کنترل سرعت در ماشین های DC :

1) روش میدانی :

$$N = K_n \left(\frac{V_t - I_a R_a}{\Phi} \right) \Rightarrow N \propto \frac{V_t}{\Phi}$$

در هنگام کنترل سرعت چون $I_a R_a$ ناچیز است.

* اگر V_t ثابت باشد :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\Phi_2}{\Phi_1}$$

محدودیت های کنترل میدانی :

1) سرعت کنترل همیشه بیشتر از سرعت اسمی (شار را نمی توان بیشتر از شار اسمی نمود)

2) با توجه به کاهش شار افزایش سرعت و کاهش گشتاور را سبب خواهد شد لذا در کاربردهای توان ثابت به کار گرفته می شود.

3) در شارهای خیلی کم اثر عکس العمل آرمیچر بیشتر نمایان می شود، لذا این کنترل در سرعت های خیلی بالا برای ماشین های توان بالا مقدور نمی باشد. لذا در ماشین های توان پایین قابلیت بیشتری از خود نشان می دهد. در توان بالا نسبت کنترل ۲ به ۱

در توان متوسط " ۴ به ۱

در توان پایین " ۸ به ۱

4) کنترل سرعت به صورت معکوس امکان پذیر نمی باشد.

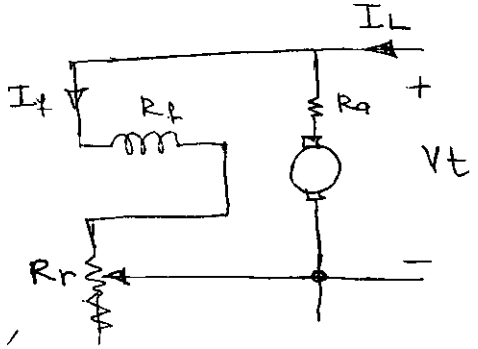
www.teyf.com

کنترل سرعت:

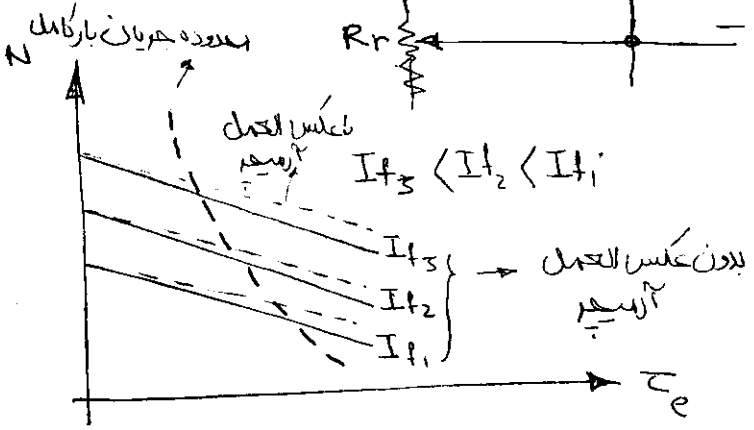
$N \propto V_t$, $N \propto \frac{1}{\Phi}$

1) کنترل میدان:

1) موتر شنت:



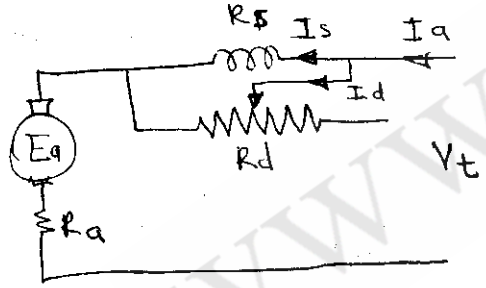
$$N = \frac{K_n V_t}{\Phi} - \left(\frac{K_n R_a}{K_t \Phi^2}\right)\tau$$



$\Phi \propto I_f$

2) کنترل میدان ماشین سری:

باسه روش: ۱) روش مقاومت Diverter:



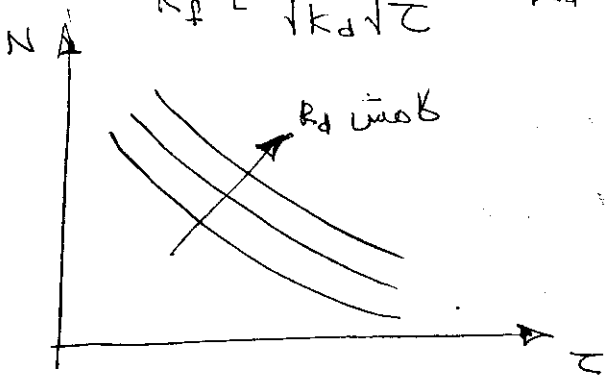
$$I_s = I_a\left(\frac{R_d}{R_d + R_s}\right) = K_d I_a$$

$$K_d = \frac{1}{\frac{R_s}{R_d} + 1}$$

$$\Phi = K_d K_f I_a \quad ,$$

$$N = \frac{K_n}{K_f}\left[\frac{V_t\sqrt{K_t K_f}}{\sqrt{\tau}} - (R_a + R_s)\right]$$

