$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{۲۴۰}{۲۰۰} = ۱/۲A$$

$$I_{an1} = I_{tn1} - I_f = ۷/۲ - ۱/۲ \rightarrow I_{an1} = ۶A$$

$$E_{an1} = V_t - R_a I_{an1} = ۲۴۰ - ۱/۲ \times ۶ \rightarrow E_{an1} = ۲۳۲/۸v$$

$$P_{bsmech} = E_{an1} I_{an1} = ۲۳۲/۸ \times ۶ \rightarrow P_{bsmech} = ۱۳۹۶/۸w$$

ر حالت بارداری خواهیم داشت:

$$E_a = V_t - R_a I_a = ۲۴۰ - ۱/۲ (۷۵ - ۱/۲) \rightarrow E_a = ۱۵۱/۴۴v$$

وان خروجی برابر است با توان در حالت بارداری منهای تلفات مکانیکی که در حالت بی‌باری به ست آمد، پس داریم:

$$P_{out} = E_a I_a - P_{bsmech} = ۱۵۱/۴۴ \times ۷۳/۸ - ۱۳۹۶/۸ \rightarrow P_{out} = ۹۷۷۹/۴۷w$$

وان ورودی نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_{in} = V_t I_t = ۲۴۰ \times ۷۵ \rightarrow P_{in} = ۱۸۰۰۰w$$

س راندمان برابر است با:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times ۱۰۰ = \frac{۹۷۷۹/۴۷}{۱۸۰۰۰} \times ۱۰۰ \rightarrow \eta = ۵۴/۳۳\%$$

مسائل حل شده

۱ـ یک ژنراتور DC، 6 کیلوواتی، ۱۲۰ ولتی و ۱۲۰۰ دور در دقیقه‌ای مفروض می‌باشد. مشخصه مغناطیس شوندگی این ژنراتور در سرعت ۱۲۰۰rpm در جدول زیر آمده است.

مقاومت آرمیچر ۰/۲Ω بوده و مقاومت مدار تحریک ۱۰۰Ω می‌باشد. ماشین در سرعت ۱۲۰۰rpm به صورت تحریک جداگانه چرخانده می‌شود و جریان تحریک آن نیز ۰/۸A می‌باشد.

جدول (۵-۱)

I_f (A)	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۸	۱	۱/۲
E_a (V)	۵	۲۰	۴۰	۶۰	۷۹	۹۳	۱۰۲	۱۱۴	۱۲۰	۱۲۵

اگر مقاومت بار برابر ۱۲Ω باشد با چشم پوشی از اثر عکس العمل آرمیچر مطلوبست محاسبه:

الف) $K_a\phi$

ب) E_a و I_a

ج) گشتاور (T) و توان تحویلی به بار

حل الف) با توجه به مشخصه مغناطیس شوندگی، به ازای جریان تحریک ۰/۸A، $E_a = ۱۱۴V$.

با توجه به رابطه (۵-۱۱) داریم:

$$E_a = k_a \phi w$$

که $\omega = \frac{۲\pi}{۶۰} \times n_m = \frac{۲\pi}{۶۰} \times ۱۲۰۰ = ۱۲۵/۶۶ \frac{rad}{s}$ از این رو:

$$(۱۱۴) = k_a\phi (۱۲۵/۶۶) \rightarrow k_a\phi = ۰/۹$$

ب) مسلماً $E_a = ۱۱۴V$ و I_a برابر است با:

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a} = \frac{۱۲۰ - ۱۱۴}{۰/۲} \rightarrow I_a = ۳۰A$$

ج) گشتاور از رابطه (۵-۱۷) بدست می‌آید که:

$$T = k_a\phi I_a \rightarrow T = ۰/۹ \times ۳۰ = ۲۷N\,m$$

و توان تحویلی برابر است با:

$$P = T\omega = ۲۷ \times ۱۲۵/۶۶ = ۳/۳۹kw$$

۲ـ مسئله فوق را در سرعت ۸۰۰rpm تکرار کنید.

