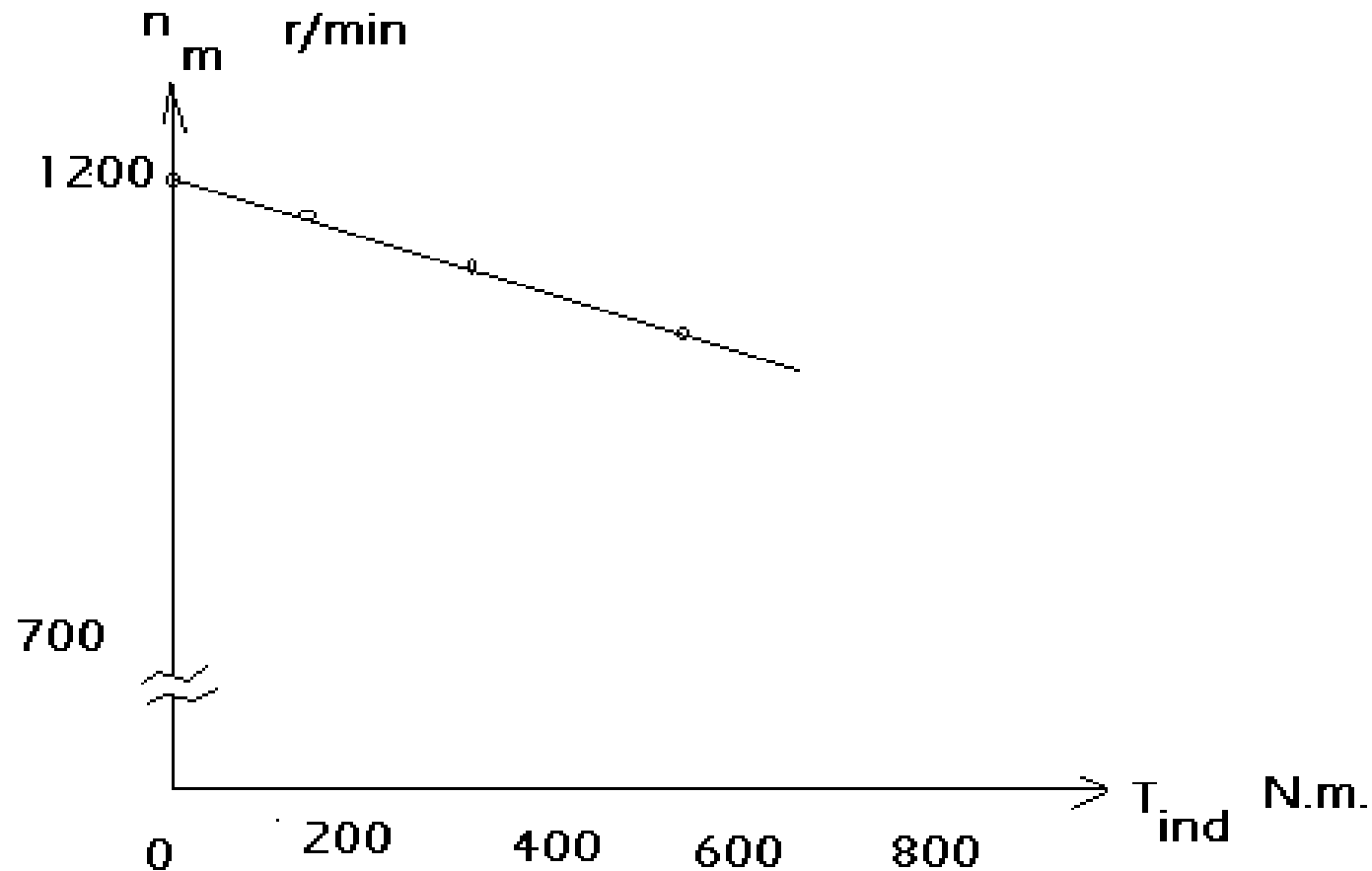
$$I_L = 200 \text{ A} \rightarrow T_{\text{ind}} = 238.3 \times 195 / [1144 \times 1/60 \times 2\pi] = 388 \text{ N.m.}$$

$$I_L = 300 \text{ A} \rightarrow T_{\text{ind}} = 587 \text{ N.m.}$$

ماشینهای DC

SOLUTION:

Torque – speed characteristic of motor



ماشینهای DC

تحلیل غیر خطی موتورهای DC شنت

❖ شار ماشین و در نتیجه ولتاژ داخلی آن، تابعی غیرخطی از نیرو محرکه مغناطیسی هستند. بنابراین هر چیزی که نیرو محرکه مغناطیسی را تغییر دهد، اثر غیر خطی بر E_A می گذارد.