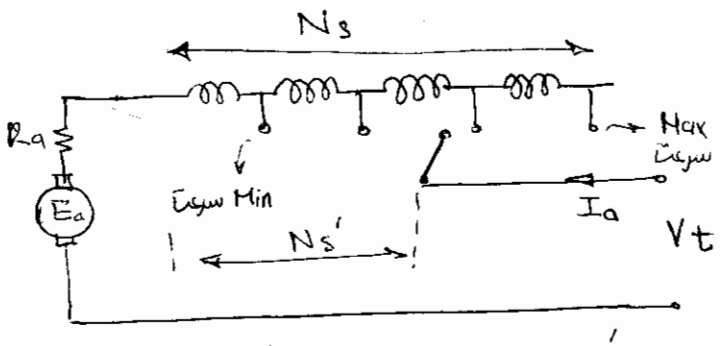
$$N = \frac{K_n}{K_f}\left[\frac{V_t\sqrt{K_t K_f}}{\sqrt{K_d}\sqrt{\tau}} - \frac{1}{K_d}\{R_a + (R_s \| R_d)\}\right]$$



www.teyf.com

ب) کنترل میدان تیاشده :

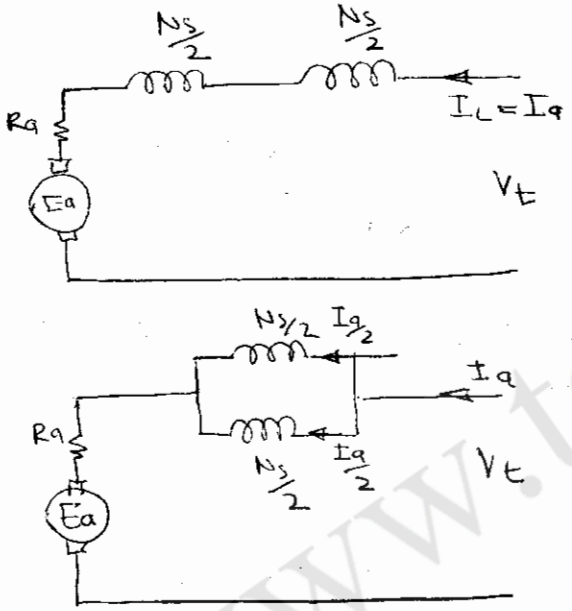
* سیم پیچ میدان به چند سیم پیچ سری باهم تبدیل می کنیم. سرعت به صورت گسسته تغییر می کند



$$R'_s = K_s R_s \qquad \text{موتور } At = I_a \frac{N'_s}{N_s} = K_s I_a$$

$$N = \frac{K_m}{K_f}\left[\frac{V_t\sqrt{K_c K_f}}{\sqrt{K_s}\sqrt{C}} - \left(\frac{Ra}{K_s} + R_s\right)\right]$$

ج) کنترل سری موازی میدان :



* آمپردور در حالت موازی سری شده :
حفظ شده است.

$$At = 2\left(\frac{Ns}{2} \times Ia\right) = Ns\,Ia$$

موازی شده $At = 2\left(\frac{Ns}{2} \times \frac{Ia}{2}\right)$

سری $= \frac{1}{2} Ns\,Ia = \frac{1}{2} At$

$$R'_s = \left(\frac{R_s}{2} \parallel \frac{R_s}{2}\right) = \frac{R_s}{4}$$

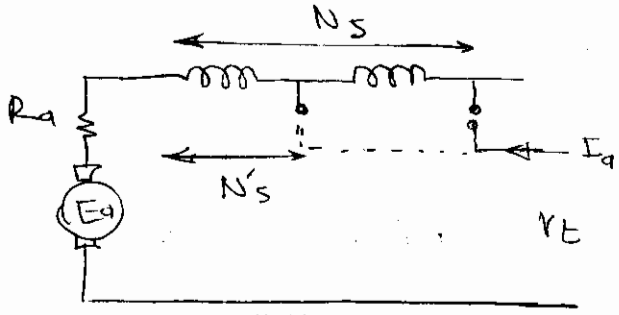
* موازی $R_s = \frac{1}{4} R_s$, موازی $K_s = \frac{1}{2}$
سری $R_s = R_s$, سری $K_s = 1$

مثال: مشخصه مدار باز یک موتور سری تحت سرعت 900^{rpm} به قرار زیر است: (مشخصه مدار باز یعنی مشخصه مغناطیس شوندگی)

