



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

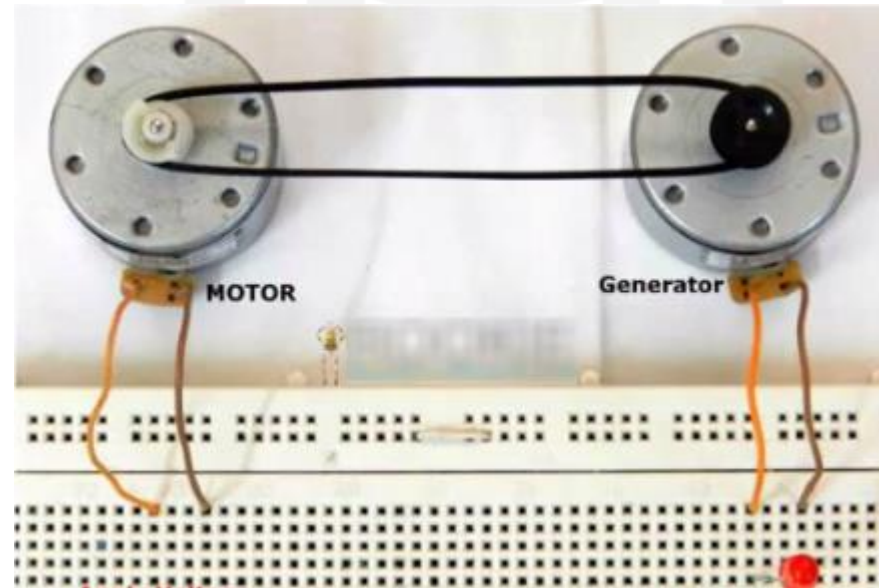
مبانی برق ۲

جلسه ۱



فصل سوم

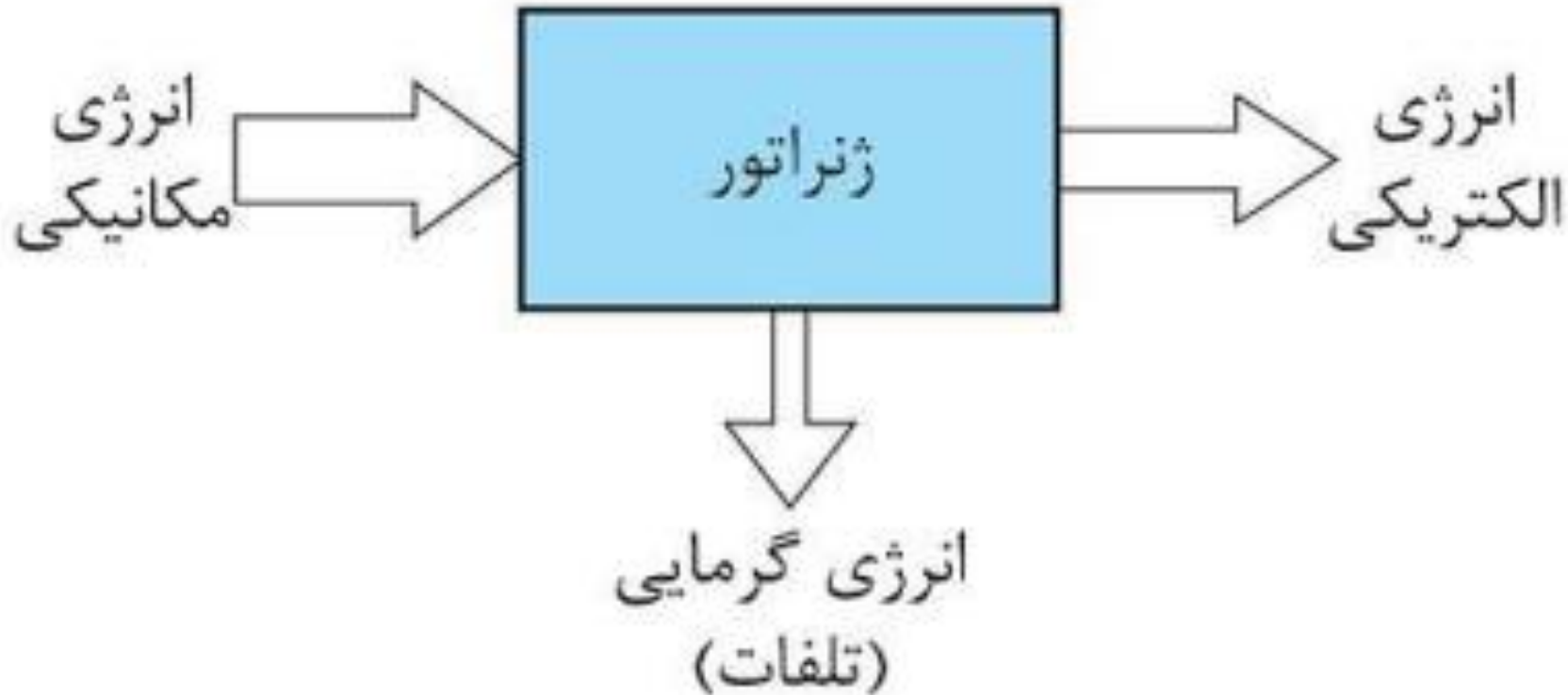
ژنراتورهای جریان مستقیم





ژنراتور جریان مستقیم

- انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند.





مزایای ژنراتور جریان مستقیم



- ساختار ساده
- کنترل راحت
- با تغییر چند اتصال، ژنراتور با مشخصه منحصر به فرد دیگری ایجاد می شود.





وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت

پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم



- توان مکانیکی برای چرخش روتور توسط موتور دیزلی یا بنزینی و یا هر محرک دیگری تامین می شود.



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه جیرفت



پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم



- بخشی از توان مکانیکی ورودی صرف **تلفات مکانیکی** می شود.
- تلفات مکانیکی شامل **تلفات اصطکاک مکانیکی و فن** است.

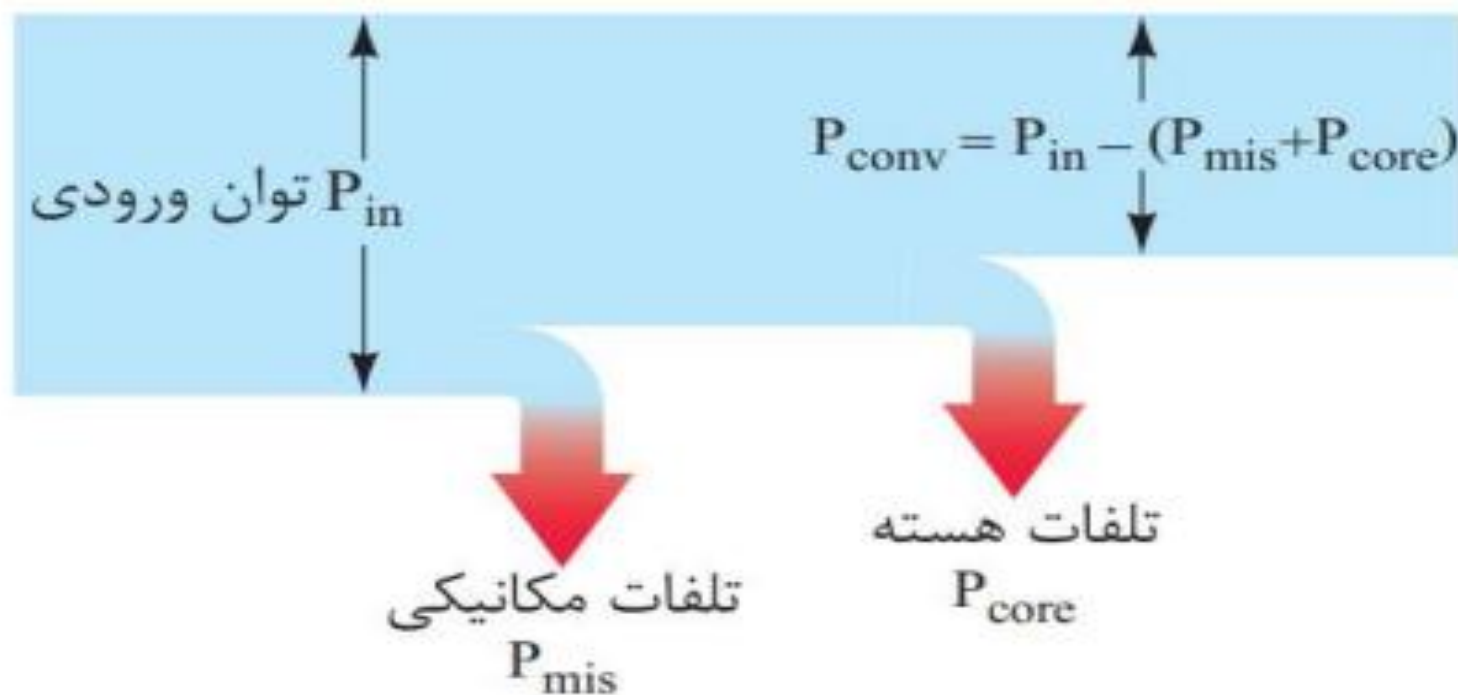




پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم



- همچنین بخشی دیگر از توان مکانیکی ورودی صرف تلفات **فوکو** و **هیستریزیس** می شود.
- این تلفات مربوط به هسته است.





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]

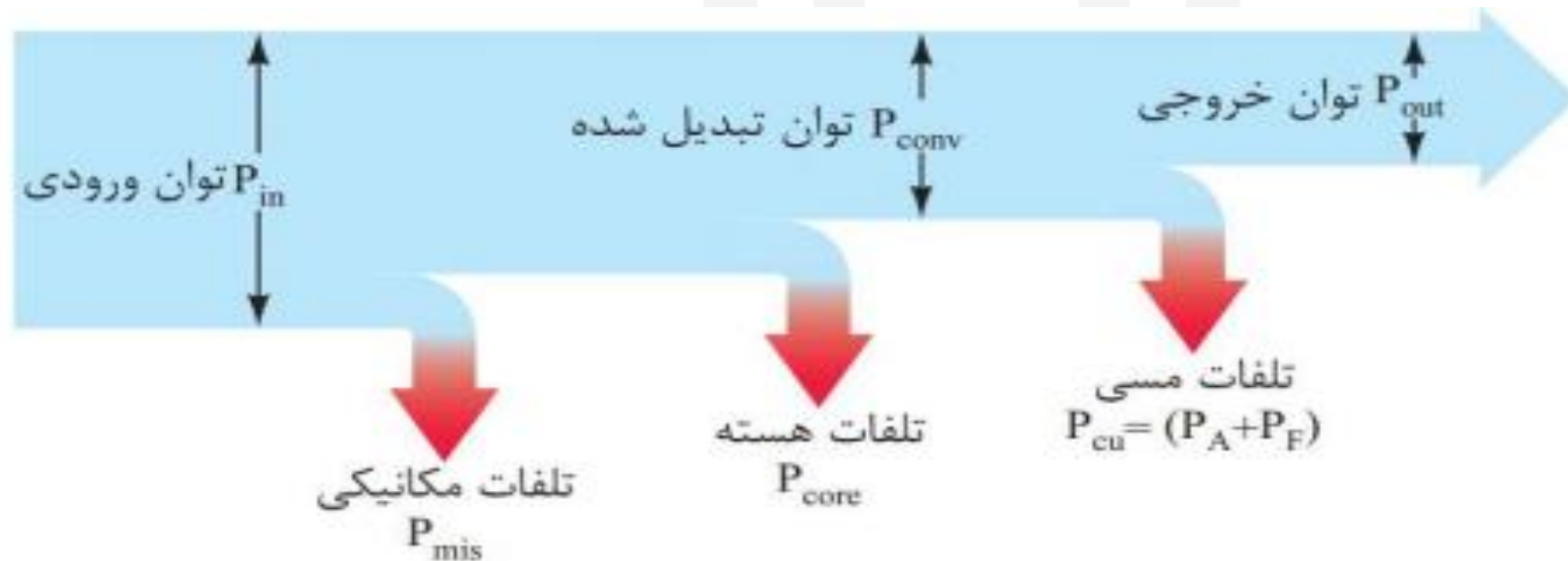


پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم



• بخشی از توان الکتریکی صرف **تلفات مسی** می شود.

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





پخش توان و تلفات در ژنراتور جریان مستقیم



• توان خروجی در نهایت به **بار ژنراتور** تحویل داده می شود.

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

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.

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

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

$$P_{out} = V_T I_L = V_T I_A = 230 I_A = 9000 \Rightarrow I_A = 39 \text{ A}$$



تلفات کل ژنراتور جریان مستقیم

• مجموع کل تلفات را تلفات کل می گویند.

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

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

- مجموع تلفات مکانیکی و تلفات هسته را تلفات ثابت می گویند. چرا؟
- چون تلفات مکانیکی وابسته به سرعت چرخش روتور و تلفات هسته وابسته به نیرو محرکه القایی (E_A) است.
- تلفات مسی (تلفات مقاومت آرمیچر و تحریک (سیمپیچی استاتور)) را تلفات متغیر می گویند. چرا؟
- چون وابسته به نوع بار هستند.

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



بازده ژنراتور جریان مستقیم



• نسبت توان خروجی به ورودی را **بازده** می گویند.

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

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

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

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



مثال



- یک ژنراتور جریان مستقیم ۴ کیلو وات، ۲۰۰ ولت دارای بازده ۸۰ درصد است. توان ورودی، تلفات کل و جریان بار را محاسبه کنید.

$$P_{out} = 8000 \text{ W}$$

$$V_T = 200 \text{ V}$$

$$P_{out} = V_T I_T \Rightarrow$$

$$I_T = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{8000}{200} = 40 \text{ A}$$

$$\eta = 0.8 = \frac{P_{out}}{P_{in}} \Rightarrow P_{in} = \frac{P_{out}}{0.8} \Rightarrow P_{in} = \frac{8000}{0.8} = 10000 \text{ W}$$

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} = 10000 - 8000 = 2000 \text{ W}$$



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 می شود.

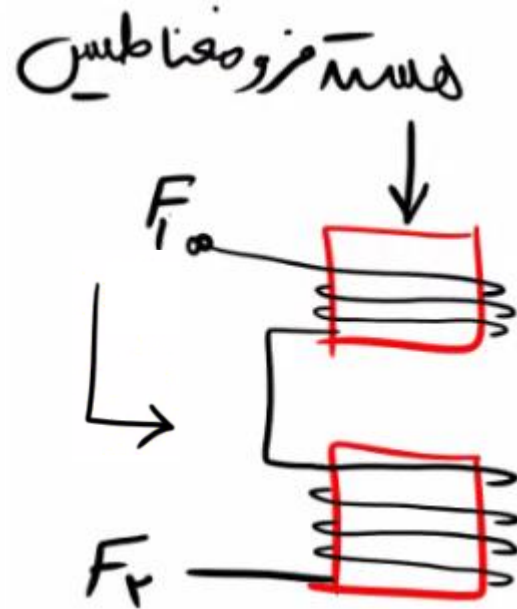




مدار معادل الکتریکی ژنراتور جریان مستقیم



• 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

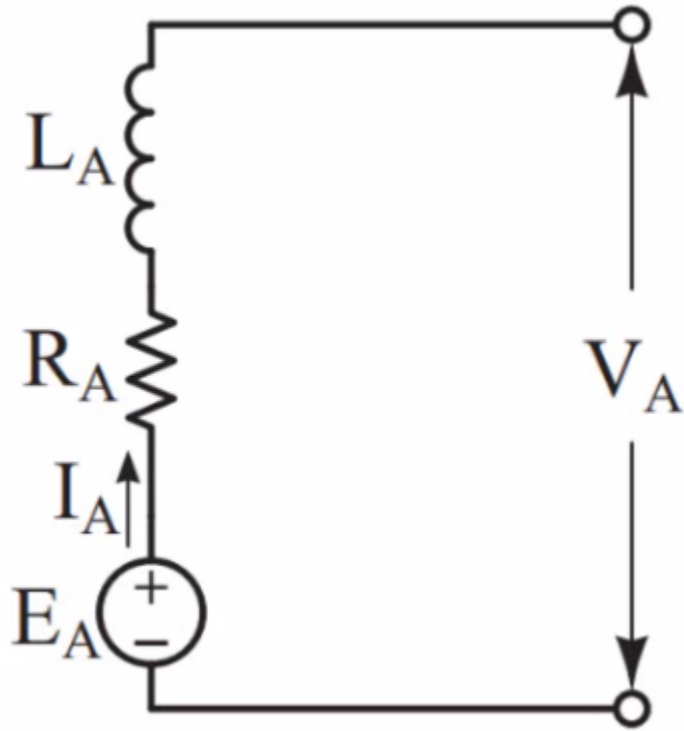
I_F جریان سیم پیچ تحریک



مدار معادل الکتریکی ژنراتور جریان مستقیم



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



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]



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.

$$K = 3.2 \text{ 1/rad}$$

$$R_A = 7.5 \Omega$$

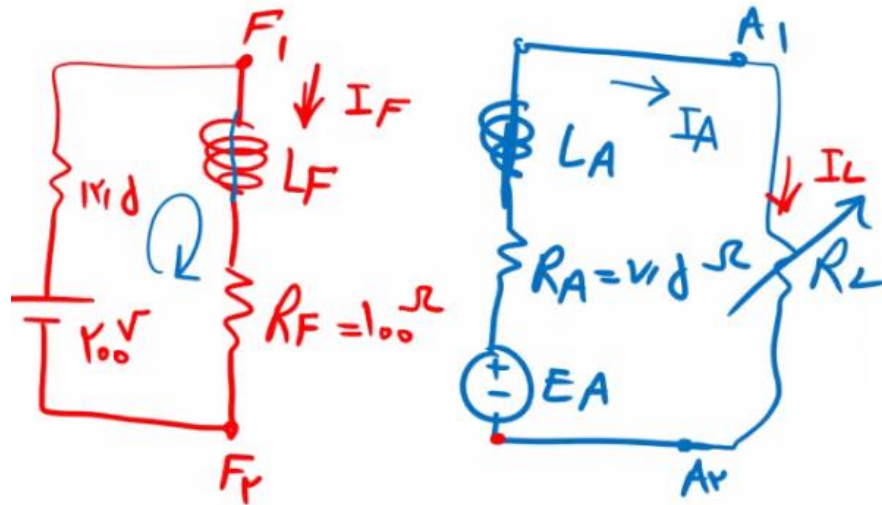
$$n = 3000 \text{ RPM} = 50 \text{ RPS}$$

$$R_F = 100 \Omega$$



از مدار معادل الکتریکی استفاده می‌کنیم

• در حالت دایمی سلف اتصال کوتاه است



$$\text{if } R_L = 12.8 \Omega \Rightarrow I_L = 17.184 \text{ A}$$

$$\text{if } R_L = 15.8 \Omega \Rightarrow I_L = 11.93 \text{ A}$$

$$E_A = K \phi \omega = 3.14 \times 0.1 \times \left(\frac{200}{12.8 + 100} \right) \times 1000 \times \frac{2\pi}{60} = 178.14 \text{ V}$$

$$E_A = (R_A + R_L) I_A \Rightarrow I_L = \frac{178.14}{R_L + 12.8} \text{ A}$$



مشخصات ژنراتور جریان مستقیم



• مشخصاتی که کارخانه سازنده ژنراتور ارائه می دهد، **مشخصات ژنراتور** نام دارد.

• **دسته اول:** مشخصات پلاک ماشین

220V	1.1KW
5.5A	IP55
1400RPM	S1
35Kg	





مشخصات ژنراتور جریان مستقیم

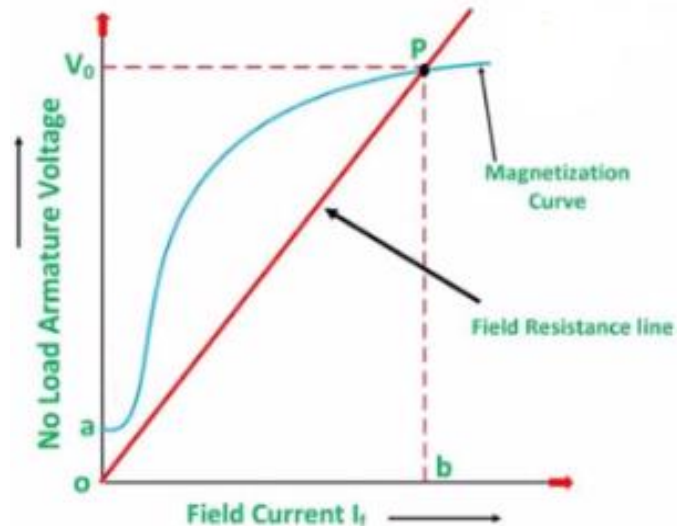
• مشخصاتی که کارخانه سازنده ژنراتور ارائه می دهد، **مشخصات ژنراتور** نام دارد.

• **دسته دوم:** مشخصات بی باری و بار داری (منحنی مشخصه ها)

منحنی مشخصه بی باری $E_A = f(I_F)$ ← $I_L = 0$ ← **آرمیچر مدار باز است.**

منحنی مشخصه بار داری $V_T = f(I_L)$ ← **ω ثابت
 I_F ثابت**

منحنی مشخصه تنظیم $I_f = f(I_L)$ ← **ω ثابت
 V_T ثابت**





مشخصات ژنراتور جریان مستقیم

- مشخصاتی که کارخانه سازنده ژنراتور ارائه می دهد، **مشخصات ژنراتور** نام دارد.
- **دسته سوم:** مشخصات حاصل از تجزیه و تحلیل دسته یک و دو

$$\%V_R = \frac{E_A - V_T}{V_T} \times 100$$

V_R تنظیم ولتاژ

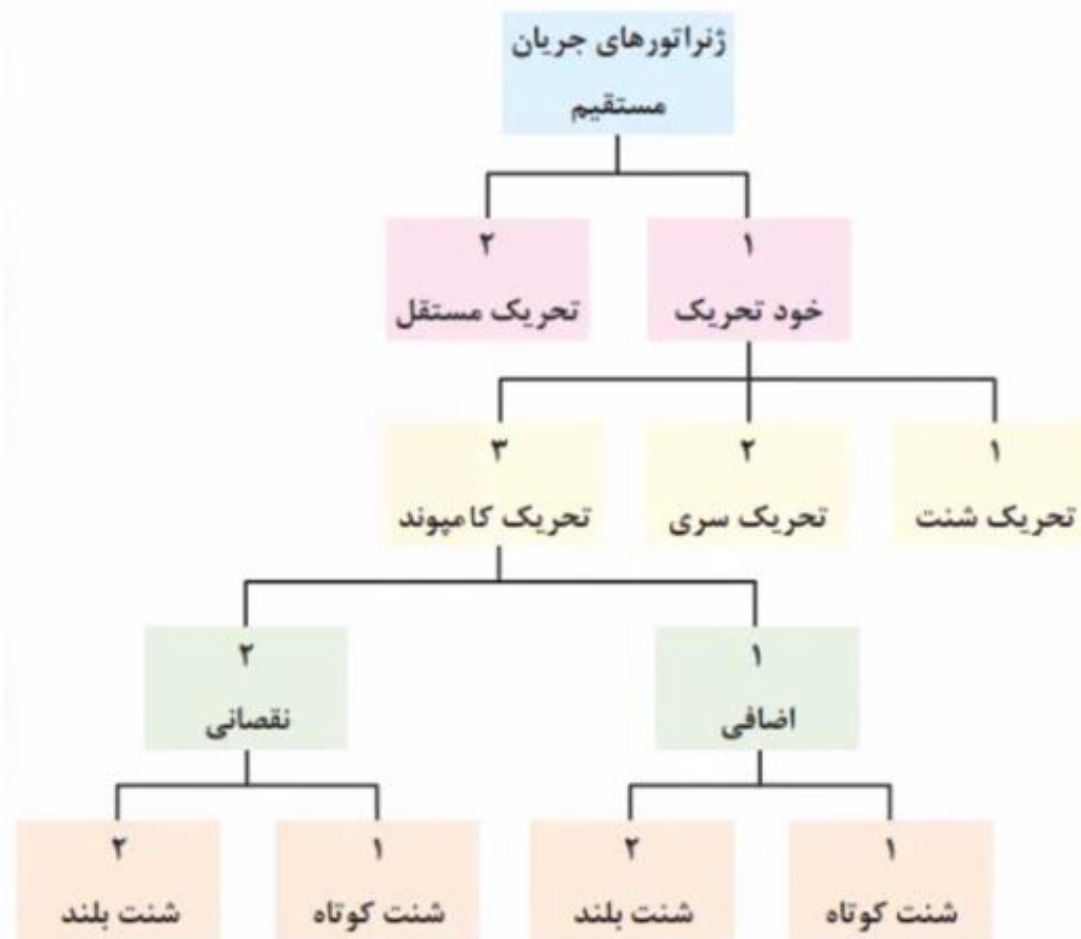
E_A نیروی محرکه القایی آرمیچر

V_T ولتاژ پایانه‌های ژنراتور

- اگر درصد تنظیم پایین باشد، یعنی با افزایش جریان بار، ولتاژ پایانه کمتر تغییر می کند.



طبقه بندی ژنراتورهای جریان مستقیم

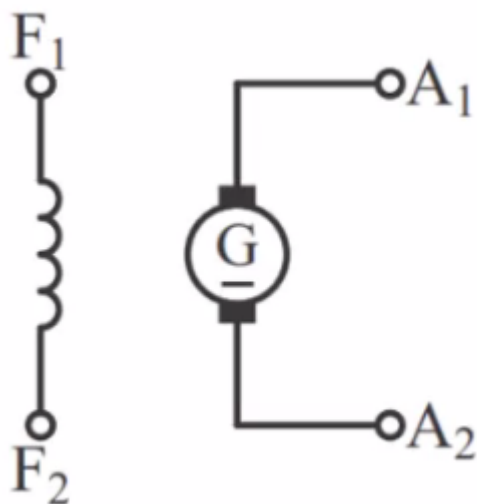




ژنراتور جریان مستقیم - تحریک مستقل



- مدار سیم پیچ آرمیچر و مدار سیم پیچ تحریک ارتباط فیزیکی ندارند.
- جریان تحریک توسط منبع خارجی تامین می شود.

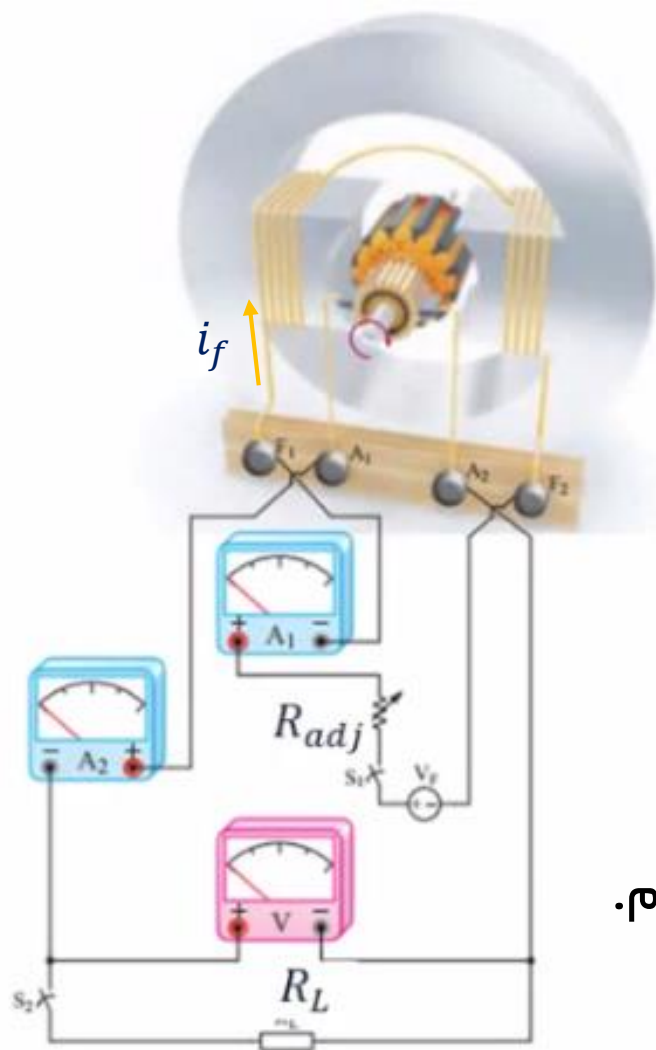


$$E_A = K\phi\omega$$

شار سیم پیچ تحریک
وابسته به جریان سیم پیچ تحریک است



ژنراتور جریان مستقیم - تحریک مستقل



- طرح واره یک ژنراتور تحریک مستقل
- مقاومت تنظیم است که با آن I_f را تنظیم می‌کنیم.
- مقاومت بار R_L
- نحوه راه اندازی
- S_2 را باز می‌کنیم بعد S_1 را نیز باز می‌کنیم.
- روتور را می‌گردانیم
- S_1 را می‌بندیم
- I_f کم و ϕ کم است. (R_{adj} یا R_D) در ابتدا حداکثر است.
- R_d را کم می‌کنیم. تا ولتمتر مقدار نامی را نشان بدهد.
- نحوه بهره برداری
- باید S_2 را ببندیم. (ممکن است ولتاژ افت کند) پس باید R_D را کمتر کنیم.



ژنراتور جریان مستقیم – تحریک مستقل



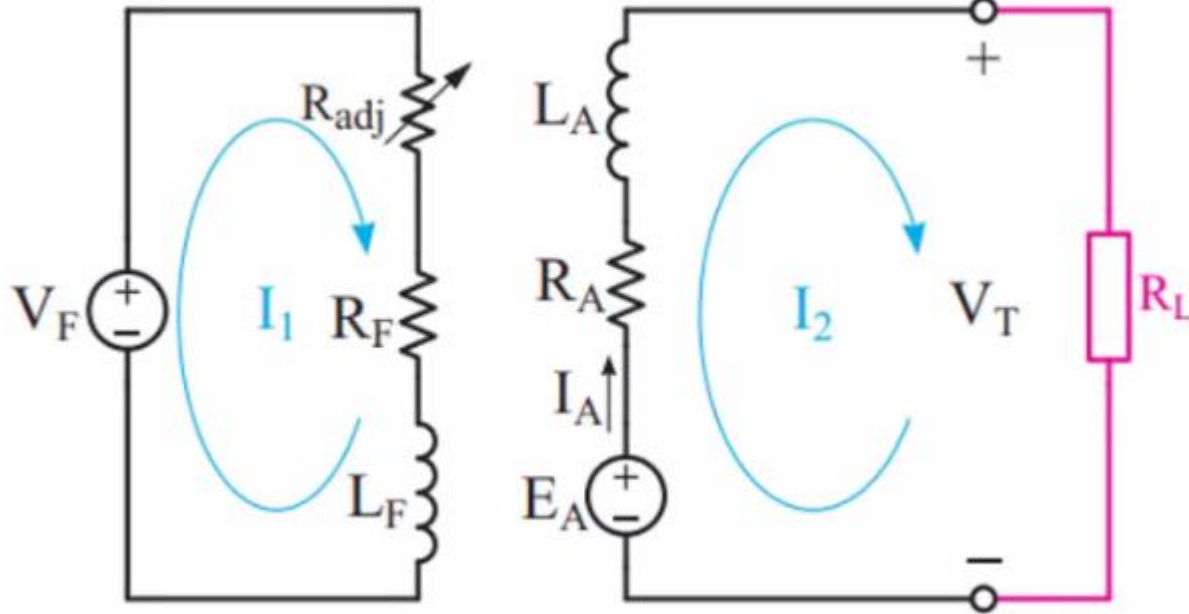
• مدار معادل الکتریکی؛ تحلیل راحت تر

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

$$P_{CAF} = (R_F + R_{adj}) I_F^2 \quad \text{تلفات مسی مدار}$$

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

$$I_r = \frac{E_A}{R_A + R_L} \quad \text{و } E_A = K \phi \omega$$



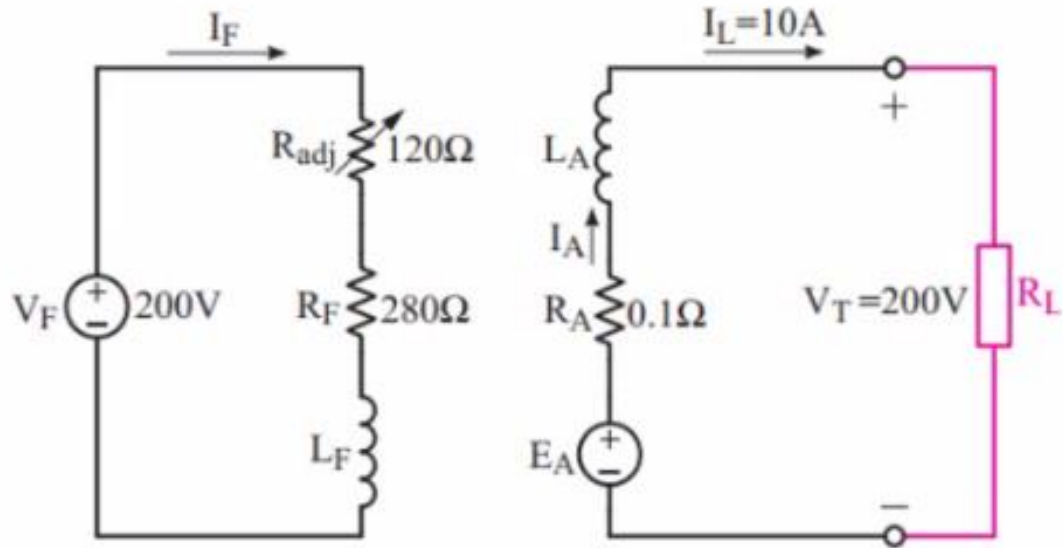


مثال



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

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



$$I_F = \frac{V_F}{R_{adj} + R_F} = \frac{200}{120 + 280} = 0.5 \text{ A}$$

$$E_A = K \phi \omega$$

$$E_A = R_A I_A + V_T = 0.1 \times 10 + 200 = 201 \text{ V}$$



مثال



$$\varphi = \frac{EA}{K\omega} = \frac{201}{2 \times 2 \cancel{\varepsilon_0} \times \frac{2\pi}{\cancel{\varepsilon_0}}} = \frac{201}{190\pi}$$

$$\varphi = 0.1 \varepsilon \omega b = 200 \text{ m.w.b}$$



مثال



• برای یک ژنراتور جریان مستقیم کمیت های زیر داده شده است.

$$V_F = 200 [V], I_F = 0.4 [A], R_F = 450 [\Omega]$$

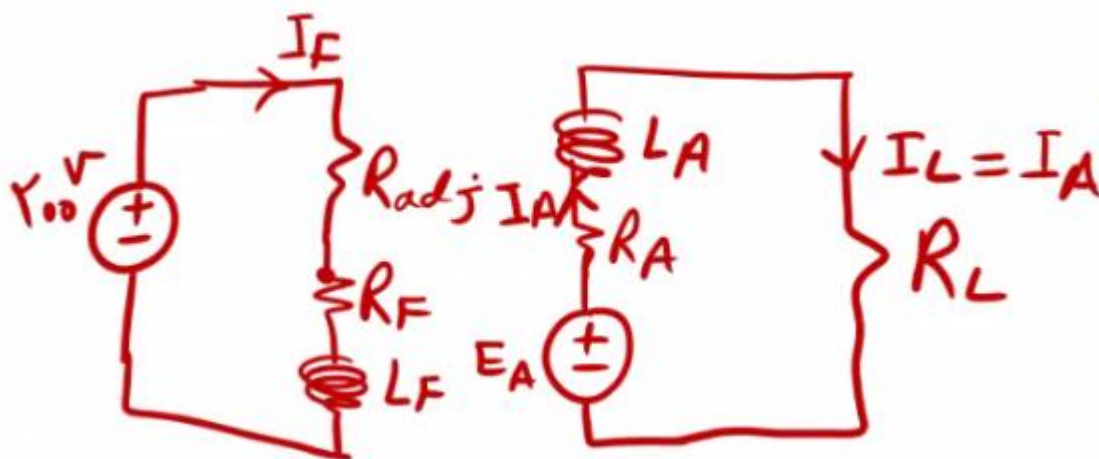
$$E_A = 260 [V], R_A = 0.5 [\Omega], V_T = 250 [V]$$

مطلوب است:

الف - مقدار مقاومت تنظیم کننده جریان تحریک

ب - جریان بار و آرمیچر

ج - تلفات مسی و توان خروجی





مثال



$$I_F = \frac{V_F}{R_F + R_{adj}} = 0.1 \text{ A} = \frac{100}{R_{adj} + R_F} \Rightarrow R_{adj} + R_F = 1000$$

$(R_{adj} = 100 \Omega)$

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

$$E_A = R_A I_A + V_T \Rightarrow I_A = \frac{E_A - V_T}{R_A} = \frac{240 - 20}{100} = 2.0 \text{ A}$$

$$P_{out} = V_T I_L = 20 \times 2.0 = 40 \text{ W} = 0.4 \text{ kW}$$

$$P_{ca} = (R_F + R_{adj}) I_F^2 + R_A I_A^2 = 1000 \times 0.1^2 + 100 \times 2^2 = 410 \text{ W}$$