❖ **جریان میدان و عکس العمل آرمیچر** دو عامل اصلی در نیرو محرکه مغناطیسی ماشین است.

❖ چون منحنی مغناطیس شوندگی به صورت E_A بر حسب I_F به ازای سرعت معین رسم می شود، اثر تغییر I_F را از روی این منحنی می توان تعیین کرد.

❖ اگر ماشین عکس العمل آرمیچر داشته باشد، با افزایش بار شار آن کم می شود. نیرو محرکه کل عبارتست از:

$$F_{net} = N_F I_F - F_{AR}$$

❖ چون منحنی مغناطیس شوندگی بر حسب جریان تحریک است یک جریان معادل تعریف می شود و می توان E_A را با توجه به جریان معادل از روی منحنی مغناطیس شوندگی بدست آورد:

$$I_F^* = I_F - \frac{F_{AR}}{N_F}$$

ماشینهای DC

تحلیل غیر خطی موتورهای DC شنت

❖ منحنی مغناطیس شوندگی معمولاً به ازای سرعت نامی ماشین رسم می شود. اگر ماشین در سرعت دیگری بچرخد، چگونه می توان این اثرات را در نظر گرفت؟

$$E_A = k' \phi n_m$$

❖ به ازای یک جریان میدان موثر مشخص شار درون ماشین ثابت است. بنابراین:

$$\frac{E_A}{E_{A0}} = \frac{n_m}{n_0}$$

از معادله KVL ← سرعت واقعی →

← مقادیر مرجع ولتاژ و سرعت از روی منحنی مغناطیس شوندگی →

مبانی ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت

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

۱: تغییر مقاومت مدار میدان و در نتیجه شار میدان

۲: تغییر ولتاژ اعمال شده به آرمیچر

۳: سری کردن مقاومت با مدار آرمیچر

ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت: تغییر مقاومت میدان

مثال: در موتور شنت زیر اگر شار ۱٪ کم شود چه اتفاقی می افتد؟

جریان آرمیچر در حالت اول:

$$I_A = \frac{V_T - E_A}{R_A} = \frac{250 - 245}{0.25} = 20 \text{ A}$$

اگر شار ۱٪ کم شود بنابراین ولتاژ داخلی تولید شده نیز ۱٪ کم می شود:

$$E_{A2} = K\phi\omega_m = 0.99E_{A1} = 242.55 \text{ V}$$

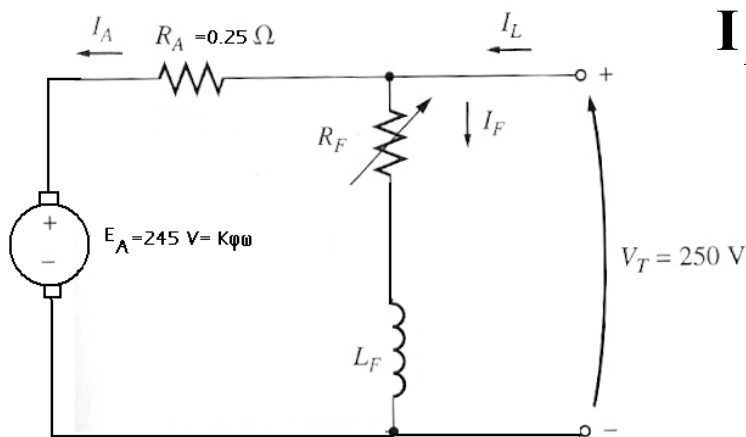
جریان آرمیچر جدید ۴۹٪ زیاد می شود:

$$I_{A2} = \frac{V_T - E_{A2}}{R_A} = \frac{250 - 242.55}{0.25} = 29.8 \text{ A}$$