حل روند حل این مسئله دقیقاً مشابه مسئله فوق می‌باشد. تنها کافی است که E_a را برای سرعت ۸۰۰rpm بدست آوریم. لذا اعداد جدول را مطابق فرمول زیر باز نویسی می‌کنیم:

$$E_{a۸۰۰} = E_{a۱۲۰۰} \times \frac{۸۰۰}{۱۲۰۰}$$

جدول (۵-۲)

I_f (A)	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۱/۲
E_a (V)	۳/۳۳	۱۳/۳۳	۲۶/۶۶	۳۹/۹۹	۵۲/۶۶	۶۷/۹۹	۷۵/۹۹	۷۹/۹۲	۸۳/۳۲

با توجه به جدول فوق به ازای جریان تحریک ۰/۸A، $E_a = ۷۵/۹۹$. پس:

$$E_a = k_a \phi \omega$$

$$\omega = \frac{۲\pi}{۶۰} \times n_m = \frac{۲\pi}{۶۰} \times ۸۰۰ = ۸۳/۷۷ \ rad/s \quad \text{که}$$

از این رو:

$$(۷۵/۹۹) = k_a \phi (۸۳/۷۷) \rightarrow k_a \phi = ۱/۱$$

I_a نیز به صورت زیر بدست می‌آید:

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a} = \frac{۱۲۰ - ۷۵/۹۹}{۰/۲} \rightarrow I_a = ۲۲۰/۰۵A$$

گشتاور و توان نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$T = k_a \phi I_a \rightarrow T = ۱/۱ \times ۲۲۰/۰۵ = ۲۲N\,m$$

$$P = T\omega = ۲۲ \times ۸۳/۷۷ = ۱/۸۴kw$$

۳ـ شار هر قطب یک ژنراتور چهار قطبی ۷۵mwb و سرعت آن ۹۰۰r/min است. ولتاژ القایی را در شرایط زیر تعیین کنید:

الف) آرمیچر ۳۲ هادی دارد که به صورت سیم‌پیچ حلقوی متصل شده‌اند.

ب) آرمیچر ۲ هادی دارد که به صورت سیم‌پیچی موجی متصل شده‌اند.

حل الف) با توجه به داده‌های مسئله:

$$\phi = ۷۵mwb \quad , \quad P = ۴ \quad , \quad \omega = \frac{۲\pi}{۶۰} n_m = \frac{۲\pi}{۶۰} \times ۹۰۰ = ۹۴/۲۴ \ rad/s$$

وقتی سیم‌پیچی به صورت حلقوی مونتاژ شده باشد a=p=۴. پس:

$$k_a = \frac{NP}{\pi a} = \frac{\frac{Z}{۲}P}{\pi a} = \frac{\frac{۳۲}{۲} \times ۴}{\pi ۴} = ۵/۱ \rightarrow$$

$$E_a = k_a \phi \omega = ۵/۱ \times ۷۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۹۴/۲۴ = ۳۶V$$

ب) در حالتی که سیم‌پیچی به صورت موجی مونتاژ شده باشد a=۲ . پس:

$$k_a = \frac{NP}{\pi a} = \frac{\frac{Z}{۲}P}{\pi a} = \frac{\frac{۳۲}{۲} \times ۴}{\pi ۲} = ۱۰/۲ \rightarrow$$

$$E_a = k_a \phi \omega = ۱۰/۲ \times ۷۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۹۴/۲۴ = ۷۲V$$

۴ـ اگر جریان آرمیچر ژنراتور مثال قبل، ۲۵A باشد، گشتاور الکترومغناطیسی ایجاد شده را در هر دو حالت محاسبه کنید.

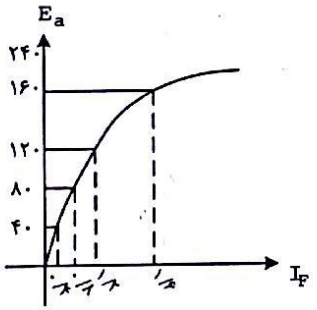
حل در حالت اول داریم: $T = k_a \phi I_a = ۵/۱ \times ۷۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۲۵ = ۹/۵۶N\,m$

و در حالتی که سیم‌پیچی به صورت موجی مونتاژ شده باشد:

$$T = k_a \phi I_a = ۱۰/۲ \times ۷۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۲۵ = ۱۹/۱۲N\,m$$

از دو مسئله فوق چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

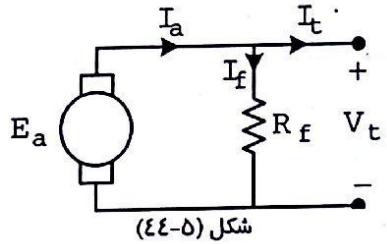
۵۵ـ مشخصه اشباع یک ژنراتور DC شنت به قرار زیر است:



شکل (۵-۴۳)

سرعت این ژنراتور ۹۰۰rpm می‌باشد. در این سرعت، حداکثر مقاومت مدار میدان چقدر می‌تواند باشد تا ژنراتور شنت قادر به ایجاد ولتاژ باشد؟

حل شکل زیر یک ژنراتور DC شنت را نشان می‌دهد.



