



فصل سوم بررسی انواع ماشینهای DC جلسه ششم

در این جلسه می پردازیم به بررسی مشخصات الکتریکی و مکانیکی انواع موتورهای DC

لینک جلسه آخر

Title:	کلاس مجازی یوسف علی نژاد برمی_۳۳
Type:	Recording
Duration:	00:38:35
Disk usage:	116380.6 KB
Permissions:	Same as parent folder
URL for Viewing:	https://vc6.semnan.ac.ir/pkf49q3itbl9/
Summary:	20-3-99
Recording Date:	06/09/2020 3:31 PM

معیار تقسیم بندی موتورهای DC نحوه تامین منبع الکتریکی DC مورد نیاز برای تامین جریان تحریک (If) در مدار استاتور می باشد. براین اساس انواع موتورهای DC عبارتند از:

- ۱- موتور تحریک مستقل
- ۲- موتور شنت (موازی)
- ۳- موتور سری (متوالی)
- ۴- موتور کمپوند اضافی
- ۵- موتور کمپ. ند نقصانی

تنظیم سرعت در موتورهای DC

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

مدار معادل موتور DC:



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

مدار معادل یک موتور DC (همچنین مدار معادل ژنراتور است)

$E_A = K\phi\omega$
 $T_{ind} = K\phi I_A$

افت ولتاژ روی جاروبک را در مدار RA قرار داده و از مدار معادل حذف می‌کنند.

۱- موتور DC تحریک مستقل و شنت:

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

$I_F = \frac{V_F}{R_F}$
 $V_T = E_A + R_A I_A$
 $I_A = I_L$

$I_F = \frac{V_F}{R_F}$
 $V_T = E_A + R_A I_A$
 $I_L = I_A + I_F$

$T_{ind} = T_{load} + D \cdot \omega + J \frac{d\omega}{dt}$

موتورهای DC معمولاً در سرعت ثابت کار می‌کنند لذا $\frac{d\omega}{dt} = 0$
 اگر از D صرف نظر کنیم $T_{ind} = T_{load}$
 در سرعت معمولاً موتور تحریک مستقل بریل خاصی بیشتر در کارگرد و کنترل بیشتر استفاده می‌شود.

ولتاژ تحریک
 ولتاژ آرمیچر
 ولتاژ ترمینال



الف): بررسی عملکرد موتور DC تحریک مستقل و شنت:

اگر موتور در سرعت معین ω در حال کار کردن باشد و ناگهان بار روی شفت آن افزایش یابد:

$$T_{load} \uparrow \rightarrow \omega \downarrow \rightarrow E_A \downarrow \xrightarrow{v_T = c\Phi\omega} I_A = \frac{v_T - E_A}{R_A} \uparrow \rightarrow T_{ind} \uparrow$$

مقدار جریان I_A تا جایی افزایش می‌دهد که $T_{ind} = T_{load}$ گردد. در این حال تغییرات سرعت صفر شود. $\frac{d\omega}{dt} = 0$

در صورت ثابت ماندن T_{load} اما مقدار آن نسبت به سرعت اولیه ω کاهش یافته است.

ب) محاسبه مشخصه گشتاور - سرعت در موتورهای DC:

$$\begin{cases} v_T = E_A + R_A I_A \\ E_A = k\Phi\omega \end{cases} \rightarrow \begin{cases} v_T = k\Phi\omega + R_A I_A \\ T_{ind} = k\Phi I_A \end{cases} \rightarrow \begin{cases} v_T = k\Phi\omega + R_A \frac{T_{ind}}{k\Phi} \\ \omega = \frac{v_T}{k\Phi} - \frac{R_A}{(k\Phi)^2} T_{ind} \end{cases}$$

شفت خروجی موتور که مشخصه گشتاور - سرعت است:

با کاهش سرعت گشتاور افزایش می‌دهد.
با کاهش T_{load} سرعت افزایش می‌دهد.

R_A مقدار کوچکی است. بگونه‌ای که در عمل تأثیر $\frac{v_T}{k\Phi} - \frac{R_A T_{load}}{(k\Phi)^2}$ یعنی بیشتر از $R_A \frac{T_{load}}{(k\Phi)^2}$ است. لذا سرعت با کاهش Φ زیاد می‌شود.

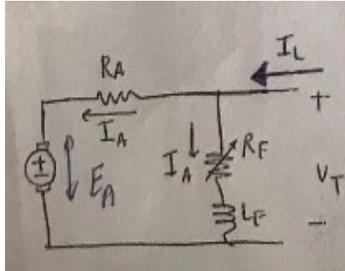
اگر موتور دارای سیم‌بندی جریان کننده باشد با افزایش بار (T_{load}) جریان آرمچر (I_A) زیاد می‌شود و در نتیجه افزایش عکس‌العمل آرمچر شار را کم می‌کند. با کاهش شار سرعت زیاد می‌شود. لذا معنی خروجی به صورت زیر در می‌آید:



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

ج) روشهای کنترل سرعت در موتورهای DC:



- ۱- تغییر شار
- ۲- تغییر ولتاژ ترانسال
- ۳- تغییر مقدار معادمت R_A با کار برداشتن یک معادمت سری با آن

۱- تغییر شار:

$$I_A = \frac{V_T - E_A}{R_A} \rightarrow T_{ind} = k\phi I_A \quad (1)$$

$$R_F \uparrow \rightarrow I_F = \frac{V_T}{R_F} \downarrow \rightarrow \phi \downarrow \rightarrow E_A \downarrow \rightarrow I_A = \frac{V_T - E_A}{R_A} \uparrow \rightarrow T_{ind} = k\phi I_A \uparrow$$

کاهش I_A تا جایی ادامه می‌دهد تا سرعت بلاتر
 $T_{ind} > T_{load} \rightarrow \omega \uparrow \rightarrow E_A \uparrow \rightarrow I_A \downarrow \rightarrow T_{ind} = T_{load}$

در فرآیند فوق تلاش کاهش I_A و افزایش می‌دهد. با این حال چون میزان افزایش I_A بر کاهش ϕ حاکم دارد T_{ind} زیاد می‌شود.

