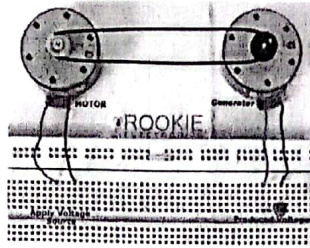


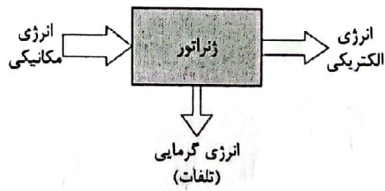
فصل سوم

ژنراتورهای جریان مستقیم



ژنراتور جریان مستقیم

• انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.



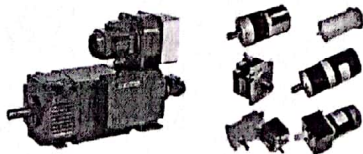
به وسیله توربین، موتور دیزلی و ...
یک انرژی مکانیکی تولید کرده و به ژنراتور داده و آن هم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند
و در این بین تلفات انرژی گرمایی تلف می‌شود

مزایای ژنراتور جریان مستقیم

- ساختار ساده
- کنترل راحت

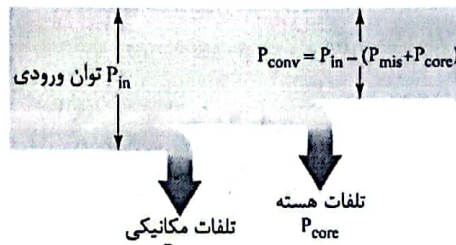
• با تغییر چند اتصال، ژنراتور با مشخصه منحصر به فرد دیگری ایجاد می‌شود.

فریب سوم ←



پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم

• همچنین بخشی دیگر از توان مکانیکی ورودی صرف تلفات فوکو و هیستریزس می شود.



*P_{conv} مناسب
توان خروجی چون قرارت از ولت مکانیکی به حالت الکتریکی تبدیل شود
تلفات هیستریزس / تلفات فوکو*

پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم

• توان تبدیل شده توانی است که در نهایت به توان الکتریکی تبدیل می شود.

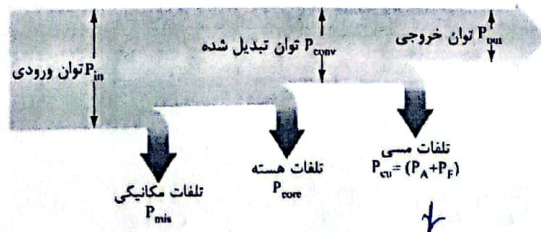
$$P_{conv} = E_A \cdot I_A$$

در این رابطه:
 P_{conv} توان تبدیل شده [w]
 E_A نیروی محرکه القایی آرمیچر [V]
 I_A جریان آرمیچر [A]

*تلفات مسی: سیم پیچ در انتهای روتور معمولاً از مس ساخته می شوند تا اینکه بتوانند میدان مغناطیسی مناسبی ایجاد کرده و به علت انجمن جرمی شوند که خود مس هم تلفات دارد که مربوط به تلفات الکتریکی سیم پیچ روتور و استاتور است.
پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم*

• بخشی از توان الکتریکی صرف تلفات مسی می شود.

• تلفات مسی شامل تلفات مقاومت الکتریکی سیم پیچ های روتور و استاتور است.



