

آزمایش ۳: تعیین مشخصات ژنراتور سنکرون

۳-۱- هدف آزمایش

در این آزمایش مشخصه مدار باز و اتصال کوتاه یک ژنراتور سنکرون به دست می‌آید و با استفاده از نتایج این دو آزمایش و تعیین مقاومت استاتور پارامترهای مدار معادل ژنراتور سنکرون حاصل می‌شوند. همچنین، مشخصه بباری ژنراتور تعیین و رفتار جریان اتصال کوتاه نسبت به تغییرات سرعت مشاهده می‌شود.

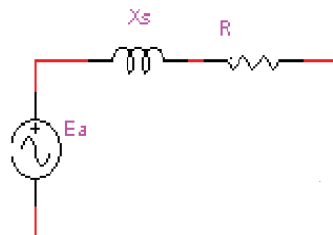
۳-۲- آماده‌سازی جهت آزمایش

- ساختمان یک ژنراتور سنکرون را شرح دهید.
- انواع ژنراتور سنکرون را نام ببرید و موارد کاربرد هر یک را بیان کنید.
- مشخصه بی‌باری یک ژنراتور سنکرون را رسم کرده و در مورد شرایط استخراج آن توضیح دهید.
- مشخصه بباری یک ژنراتور سنکرون را رسم کرده و در مورد شرایط استخراج آن توضیح دهید.
- مدار معادل ساده شده ژنراتور سنکرون را رسم کنید.
- با استفاده از مدار معادل، تاثیر تغییر سرعت را بر جریان اتصال کوتاه شرح دهید.
- توضیح دهید که چگونه می‌توان با استفاده از مشخصه اتصال کوتاه و بی‌باری، راکتانس سنکرون را محاسبه نمود.

۳-۳- تئوری آزمایش

تولید انرژی الکتریکی در نیروگاهها به طور عمده توسط ژنراتورهای سنکرون صورت می‌گیرد. شافت این ژنراتورها به محور توربین کوپل بوده و توسط آن گردانده می‌شود. بر روی روتور سیم‌پیچ تحریک قرار دارد که توسط منبع DC تغذیه شده و با چرخش روتور در یک سرعت ثابت (سنکرون) در سه سیم‌پیچ استاتور که با اختلاف زاویه 120° درجه نسبت به هم قرار گرفته‌اند ولتاژ سه فازی با فرکانس متناسب با سرعت سنکرون القا می‌شود.

در شکل زیر مدار معادل بر فاز یک ژنراتور سنکرون که شامل ولتاژ داخلی ژنراتور، مقاومت استاتور و راکتانس سنکرون آن می‌باشد، نشان داده شده است.



شکل ۱- مدار معادل بر فاز ژنراتور سنکرون

در مدار معادل فوق، برای تعیین راکتانس سنکرون (X_s)، از آزمایش‌های بی‌باری و اتصال کوتاه استفاده می‌شود. اگر ژنراتور سنکرون سه فاز در حالت مدار باز تحت سرعت سنکرون چرخانده شود، با تغییر جریان تحریک (I_f) می‌توان نیرو محرکه القایی (E_a) (ولتاژ خروجی (V_t)) را اندازه‌گیری کرد. زیرا در حالت مدار باز ($V_t = E_a$)، در این صورت می‌توان به مشخصه مدار باز^۱ ژنراتور دست یافت. این منحنی تغییرات E_a بر حسب I_f را نشان می‌دهد. خطی که بر قسمت خطی این منحنی مماس می‌شود، خط شکاف هوایی^۲ نام دارد.

در آزمایش اتصال کوتاه، پایانه‌های ژنراتور سنکرون سه فاز را اتصال کوتاه می‌کنیم و ماشین را تحت سرعت سنکرون می‌چرخانیم. سپس جریان تحریک (I_f) را تغییر داده و تغییرات جریان ارمیچر (I_a) بر حسب I_f را رسم می‌کنیم. این مشخصه، مشخصه اتصال کوتاه نام دارد. راکتانس سنکرون در یک نقطه کار (جریان تحریک) از تقسیم ولتاژ بی‌باری بر جریان اتصال کوتاه در آن نقطه کار با در نظر گرفتن مقاومت سیم پیچی محاسبه می‌شود.

برای تعیین مقاومت استاتور نیز یک منبع ولتاژ DC به سیم‌پیچ استاتور اعمال کرده و با خواندن جریان مقدار مقاومت را تعیین می‌کنیم.

اگر به ژنراتور سنکرون بار الکتریکی اعمال شود ولتاژ پایانه‌های آن به علت عبور جریان از امپدانس مدار معادل نسبت به ولتاژ بی‌باری متفاوت خواهد بود. بسته به نوع بار اعمال شده (اهمی، پس‌فاز و یا پیش‌فاز) اندازه این ولتاژ متفاوت خواهد بود. بار اهمی و سلفی، ولتاژ را کمتر می‌کند، در حالی که بار خازنی موجب افزایش ولتاژ در پایانه‌های ژنراتور می‌گردد. به مشخصه ولتاژ پایانه‌های ژنراتور نسبت به جریان استاتور مشخصه باباری یا خروجی ژنراتور گفته می‌شود.

۳-۴- انجام آزمایش

مشخصات ژنراتور را که شامل مقادیر ولتاژ و جریان نامی، جریان تحریک نامی و سرعت نامی می‌باشد را یادداشت کنید.

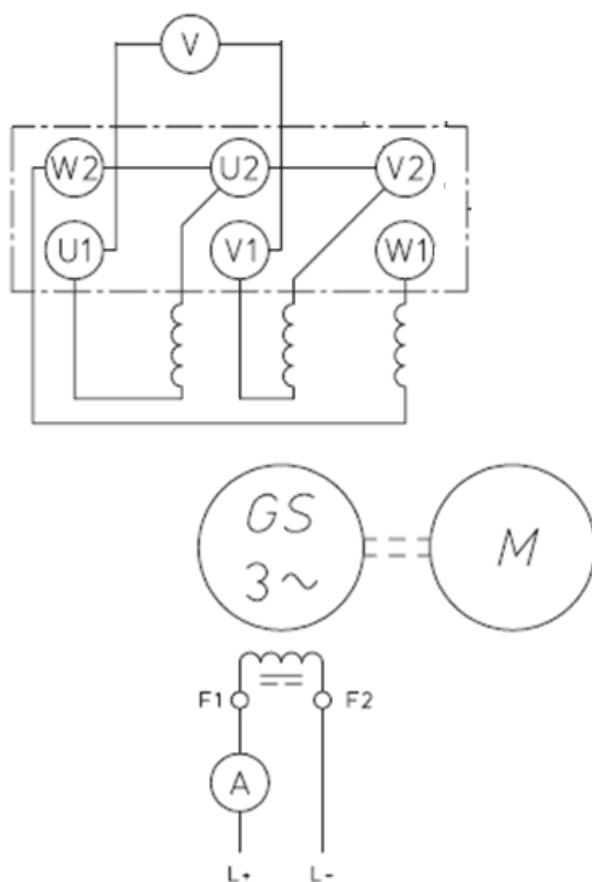
۳-۴-۱- آزمایش مدار باز

مدار این آزمایش به صورت شکل ۲ می‌باشد.

دقت شود که در این حالت، منظور از موتور M، سروموتور می‌باشد. دوسر مدار تحریک نیز به X3 و منبع تغذیه وصل می‌گردد. همچنین دقت نمایید که سه سر استاتور به صورت مدار باز است و به منبع تغذیه وصل نمی‌شود. برای اندازه‌گیری ولتاژ خروجی ژنراتور می‌توانید از سرو یا واحد اندازه‌گیری ۴ کاناله استفاده کنید. اما جهت اندازه‌گیری جریان تحریک که DC می‌باشد بایستی از سرو استفاده کرد.

^۱- Open Circuit Characteristic

^۲- Air Gap Line



شکل ۲ - مدار آزمایش بی‌باری

با استفاده از کلید اصلی واحد کنترل را روشن می‌کنیم. در این حالت نباید هیچ‌کدام از لامپ‌های تابلوی کنترل سرو روشن باشد. در غیر این صورت اشتباهی به صورت یکی از موارد زیر رخ داده است:

- محافظ حلقه (hoop guard) کوپل نشده است.

- حفاظ حلقه مربوط به کاور انتهای شافت فراموش شده است.

- فیش برق کنترل دمای موتور به برق اتصال ندارد.

- موتور خیلی داغ شده است.

حال سرعت موتور بایستی برابر مقدار نامی انتخاب شود. (جهت چرخش خلاف جهت عقربه ساعت است). برای این کار سرو را در وضعیت PC قرار دهید. در تنظیمات نرم افزار manual را انتخاب نموده مقدار سرعت را روی ۱۵۰۰ دور در دقیقه تنظیم کنید. (مطمئن باشید که سیستم برای کنترل سرعت و نه گشتاور تنظیم شده است). حال مقدار جریان تحریک را از صفر تا ۰.۸ مقدار نامی (بعلت

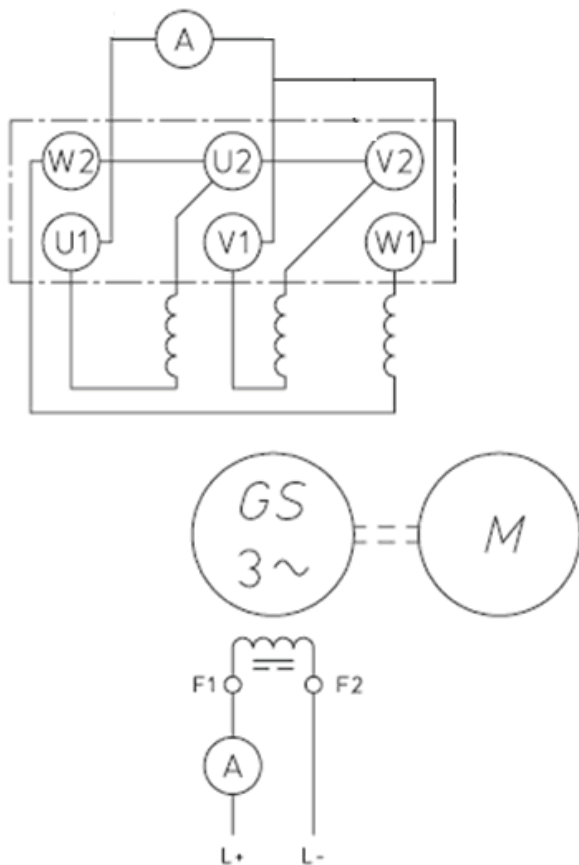
محدودیت منبع تغذیه) تغییر داده و در هر مرحله ولتاژ ژنراتور را در جدول زیر یادداشت کنید.
(جریان تحریک با استفاده از آمپر متر سرو باید اندازه گیری شود)

Adjustment	$\frac{I_E}{A}$							
Measurement	$\frac{U_0}{V}$							

سپس مشخصه بی‌باری را در یک نمودار رسم کنید.

۳-۴-۲- آزمایش اتصال کوتاه

در این قسمت پایانه‌های استاتور را به صورت شکل ۳ اتصال کوتاه کنید. یادآوری می‌شود که در اینجا هم استاتور به منبع تغذیه وصل نمی‌شود. مشابه حالت قبل، سرعت سروموتور را روی ۱۵۰۰ دور بر دقیقه تنظیم نمایید. حال مقدار جریان تحریک را تا ۸٪ مقدار نامی تغییر داده و در هر مرحله جریان اتصال کوتاه ژنراتور را در جدول زیر یادداشت کنید.



شکل ۳ - مدار مربوط به آزمایش اتصال کوتاه

Adjustment	$\frac{I_E}{A}$							
Measurement	$\frac{I_K}{A}$							

سپس منحنی جریان اتصال کوتاه را بر حسب جریان تحریک رسم کنید.

۳-۴-۳- رفتار جریان اتصال کوتاه نسبت به تغییر دور

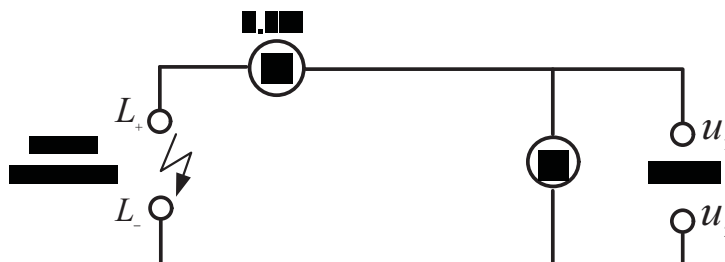
مدار اتصال کوتاه را به مانند شکل ۳ بسته و این بار جریان تحریک را در مقدار ۸/ نامی ثابت نگه داشته و دور را از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ دور در دقیقه زیاد کنید و مقدار جریان اتصال کوتاه را در سرعت‌های مختلف به دست آورید. برای انجام این قسمت آزمایش می‌توانید سرو را روی PC تنظیم کرده و محدوده تغییرات سرعت فوق را وارد کرده، نتیجه را به صورت نمودار جریان بر حسب سرعت مشاهده نمایید. توجه کنید که در این حالت باید اندازه‌گیری‌ها توسط سرو انجام شود. همچنین اگر از دستگاه اندازه‌گیری چهارکاناله جهت اندازه‌گیری استفاده نمایید می‌توان سرو را در وضعیت سرعت ثابت (nconstant) قرار داد و سرعت را در محدوده فوق تغییر داد.

$$I_f = \text{ثابت} =$$

n								
I_{sc}								

۳-۴-۴- اندازه‌گیری مقاومت استاتور

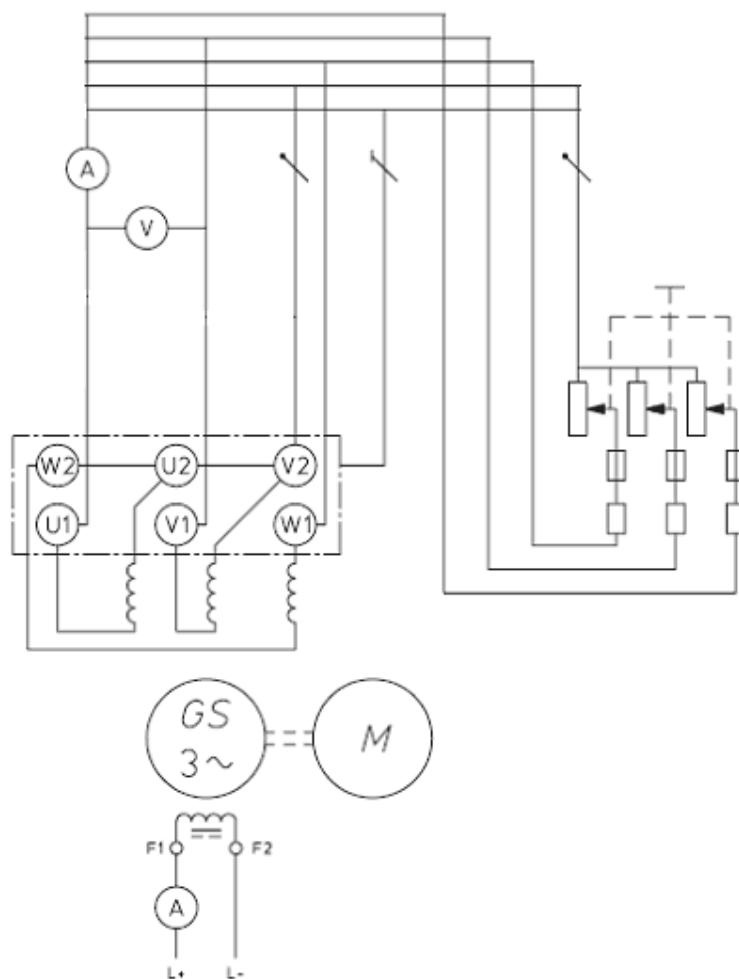
به روش ولت‌متر- آمپر متر مقاومت فازهای ژنراتور را به دست می‌آوریم. برای این منظور مدار شکل ۴ را بسته و با تغییر ولتاژ ورودی از صفر، جریان سیم پیچ را روی ۵/۰ آمپر تنظیم نمایید. (بدین منظور از ولت‌متر و آمپر متر موجود در منبع تغذیه ELWE استفاده نمایید).



شکل ۴ - اندازه‌گیری مقاومت استاتور به روش ولت‌متر- آمپر متر

۳-۴-۵- مشخصه بارداری ژنراتور

مدار آزمایش را به صورت شکل ۵ ببندید.



شکل ۵ - مدار آزمایش باردار

دقت کنید که در این حالت نیز پایانه‌های استاتور به منبع سه فاز وصل نمی‌شوند. برای انجام اندازه‌گیری‌ها می‌توانید از خود سرو یا واحد اندازه‌گیری ۴ کاناله بهره بگیرید. مشابه قسمت‌های قبلی، سروموتور را راه‌اندازی کرده و در سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه تنظیم کنید. جریان تحریک را نیز در ۰/۸ مقدار نامی تنظیم نموده و ولتاژ بی‌باری را اندازه‌گیری کنید. سپس بار اهمی را به ژنراتور اعمال کنید. هر بار مقدار بار را تغییر داده و مقدار ولتاژ را در جدول زیر یادداشت کنید. قبل از استفاده از بار اهمی از روشن بودن فن خنک کن بانک مقاومتی اطمینان حاصل نمایید.

Adjustment	Step load ind.									
Measurement	$\frac{U}{V}$									
	$\frac{I_1}{A}$									

منحنی ولتاژ بر حسب جریان استاتور را در یک نمودار رسم کنید.

۳-۵- پرسش و محاسبه

- ۱- تاثیر جریان تحریک بر روی ولتاژ پایانه‌های یک ژنراتور بی‌بار به چه صورتی است؟
- ۲- آیا مجازیم که جریان تحریک را برای دست یافتن به ولتاژ بالاتر به هر میزان بالا ببریم؟
- ۳- جریان اتصال کوتاه در یک ژنراتور سنکرون نسبت به جریان تحریک و سرعت چگونه تغییر می‌کند؟ چرا؟
- ۴- ولتاژ پایانه‌های ژنراتور با افزایش بار الکتریکی چه تغییری می‌کند؟ چرا؟
- ۵- امیدانس ژنراتور سنکرون آزمایش شده چقدر است؟