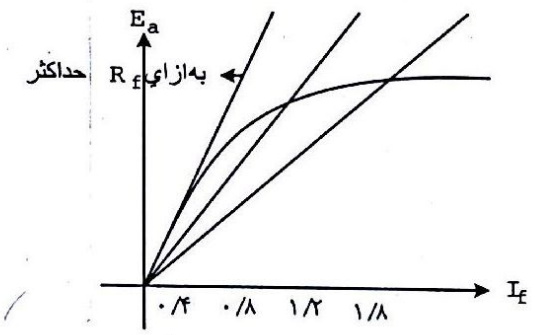
شکل (۵-۴۴)

با توجه به شکل فوق بدیهی است که رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$V_t = R_f I_f \quad \text{یا} \quad E_a = R_f I_f$$

در واقع این مسئله برای R_fهایی جواب خواهد داشت که خط $E_a = R_f I_f$ با منحنی مشخصه اشباع ژنراتور فوق یک نقطه برخورد داشته باشند که به این نقطه برخورد "نقطه کار" نیز گفته می‌شود. با توجه به شکل زیر روشن است که به ازای یک R_f حداکثر، خط $E_a = R_f I_f$ بر منحنی مشخصه اشباع مماس می‌شود. به این مقاومت "مقاومت بحرانی" گفته می‌شود.

$$R_f \text{ حداکثر} \approx \frac{۱۲۰}{۰/۶} \approx ۲۰۰\ \Omega$$



شکل (۵-۴۵)

۶ـ ولتاژ بی‌باری ژنراتور مسئله فوق را در سرعت ۹۰۰rpm و مقاومت مدار میدان ۱۵۰ Ω چقدر است؟

حل برای بدست آوردن ولتاژ بی‌باری ژنراتور در این حالت کافی است منحنی $E_a = ۱۵۰ I_f$ را با منحنی مشخصه مسئله قبل قطع داد (چرا؟). که از این برخورد داریم:

$$E_a \approx ۲۰۵V$$

۷ـ یک ژنراتور DC تحریک جداگانه به یک منبع ولتاژ ثابت ۵۰۰V متصل می‌باشد و تحریک آن نیز از یک منبع ۵۰۰V تغذیه می‌شود. سرعت این ژنراتور را چند درصد کاهش دهیم تا توان خروجی از ۵۰۰kw به ۲۵۰kw کاهش یابد؟ (مقاومت آرمیچر ۰/۰۱۵Ω بوده و از اثر عکس العمل آرمیچر چشم پوشی شود)

حل با توجه به اینکه ولتاژ پایانه ژنراتور در هر دو حالت برابر ۵۰۰V می‌باشد خواهیم داشت:

$$P_۱ = V_t I_{a۱} \rightarrow ۵۰۰\times۱۰^۳ = ۵۰۰ I_{a۱} \rightarrow I_{a۱} = ۱۰۰۰A$$

$$P_۲ = V_t I_{a۲} \rightarrow ۲۵۰\times۱۰^۳ = ۵۰۰ I_{a۱} \rightarrow I_{a۲} = ۵۰۰A$$

به طریق مشابه:

$$E_{a۱} = V_t + R_{a۱} I_{a۱} = ۵۰۰ + ۱۰۰۰\times ۰/۰۱۵ \rightarrow E_{a۱} = ۵۱۵V$$

$$E_{a۲} = V_t + R_{a۲} I_{a۲} = ۵۰۰ + ۵۰۰\times ۰/۰۱۵ \rightarrow E_{a۲} = ۵۰۷/۵V$$

در مسئله فرض شده است که ولتاژ اعمالی به سیم‌پیچ تحریک در هر دو حالت یکسان است. از طرف دیگر از عکس العمل آرمیچر نیز صرف‌نظر شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که:

$$\phi_۱ = \phi_۲$$

از این رو با توجه به رابطه (۵-۱۱) داریم.

$$\frac{E_{a۱}}{E_{a۲}} = \frac{k_{a۱}}{k_{a۲}} \times \frac{\phi_۱}{\phi_۲} \times \frac{\omega_۱}{\omega_۲} \rightarrow \frac{۵۱۵}{۵۰۷/۵} = \frac{\omega_۱}{\omega_۲} \rightarrow \omega_۲ = ۰/۹۸۵\omega_۱$$

پس سرعت به اندازه ۱/۵٪ کاهش پیدا کرده است.