تلفات مسی: مربوط به آرمیچر + روتور و استاتور

بخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم

• توان خروجی در نهایت به بار ژنراتور تحویل داده می‌شود.

$$P_{out} = V_T \cdot I_L$$

↓
کل ژنراتور

که در این رابطه:

P_{out} توان خروجی [W]

V_T ولتاژ ترمینال‌های ژنراتور [V]

I_T جریان بار [A]

مثال

• توان ورودی یک ژنراتور ۲۵۰ ولت، برابر ۱۰ کیلووات است. اگر تلفات مکانیکی،

هسته و مسی به ترتیب برابر ۲۰۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ وات باشد، آنگاه جریان آرمیچر را

محاسبه کنید.

$$P_{out} = P_{in} - P_{mis} - P_{core} - P_{cu}$$

$$= 10000 - 200 - 500 - 300 = 9000 \text{ W}$$

$$P_{out} = V_T I_L = V_T I_A = 250 I_A = 9000 \Rightarrow I_A = 36 \text{ A}$$

در ژنراتور تلفات مکانیکی به چرخش روتور وابسته است و تلفات هسته به جریان (نیروی محرکه الکتریکی) وابسته است. پس مجموع تلفات مکانیکی و تلفات هسته یک تلفات ثابتند چون بستگی به سرعت چرخش روتور ندارند.

سهمی هستند که به سرعت وابسته است و تلفات کل ژنراتور جریان مستقیم

مجموع کل تلفات را تلفات کل می‌گویند. ΔP : تلفات کل

$$\Delta P = P_{mis} + P_{core} + P_{cu}$$

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

• مجموع تلفات مکانیکی و تلفات هسته را تلفات ثابت می‌گویند. چرا؟

• تلفات مسی (تلفات مقاومت آرمیچر و تحریک) را تلفات متغیر می‌گویند. چرا؟

استند

$$P_{cu} = R_A I_A^2$$

↓
روتور

(جریان) \times تلفات \rightarrow تلفات آرمیچر

تلفات متغیر چون وابسته به هسته و چون جریان بستگی دارد به روتور و روتور جزء آنست که تغییر می‌کند تلفات آن نیز تغییر می‌کند

بازده ژنراتور جریان مستقیم

نسبت توان خروجی به ورودی را بازده می‌گویند.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} \Rightarrow P_{in} = P_{out} + \Delta P$$

$$0 < \eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Delta P} < 1$$

اگر ΔP زیاد باشد آنگاه η به صفر نزدیک می‌شود
یعنی اگر به صفر نزدیک باشد بازده کم می‌شود

اگر ΔP کم باشد آنگاه η به 1 نزدیک
گردد که به معنی بهره‌وری زیاد و خوب خواهد بود

مثال

یک ژنراتور جریان مستقیم 4 کیلو وات، 200 ولت دارای بازده 80 درصد است.
توان ورودی، تلفات کل و جریان بار را محاسبه کنید.

$$P_{out} = 4000 \text{ W} \quad V_T = 200 \text{ V}$$

$$P_{out} = V_T I_T \Rightarrow I_T = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{4000}{200} = 20 \text{ A}$$

$$\eta = 0.8 = \frac{P_{out}}{P_{in}} \Rightarrow P_{in} = \frac{P_{out}}{0.8} \Rightarrow P_{in} = \frac{4000}{0.8} = 5000 \text{ W}$$

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} = 5000 - 4000 = 1000 \text{ W}$$

مدار معادل الکتریکی ژنراتور جریان مستقیم

بصورت خلاصه ژنراتور جریان مستقیم شامل سیم پیچ تحریک و سیم پیچ آرمیچر است.

برای نمایش ساده تر و تحلیل راحت تر از نمادهای مناسب برای اجزای مختلف استفاده می‌شود.



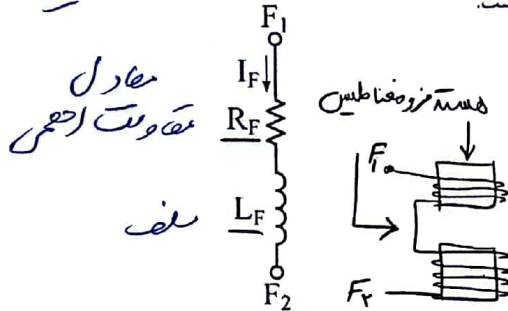
سیم پیچ
سلف
انرژی‌دهنده

A_1 و A_2 ترانسیتل ژنراتور آرمیچر

مدار معادل الکتریکی یک ژنراتور

مدار معادل الکتریکی ژنراتور جریان مستقیم

سیم پیچ تحریک، شامل یک سلف و مقاومت است.