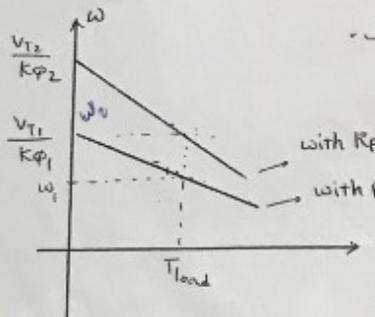
اگر شار $V_T = 250$ ولت، $R_A = 0.25 \Omega$ و $E_A = 245$ ولت باشد.

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

اگر شار ϕ - اندازم I_A کاهش می‌دهد: $E_A = 0.99 \times 245 = 242.5$ ولت

$$I_A = \frac{250 - 242.5}{0.25} = 30 \text{ A}$$

می‌بینیم I_A کاهش شار باعث ۵۰٪ افزایش I_A شد است.



با افزایش معادمت میدان (کاهش شار) $R_{F2} > R_{F1} \rightarrow$
 نقطه‌ی باری $(\frac{V_T}{k\phi})$ بلاتر رفته و شب خط صاف افزایش
 می‌دهد. عبارت دیگر دیدگ شتابور ثابت سرعت افزایش می‌دهد.

۲- تغییر ولتاژ:



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

(۲) تغییر ولتاژ

$$\omega = \frac{V_T}{K_a \phi} - \frac{R_a \cdot T}{(K_a \phi)^2}$$

$V_T \uparrow \rightarrow I_A \uparrow \rightarrow T_{ind} \uparrow \xrightarrow{T_{ind} = cte} T_{ind} - T_{load} >$
 $\rightarrow \frac{d\omega}{dt} > 0 \rightarrow \omega \uparrow \rightarrow E_A \uparrow \rightarrow I_A \downarrow \rightarrow T_{ind} \downarrow$

صرفه فوق با جهای از راه می آید که در یک سرعت بالاتر، $T_{ind} = T_{load}$ شود.
 شب مردود خط می است. ریف کشاور با ربات، با افزایش ولتاژ ترسیال
 سرعت زیاد می شود.

در این روش فقط باید ولتاژ ترسیال را تغییر دهیم بدون آنکه ولتاژ میدان
 عوض شود. لذا در موتور DC تحت از ترسیال استفاده نمودیم کرد

۳- تغییر مقاومت آرمیچر:

۳- تغییر مقاومت

$$\omega = \frac{V_T}{K_a \phi} - \frac{R_a + R_{ad}}{(K_a \phi)^2} T_{in}$$

اگر یک مقاومت را بصورت سری با سیم پیچی آرمیچر قرار دهند
 اثر آن افزایش شدت شب کشاور - سرعت موتور است.
 با افزایش مقاومت شب خط زیاد و سرعت کم می شود.
 تلفات آتش، حرارت، آهن رها، فضای را، کاهش سرعت موتور در دراز مدت.



تمرین ۱:

سوال: در موتور DC تحت بار با مشخصات $250V$ ، $1200rpm$ ، $R_A = 0.03 \Omega$ ، $R_F + R_{adj} = 416 \Omega$ ، $R_A = 0.03 \Omega$ ، $100k\phi$ ، $I_F = 6A$ ، $I_A = 126A$ در سرعت اولیه $1103rpm$ باشد.

الف. اگر سلفی موتور شغف نباشد و بصورت خطی عرض شود، در صورت کاهش I_F به $5A$ سرعت موتور چند شود؟
 ب. اگر سلفی شغف باشد و کاهش I_F به $5A$ سرعت موتور چند شود. (تعداد بار ثابت فرض شود).

حل: جریان از سلفی اولیه:

$$E_A = V_T - R_A I_A = 250 - 0.03 \times 120 = 246.4V$$

$$I_A = I_E - I_F = 126 - 6 = 120A$$

الف. رطبی سلفی شغف نباشد بهترین مدرس در درس این است که در رابطه زیر درجه n_2 مجهول است هم E_{A2} :

$$\frac{E_{A2}}{E_{A1}} = \frac{K \phi_2 n_2}{K \phi_1 n_1} = \frac{I_{F2} n_2}{I_{F1} n_1}$$

$$E_{A2} = V_T - R_A I_{A2}$$

$$\frac{T_{ind2}}{T_{ind1}} = \frac{K \phi_2 I_{A2}}{K \phi_1 I_{A1}} \Rightarrow 1 = \frac{I_{F2} I_{A2}}{I_{F1} I_{A1}} \rightarrow I_{A2} = \frac{I_{F1}}{I_{F2}} I_{A1} = \frac{6}{5} \times 120 = 144A$$

$\rightarrow E_{A2} = 250 - 144 \times 0.03 = 245.7V$ $\rightarrow n_2 = n_1 \frac{E_{A2}}{E_{A1}} \cdot \frac{I_{F1}}{I_{F2}} = 1103 \times \frac{245.7 \times 6}{246.4 \times 5} = 1320 rpm$

ب. با شغف بودن سلفی می توان شار را از روی آن پیدا کرد.