E_a	0	78	150	192	220
I_f	0	50	100	150	200

مقاومت آرمیچر 0.035^{Ω} و مقاومت میدان 0.015^{Ω} می باشد مطلوبست گشتاور و سرعت موتور تحت ولتاژ 220^{V} و جریان آرمیچر 200^{A} درحالتی که میدان سری در دو حالت کل سه پیچ ها و باردیگر در صفت سه پیچ میدان عمل کند.

www.teyf.com



حل:

حالت کل سیم پیچ: $E_a = V_t - I_a(R_a + R_s)$

$= 220 - 200(0.035 + 0.015)$

$= 210^{V}$

* E_a درشرایط بارداری موتوری 210^{V} شد، درهنگام بی باری تقریبا سرعت 900^{rpm} عمل می کند، برای ولتاژ 220^{V} جریان 200^{A} می گردد (ازمیدان سری می گذرد). چون درحالت بارداری باهمان جریان 200^{A} ازمیدان سری عبور می کند. یعنی سرعت ماشین تغییر کرده است.

$$\text{سرعت موتور} = 900 \times \frac{210}{220} = 859.1 \ rpm$$

$$T_e = \frac{E_a I_a}{\omega} = \frac{210 \times 200}{\frac{2\pi}{60} \times 859.1} = 466.85^{Nm}$$

حالت نصف سیم پیچ:

$$R_s = \frac{1}{2} \times 0.015 = 0.0075$$

$$E_a = 220 - 200(0.0075 + 0.035) = 211.5^{V}$$

برای $E_a = 150^{V}$ درحالت 100^{A} جریان معادل کل سیم پیچ $= \frac{200}{2} = 100^{A}$

(مشخصه مداربار) بی باری

$$\text{سرعت موتور} = 900 \times \frac{211.5}{150} = 1269^{rpm}$$

* جریان به این دلیل نصف شده است چرا که سیم پیچ ها نصف شده اند.

$$T = \frac{211.5 \times 200}{\frac{2\pi}{60} 1269} = 318.5^{Nm}$$

کنترل آرمیچر:

(ولتاژ تغذیه باعث کمتر شدن سرعت در ولتاژهای کمتر از اسمی می شود)

1) کنترل سرعت، در سرعت های زیر سرعت نامی انجام می شود.

2) باتوجه به ثابت ماندن جریان آرمیچر و جریان میدان، مشخصه کنترل آرمیچر یک محرکه گشتاور ثابت ارائه می دهد.

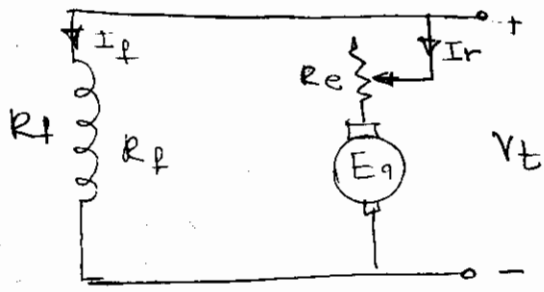
3) معکوس کردن سرعت درکنترل آرمیچر به راحتی قابل حصول است.

www.teyf.com

انواع کنترل آرمیچر:

۱) کنترل رئوستایی (I_f ثابت ، E_a متغیر)

ولتاژ تغذیه متغیر نیاز ندارد.



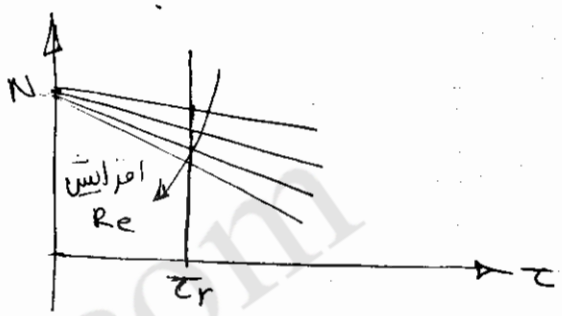
تلفات آرمیچر با توجه به ثابت بودن R_e زیاد است.

راندمان سیستم خیلی پایین و نسبت به کاهش سرعت، کاهش پیدا می‌کند.

فقط برای موتورهای کوچک استفاده می‌شود.