۸ـ یک موتور DC تحریک جداگانه ۲۲۰V، ۱/۵kw و ۸۴۵rpm دارای مقاومت آرمیچر ۲/۷Ω است که در بار نامی ۷A می‌کشد. اگر جریان تحریک و ولتاژ آرمیچر در سرعت و بار نامی ثابت شده باشد سرعت بی‌باری موتور چقدر است؟ تلفات را از حالت بی‌باری تا بار کامل ثابت فرض کنید.

حل در وضعیتی که موتور در سرعت و بار نامی قرار دارد:

$$E_{a۱} = V_t - R_{a۱} I_{a۱} = ۲۲۰ - ۲/۷\times ۷ = ۲۰۱/۱V$$

در وضعیت بی‌باری موتور ($I_a = ۰$):

$$E_{a۲} = V_t - R_a I_{a۲} = ۲۲۰V$$

از آنجایی که جریان تحریک ثابت می‌باشد ($\phi_۱ = \phi_۲$) از رابطه (۵-۱۱) داریم:

$$\frac{E_{a۱}}{E_{a۲}} = \frac{k_{a۱}}{k_{a۲}} \times \frac{\phi_۱}{\phi_۲} \times \frac{\omega_۱}{\omega_۲} = \frac{\omega_۱}{\omega_۲} = \frac{n_{m۱}}{n_{m۲}} \rightarrow \frac{۲۰۱/۱}{۲۲۰} = \frac{۸۴۵}{n_{m۱}} \rightarrow n_{m۱} = ۹۲۴/۴rpm$$

۹ـ یک ژنراتور شنت ۱۰kw و ۲۵۰V مادامیکه در بار نامی کار می‌کند افت ولتاژ آن برابر ۵٪ ولتاژ ترمینال ماشین بوده و جریان میدان شنت نیز برابر ۵٪ جریان بار نامی است. مطلوبست مقدار مقاومت مدار آرمیچر؟

ل برای محاسبه جریان آرمیچر داریم:

$$P = V_t I_t \rightarrow I_t = \frac{P}{V_t} = \frac{۱۰^۴}{۲۵۰} \rightarrow I_t = ۴۰A$$

آنجایی که جریان میدان شنت ٪۵ جریان بار نامی است داریم:

$$I_f = ۰/۰۵ I_t = ۰/۰۵ \times ۴۰ \rightarrow I_f = ۲A$$

پس:

$$I_a = I_f + I_t = ۲ + ۴۰ = ۴۲A$$

با توجه به مفروضات مسئله می‌توان نوشت:

$$R_a I_a = ۰/۰۵ V_t \rightarrow R_a ۴۲ = ۰/۰۵ \times ۲۵۰ \rightarrow R_a = ۰/۳\Omega$$

۱۱ـ جریان یک موتور شنت با مشخصات ۱۲kw ، ۲۳۰V و ۱۵۰۰rpm طوری تنظیم شده است که سرعت بی‌باری با جریان آرمیچر ۲A و برابر ۱۶۴۰rpm است. مادامیکه بار موتور افزایش یابد مشاهده می‌گردد که جریان آرمیچر ۴۰A و سرعت ۱۴۴۰rpm می‌شود. تحت این شرایط، با فرض که مقاومت مدار آرمیچر ۰/۲Ω و ولتاژ منبع تغذیه ۲۳۰V باشد درصد کاهش شار میدان در هر لب که ناشی از عکس العمل آرمیچر است را پیدا کنید.