$$\frac{E_{A2}}{E_{A1}} = \frac{K \phi_2 n_2}{K \phi_1 n_1}$$

if $E_{A1} \approx E_{A2} \rightarrow 1 = \frac{\phi_2 n_2}{\phi_1 n_1} \rightarrow n_2 = \frac{\phi_1}{\phi_2} n_1$

if $I_F = 5A \rightarrow E_A = 250V$ $\rightarrow \frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{268}{250} = 1.076 \rightarrow n_2 = 1.076 \times 1103 = 1187 rpm$
 if $I_F = 6A \rightarrow E_A = 268V$



موتور DC سری:

در این موتور سه بقی حرکت و سه بقی از جهت صورت سری به هم متصل شده اند.

$$V_T = E_A + (R_A + R_S) I_A$$

$$I_A = I_S = I_L$$

$$T = k \phi I_A$$

گشتاور القادش در موتور DC سری

$$T = k \phi I_A \quad \phi = c I_A \quad T = k c I_A^2$$

چون گشتاور با توان دوم جریان متناسب است لذا این موتور گشتاور بسیار بزرگی ایجاد می کند. مخصوص در شرایط راه اندازی که جریان راه اندازی مقدار زیادی دارد گشتاور راه اندازی تولید می شود بسیار بزرگ است.

مشخصات ترسینال:

$$V_T = E_A + (R_A + R_S) I_A = k \phi \omega + (R_S + R_A) I_A \quad , \quad T = k c I_A^2$$

$$V_T = k \phi \omega + (R_S + R_A) \sqrt{\frac{T}{k c}}$$

$$V_T = k c \sqrt{\frac{T}{k c}} \omega + (R_S + R_A) \sqrt{\frac{T}{k c}}$$

$$\omega = \frac{V_T}{\sqrt{k c}} - \frac{1}{\sqrt{k c}} \frac{R_A + R_S}{k c} \quad \leftarrow$$

سرعت یک موتور سری اشباع شده است. با این حال جز گشتاور است. وی گشتاور همیشه در دور سرعت کمی ثابت می کند. اگر در محل ریل وجود لغات و اصطکاک گشتاور صحیحاً مصرف خواهد شد اما بهر حال با کاهش دور سرعت بیشتر افزایش می یابد.

کنترل سرعت در موتورهای DC سری:

کنترل سرعت موتور سری

در این موتور برای تغییر دادن سرعت تنها راه موتور تغییر ولتاژ ترسینال است. با افزایش ولتاژ ترسینال سرعت افزایش می یابد.

تغییر سرعت از طریق نصب مقاومت کمی سری در مدار موتور توان زیادی را هدر می دهد و فقط در برخی موارد به منظور راه اندازی بعضی موتورهای بکار می رود.

موتور (موتور ترسینال)



مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

درس: ماشین الکتریکی ۱

Duration:	01:36:01
Disk usage:	197420.5 KB
Permissions:	Same as parent folder
URL for Viewing:	https://vc6.semnan.ac.ir/p69mimmemid/
Summary:	19-3-99
Recording Date:	06/08/2020 10:01 AM

موتور DC کمپوند اضافی:



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

مولد DC کمپوند اضافی

در این موتور دو مدار حرکت سری هستند و وجود دارد.

شنت بلند →

شنت کوتاه

$$V_T = E_A + (R_A + R_S) I_A$$

$$I_L = I_F + I_A$$

$$T_{ind} = K \Phi I_A \quad \Phi = \Phi_f + \Phi_s$$

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

$$f_{net} = f_{sh} + f_{sc} - f_{AR} \rightarrow N_f I_F^* = N_f I_F + N_s I_s - f_{A.R.}$$

$$\rightarrow I_F^* = I_F + \frac{N_s}{N_f} I_s - \frac{f_{A.R.}}{N_f}$$

اگر یک مولد کمپوند بزرگتر مدول شود، جهت جریان ارجح بر عین مشور، در حالت جهت جریان حرکت می ماند. لذا یک مولد کمپوند اضافی یک بزرگتر کمپوند تقصاتی است یک مولد کمپوند تقصاتی یک بزرگتر کمپوند اضافی می باشد.

مشخصه کمپوند سرعت مولد DC کمپوند اضافی

مولد کمپوند در واقع همان مولد شنت است که کمی سری برای بهبود مشخصات $\omega = \frac{V_T}{K\Phi} - R_A \frac{T_{ind}}{(K\Phi)^2}$ شنت با آن سبب می شود. شار تولیدی توسط حرکت شنت ثابت است. اما شار تولیدی توسط حرکت سری سبب جریان بار و ارجح می نماید. لذا کمپوند این مولد بیشتر وابسته به شار حرکت شنت می باشد.

$$\Phi_f \gg \Phi_s \quad N_f \gg N_s$$

مولد کمپوند اضافی مانند مولد سری دارای کمپوند راه اندازی بالاست و از طرفی مانند مولد شنت در حالت بدون بار سرعت زیاد از حد می گیرد.



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

تند بار یعنی سبک حرکت سری انرژی دارد و موتور تقریباً مانند یک موتور سنت رفتار می کند.

با افزایش بار حرکت سری هم افزایش یافته و مشخصه شار-سرعت به شکل مشخصه موتور سری در می آید.

در کمپوند اصافی $\omega = \frac{V_T}{K(\phi_f + \phi_s)} - R_A \frac{T}{[K(\phi_f + \phi_s)]^2}$

اشیاءت سرعت در کمپوند بیشتر از سنت است.

$T = K(\phi_s + \phi_f) I_A$
 $\phi_s = c I_A \rightarrow T = K c I_A^2 + K \phi_f I_A$

شار راه اندازی موتور کمپوند اصافی مانع شار راه اندازی سنت و سری است در $T=0$ سرعت به نمی باشد. تنها عیب آن شب زیاده می آن در مقاب با موتور سنت است.

در یک موتور سری تعداد دور سبک یعنی حرکت (N_s) در مقاب با کمپوند یعنی زیاد تر است.

مقایسه مشخصه تحت شرایط اصافی با کامل مکان

مقایسه تحت شرایط بی باری مکان

شار راه اندازی

موتور DC کمپوند نقصانی:

در این موتور نیروی محرکه مغناطیسی سنت و سری از یکدیگر کم می شوند. اگر ۲ سری از هم می دای حرکت در حالت مثل برعکس بیدیم کمپوند نقصانی ایجاد خواهد شد.

روابط مانند قبل است فقط بجای ϕ_s ، ϕ_f قرار می نورد.

$T_{load} \uparrow \rightarrow I_A \uparrow \rightarrow \phi \downarrow \rightarrow \omega \uparrow \rightarrow I_A \uparrow$

موتور کمپوند نقصانی نامایدار است و تقریباً در تمامی کاربردها استفاده از آن مناسب نیست.

راه اندازی این موتور تر ممکن نیست. در هنگام راه اندازی جریان آریمپر و حرکت سری بسیار زیاد است. طوری که شار سری می تواند بلا رید مغناطیسی قطب را عوض کند. موتور در این حالت ساکن می ماند یا برعکس در جهت علط میگردش در می آید. در حالیکه علت جریان زیاد آریمپر در حال سوختن است.

کنترل سرعت موتور DC کمپوند اصافی

روش های کنترل سرعت در این موتور مانند یک موتور سنت است:

- ۱- تغییر مقاومت مدان R_f به شار حرکت
- ۲- تغییر ولتاژ آریمپر V_T
- ۳- تغییر مقاومت آریمپر R_a



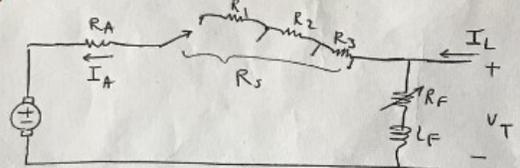
درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

راه اندازی موتورهای DC:

۴۳
 (۱) راه اندازی موتور DC
 اصلی ترین شکل در راه اندازی موتورهای DC جریان راه اندازی است. در هنگام راه اندازی سرعت همراست $E_A = 0$ و جریان گذرنده از آرمچر خیلی شدید خواهد بود.
 مثلاً در یک موتور 250V ، 50 hp ، جریان بار کامل کوچکتر از 200A است. اما در هنگام راه اندازی: $R_A = 0.006 \Omega$
 این جریان بیشتر از ۲۰ برابر جریان نامی موتور است.

$$I_A = \frac{V_T - E_A}{R_A} = \frac{250 - 0}{0.006} = 4167 \text{ A}$$
 مقدار جریان فوق همی اگر برای تغذای در موتور جاری شود باعث سوختن هر دو می‌گردد. این خواصش.
 یک روش حل این مشکل استفاده از مقاومتی که راه انداز است. این مقاومت بصورت سری با آرمچر بسته شده و تا وقتی که E_A به مقدار مورد نظر برای کنترل مقدار جریان باشد در مدار باقی می‌ماند.
 این مدار نباید بطور دائم در مدار باشد. زیرا تلفات را افزایش داده و در بارهای زیاد باعث افت شدید گشتاور میگردد.



مثال: یک موتور DC را با مشخصات نامی 100 hp ، 250V ، 350A و مقاومت آرمچر $R_A = 0.005 \Omega$ در نظر بگیرید. یک مدار راه انداز برای این موتور طراحی کنید که حداکثر جریان راه اندازی را به دو برابر جریان نامی محدود کند و با کاهش جریان راه انداز آرمچر مدار بخش‌های مقاومت را به ترتیب قطع کند (مماسه تعداد ولت‌ها و مقاومت هر یک؟)

حل: حداکثر مقاومت راه انداز باید در حالت $E_A = 0$ در مدار قرار گیرد تا جریان ماکزیمم آرمچر را به 700A محدود کند.

$$I_A = \frac{V_T}{R_A + R_s} = \frac{250}{0.005 + R_s} = 700 \text{ A} \rightarrow R_A + R_s = 0.357 \Omega \rightarrow R_s = 0.357 - 0.005 = 0.352 \Omega$$

نسبت مقاومت راه انداز: $S.R.R. = \frac{R_s + R_A}{R_A} = \frac{0.357}{0.005} = 7.14$

نسبت جریان: $C.R. = \frac{\text{حداکثر جریان مجاز آرمچر}}{\text{مقدار جریان مورد نظر}} = \frac{700}{350} = 2$

$n = \frac{S.R.R.}{C.R.} = \frac{7.14}{2} = 3.57$ تعداد ولت‌ها را مشخص می‌کند. باید $n=4$ یا $n=3$ عددی صحیح باشد.

معمولاً عدد کوچکتر انتخاب میشود لذا تعداد ولت‌ها ۳ می‌باشد و $R_s = R_1 + R_2 + R_3$



(128)

مسئله نمونه از ماشین های DC

مسئله ۱: مقاومت آرمچر یک موتور شنت ۲۲۰ ولتی
که از ۷۶ آمپر تجاوز نماید، تعیین کنید.

(a) مقاومتی که در لحظه راه اندازی با آرمچر موازی گردد چقدر است.
(b) مقدار که این مقاومت میتواند کاهش پیدا کند و قتیله ماشین به اندازه کافی شتاب پیدا میکند و نیروی ضد محرکه الکتریکی E_a به ۱۶۸ ولت میرسد را پیدا کنید.
(c) مقدار جریان راه انداز و قتیله همگونی مقاومتی در مدار آرمچر نسبت چقدر است.
(افت ولت بر روی جاروبک ۲ ولت در نظر بگیرید.)

حل: (a)

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a + R_{ar}} \text{ amp.}$$

$$\therefore R_{ar} = \frac{V_t - E_a}{I_a} - R_a$$

$$= \frac{(220 - 2) - 0}{76} - 0.18$$

$$= 2.82 \Omega$$

(b)

$$R_{ar} = \frac{(220 - 2) - 168}{76} - 0.18 = 0.61 \text{ ohm}$$

(c)

$$I_{start} = \frac{220 - 2}{0.18} = 1,265 \text{ A}$$

که مقدار سید بالای می باشد.

مسئله ۲: یک موتور شنت ۲۴۰ ولتی و ۴ قطبی با سیم بندی موجی وقتی بار ۱۰۰۰ P.M میخورد در دور خودش ۱۵۱۲۲ اسب بخار را ارائه میکند و جریان آنکه از شبکه به ترتیب آرمچر و میدان جذب میکنند ۵۰ آمپر و ۱ آمپر میباشد. آرمچر دارای ۵۴۰ هادی و مقاومت آن $R_a = 1 \Omega$ است. با فرض افت ولت یک ولت برای جاروبک تعیین کنید:



(129) الفناگت و آرمچر (س) گشتا و دمنی (ج) فوران منیدر قطب (د) تلفات امپدانت

$$E_a = V_t - R_a I_a = \Delta U_a$$

$$= 220 - 50 \times 71 = 233 \text{ ولت}$$

گشتا و آرمچر
یا کویل تکرو منی

$$T_a = K_a \Phi_d \cdot I_a \quad (\text{الف})$$

$$K_a \Phi_d = ? \quad E_a = K_a \Phi_d \cdot \omega_m$$

$$K_a \Phi_d = \frac{E_a}{\omega_m} = \frac{233}{\frac{1000 \times 2\pi}{60}} = 2.225 \text{ V} \cdot \text{sec} / \text{rad.}$$

$$T_a = 2.225 \times 50 = 111.24 \text{ N-m}$$

گشتا در منیدر مانع گشتا در shaft یا محور موتور میباشد که صورت است.

$$T_{\text{shaft}} = \frac{\text{قدرت منیدر}}{\omega_m} = \frac{15122 \times 704}{2\pi \times \frac{1000}{60}} = 104.97 \text{ N-m}$$

(ج) فوران منیدر قطب:

$$E_a = \frac{NP}{\pi a} \cdot \Phi_{\text{eff}} \cdot \omega_m$$

$$E_a = \frac{52 \times 4}{\pi \times 4} \times \Phi_{\text{eff}} \cdot \frac{1000}{60} \times 2\pi = 233$$

$$\Phi_{\text{eff}} = \frac{233 \times 60}{540 \times 1000 \times 2\pi} = 4.12 \times 10^{-3} \text{ wb}$$

در تلفات امپدانت:

$$\text{قدرت ورودی به آرمچر} = V_t \cdot I_a = 220 \times 50 = 11000 \text{ W}$$

$$\text{تلفات مسی آرمچر} = R_a I_a^2 = 50^2 \times 71 = 250 \text{ W}$$



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

(130)

ص ۲

$$\text{تلفات در آهن نازل جادوکی} = \Delta V_b \cdot I_a = 2 \times 50 = 100 \text{ W}$$

$$\text{قدرت مکانیکی} = 12000 - (250 + 100) = 11450 \text{ W}$$

$$\text{قدرت خروجی} = 10,122 \times 744 = 11202 \text{ W}$$

$$\text{تلفات اصطفاک} = 11450 - 11202 = 248 \text{ W}$$

$$\text{قدرت کل ورودی موتور} = V_t \cdot I_t = 240 \times (50 + 1) = 12240 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{\text{قدرت خروجی}}{\text{قدرت ورودی}} \times 100 = 91.5\%$$

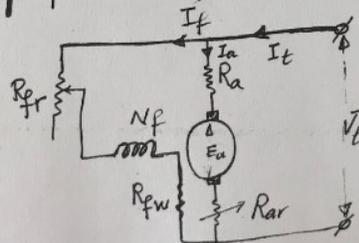
مسئله ۳: یک موتور DC شنت دارا شدت دارا شدت اهم آرمیچر برابر ۰.۲ اهم و ولتاژ بار بار یک معادله ۲ ولت میباشد. جریان نامی آرمیچر در بار کامل برابر ۷۵ A میباشد. در این حالت اندازگی را محاسبه کنید و درصد آرمیچر را نسبت به بار کامل بیست کنید.

④ مقاومتها برای مورد نیاز جهت آنکه میان موتور در حالت ① تا ④ تغییر نموده اند.

الف) ۱۵۰ درصد بار نامی در نقطه راه اندازی گردد.
 ب) ۱۵۰٪ بار نامی وقتی نیروی ضد محرکه الکتریکی برابر ۶۵٪ ولتاژ آرمیچر باشد گردد.
 ج) ۱۵۰٪ بار نامی وقتی نیروی ضد محرکه الکتریکی برابر ۵۵٪ ولتاژ آرمیچر باشد گردد.

④ مقدار نیروی ضد محرکه الکتریکی را در بار کامل محاسبه کنید، بدین معادست که اندازگی.

حل ← ① ابتدا مدار معادله الکتریکی موتور DC را رسم میکنیم



$$I_{st} = \frac{V_t - \Delta V_b}{R_a} = \frac{120 - 2}{0.2} = 590 \text{ A} \quad (E_a = 0)$$



(131)

ص ۴

$$\text{نسبت بار کامل} = \frac{590}{75} \times 100 = 786.5\%$$

$$I_a = \frac{V_t - (E_a + \Delta V_b)}{R_a + R_{ar}} \Rightarrow R_{ar} = \frac{V_t - (E_a + \Delta V_b)}{I_a} - R_a \quad (2)$$

الف) در بار انداختن، E_a بار منفی است لذا:

$$R_{ar} = \frac{V_t - \Delta V_b}{I_a} - R_a = \frac{120 - 2}{1.5 \times 75} - 0.2 = 0.85 \Omega$$

$$R_{ar} = \frac{V_t - (E_a + \Delta V_b)}{I_a} - R_a \quad (ب)$$

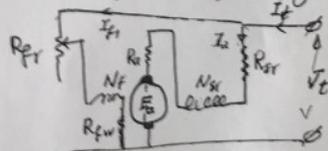
$$= \frac{120 - 30 - 2}{1.5 \times 75} - 0.2 = 0.582 \Omega$$

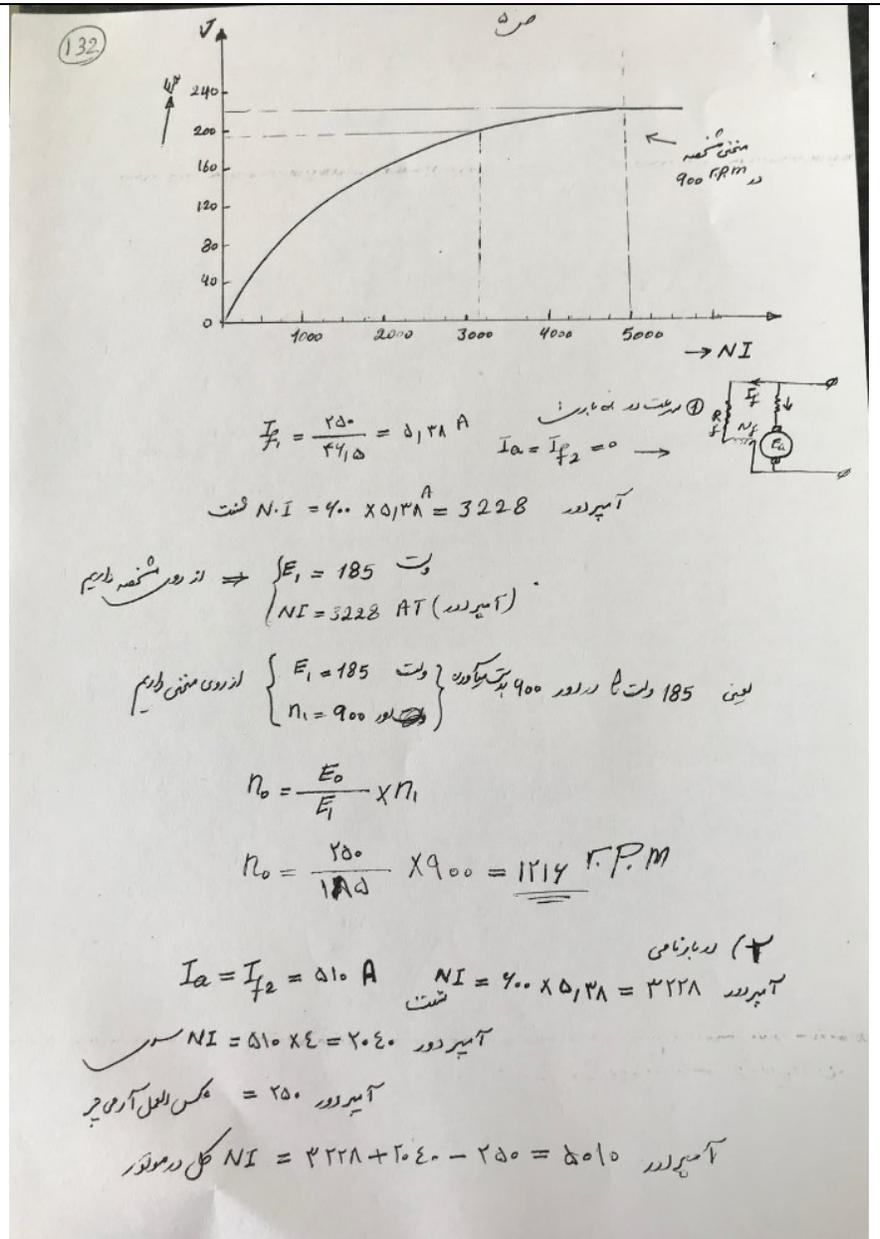
$$R_{ar} = \frac{120 - (60 + 2)}{1.5 \times 75} - 0.2 = 0.316 \Omega \quad (ج)$$

$$E_a = V_t - (I_a R_{ar} + \Delta V_b) = 120 - [(75 \times 0.2) + 2] = 103 \text{ ولت} \quad (د)$$

مسئله ۴: یک موتور کمپوند افغانی، با اتصال بلند قدرت ۱۱۲ کیلووات و ۲۵۰ ولت و ۵۱۰ A در بار مشخصه مغناطیسی زیر که در جدول ۹۰۰ بر طرفت شده است. عکس العمل مغناطیسی آهن چر در جزئیات نامی شامل ۲۵۰ آمپر در قطب است. تعداد سلفه‌ها سه پیچ موازی ۴۰۰ و تعداد سلفه‌ها سه پیچ سری ۴ سلفه در قطب است. مقاومت سیم پیچ شفت ۰.۳۷ اهم و سیم پیچ سری ۰.۰۴۷ اهم و آهن چر ۰.۱۲۷ اهم میباشند. محاسبه کنید:

- ۱- سرعت، باری (در بار از جزئیات آهن چر فرض کنید)
- ۲- سرعت در بار کامل
- ۳- توکن مکانیکی انتقال با فرض اینکه افت و تلفات در آهن چر مغناطیسی در بار کامل.







(133)

فرق
 ولت 220 \rightarrow $E_a = 510$ ولت
 ولت $E_a' = 250 - 510 (0.37 + 0.137) = 241.4$

ر.ف.م $\eta = \frac{241.4}{220} \times 900 = 988.18$

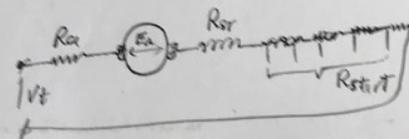
$P = E_a' \cdot I_a = 241.4 \times 510 = 123 \text{ KW}$

$T = \frac{P}{\omega} = \frac{123 \times 10^3}{2\pi \times \frac{988.18}{60}} = 1189 \text{ N-m}$

مثلاً: یک موتور سری 230 ولت، 15 کیلووات، 915 r.p.m. در مقاومت آمپیر
 7.08 و مقاومت ترمیستور 7.05 اهم میباشد. این موتور، بصورت رزاکتور برای
 تستن آزمایش شده و نتایج زیر بدست آمده است.

$I_f (A)$	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	350
$E (V)$	12	77	154	219	255	274	285	293	298	302	304
$K\phi (W)$	0.13	0.82	1.64	2.32	2.71	2.91	3.02	3.11	3.16	3.20	3.23

تفاوت مکانیکی فرغ میسر شود ثابت ببرد و ۷۵۰ وات میباشد. مقادیر این رویداد کامل راه اندازی
 سکود و در هنگام راه اندازی با تغییر مقاومت راه انداز، جریان از 250A تا 100A تغییر میکند.
 مطالعه بت طرح که مقاومت راه انداز پلیم و سریات نهائی موتور. (مقاومت راه انداز بگونه
 طراحی سکود که با خارج کردن هر یک از جریان بین 200A تا 100A تغییر کند.



حل: جریان راه انداز 200 آمپر و مقاومت سری شده با آن در هنگام راه انداز $R_{st} = R_{ca} + R_{sr}$ میباشد
 ویس پس از رسیدن جریان به 100 آمپر، یک پلیم از مقاومت از مدار خارج میسود. بطوریکه



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

(134)

چون جبره به 200 A جسد و هینج محل ازان پیداسکون تا تمام متادست از مدار خارج سکود. متادست راه انداز عبارتست:

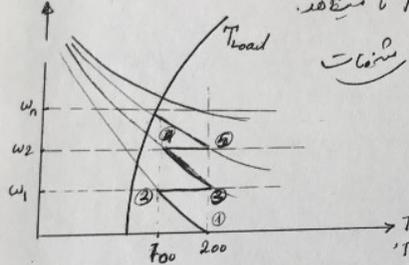
$$I_L = \frac{V}{R_a + R_r + R_{start}} = \frac{230}{0.8 + 0.55 + R_s} = 200 \text{ A}$$

$$\Rightarrow R_s = 1.015 \text{ } \Omega$$

لذا در هینج راه انداز خواهیم راستت: $I_L = 200 \text{ A}$, $K\phi = 3.16$

$$T = K\phi I_a = 2.14 \times 200 = 428 \text{ N-m}$$

سرعت موتور شروع به زیاد شدن میکند در جریان موتور شروع به کاهش میکند تا پس از رسیدن به 100 A و سرعت 100 rpm جبره یک پله از متادست R_{start} میگذارد.



نقطه 3 یعنی جایی که با این متادست کاسته سکود در آن مشخصات زیر خواهد بود.

$$I_L = 100 \text{ A}, K\phi = 2.71$$

$$T = 2.71 \times 100 = 271 \text{ N-m}$$

که میتونیم سرعت 100 rpm پیدا کرد.

$$E = K\phi \omega \quad E = V_t - R_t I_L = 230 - 100(0.8 + 0.55 + 1.015) = 115 \text{ ولت}$$

$$\omega_1 = \frac{115}{2.71} = 42.5 \text{ rad/sec.}$$

در سرعت ω_1 R_{start} به مقدار R_{s2} تغییر میدیم یعنی نقطه 3 که مشخصات آن عبارتست

$$\{ I_L = 200 \text{ A}, K\phi = 3.16 \rightarrow T = 3.16 \times 200 = 632 \text{ N-m}$$

چون بلافاصله از 100 به 200 A میرسد در سرعت نمی تواند بلافاصله تغییر کند و به حالت از

$$\omega = \omega_1 = 42.5 \text{ rad/sec.}$$

که میتونیم R_{s2} پیدا کرد.

$$E = K\phi \omega = 3.16 \times 42.5 = 134 \text{ ولت}$$

$$E = V_t - (R_{s2} + R_a + R_r) I_L \Rightarrow 134 = 230 - R_{s2} \times 200$$

$$R_{s2} = 0.480 \text{ } \Omega$$



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

(135) مجدداً مورد شرح به افزایش سرعت کرده و همچنین آنرا کاهش می‌دهیم تا به نقطه (4) برسیم که جریان آن 100 A است و در این شرایط سرعت از 182 rpm که سرعت ω_2 برابر خواهد بود؛

$I_L = 100 \text{ A}$, $K\phi = 2.71$, $T = 2.71 \times 100 = 271 \text{ N-m}$

$E = V_t - (R_{stator} + R_a + R_{sr}) I_L = 230 - (0.48) \times 100 = 182 \text{ V}$

$\omega_2 = \frac{E}{K\phi} = \frac{182}{2.71} = 67.2 \text{ rad/sec.}$

در سرعت ω_2 ، مجدداً متناوب به R_3 کاهش داده می‌شود. بلافاصله جریان به 200 A افزایش یابد.