$$N_1 = K_n \frac{V_t}{\Phi} \qquad N_2 = K_N \frac{V_t - I_a R_e}{\Phi}$$

$$\frac{N_1 - N_2}{N_1} = \frac{I_a R_a}{V_t}$$

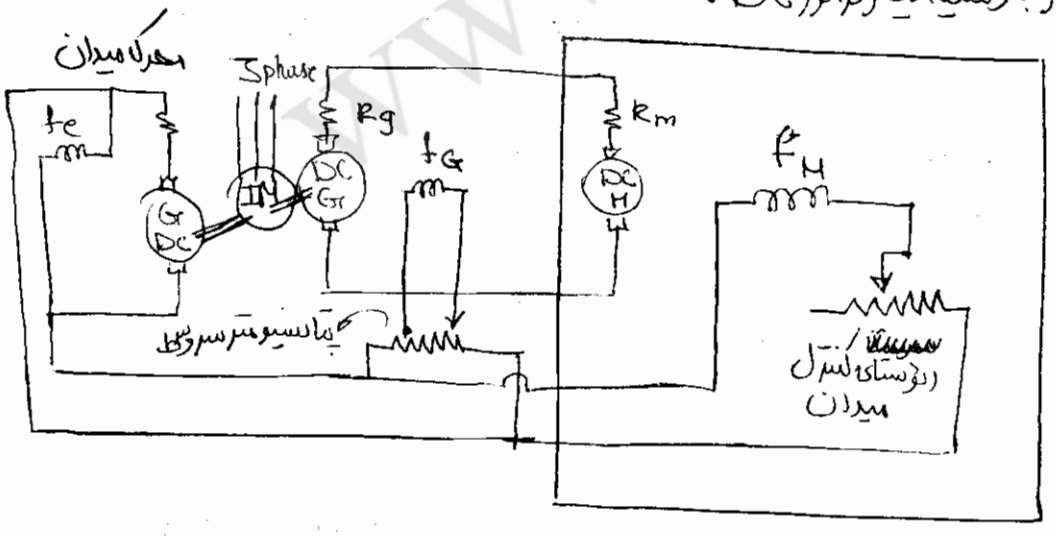


$$\eta = \frac{(V_t - I_a R_e) I_a}{V_t I_a} = 1 - \frac{R_e I_a}{V_t} \simeq \frac{N_2}{N_1}$$

۲) کنترل وارد لتوناردی:

ولتاژ متغیر در ورودی موتور به وسیله یک ژنراتور DC:

موتور DC با کنترل آرمیچر و میدان



* پتانسیومتر سروسط برای کنترل ولتاژ ژنراتور در دو جهت مثبت و منفی برای تغییر جهت چرخش

www.teyf.com

مشخصات کنترل وارد لنوارد:

۱) راندمان نسبت به حالت رئوستایی خیلی خوب است.

۲) امکان کنترل سرعت در دو جهت مختلف وجود دارد.

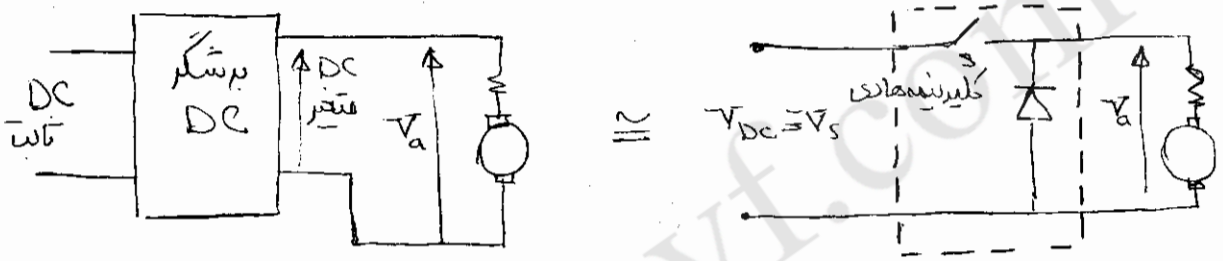
۳) امکان بازگشت انرژی به منبع فراهم می باشد.

۳) مدل های استاتیکی:

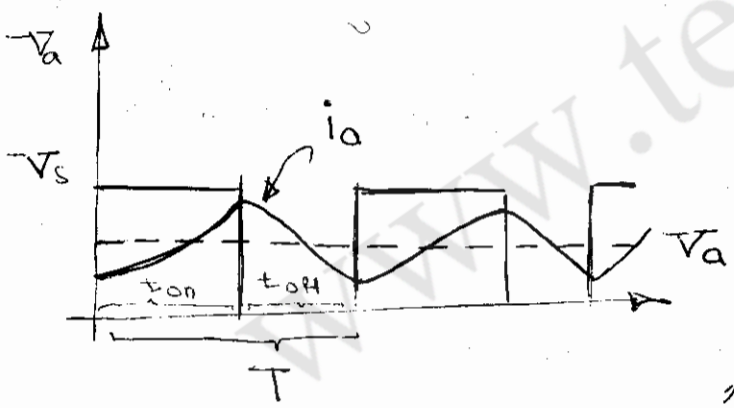
i) ولتاژ DC ثابت ولتاژ DC متغیر (DC-DC) برشگرهای DC.

ii) ولتاژ AC به ولتاژ DC متغیر. (AC-DC) یکسوکننده های قابل تغییر.

