

توان و گشتاور در ژنراتورهای سنکرون

ژنراتور سنکرون ، ماشینی است که توان مکانیکی را به توان الکتریکی سه فاز تبدیل می کند. منع توان مکانیکی ، چرخاننده اولیه ، می تواند یک موتور دیزل ، یک توربین بخار ، یک توربین آبی ، یک موتور القائی یا یک موتور DC و یا هر وسیله مشابه دیگری باشد. این وسیله هر چه باشد ، باید سرعت تقریباً ثابتی داشته باشد در غیر این صورت فرکانس سیستم قدرت مقدار ثابتی را نخواهد داشت . بررسی تلفات ماشین به سه دلیل مهم است :

- ۱- تلفات بازده ماشین را تعیین می کند و اثر قابل ملاحظه ای بر قیمت و هزینه کاری دارد.
 - ۲- تلفات میزان گرمایش ماشین ، و در نتیجه توان خروجی قابل دریافت از ماشین ، بدون تخریب عایق ها را تعیین می کند.
 - ۳- افت ولتاژ یا مولفه های جریان متناظر با تلفات باید در نمایش ماشین به صورت مناسبی در نظر گرفته شوند .
- ماشین های دوار عموماً با بازده خوبی کار می کنند ، مگر در بارهای کم . مثلاً بازده بار کامل یک موتور متوسط ، برای رده ۱ تا ۱۰ کیلووات بین ۸۰٪ تا ۹۰٪ و برای موتورهای تا چند صد کیلووات بین ۹۰٪ تا ۹۵٪ و برای موتورهای بزرگتر چند درصد بیشتر است .
- بازده معمولاً با اندازه گیری تلفات بدست می آید نه با اندازه گیری ورودی و خروجی در شرایط مختلف بار . بازده تعیین شده بر اساس تلفات را می توان برای مقایسه ماشین های رقیب بکار برد ، بشرطی که این اندازه گیری برای هر دو ماشین به یک شیوه صورت پذیرد . به همین خاطر تلفات مختلف و شرایط اندازه گیری آنها توسط موسسه ملی آمریکا (ANSI) ، موسسه مهندسين برق و الكترونيك (IEEE) و اتحادیه ملی سازندگان وسایل برقی (NEMA) دقیقاً تعریف شده است . تلفات ژنراتور در شرایط پایدار به صورت زیر دسته بندی می شوند :

- ۱- تلفات مکانیکی P_{mec} : که شامل تلفات مربوط به اصطکاک در یاتاقانها و بادخوری و توان لازم برای گرداندن هوا در ماشین و سیستم تهویه ناشی می شود .
- ۲- تلفات بی باری هسته یا آهنی P_{core} : این تلفات شامل تلفات فوکو و هیستریزیس در هسته آهنی ماشین ناشی از تغییر چگالی شار در آهن ماشین می باشد . مجموع تلفات مکانیکی و هسته را ، تلفات چرخشی گویند. در مورد تلفات هسته مفصل بحث خواهد شد .

$$P_{rot} = P_{mec} + P_{core}$$

۳- تلفات اهمی یا $R.I^2$: این تلفات در تمام سیم پیچ های ماشین وجود دارد . طبق قرارداد این تلفات براساس مقاومت dc سیم پیچ در دمای $75^\circ C$ محاسبه می شود . تلفات $R.I^2$ در واقع به مقاومت موثر سیم پیچ در فرکانس کار و میزان شار موجود در ماشین بستگی دارد . در ژنراتور سنکرون این تلفات در دو جزء زیر بوجود می آیند :

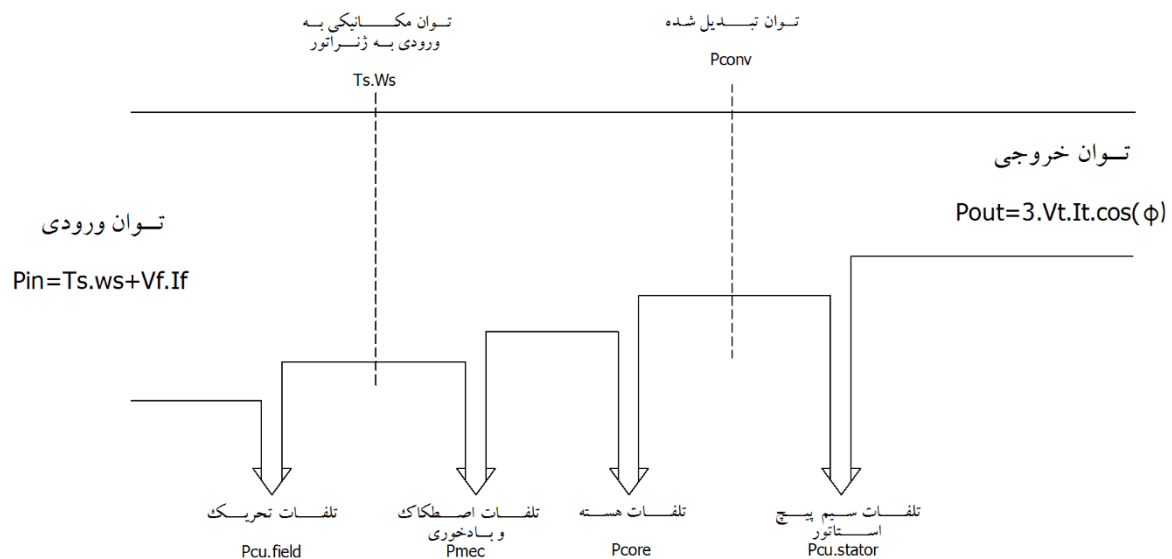
۳-۱ - تلفات تحریک P_f : این جزء از تلفات مربوط به سیم پیچ تحریک بوده و جزء تلفات ثابت به حساب می آید.

$$P_f = V_f \cdot I_f$$

۳-۲ - تلفات مسی P_{cu} : که بر اثر عبور جریان از سیم پیچ های سه فاز استاتور حاصل می گردد و تلفات ژولی نامیده می شود . این تلفات بدلیل اینکه با جریان بار تغییر می کند ، تلفات متغیر شناخته می شود.

$$P_{cu} = 3 R I^2$$

در شکل زیر دیاگرام تلفات ژنراتور را نمایش داده ایم.



راندمان ژنراتورهای سنکرون

راندمان ژنراتور سنکرون را می‌توان با استفاده از فرمول زیر بدست آورد.

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

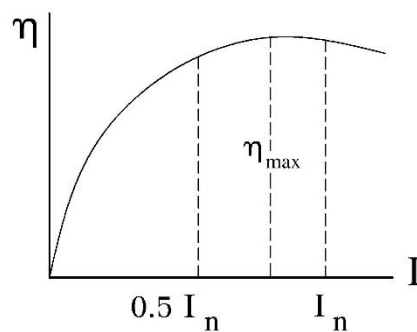
P_{out} : توان خروجی ژنراتور .

P_{in} : توان ورودی ژنراتور .

با تغییر در فرمول بالا می‌توان به فرمول زیر رسید.

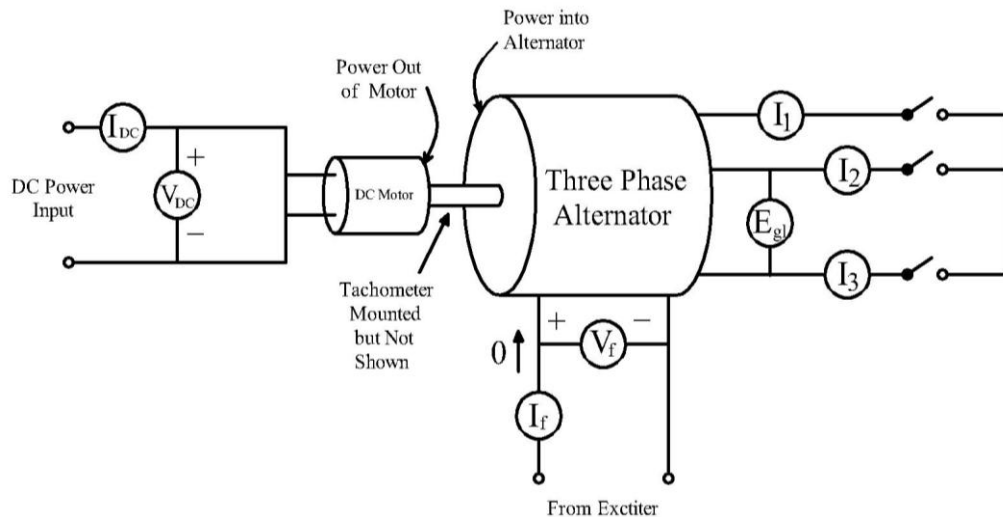
$$\eta = \frac{K.S_n \cdot \cos \varphi}{K.S_n \cdot \cos \varphi + (P_{mec} + P_{core} + P_f) + K^2.P_{Cu}} \times 100$$

K را ضریب بار گویند و برابر است با مقدار بار به بار نامی. شکل زیر منحنی راندمان را به صورت تابعی از جریان بار نشان می‌دهد.



تعیین تلفات ژنراتور سنکرون

برای این منظور ابتدا سیستمی همانند شکل زیر را ایجاد نموده . یک موتور DC را با محور ژنراتور کوپل نموده ، در خروجی ژنراتور سه عدد آمپر متر و یک عدد ولت متر را ، همراه با یک عدد کلید سه فاز قرار داده و یک عدد ولت متر و آمپر متر را در مسیر تحریک قرار می‌دهیم.



در این آزمایش با توجه به اینکه ژنراتور را با استفاده از یک موتور DC می چرخانیم ، به سهولت می توان گفت :

توان ورودی به محور ژنراتور = توان خروجی موتور DC

راندمان $\times$ توان ورودی به موتور DC = توان خروجی موتور DC

لذا با داشتن راندمان و توان ورودی موتور ، می توان توان خروجی آن را حساب نمود.

$$P_{Out.DC} = P_{In.Gen} = \eta . V_{dc} . I_{dc}$$

با استفاده از سه آزمایش می توان تلفات ژنراتور را بدست آورد .

تست شماره ۱ :

مدار تحریک ژنراتور را باز می کنیم ($I_f = 0$) و همچنین تمامی کلیدهای شکل قبل را باز می گذاریم. اکنون ژنراتور را توسط موتور DC تا سرعت نامی خودش چرخانده . به راحتی می توان چنین استنباط نمود که :

۱- بدلیل اینکه جریان تحریک صفر می باشد ، در ژنراتور ولتاژی ایجاد نمی گردد.

۲- تلفات هسته در ژنراتور به دلیل عدم وجود جریان تحریک صفر می باشد.

۳- همچنین بدلیل بار بودن کلیدهای ترمینال ژنراتور ، جریان آرمیچر صفر بوده و لذا تلفاتی را

در سیم پیچ های آرمیچر نداریم

پس توان خروجی موتور صرف تامین تلفات مکانیکی ژنراتور می گردد. پس می توان گفت :

$$P_{test1} = P_{mec}$$

تست شماره ۲ :

در این آزمایش همانطور که ژنراتور تحت سرعت نامی می چرخد، جریان تحریک را برقرار می سازیم و آنرا آنقدر زیاد می کنیم تا ولتاژی باری ژنراتور در دو سر خروجی ژنراتور حاصل گردد. بدلیل اینکه کلیدهای ترمینال ژنراتور باز هستند پس تلفات مسی در استاتور حاصل نمی گردد و هیچ گونه توانی از ژنراتور به

خارج صادر نمی‌شود. در این آزمایش بدلیل اینکه ولتاژ بی باری ژنراتور حاصل گردیده ، لذا شار نامی در ماشین وجود خواهد داشت و تلفات هسته نیز ، تلفات نامی خودش خواهد بود.

$$P_{test2} = P_{mec} + P_{Core}$$

$$P_{Core} = P_{test2} - P_{test1}$$

تست شماره ۳ :

در این آزمایش ابتدا جریان تحریک را صفر نموده و سپس کلیدهای ترمینال ژنراتور را بسته . اکنون ژنراتور را با سرعت نامی خود چرخانده و جریان تحریک را آنقدر زیاد می‌کنیم تا جریان نامی در ترمینال‌های ژنراتور حاصل گردد. بدلیل اینکه جریان تحریک کم است لذا شار بسیار ناچیز بوده و تلفات هسته قابل صرف‌نظر می‌باشد. ولی تلفات مسی استاتور در حالت نامی خودش خواهد بود .

$$P_{test3} = P_{mec} + P_{Cu}$$

$$P_{Cu} = P_{test3} - P_{test1}$$

تلفات ناشی از جریان اتصال کوتاه آرمیچر را مجموعاً " تلفات بار اتصال کوتاه " می‌نامند. این تلفات از تلفات $R.I^2$ سیم‌پیچ آرمیچر ، تلفات موضعی هسته ناشی از شار ناشی آرمیچر و تلفات بسیار اندک هسته ناشی از شار برآیند تشکیل می‌شود. تلفات مقاومت DC را می‌توان در صورت اندازه‌گیری مقاومت DC و تصحیح آن محاسبه نمود. این تصحیح برای منظور داشتن اثرات دما بر مقاومت سیم‌پیچ است و با استفاده از فرمول زیر صورت می‌پذیرد.

$$\frac{R_{t1}}{R_{t2}} = \frac{234/5 + t_1}{234/5 + t_2}$$

در این رابطه t_1 دمای محیط (۲۰ درجه) و t_2 دمای کار ماشین (۷۵ درجه) بوده و $234/5$ مربوط به سیم مسی می‌باشد. با کم کردن تلفات مقاومت DC از تلفات بار اتصال کوتاه ، تلفات ناشی از اثر پوستی ، جریان‌های گردابی در هادیهای آرمیچر و تلفات موضعی هسته ناشی از شار برآیند بدست می‌آید. که به آن "تلفات پراکنده بار" گویند . در واقع مقاومت موثر آرمیچر را می‌توان از تقسیم توان تلف شده ناشی از جریان آرمیچر بر مربع جریان آرمیچر بدست آورد .

$$R_{a.effective} = \frac{P_{cu}}{I_a^2}$$