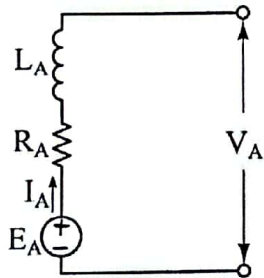


R_F معادل مقاومت اهمی سیم پیچ تحریک
 L_F ضریب خود القایی سیم پیچ تحریک
 I_F جریان سیم پیچ تحریک

مدار معادل الکتریکی ژنراتور جریان مستقیم

سیم پیچ آرمیچر نیز، شامل یک سلف و مقاومت و یک منبع تغذیه است.

معادل ولتاژ حرکتی سیم پیچ آرمیچر
 معادل نیرو محرکه القایی سیم پیچ آرمیچر



E_A معادل نیروی محرکه القایی در سیم پیچ آرمیچر [V]
 R_A معادل مقاومت اهمی سیم پیچی آرمیچر [Ω]
 L_A ضریب خود القایی سیم پیچی آرمیچر [H]
 I_A جریان سیم پیچی آرمیچر [A]
 V_A ولتاژ دو سر آرمیچر [V]

جریان سیم پیچ آرمیچر از خود ریس نشود
 و یک منبع هم که قدر از آن نیرو محرکه به آرمیچر برود

مثال

• یک ژنراتور DC توسط یک موتور دیزل با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه راه اندازی می شود. مقاومت مدار تحریک ژنراتور برابر ۱۰۰ اهم و رابطه شار تحریک با جریان تحریک بصورت $\varphi = 0.1 I_F$ است. اگر سیم پیچ استاتور به منبع ۲۰۰ ولت و یک مقاومت ۱۲.۵ اهم به پایانه ژنراتور متصل گردد آنگاه جریان بار در حالت دائمی را محاسبه کنید.

$K = 3.2 \text{ 1/rad}$ $R_A = 7.5 \Omega$

سرعت $\omega = 4000 \text{ RPM} = 50 \text{ RPS}$ $R_F = 100 \Omega$ مقاومت در مدار تحریک

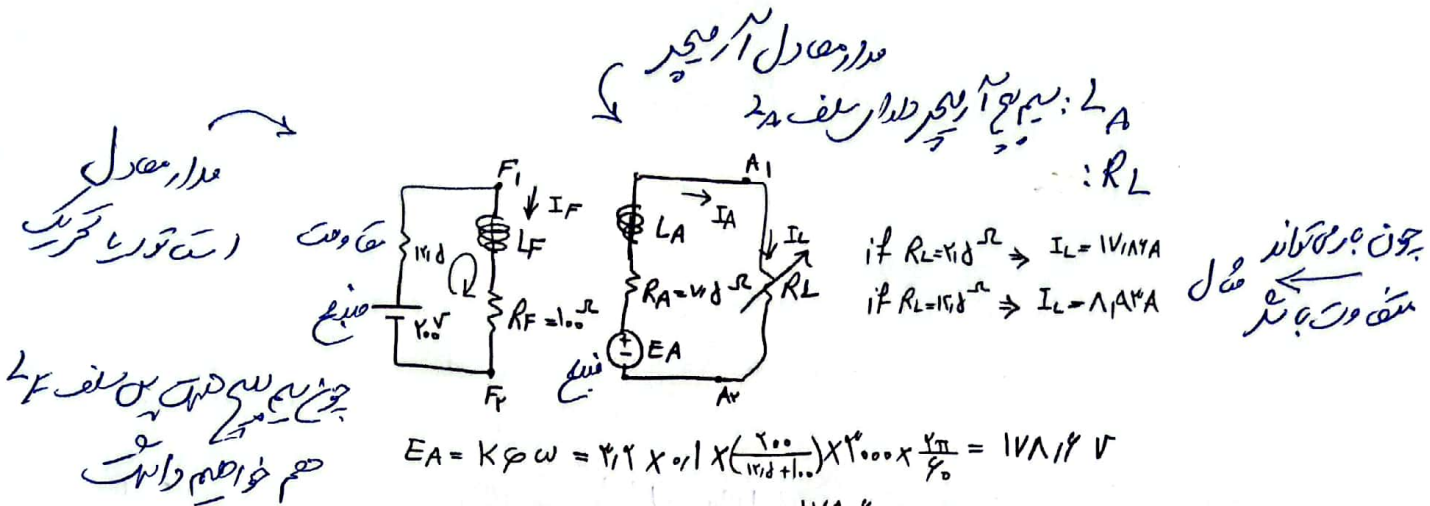
دور در دقیقه دور در ثانیه

$\frac{3000}{60} = 50$

$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 3000}{60}$

تبدیل RPM به راد بر ثانیه

$$\varphi = \lambda I_F, I_F = \frac{V}{R} = \frac{200}{12,5 + 100}$$



چون برده می‌تواند متعادل باشد

$$\text{if } R_L = 45 \Omega \Rightarrow I_L = 17,182 \text{ A}$$

$$\text{if } R_L = 12,5 \Omega \Rightarrow I_L = 8,142 \text{ A}$$

$$E_A = k \varphi \omega = 212 \times 0,1 \times \left(\frac{200}{12,5 + 100} \right) \times 2000 \times \frac{2\pi}{60} = 17812 \text{ V}$$

$$E_A = (R_A + R_L) I_A \Rightarrow I_L = \frac{17812}{R_L + 45} \text{ A}$$

چون بار R_L متغیر است و باید R_L در مقادیر مختلف I_L متغیر است و باید

توضیح مدار معادل آر میسر:

در این منبع E_A ، مقاومت آر میسر $R_A = 45 \Omega$ ، دارای سیم سلف L_A و یک مقاومت بار R_L به مثابه قراردات به یک لایحه وصل شود و یک جابجایی روشن کنیم

گویی! وقتی در صورت تحویل جریان به بار در حالت دائم در نظر بگیریم زمان است که بار به آخرین حد مقادیر خودش می‌رسد و از آن بپسند مقدار روشن تغییر نمی‌دهند در این مواقع سلف‌ها را از اتصال کوتاه حذف می‌کنند چون تغییر جریان در حالت

بار کامل نخواهند داشت

انبات:

$$E_A = \frac{P}{a} \cdot 2 \cdot \varphi \cdot \frac{n}{\%}$$

فقط برای حالت بار کامل

E_A : نیروی محرکه الکتریکی ناشی از جوش هادی که روگرد داخل میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط آهن‌قود

a : تعداد راه جریانی سیم آر میسر

2 : تعداد بازوهای دیون فیادهای رتور

$$E_A = \frac{P}{a} \cdot 2 \cdot \varphi \cdot \frac{n}{\%} \times \left(\frac{2\pi}{2\pi} \right)$$

ω : سرعت زاویه‌ای مقدر

$$k = \frac{P}{a} \cdot \frac{2}{2\pi} \left(\frac{1}{\text{rad}} \right) \quad \omega = \frac{2\pi n}{60} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

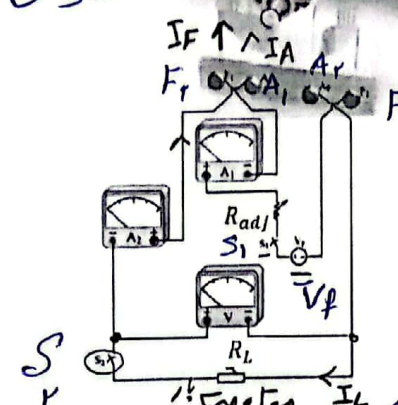
$$E_A = k \cdot \varphi \cdot \omega \Rightarrow E_A \propto \varphi, E_A \propto \omega$$

توسیل F_1 و F_2 به ترمینال A_1 و A_2 متصل می شوند
 به معنی آنست که روی ترمینال A_1 و A_2 قرار گرفته اند
 هم به معنی روتور (در وسط) است
 ترمینال A_1 و A_2 هم در وسط



در خط اول کلید S_1 و S_2 باز هستند
 مقاومت R_{adj} به عنوان مقاومت تنظیم عمل می کند

I_A : چون آمپر

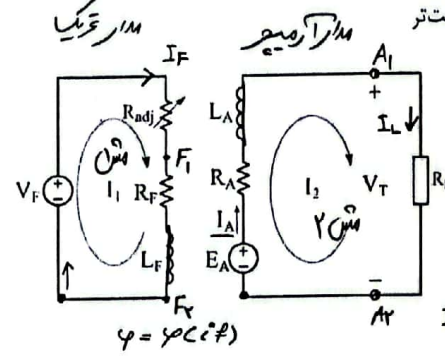


با آمپر متر I_A جریان را به ولت مقرونه ترمینال را بدست می آوریم

وقتی S_1 و S_2 باز است به منبع تغذیه V_F یک نیرو محرکه به روتور القا می کنیم تا موتور روتور را راه اندازد
 سرعت موتور را به مقدار نامی (به معنی به ضریب ۱۰۰) می آوریم و کلید S_1 را می بندیم قبل از بستن کلید S_2 ، I_F مقدار کمی دارد بعد از بستن S_2 I_F مقدار کمی در روپس می آید چون مقاومت تنظیم R_{adj} را تغییر می دهیم تا V_T زیاد

• مدار معادل الکتریکی؛ تحلیل راحت تر

تحلیل
 توضیح دارد



$$\begin{cases} -V_F + (R_{adj} + R_F) I_1 + 0 = 0 \\ I_1 = I_F = \frac{V_F}{R_F + R_{adj}} \end{cases}$$

$$P_{CAF} = (R_F + R_{adj}) I_F^2$$

$$-E_A + R_A I_2 + R_L I_2 = 0$$

$$I_2 = \frac{E_A}{R_A + R_L} \quad (E_A = K\phi\omega)$$

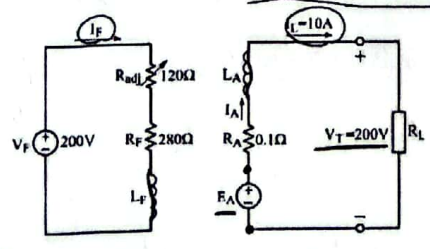
موتور I_F زیاد در روپس می آید
 R_{adj} و مقدار R_{adj} را تا جایی کم می کنیم که ولت V_T کم

داریم بدست می آوریم به صورت I_2 نامی (روی بورد دستگاه) برسد
 که این همان روش راه اندازی ژنراتور تحریک مستقل DC است

مثال

$K = 2 \text{ 1/rad}$

ژنراتور جریان مستقیم با تحریک مستقل ۲۰۰ ولت، جریان آمپر ۱۰ امپر مطابق شکل زیر مفروض است. اگر سرعت محور ژنراتور برابر ۲۴۰۰ دور بر دقیقه باشد، جریان تحریک، نیروی محرکه القایی و شار مغناطیسی تحریک را محاسبه کنید.



جریان تحریک $I_F = \frac{V_F}{R_{adj} + R_F} = \frac{200}{120 + 280} = 0.5 \text{ A}$
 نیرو محرکه القایی $(E_A = K\phi\omega)$
 $E_A = R_A I_A + V_T = 0.1 \times 10 + 200 = 201$

وقتی ترمینال را داریم
 چون همزمان از فول دم استفاده می کنیم
 (kvl مدار آمپر)

تکلیف جریان مستقیم - تحریک متقل

تاریخ:

ارتباط کلی بین مدار تحریک و مدار آرمیچر وجود ندارد

مدار فصل الکتریکی مدار تحریک:

نیروی محرکه خارجی (V_F) - مقاومت تنظیم (R_{adj}) که با مقاومت خود مدار تحریک (R_F)

یا همان استاتور سری می شود - سیم پیچ (L_F)

F_1 و F_2 توسط یک استاتور که جریان I_F از آن عبور می کند

مدار آرمیچر:

نیروی محرکه (E_A) و مقاومت خود آرمیچر - L_A نشان دهنده سیم پیچ آرمیچر

و یک بار (R_L) به آن وصل خواهد شد.

A_1 و A_2 توسط یک آرمیچر

در جریان مستقیم تلفات ناشی از شکل کوتاه محل می کشند $L_A = 0$ و $L_F = 0$

حل مدار: بدست آوردن ولت تری و جریان

چون دقت حلقه داریم k_{ul} رسم می کشیم

$$\begin{cases}
 -V_F + (R_{adj} + R_F) I_1 + L_F = 0 \\
 I_1 = I_F = \frac{V_F}{R_F + R_{adj}}
 \end{cases}$$

کول k_{ul} مدار تحریک

تبدیل استند جریان الکتریکی می شود و آن جریان الکتریکی باعث نیروی محرکه می شود

چون جریان تلف یک جریان میفرستد خواهد بود ولی در جریان DC، چون ابتدا استند:

سلف را اتصال کوتاه در نظر می آوریم $L_A = 0$

kvl مدار آرمیتر $\left\{ \begin{aligned} -E_A + R_A I_r + \underbrace{(L_A)}_{\text{صفر}} + R_L I_r = 0 \end{aligned} \right.$

$$I_r = \frac{E_A}{R_A + R_L} \rightarrow E_A = k \phi \omega$$

↓ ↓ ↓
 سرعت چرخش ω سرعت

تلفات مسی مدار تحریک $P_{cuF} = R I_r^2 = (R_F + R_{adj}) I_r^2$

$$W = 2 \Sigma a \cdot \frac{rev}{min} \xrightarrow{\text{بسیک}} \text{دولت}$$

$$\varphi = \frac{EA}{k\omega} = \frac{2.01}{2 \times 2 \times 10^8 \times \frac{2\pi}{60}} = \frac{2.01}{14.0 \pi}$$

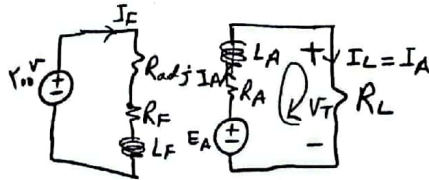
$$\varphi = 0.1 \Sigma Wb = 200 mWb$$

مثال

• برای یک ژنراتور جریان مستقیم کمیت‌های زیر داده شده است.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_F = 200 [V], I_F = 0.4 [A], R_F = 450 [\Omega] \\ E_A = 260 [V], R_A = 0.5 [\Omega], V_T = 250 [V] \end{array} \right.$$

مطلوب است:



✓ الف - مقدار مقاومت تنظیم کننده جریان تحریک

✓ ب - جریان بار و آرمیچر

✓ ج - تلفات مسی و توان خروجی

R_{adj}
 I_A, I_L

$$I_F = \frac{V_F}{R_F + R_{adj}} = 0.4 = \frac{200}{450 + R_{adj}} \Rightarrow 450 + R_{adj} = 500$$

$(R_{adj} = 50 \Omega)$

$$I_A = I_L = \frac{E_A}{R_A + R_L}$$

$$E_A = R_A I_A + V_T \Rightarrow I_A = \frac{E_A - V_T}{R_A} = \frac{260 - 250}{0.5} = 20 A \quad I_A = 20 A$$

توان خروجی $P_{out} = V_T I_L = 250 \times 20 = 5000 W = 5 kW$

توان تلفات $P_{cu} = (R_F + R_{adj}) I_F^2 + R_A I_A^2 = 500 \times 0.16 + 0.5 \times 400 = 280 W$

(تلفات مسی و تلفات آهنین)