برشگر DC:



* کلیدنیمه هادی با فرکانس های استخابی ما قطع و وصل می شود.



$$V_a = V_s \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} = V_s \frac{t_{on}}{T}$$

$$\Rightarrow V_a = KV_s$$

سیگنال کاری برشگر

مزایای مدل های استاتیکی (نسبت به وارد لنوارد) (برشگرهای DC)

۱) کم حجم تر

۲) کم هزینه تر

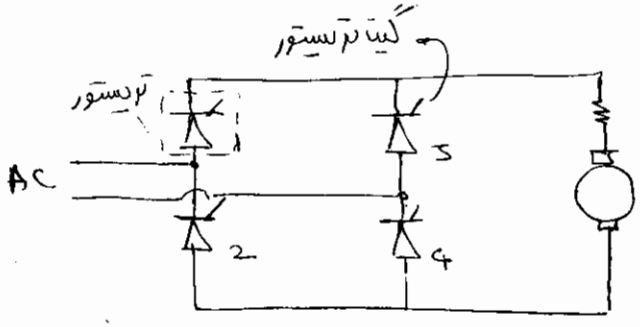
۳) راندمان بالاتر

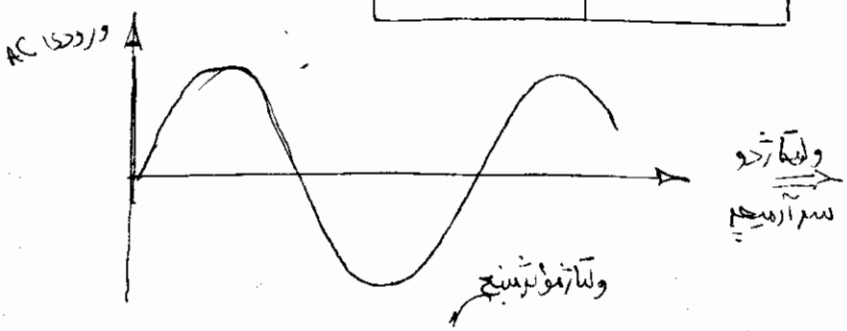
www.teyf.com

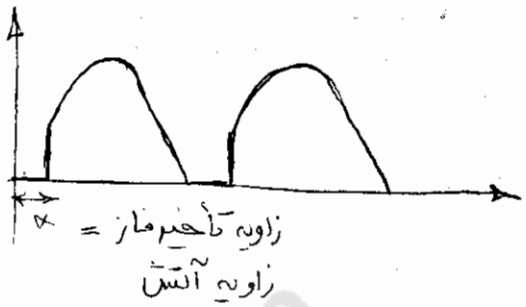
۱) یکسو کننده های قابل کنترل :

برای موتورهای کوچک از سیستم تک فاز :

* (۱و۴) در سیکل مثبت و (۲و۳) برای سیکل منفی در نظر گرفته شده است.

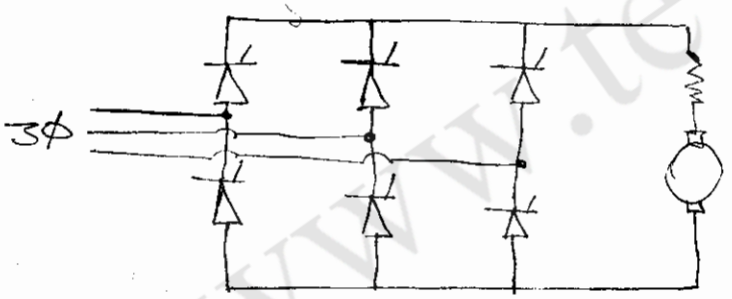






$$V_a = \frac{2\sqrt{2}\,V_s}{\pi}\cos\alpha$$

برای موتورهای بزرگ از سیستم سه فاز استفاده می کنیم :



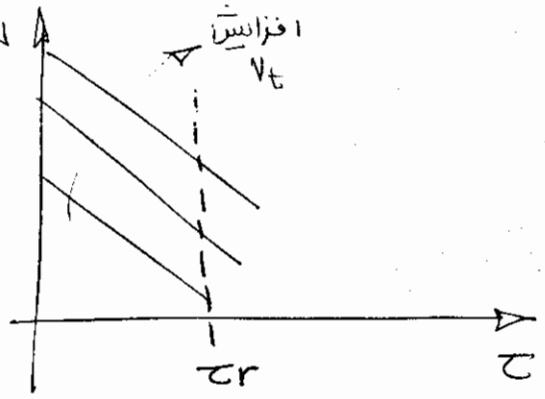
$$V_{a\,\text{متوسط}} = \frac{3\sqrt{3}\,\sqrt{2}\,V_s}{\pi}\cos\alpha$$

مشخصه کنترل ولتاژ آرمیچر با منبع ولتاژ متغیر:

$$N = \frac{K_n V_t}{\phi} - \left(\frac{K_n R_a}{K_t \phi^2}\right)\tau$$

$$N = C_1 V_t - C_2 \tau$$

τ فرض ثابت بودن $\Rightarrow$

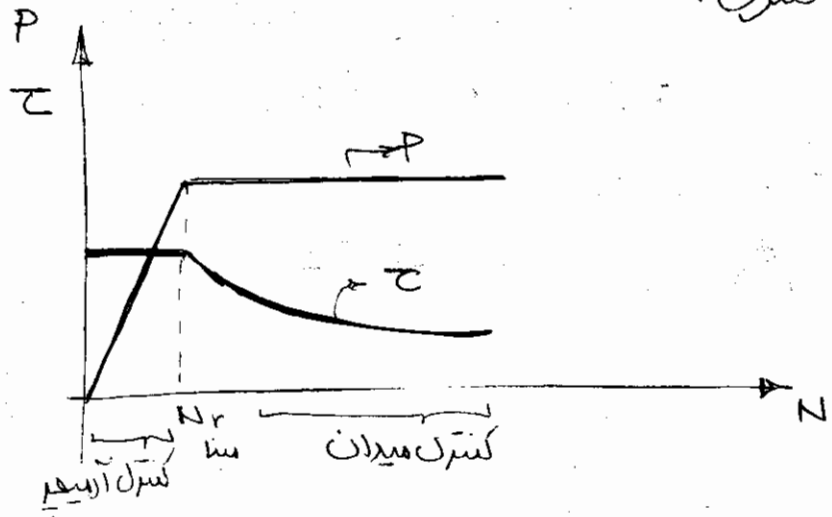


www.teyf.com

مشخصه عملکردی موتور DC تحت کنترل:

۱) کنترل میدان (یا توان ثابت)

۲) کنترل آرمیچر (یا گشتاور ثابت)



مثال: برای یک سیستم کنترل آرمیچر وارد لنزمارد برای کنترل یک دوماشین مشابه DC با مقادیر اسمی 220^{V} ، 15^{A} استفاده شده است. مقاومت آرمیچر هرماشین 0.4^{Ω} می باشد و منحنی مغناطیس شوندگی برای هرماشین تحت سرعت 1800^{rpm} برابر جدول زیر است. اگر ترانزیستورهای این سیستم تحت سرعت 1500^{rpm} با جریان های میدان 0.15^{A} تا 1.4^{A} قابل تغییر باشد، درصورتی که جریان میدان موتور برابر با 0.6^{A} ثابت نگه داشته شود، محدوده سرعت قابل کنترل موتور DC را تحت بار کامل مشخص نمایید.

$E_a(V)$	120	160	197	210	220	232	236	243	248
$I_f(A)$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2

۱) $I_{fg}=0.15$, $N=1500^{rpm}$ $\quad E_{am}=60-I_a(2R_a)=48^{V}$

$I_{fm}=0.6$, $N=1500^{rpm}$ $\xrightarrow[\text{ثابت}]{\text{جدول}}$ $E_{am}=210$ $\quad N_{min}=\frac{48}{210}\times 1500=343^{rpm}$

۲) $I_{fg}=1.4$, $N=1500^{rpm}$ $\quad E_{am}=247$ $\quad E_{am}=247-12=235$

$N_{max}=\frac{235}{210}\times 1500=1680^{rpm}$ $\quad 1680>N_m>343$

ترمز (توقف) موتورهای DC:

۱) قطع تغذیه: (دیگر قابل کنترل نیست، خود به خود می ایستد و وسیله اصطکاک هوا و ...)

۲) ترمز مکانیکی: (چون تلفات انرژی زیاد است مناسب نیست)

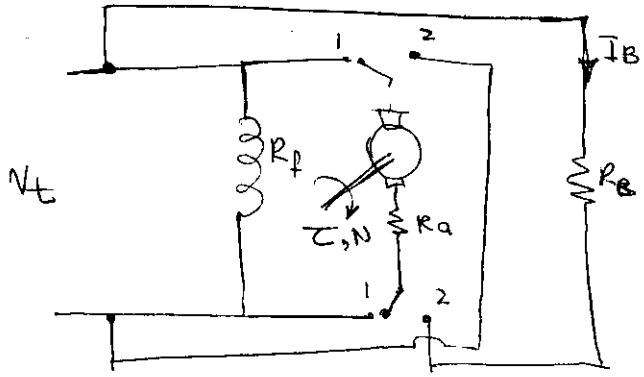
۳) ترمز الکتریکی: آ) روش فشار مخالف plugging (دارای شوک ناگهانی است).

ب) ترمز دینامیکی (دارای مقادیر تلفات است)

ج) ترمز تولید مجدد Regenerator (ایده آل ترین ترمز)

www.feyf.com

۱) ترمز فشار مخالف :



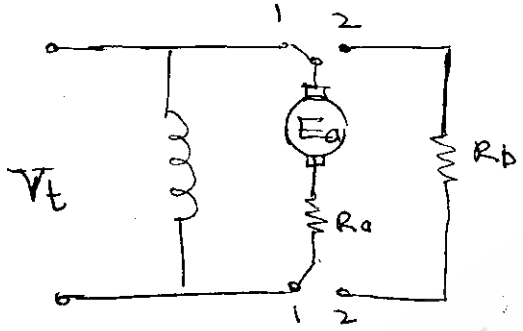
معکوس کردن سرعت است که با معکوس کردن ولتاژ صورت می‌گیرد.

* برای اینکه شوک وارده به آرمیچر قابل کنترل باشد R_B را قرار می‌دهیم یعنی مقاومت محدود کننده جریان ترمزی.

$$I_a = \frac{E_a + V_t}{R_a + R_B}$$

* مدت زمان ترمزی بسیار کم (توقف)
* شوک مکانیکی زیاد ، اگر کنترل نشود حرکت چرخش موتور معکوس خواهد بود.

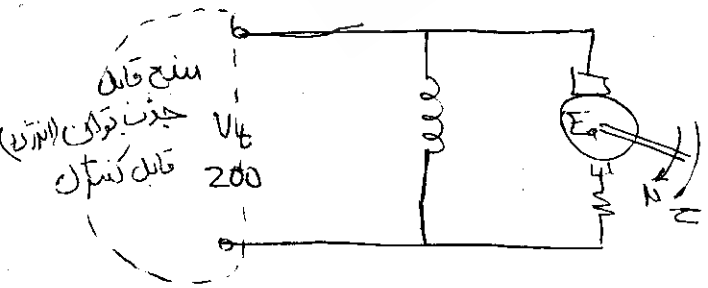
۲) ترمز دینامیکی :



با قیچی حالت ۱ به 2 ، از حالت موتوری به حالت ژنراتوری که انرژی جنبشی به مقاومت R_b انتقال پیدا کند.

* R_b کوچکتر زمان توقف کمتر و جریان آرمیچر بیشتر در حالت ترمز خواهد بود.
* اگر I_f را کم کنیم ، زمان توقف را افزایش داده‌ایم.

۳) ترمز تولید معکوس :



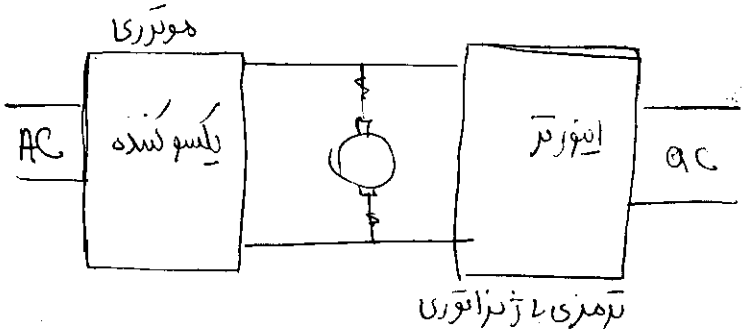
* در هر روشی که بتوانیم E_a را بزرگتر از V_t کنیم می‌توانیم حالت موتوری را به حالت ژنراتوری تبدیل می‌کنیم یا اگر سرعت از سرعت اسمی ماشین بیشتر شود.

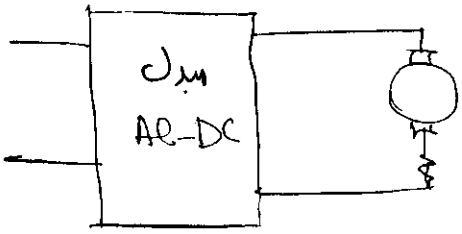
* برای نگه داشتن یا ترمزی توانیم مقدار V_t را کاهش دهیم با کنترل روی V_t می‌توانیم سرعت را تنظیم کنیم.

www.teyr.com

۱) افزایش سرعت موتور در شرایط کاری خالص حالت ترمزی ژنراتوری ایجاد کرده و انرژی به منبع برق برمی‌گرداند.

۲) کم کردن ولتاژ منبع تغذیه باعث کاهش سرعت و برگشت انرژی به منبع خواهد بود.





با افزایش زاویه آتش بزرگتر از ۱۸۵ حالت اینورتری یکسوکنندگی را خواهیم داشت

محاسبه تلفات و راندمان:

برای محاسبه تلفات ثابت:

۱) روش بی باری (آزمایش سوئینبرن):

مزایا: مصرف انرژی کمتر از حالت باردار.

عیب: تلفات بارسرگردان جز تلفات ثابت محاسبه نمی‌شود.

۲) روش باردار (آزمایش هاپکینسون):

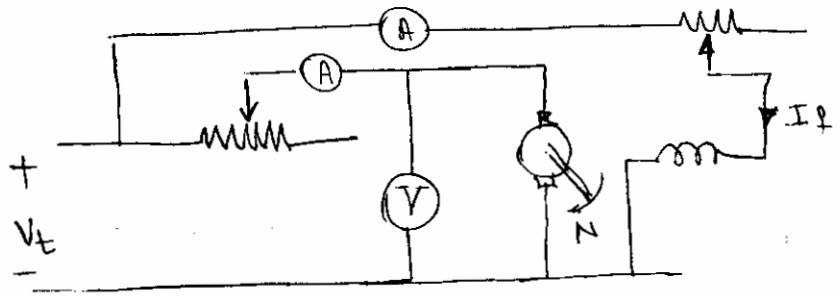
در حالت تک ماشین مصرف انرژی آزمایش خیلی زیاد است

حالت دو ماشین (روش هاپکینسون) مصرف انرژی آزمایش که تلفات بارسرگردان در حالت باردار ماشین قابل محاسبه در تلفات ثابت می‌باشد

www.teyf.com

روش سوینبرن:

ماشین DC را به صورت موتوری با مدار زیر راه اندازی می‌کنیم و با حالت اسمی (ولتاژ و جریان I_f و سرعت اسمی)



I_f
N
ولتاژ آرمیچر

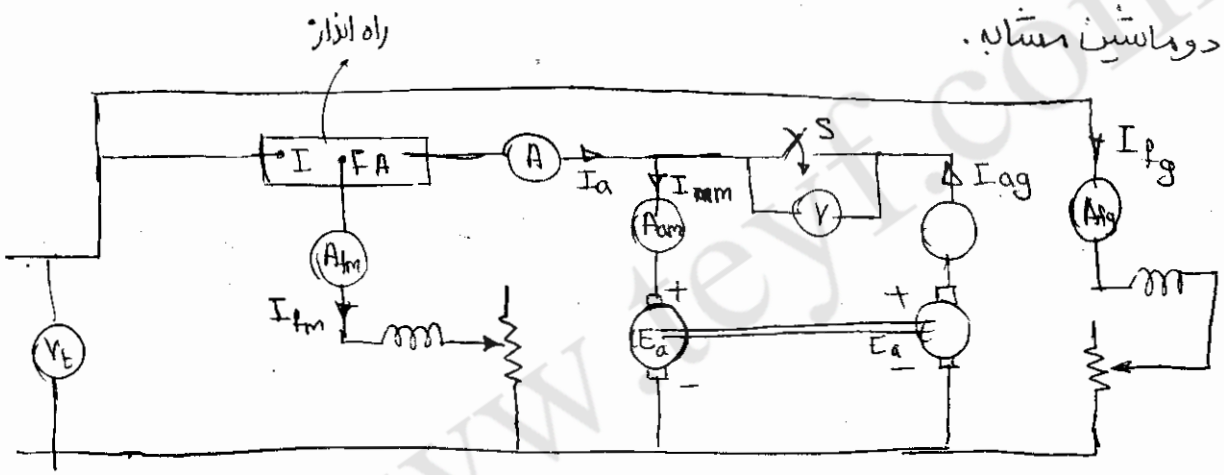
$$VI_a = P_i + P_{cu} + I_a^2 R_a \Rightarrow P_i + P_w = VI_a - I_a^2 R_a = \text{تلفات ثابت}$$

P_i: تلفات آهن (هسته) — P_{cu}: تلفات ثابت

* عیب این آزمایش این است که در تلفات ثابت، تلفات بار سرگردان محاسبه نمی‌شود.

روش هاپکینسون:

دارا بودن دو ماشین مشابه.



* کلید S زمانی بسته می‌شود که با ولتمتر ولتاژ را می‌خوانیم، هرگاه این ولتاژ صفر شد، زمان بسته شدن کلید S است.

* دو ماشین داریم که می‌چرخند و دارای تلفاتی هستند، چون موتور از ژنراتور تغذیه می‌شود پس تلفات در دو ماشین از منبع گرفته می‌شود.

$$V_t I_a - I_{am}^2 R_{am} - I_{ag}^2 R_{ag} = \text{تلفات ثابت در حالت بارداری (برای دو ماشین)}$$

$$I_{fg} > I_{fm}$$

$$\Phi_g > \Phi_m$$

$$\text{تلفات ثابت ژنراتور} = \text{تلفات ثابت موتور} = \frac{\text{تلفات ثابت کل}}{2}$$

$$\eta_m = \frac{V_t I_a - \text{کل تلفات}}{V_t I_a}$$

$$\eta_g = \frac{V_t I_a}{V_t I_a + \text{کل تلفات}}$$

+ تلفات ثابت = تلفات کل − تلفات اهمی استیتور

www.tevt.com

افزایش I_{fg} ← افزایش E_{ag} ← I_{ag}

کاهش I_{fm} ← سرعت موتور افزایش ← E_{ag} افزایش ← I_{am}

روش تجربی ماشین‌ها:

1) افزایش جریان میدان ژنراتور

2) کاهش جریان میدان موتور

www.teyf.com