ل با توجه به مفروضات مسئله داریم:

$$E_{a۱} = V_t - R_{a۱} I_{a۱} = ۲۳۰ - ۱/۲ \times ۲ \rightarrow E_{a۱} = ۲۲۷/۶V$$

$$E_{a۲} = V_t - R_{a۲} I_{a۲} = ۲۳۰ - ۱/۲ \times ۴۰ \rightarrow E_{a۲} = ۱۸۲V$$

رابطه (۵-۱۱) داریم:

$$\frac{E_{a۱}}{E_{a۲}} = \frac{k_{a۱}}{k_{a۲}} \times \frac{\phi_۱}{\phi_۲} \times \frac{\omega_۱}{\omega_۲} = \frac{\phi_۱}{\phi_۲} \times \frac{n_{m۱}}{n_{m۲}} \rightarrow \frac{۲۲۷/۶}{۱۸۲} = \frac{\phi_۱}{\phi_۲} \frac{۱۶۴۰}{۱۴۴۰} \rightarrow \phi_۲ = ۰/۹۴\phi_۱$$

ں درصد کاهش میدان ٪۶ بوده است.

۱۱۴ـ باری که گشتاور ثابت ۳۵N m لازم دارد با یک موتور سری که از منبع ۲۳۰V تغذیه شود می‌چرخد. مقاومت آرمیچر و میدان سری موتور روی هم ۰/۲Ω است در آزمایش حالت کون، موتور گشتاور ۱۲N m را در جریان ۲۰A تولید می‌کند. آزمایش دیگری حاکی از آن است ، این موتور تا جریان حدود ۵۰A اشباع مغناطیسی ناچیزی خواهد داشت. با توجه به اینکه تلفات دشی نیز ناچیز است سرعت در بار مذکور چند rpm است؟

ل بدلیل آنکه در این موتور تا جریان ۵۰A اشباع مغناطیس ناچیز است از این رو $\phi = kI_a$ لذا ریم:

$$\frac{T_۱}{T_۲} = \left(\frac{I_{a۱}}{I_{a۲}}\right)^۲ \rightarrow \frac{۱۲}{۳۵} = \left(\frac{۲۰}{I_{a۲}}\right)^۲ \rightarrow I_{a۲} = ۳۴/۱۵A$$

پس ولتاژ خروجی آرمیچر برابر است با:

$$E_{a۲} = V_t - (R_a + R_{fs}) I_{a۲} = ۲۳۰ - ۰/۲ \times ۳۴/۱۵ \rightarrow E_{a۲} = ۲۲۳/۱۶A$$

از طرف دیگر:

$$T_۲ = k_a \phi I_{a۲} = k_a k I_{a۲}^۲ \rightarrow ۳۵ = k_a k (۳۴/۱۵)^۲ \rightarrow k_a k = ۰/۰۳$$

از رابطه (۵-۱۱) داریم:

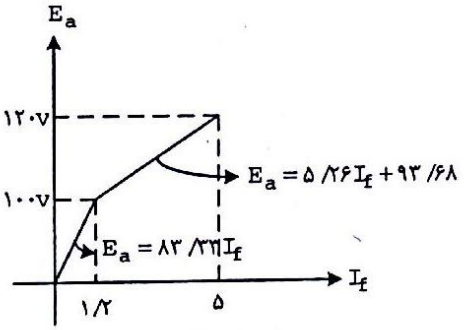
$$E_{a۲} = k_a \phi \omega = k_a k I_a \omega \rightarrow ۲۲۳/۱۶ = ۰/۰۳ \times ۳۴/۱۵ \omega \rightarrow \omega = ۲۱۷/۸۲ \text{ rad/s}$$

یا $n_m = ۲۰۸۰/۰۵ \text{rpm}$

۱۲ـ آرمیچر یک ژنراتور DC چهار قطبی با سیمی که جریان مجاز آن ۱۴A می‌باشد به صورت موجی سیم‌پیچی شده است حداکثر جریان مجازی که از این ژنراتور در $V_t = ۸۳\ V$ می‌توان گرفت چند آمپر است؟

منحنی $E_a - I_f$ و معادلات هر منحنی در شکل زیر رسم شده است.

حل ابتدا جریان تحریک را محاسبه می‌کنیم:



شکل (۵-۴۶)

$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{۸۳}{۵۲} = ۱/۵۹$$

با توجه به اینکه $I_f > ۱/۲$ لذا E_a با توجه به شکل روبرو ۱۰۲/۰۴V بدست می‌آید. بنابراین:

$$E_a = V_t + R_a I_a \rightarrow I_a = \frac{E_a - V_t}{R_a} = \frac{۱۰۲/۰۴ - ۸۳}{۰/۱۲} \rightarrow I_a = ۱۵۸/۶۹A$$

که جریان بار برابر است با: