

فصل سوم بررسی انواع ماشینهای DC جلسه ششم

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

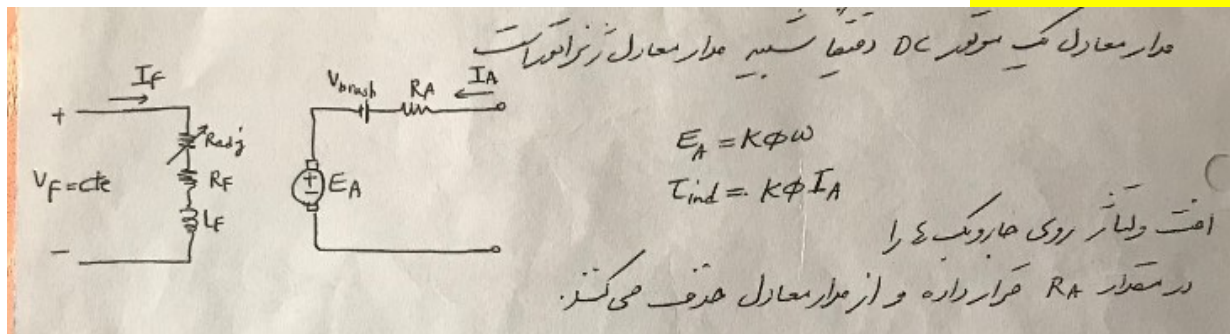
معیار تقسیم بندی موتورهای DC نحوه تامین منبع الکتریکی DC مورد نیاز برای تامین جریان تحریک (If) در مدار استاتور می باشد. براین اساس انواع موتورهای DC عبارتند از:

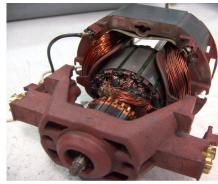
- ۱- موتور تحریک مستقل
- ۲- موتور شنت (موازی)
- ۳- موتور سری (متوالی)
- ۴- موتور کمپوند اضافی
- ۵- موتور کمپ. ند نقصانی

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:





(۱) - موتور DC تحریک مستقل و شنت:

در این دو موتور ولتاژ تحریک و در هر دو از خارج تأمین شده بنابراین اساس کار هر دو یکی است.

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

$$V_T = E_A + R_A I_A$$

$$I_A = I_L$$

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

$$V_T = E_A + R_A I_A$$

$$I_L = I_A + I_F$$

توجه: ولتاژ اندرانی

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

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 صورت معمولاً موتور تحریک مستقل برای بارهای سنگین و کنترل سرعت استفاده می‌شود.

توجه: ولتاژ اندرانی

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

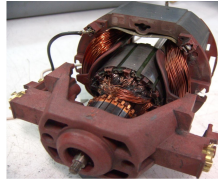
اگر موتور در سرعت معین در حال کار کردن باشد و ناگهان بار روی شفت آن افزایش یابد:

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

$$T_{load} - T_{ind} > 0 \rightarrow \alpha < 0 \left(\frac{d\omega}{dt} < 0 \right) \rightarrow \omega \downarrow \rightarrow E_A \downarrow \rightarrow I_A \uparrow$$

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

در صورت ثابت می‌شود اما مقدار آن نسبت به سرعت اولی به کاهش می‌رسد است.



ب) محاسبه مشخصه گشتاور - سرعت در موتورهای DC:

$$\begin{cases} V_T = E_A + R_A I_A \\ E_A = K\phi\omega \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_T = K\phi\omega + R_A I_A \\ T_{ind} = K\phi I_A \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_T = K\phi\omega + R_A \frac{T_{ind}}{K\phi} \\ \omega = \frac{V_T}{K\phi} - R_A \frac{T_{ind}}{(K\phi)^2} \end{cases}$$

مشخصه خروجی موتور مشخصه گشتاور-سرعت است:

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

$T_{ind} = T_{load}$ در شرایط ایستار

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

R_A مقدار کمی است. گوییم ای که در عمل اثر $\frac{V_T}{K\phi}$ خیلی بیشتر از $R_A \frac{T_{load}}{(K\phi)^2}$ است. لذا سرعت با کاهش ϕ زیاد می‌شود.

اگر موتور دارای سیم پیچی جریان کشنده نباشد، با افزایش بار (T_{load}) جریان آرمیچر (I_A) زیاد می‌شود و اگر افزایش عکس العمل آرمیچر شار را کم می‌کند. با کاهش شار سرعت زیاد می‌شود. لذا سیم پیچی خروجی به صورت زیر در می‌آید:

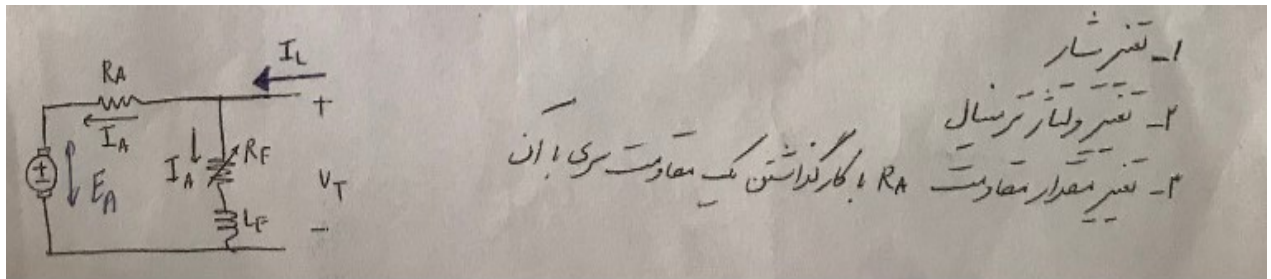
در شکل

مشخصه خروجی بدون عکس العمل آرمیچر

مشخصه خروجی با عکس العمل آرمیچر

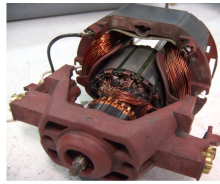
with A.R.

ج) روشهای کنترل سرعت در موتورهای DC:



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

۱- تغییر شار:



(۱) $R_f \uparrow \rightarrow I_f = \frac{V_T}{R_f} \downarrow \rightarrow \phi \downarrow \rightarrow E_A \downarrow \rightarrow I_A = \frac{V_T - E_A}{R_A} \uparrow \rightarrow T_{ind} = K\phi I_A \uparrow$

کاهش I_A تا جایی آزاد می‌آید که سرعت بالاتر شود. $T_{ind} = T_{load}$

در فرکانس فوق العاده کم کاهش I_A افزایش می‌دهد. در این حال چون میزان افزایش I_A بر کاهش ϕ برتری دارد T_{ind} زیاد می‌شود.

اگر $V_T = 250$ ولت، $R_A = 0.25 \Omega$ و $E_A = 245$ باشد $I_A = \frac{250 - 245}{0.25} = 20A$

اگر شار ϕ - اندازه I_A کاهش یابد: $E_A = 0.99 \times 245 = 242.5V$ $I_A = \frac{250 - 242.5}{0.25} = 30A$

می‌نماید I_A کاهش شار باعث ۵۰٪ افزایش I_A شدت.

● با افزایش مقاومت مدار (کاهش شار) $R_{f2} > R_{f1} \rightarrow$ نقطه‌ی باری $(\frac{V_T}{K\phi})$ بالاتر رفته و شب خط صاف افزایش می‌دهد. عبارت دیگر در یک گساور ثابت سرعت افزایش می‌دهد.

۲- تغییر ولتاژ:

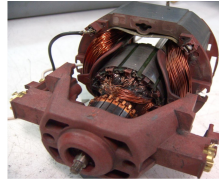
(۲) تغییر ولتاژ $\omega = \frac{V_T}{K_a \phi} - \frac{R_a \cdot T}{(K_a \phi)^2}$

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

هرچه فوق تا جایی آزاد می‌آید که در یک سرعت بالاتر، $T_{ind} = T_{load}$ شود.

شب هر دو خط یکی است. در یک گساور ثابت، با افزایش ولتاژ ترانسال سرعت زیاد می‌شود.

در این روش فقط باید ولتاژ ترانسال را تغییر دهیم بدون آنکه ولتاژ مدار عوض شود. لذا در موتور DC شنت از ترانس استوار می‌توانیم استفاده کرد.



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

۳- تغییر مقاومت آرمیچر:

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

اگر یک مقاومت را بصورت سری با سیم پیچ آرمیچر قرار دهند اثر آن افزایش شدت میدان مغناطیسی و کاهش سرعت موتور است. با افزایش مقاومت شب خط زیاد در سرعت کم می شود. تلفات آتش، حرارت، آلودگی، ضایعات، کاهش رانندگی، روشن مغز نیست

تمرین ۱:

مثال: در موتور DC تحت بار با مشخصات $250V$ ، $1200rpm$ ، $R_a = 0.03\Omega$ ، $100hp$ ، $R_f + R_{adj} = 41.5\Omega$ ، $R_a = 0.03\Omega$ ، $100hp$ ، $I_f = 6A$ ، $I_A = 126A$ ، $I_T = 132A$ ، $1103rpm$ باشد.

الف. اگر سیم پیچ شش نباشد و بصورت قطعی عرض شود، در صورت کاهش I_f به $5A$ سرعت موتور چند شود؟
ب. اگر سیم پیچ شش باشد و کاهش I_f به $5A$ سرعت موتور چند شود. (کنترل برآیند فرض شود)

حل: جریان آرمیچر اولیه:

$$I_A = I_T - I_f = 126 - 6 = 120A$$

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

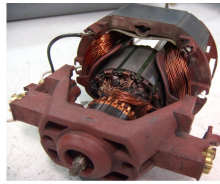
الف. وقتی سیم پیچ شش نباشد بهترین مدرس در روش این است که $I_f = K\phi \Rightarrow \phi \propto I_f$

در رابطه زیر n_2 مجهول است هم E_{A2} :

$$\frac{E_{A2}}{E_{A1}} = \frac{K\phi_2 n_2}{K\phi_1 n_1} = \frac{I_{f2} n_2}{I_{f1} n_1}$$

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

$$\frac{V_T - R_A I_{A2}}{246.4} = \frac{5 n_2}{120 n_1} \Rightarrow 1 = \frac{I_{f2} I_{A2}}{I_{f1} I_{A1}} \rightarrow I_{A2} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} I_{A1} = \frac{6}{5} \times 120 = 144A$$



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

$$\rightarrow E_{A2} = 250 - 144 \times 0.03 = 245.7V$$

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

(۱۸)

بیشتر بودن سعی می توان شار را از روی آن بداند.

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

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

// بد سعی
 if $I_F = 5A \rightarrow E_A = 250V$
 if $I_F = 6A \rightarrow E_A = 268V$

$$\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{268}{250} = 1.076 \rightarrow n_2 = 1.076 \times 1103 = 1187 \text{ rpm}$$

موتور DC سری:

در این موتور سعی می حرکت وسیله ای از هم 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 القاشد در موتور DC سری

$$T = K\phi I_A \quad \phi = c I_A \rightarrow T = Kc I_A^2$$

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 بسیار بزرگ است.

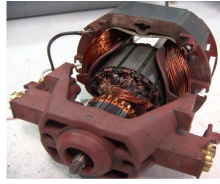
مشخصات سریال:

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

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

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

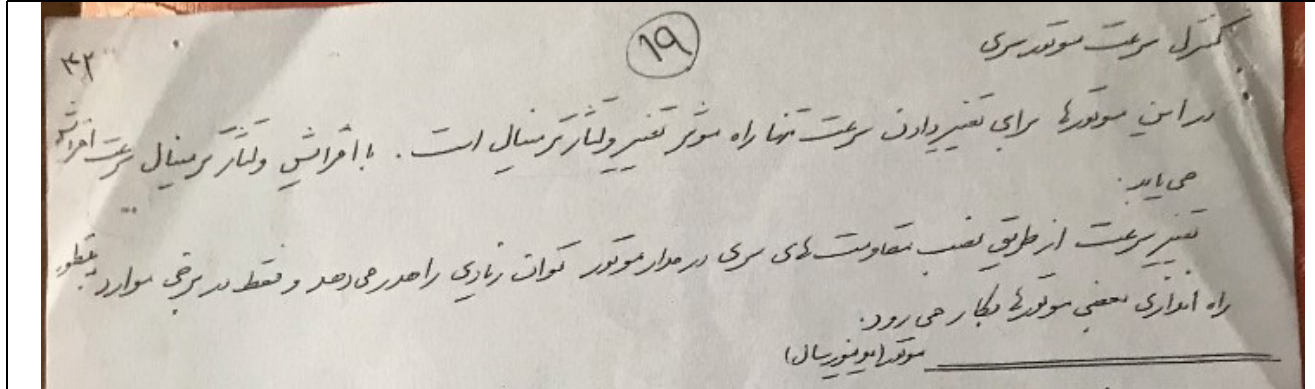
$$\omega = \frac{V_T}{\sqrt{Kc}} - \frac{1}{\sqrt{Kc}} \frac{R_S + R_A}{Kc} T$$



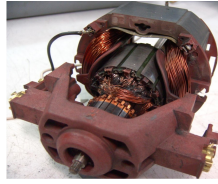
مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

درس: ماشین الکتریکی ۱

کنترل سرعت در موتورهای DC سری:



Title:	کلاس مجازی یوسف علی نژاد برمی_ ۲۰
Type:	Recording
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



درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

موتور DC کمپوند اضافی:

موتور DC کمپوند اضافی

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

(شنت بند) →

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

$$I_L = I_F + I_A$$

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

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

شنت کوتاه

$$f_{net} = f_{sh} + f_{se} - f_{AR} \rightarrow N_f I_F^* = N_f I_F + N_s I_s - f_{AR}$$

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

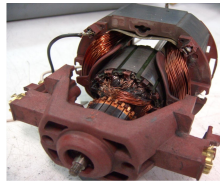
اگر یک موتور کمپوند بزرگتر مدول شود، جهت جریان از سیم برعکس میشود، در حالت جهت جریان حرکت می ماند. لذا یک موتور کمپوند اضافی یک بزرگتر کمپوند تقصاتی است یک موتور کمپوند تقصاتی یک بزرگتر کمپوند اضافی می باشد.

مشخصه گشتاور سرعت موتور DC کمپوند اضافی

موتور کمپوند در واقع میان موتور شنت است که سولنجی 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 است. اما شار تولیدی توسط حرکت سری سبب جریان بار و از سیم منفی است. لذا گشتاور این موتور بیشتر و استه با شار حرکت شنت می باشد.

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

موتور کمپوند اضافی مانند موتور سری دارای گشتاور راه اندازی بالاتر و از طرفی مانند موتور 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 زیاد معنی 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.

موتور DC کمپوند نقصانی:

در این موتور نیروی محرکه مغناطیسی سنت و سری از یکدیگر کم میشوند. اگر ۲ سری از هم می دای حرکت در حالت مثل یکدیگر میزند 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.

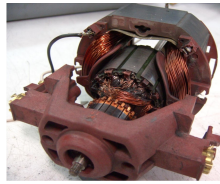
راه اندازی این موتور ترسکین نیست. در هنگام راه اندازی جریان آریمپر و حرکت سری بسیار زیاد است.

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 علبت 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 یا شار حرکت
- ۲- تغییر ولتاژ آریمپر V_T
- ۳- تغییر مقاومت آریمپر R_a



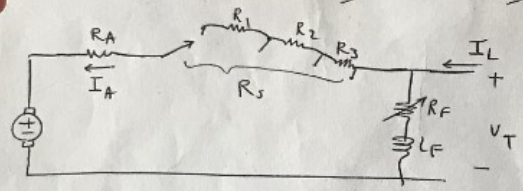
درس: ماشین الکتریکی ۱

مدرس: دکتر یوسف علی نژاد برمی

راه اندازی موتورهای DC:

۴۴
 (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 سری می شود. این خواهد شد.
 یک روش حل این مشکل استفاده از مقاومت های 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 می ماند.
 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 بخش کی مقاومت را به ترتیب قطع کند (مقاومت تعدادی که 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.

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

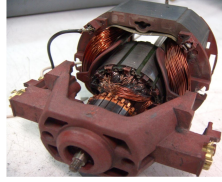
نسبت مقاومت راه انداز: $S.R.R. = \frac{R_s + R_A}{R_A} = \frac{0.357}{0.005} = 7.14$

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

$n = \frac{S.R.R.}{C.R.} = \frac{7.14}{2} = 3.57$ تعدادی که را مشخص می کند باید $n=4$ یا $n=3$

$R_s = R_1 + R_2 + R_3$

معمولاً عدد کوچکتر انتخاب میشود لذا تعدادی که ۳ می باشد



مدرس: دکتریوسف علی نژاد برمی

درس: ماشین الکتریکی ۱