$$\tau_{ind} \uparrow = K\phi \downarrow I_A \uparrow$$

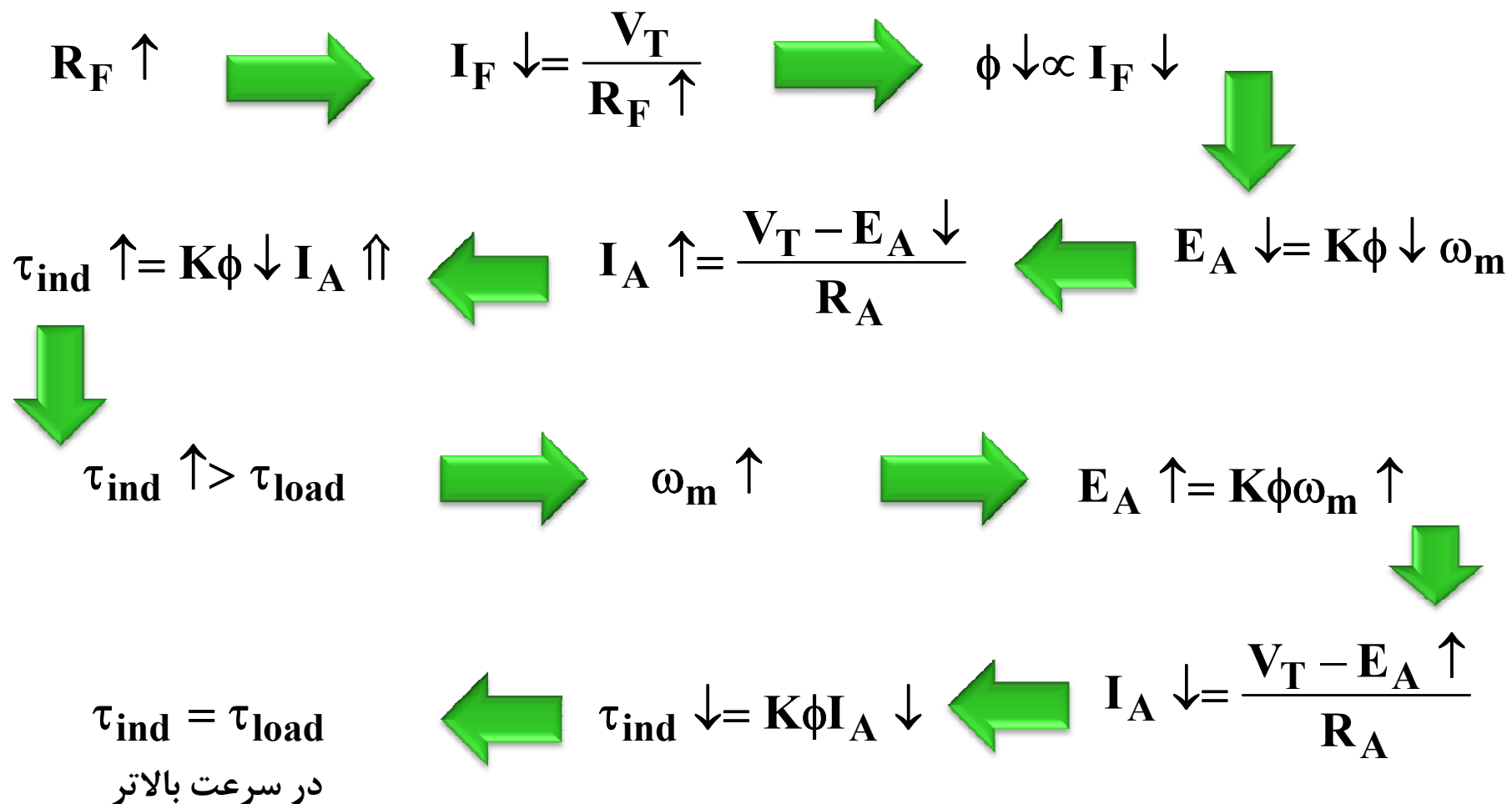
$$\tau_{ind} > \tau_{load}$$

با افزایش گشتاور القایی موتور سرعت می گیرد لذا ولتاژ داخلی ایجاد شده زیاد می شود و I_A و گشتاور القایی افت می کند تا در سرعت بیشتری گشتاورها متعادل شوند.



ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت: تغییر مقاومت میدان

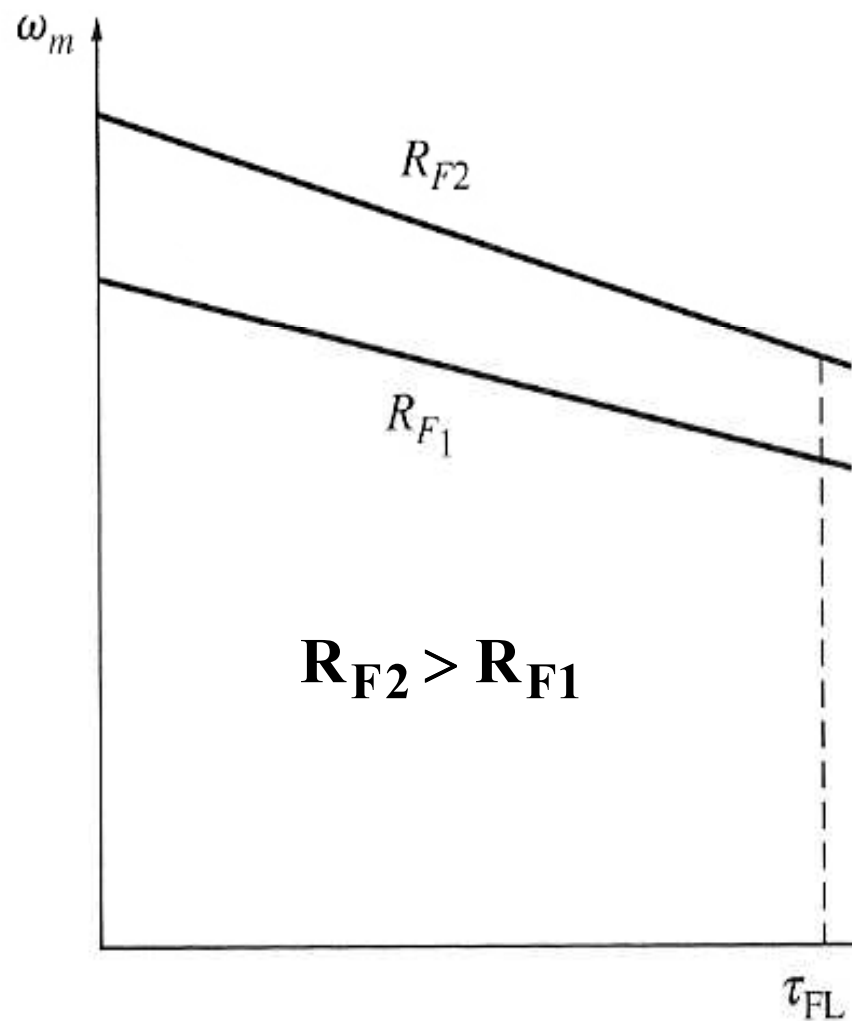


ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت: تغییر مقاومت میدان

مشخصه پایانه ای موتور در گستره بی باری تا بار کامل:

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



❖ وقتی شار ماشین کاهش می یابد سرعت بی بار موتور افزایش می یابد و شیب مشخصه گشتاور - سرعت تندتر می شود.

❖ محدوده کنترل سرعت از سرعت پایه (نامی) تا سرعت های بالاتر است.

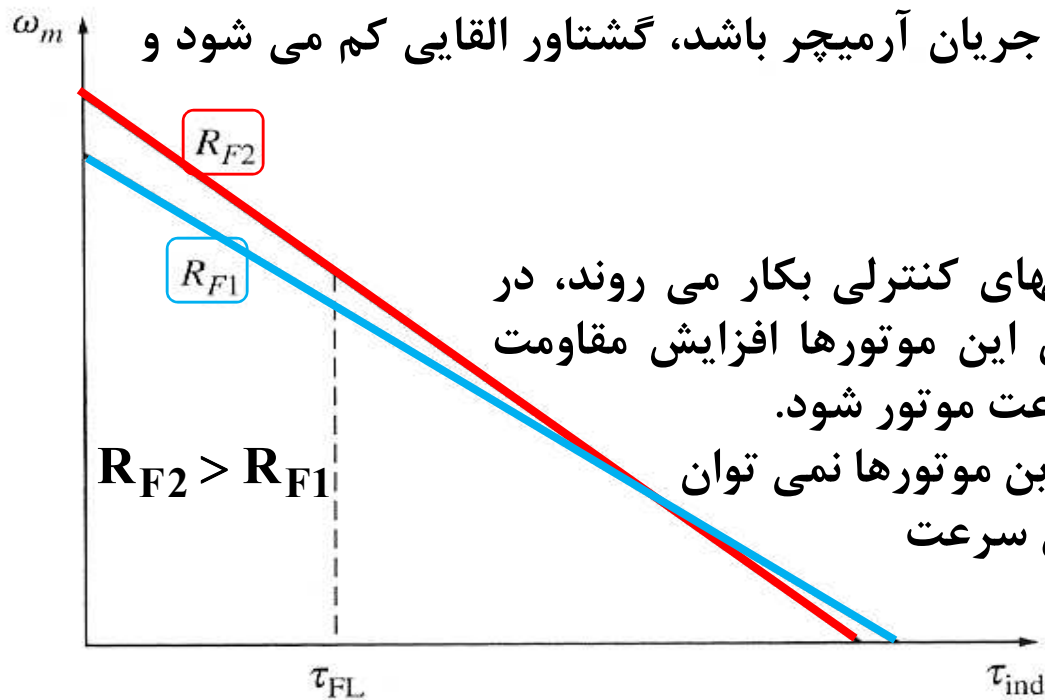
❖ در سرعت های کمتر از سرعت پایه افزایش جریان تحریک ممکن است به سیم پیچی های میدان آسیب بزند.

ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت: تغییر مقاومت میدان

مشخصه پایانه ای موتور در گستره بی باری تا سکون:

- ❖ در سرعت های خیلی کم افزایش مقاومت میدان در واقع باعث کاهش سرعت موتور می شود. زیرا در سرعت های خیلی کم، افزایش جریان آرمیچر ناشی از کاهش E_A دیگر خیلی بزرگ نیست که بتواند کاهش شار معادله گشتاور را جبران کند.
- ❖ وقتی کاهش شار عملاً بزرگتر از افزایش جریان آرمیچر باشد، گشتاور القایی کم می شود و سرعت موتور کاهش می یابد



- ❖ بعضی موتورهای کوچک که در سیستم های کنترلی بکار می روند، در سرعت های بسیار کم کار می کنند. برای این موتورها افزایش مقاومت میدان ممکن است حتی باعث کاهش سرعت موتور شود.
- ❖ چون نتیجه قابل پیش بینی نیست برای این موتورها نمی توان از روش تغییر مقاومت میدان برای کنترل سرعت استفاده کرد.

ماشینهای DC

$$\omega = \frac{V_A}{k\phi} - \frac{\tau_{ind}}{(k\phi)^2} R_A$$

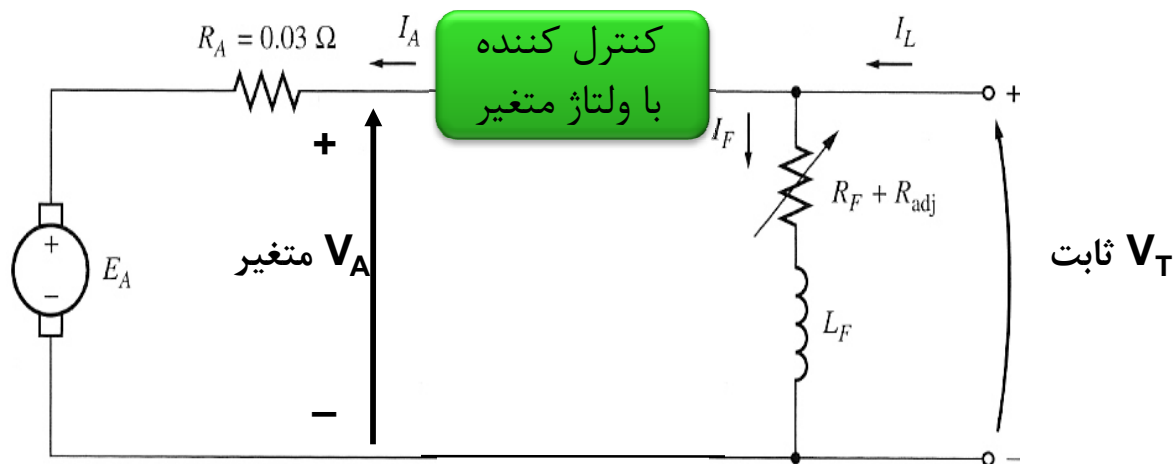
کنترل سرعت موتورهای DC شنت: تغییر ولتاژ آرمیچر

❖ در این روش باید ولتاژ آرمیچر بدون تغییر ولتاژ اعمال شده به مدار میدان تغییر کند.

❖ موتور باید تحریک جداگانه باشد یا در موتور شنت از کنترل کننده استفاده شود.

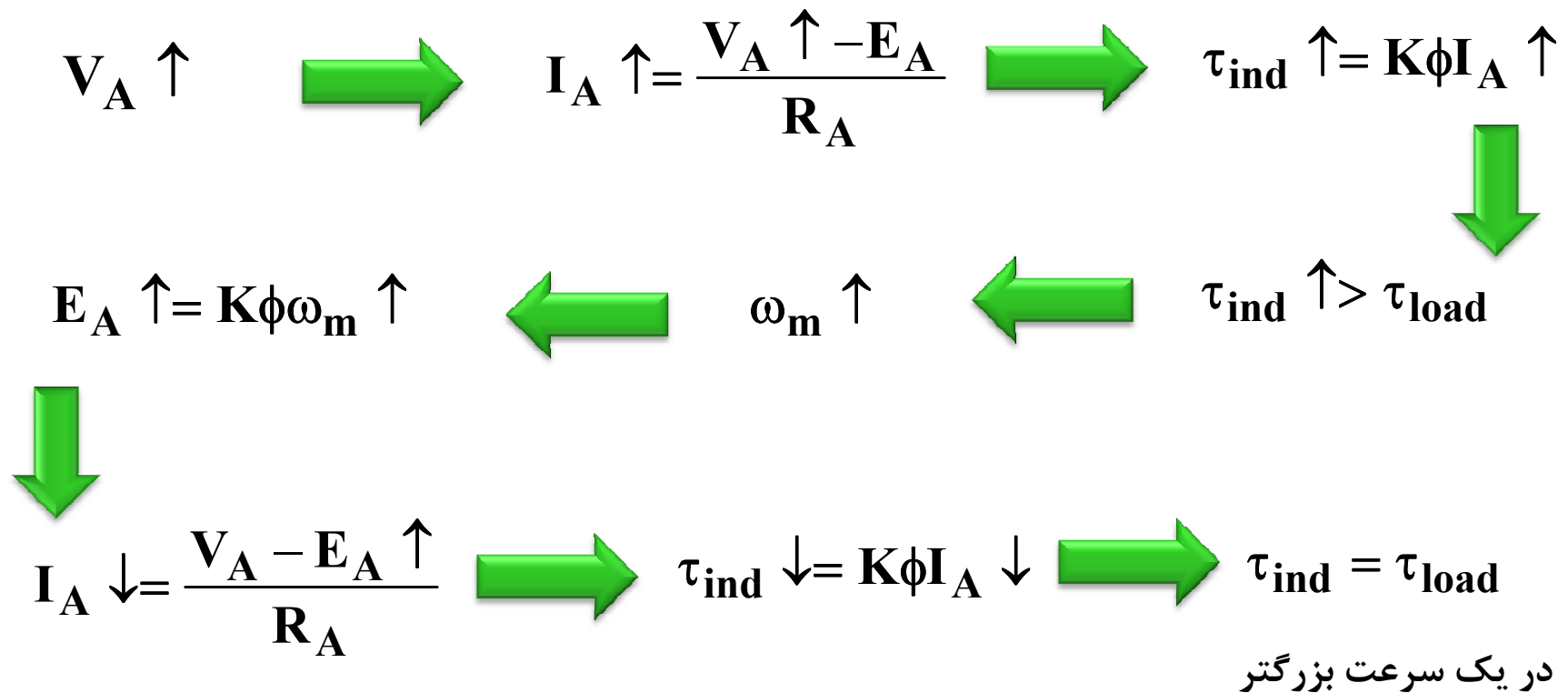
❖ محدوده کنترل سرعت، از سرعت های کم تا سرعت پایه است.