$I_L = 200 \text{ A}$, $K\phi = 3.16$, $T = 632 \text{ N-m}$

$\omega = \omega_2 = 67.2 \text{ rad/sec}$

$E = K\phi \cdot \omega = 3.16 \times 67.2 = 212 \text{ V}$

$E = V_t - \underbrace{(R_3 + R_a + R_s)}_{R_3} I_L \Rightarrow 212 = 230 - R_3 \times 200$

$\Rightarrow R_3 = 0.09 \text{ } \Omega$

با بررسی بیشتر، مشاهده می‌شود که مقدار $R_3 = 0.09 \text{ } \Omega$ از مقدار $R_a + R_s = 0.48 \text{ } \Omega$ کمتر است. بنابراین با بررسی طیف مقادیر R_3 از مدار خارج گردد. این به این معنی است که جریان به 200 A نرسیده و کمتر از 200 A خواهد بود.

مقدار جریان I_L مستقیماً بر حسب R_3 تغییر می‌کند.

در این جریان نقطه (5) مقدار $K\phi$ با توجه به مقدار نظری است.

از آزمایش تحریک مستقل برآورد می‌شود. لذا خط $K\phi = f(\omega)$ را در صورت ثابت بودن $\omega_2 = 67.2 \text{ rad/sec}$ رسم می‌کنیم.

نقطه برشور با منحنی، جریان مورد نظر را خواهد داد که عبارت از:



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

(136)

ص ۹

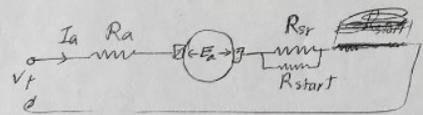
$$230 = \omega K \phi + R_a I_a$$

$$\begin{cases} \omega = 4712 \\ R_a = 7150 \end{cases} \Rightarrow K \phi = 27.42 - 27.01 \times 10^{-3} I_a$$

بترسیم این خط، نقطه $\omega = 4712 \text{ rad/sec}$ و $I_a = 148 \text{ A}$ میباید که مختصات نقطه ۵ میباید از این خط بر خط $\omega = 4712 \text{ rad/sec}$ موازی افقی میباید تا به حالت نامی برسد. اگر گشت در نامی و جریان نامی از ماشین عبور خواهد کرد.

سؤال ۴: مقاومت آهن چرک موتور در این با قدرت ۲۵ اسب و ۲۵۰ دوری برابر ۰.۱ اهم، افت ولت جاروبک برابر ۳ ولت و متن و متن 0.05 اهم میباید. و تبدیل موتور سر ۸۵ آمپر از سیمکند اخذ میکند، نسبت برابر 0.05 اهم میباید در 0.05 اهم (الف) نسبت و تبدیل جریان 400 A میباید. (ب) نسبت موتور و تبدیل جریان 40 A میباید.

از عکس الی آخر هر قطر نوره و فرض نمید که ماشین از سمت چپ مغناطیس میباید کار میکند. (ج) نسبت در بند الف در θ برای و تبدیل از θ متفاوت 0.05 اهمی بصورت برای این موتور استفاده میباید اصل نمیکند.



$$E_2 = V_t - I_a (R_a + R_{sr}) - \Delta V_b = 250 - 100(715) - 3 = 232 \text{ ولت when } I_a = 100 \text{ A}$$

$$E_{a1} = 250 - 0.05(115) = 234.3 \text{ ولت}$$

و سیمکند $I_a = 85 \text{ A}$ و $\omega = 4712 \text{ rpm}$

$$E = K \phi \omega$$

$$\omega = K' \frac{E}{\phi}$$

فرض بر آنست که ϕ متناسب است با I_a در سمت چپ مغناطیس میباید



(137)

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{E_2}{E_1} \times \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = 600 \times \frac{232}{234.3} \times \frac{85}{100} = 506 \text{ r.p.m}$$

$$E_{a3} = V_t - I_a(R_a + R_s) - \Delta V_b \quad I_a = 40 \text{ A}$$

$$= 250 - 40(715) - 3 = 241 \text{ ولت}$$

$$\omega_2 = \omega_1 \left(\frac{E_{a3}}{E_{a1}} \right) \times \frac{\Phi_1}{\Phi_3} = 600 \times \frac{241}{234.3} \times \frac{85}{40}$$

$$= 1260 \text{ r.p.m}$$

(ب) اگر مقاومت هم در لنتین ۰.۰۱ اهمی کاهش بدهیم (و فرکانس متغیر نیست) به نصف مقدار قبلی میبارد.

$$E_{a2} = V_t - I_a(R_a + R_{sr} + R_{gr}) - \Delta V_b$$

$$= 250 - 100(7125) - 3$$

$$= 234.5 \text{ ولت at } 100 \text{ A}$$

$$E_{a3} = V_t - I_a(R_a + R_{sr} + R_{gr}) - \Delta V_b$$

$$= 250 - 40(0.125) - 3 = 242 \text{ ولت}$$

$$\omega_2 = \omega_1 \left(\frac{E_{a2}}{E_{a1}} \right) \times \frac{\Phi_1}{\Phi_3} = 600 \times \frac{234.5}{234.3} \times \frac{85}{100} = 1022 \text{ r.p.m}$$

$$\omega_3 = \omega_1 \frac{E_{a3}}{E_{a1}} \times \frac{\Phi_1}{\Phi_3} = 600 \left(\frac{242}{234.3} \right) \times \frac{85}{100} = 2630 \text{ r.p.m}$$