❖ اگر سرعت بخواهد در بیش از سرعت پایه کنترل شود ولتاژ آرمیچر باید بسیار زیاد شود که احتمالاً به سیم پیچی آرمیچر آسیب می رساند.



ماشینهای DC

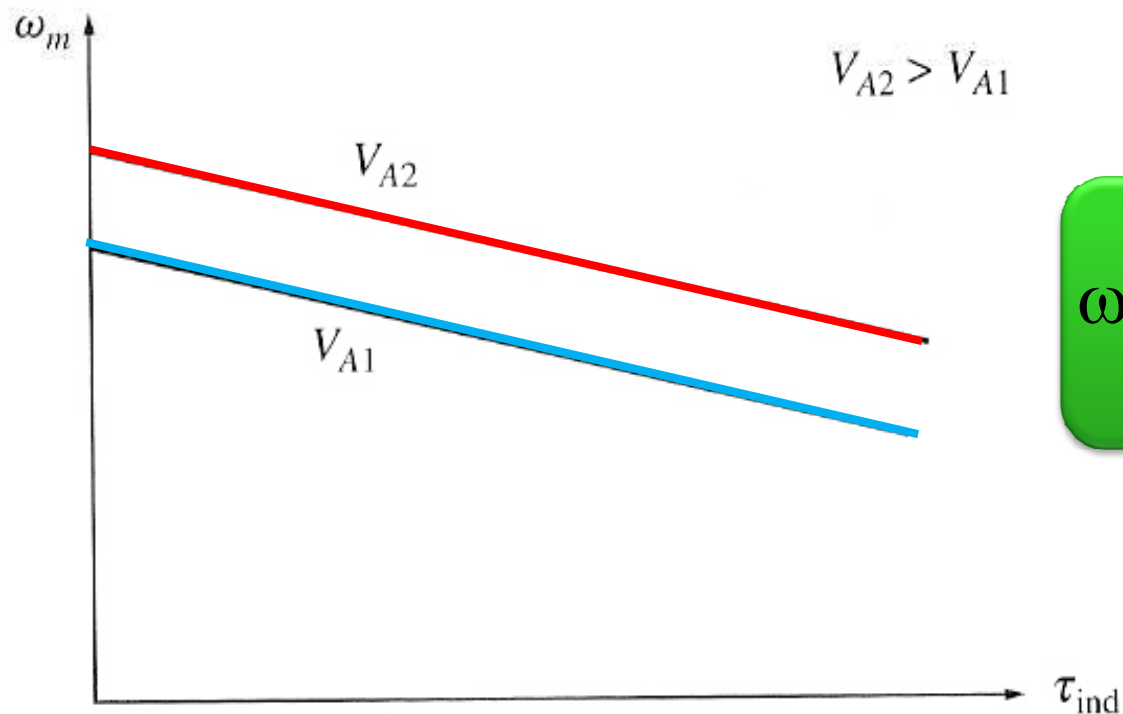
کنترل سرعت موتورهای DC شنت: تغییر ولتاژ آرمیچر



ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت: تغییر ولتاژ آرمیچر

با این روش کنترل سرعت، سرعت بی باری موتور تغییر می کند ولی شیب منحنی تغییر نمی کند.



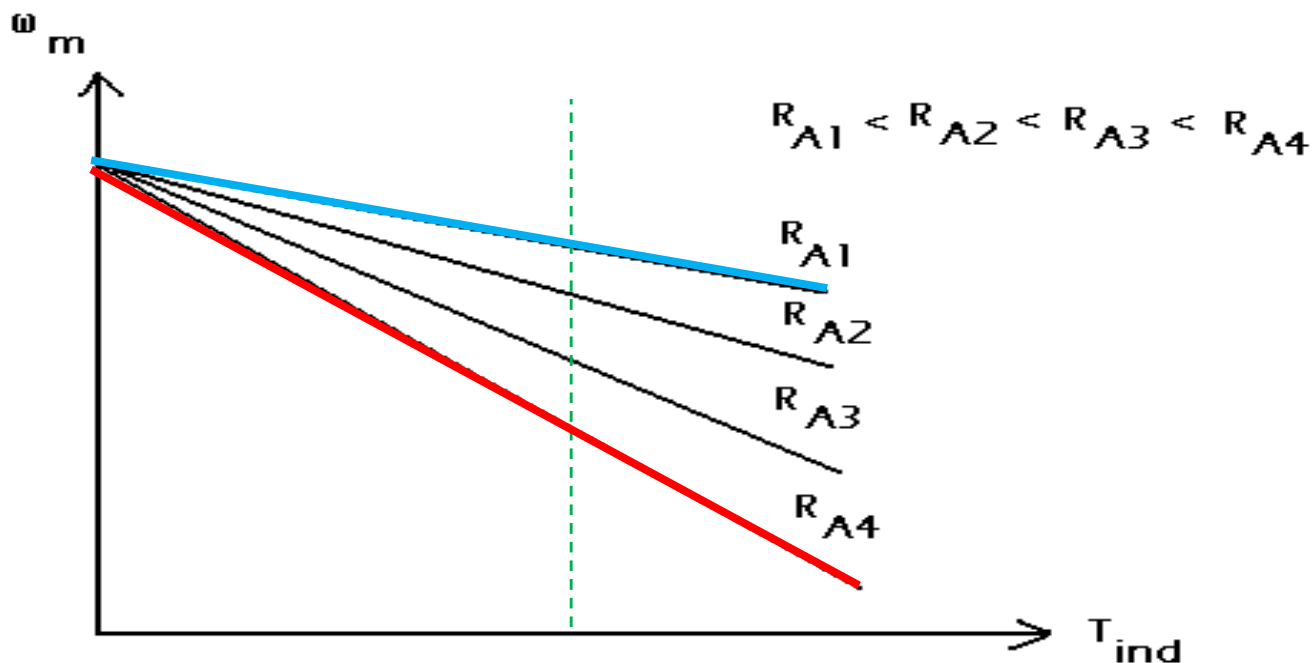
$$\omega = \frac{V_T}{k\phi} - \frac{\tau_{ind}}{(k\phi)^2} R_A$$

ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت: گذاشتن مقاومت سری در مدار آرمیچر

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

- ❖ اگر مقاومتی با مدار آرمیچر سری شود، شیب مشخصه گشتاور - سرعت موتور به شدت زیاد می شود.
- ❖ تغییر شیب باعث می شود که موتور دارای بار کندتر بچرخد.
- ❖ این روش یک روش اسرافکارانه است زیرا تلفات در مقاومت گذاشته شده بسیار زیاد است.
- ❖ فقط در مواردی که ارزانی مساله مهمی است یا موتور اکثر اوقات با سرعت کامل کار می کند، از این روش استفاده می شود.



ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت:

- ❖ معمولاً از دو روش کنترل سرعت متداول، به صورت مکمل هم استفاده می شود.
- ❖ برای سرعت های کمتر از سرعت پایه روش ولتاژ آرمیچر و برای سرعت های بزرگتر از سرعت پایه روش کنترل میدان مناسب است.
- ❖ محدودیت گشتاور و توان در ماشینهایی که به این دو روش کنترل می شوند بسیار متفاوت است. عامل محدود کننده در هر دو حالت گرمای تولید شده در سیم پیچی آرمیچر است که حد بالایی را برای اندازه جریان آرمیچر تعیین می کند.

ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت:

❖ در روش کنترل ولتاژ آرمیچر شار موتور ثابت است بنابراین **ماکزیمم گشتاور موتور ثابت است و مستقل از سرعت چرخش است و مقدار ثابتی دارد.**

$$\tau_{\max} = K\phi I_{A,\max}$$

❖ در این روش ماکزیمم توان خروجی موتور با سرعت کار آن نسبت مستقیم دارد.

$$P_{\max} = \tau_{\max} \omega_m$$

❖ در موتور کنترل شده با **مقاومت میدان**، شار تغییر می کند. بنابراین به ازای حداکثر جریان آرمیچر، گشتاور القایی کاهش می یابد. بنابراین **حداکثر توان خروجی یک موتور dc کنترل شده با جریان میدان ثابت است و گشتاور حداکثر با عکس سرعت موتور تغییر می کند.**

ماشینهای DC

کنترل سرعت موتورهای DC شنت:

