

آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی ۱

آزمایش شماره‌ی ۳-۴

گزارش کار

اتصال کوتاه و بارداری موتور آسنکرون

استاد دریاباد

نگارش:

اشکان نیوشا

۱۱ آبان ۱۳۸۷

به نام خدا

تئوری آزمایش

هدف ما در این آزمایش، به دست آوردن، جریان اتصال کوتاه، زاویه آن و مقادیر سیم پیچی های استاتور یک موتور القایی قفسه سنجابی و مشخصات بارداری آن است. می دانیم که اگر یک موتور القایی حرکت نکند و تلفات مکانیکی نداشته باشد، اساس کار آن دقیقاً مانند ترانسفورمر است. بنابراین، مدل سازی تلفات موتور القایی ثابت، دقیقاً مانند ترانسفورمر است. همچنین آنچه برای ما مهم است، تلفات اکتیو (P) است؛ که بابت آن انرژی مصرف کرده و سوخت به کار برده ایم. پس در اینجا توان راکتیو (Q) بحث ما نیست. افزون بر این می دانیم که توان اکتیو را با مقاومت، مدل می کنند. پس، در اینجا همه ی تلفات را ما با مقاومت مدل خواهیم کرد.

می دانیم هنگامی که در رسانایی به دلیل وجود میدان مغناطیسی و در نتیجه وجود ولتاژ، جریان برقرار می شود، به سبب وجود مقاومت در آن رسانا، انرژی تلف می شود. در ماشین های الکتریکی نیز چنین است. یعنی، در سیم پیچی استاتور (اولیه) و روتور (ثانویه) تلفات مسی یا ژولی داریم. در روتور قفسه سنجابی، از شین به عنوان رسانا استفاده می شود، که سطح مقطع آن بزرگ است و بنابراین مقاومت آن بسیار ناچیز است و می وان از آن چشم پوشی کرد. پس در موتور القایی قفسه سنجابی، تنها تلفات مسی یا ژولی استاتور را لحاظ می کنیم.

از گفته های بالا و آزمایش پیشین (بی باری ماشین آسنکرون) به مدار معادل این ماشین می رسیم؛ که مانند ترانسفورمر است. در ترانسفورمر برای به دست آوردن مؤلفه های سری، کافی است دو سر آن را اتصال کوتاه کنیم و در سوی دیگر پارامترهای الکتریکی را اندازه بگیریم. همچنین می دانیم که در موتورها، جلوگیری از چرخش روتور، به منزله ی اتصال کوتاه است. در صورت قفل روتور، ضریب لغزش، s، برابر ۱ خواهد بود؛ بنابراین بر اساس رابطه ی

$$I_r = \frac{V_r}{Z_r} = \frac{sE_r}{\sqrt{R_r^2 + (sX_{rs})^2}} = \frac{\times E_r}{\times \sqrt{\left(\frac{R_r}{s}\right)^2 + X_{rs}^2}}$$

می شود. جریان بیشینه در ترانس نیز تنها در اتصال کوتاه به دست می آمد. در این هنگام جریان نسبت به جریان شاخه ی موازی (بی باری) بسیار بیشتر خواهد بود؛ بنابراین در مدار بالا از شاخه ی موازی چشم پوشی کرده و با این کار تنها شاخه ی سری می ماند. اکنون با صفر گرفتن توان تلف

روتور، اگر توان، ولتاژ و جریان گذرنده از این شاخه را بدانیم، مقادیرهای R_s و X_s برای استاتور موتور قفسه‌سنجابی به آسانی از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:

$$R_s \cong \frac{P_{SC}}{I_n^2}$$

$$X_{eq} \cong \sqrt{Z_{eq}^2 - R_s^2} = \sqrt{\left(\frac{V}{I}\right)^2 - R_s^2} = X_s + \left(\frac{n_s}{n_r}\right) X_r$$

از آنجایی که ما می‌خواهیم بیشینه این مقادیر را به دست آوریم و این مقادیر در جریان‌های بالا بیشتر می‌شود؛ بنابراین در بیشترین جریان مجاز ماشین، یعنی، جریان نامی این مقادیر اندازه‌گیری می‌شود.

بررسی بارداری یک موتور، یعنی، اینکه از روتور آن یک بار مشخص مکانیکی بگیریم و پارامترهای گوناگون آن موتور را بر در بارهای گوناگون بررسی کرده و رابطه‌ی آن‌ها را با میزان بار، آشکار کنیم. در آزمایشگاه‌های ماشین به جای بار مکانیکی از بار الکتریکی استفاده می‌کنیم. بدین صورت که شفت موتور را به یک ژنراتور وصل می‌کنیم و خروجی ژنراتور را به یک بار الکتریکی مشخص وصل می‌کنیم. آشکار است با چشم پوشی از تلفات ژنراتور، یک بار الکتریکی W ۱۰۰ در پایانه‌ی ژنراتور، مانند یک بار مکانیکی W ۱۰۰ روی شفت موتور است.

هرچه بار موتور آسنکرون بیشتر باشد، لغزش آن بیشتر شده و سرعت آن افت می‌کند. برای

جریان این ماشین داریم
$$I_r = \frac{V_r}{Z_r} = \frac{sE_r}{\sqrt{R_r^2 + (sX_{rs})^2}} = \frac{sE_r}{s\sqrt{\left(\frac{R_r}{s}\right)^2 + X_{rs}^2}}$$
 اکنون آشکار است

که با افزایش بار و لغزش، مقاومت معادل روتور کم می‌شود. بر اساس رابطه‌ی
$$P_r = \frac{E_r^2}{R_r} = \frac{E_r^2}{R_s} s$$

با افزایش لغزش و کاهش مقاومت روتور، توان آن افزایش می‌یابد؛ که کاملاً آشکار بود. جریان روتور و به طبع آن جریان استاتور از رابطه‌ی بالا روشن است که با افزایش s ، زیاد می‌شود.

همچنین برای ضریب توان روتور و طبعاً استاتور در بارداری داریم
$$\cos f_r = \frac{R_r}{\sqrt{R_r^2 + (sX_{rs})^2}}$$

پس با افزایش بار و ضریب لغزش، ضریب توان کاهش می‌یابد. سرانجام درباره گشتاور داریم

$$T = ksE_r^2 \frac{R_r}{R_r^2 + (sX_{rs})^2}$$
 و اگر به سبب کوچکی $(sX_{rs})^2$ در s های کوچک، از آن چشم‌پوشی

کنیم، خواهیم داشت $T \propto \frac{s}{R_r}$ و از سوی دیگر در s های بزرگ از R_r می‌توان چشم‌پوشید و

نوشت $T \propto \frac{1}{s}$ و سرانجام به ازای $s = \frac{R_r}{X_{rs}}$ گشتاور بیشینه می‌شود. پس با افزایش بار از صفر، در آغاز گشتاور زیاد شده و پس از گذر از مقدار $s = \frac{R_r}{X_{rs}}$ کم می‌شود.

روش آزمایش

برای آزمایش اتصال کوتاه، جریان را تنها تا جریان نامی مجازیم بیفزاییم؛ نه بیشتر. پس باید ولتاژ ورودی استاتور را به آرامی افزوده و با پایش جریان، جریان را تا مقدار نامی زیاد کنیم. بنابراین نیاز به یک اتوترانسفورمر و یک آمپرسنج داریم. از دیگر برای استفاده از رابطه‌های اتصال کوتاه نیاز به ولتاژ و توان ورودی نیز داریم. پس نیاز به یک ولت‌سنج و وات‌سنج داریم. پس از وصل ماشین به همراه وات‌سنج، آمپرسنج و ولت‌سنج، روتور را با دست یا ابزاری قفل کرده و ولتاژ را به آرامی و در چند گام می‌افزاییم؛ تا جریان به اندازه‌ی نامی برسد و در این میان، در هر گام، ولتاژ، جریان، توان و در صورت داشتن ضریب‌توان سنج آن را نیز می‌سنجیم.

برای آزمایش بارداری می‌خواهیم نمودارهای جریان، ضریب توان و گشتاور موتور را نسبت به توان بار رسم کنیم. بنابراین در سوی موتور نیاز به یک آمپرسنج، توان‌سنج ($\cos \phi = \frac{P}{VI}$)، (ولت‌سنج در صورت ناآشکار بودن ولتاژ ورودی)، و سرعت‌سنج ($T = \frac{P}{W}$ و $s = \frac{N_s - N_r}{N_s}$) داریم. همچنان می‌خواهیم راندمان را نیز به دست آوریم؛ یعنی، افزون بر توان مقدار ورودی، توان خروجی را نیز نیاز داریم. اگر توان هر بار آشکار بود، نیاز به هیچ دستگاهی نیست؛ ولی، در غیر این صورت، اگر بار اهمی بود، می‌توان از یک جفت ولت‌سنج و آمپرسنج بهره برد؛ اگر هم بار ناهمی بود، به ناچار از وات‌سنج استفاده می‌کنیم. همچنین، چون ژنراتور ما سنکرون است و نیاز به تحریک DC در جریان نامی داریم، باید از یک منبع مستقیم متغییر یا اتوترانسفورمر به همراه پل یکسوساز و یک آمپرسنج (برای پایش جریان تا مقدار نامی) استفاده کرد.

نخست موتور را به همراه سنج‌های نیاز وصل می‌کنیم. اگر ویژگی‌های نامی موتور با شبکه یکسان بود، برای موتورهای کوچک می‌توان مستقیم آن‌ها را به شبکه وصل کرد. سپس بارهای مشخص مقاومتی (لامپ‌ها) را به خروجی ژنراتور وصل می‌کنیم. (در صورت نیاز سنج‌های مربوطه را نیز به ژنراتور وصل می‌کنیم. سرانجام نیز یک فاز و نول (ولتاژ خط) را به ورودی اتوترانسفورمر (تک فاز) وصل کرده (در صورتی که ورودی اتوترانسفورمر از خط (دو فاز) گرفته شود، سبب اتصال کوتاه می‌شود.) و خروجی (تک‌فاز) آن را به پل یکسوساز (تک‌فاز) می‌زنیم.

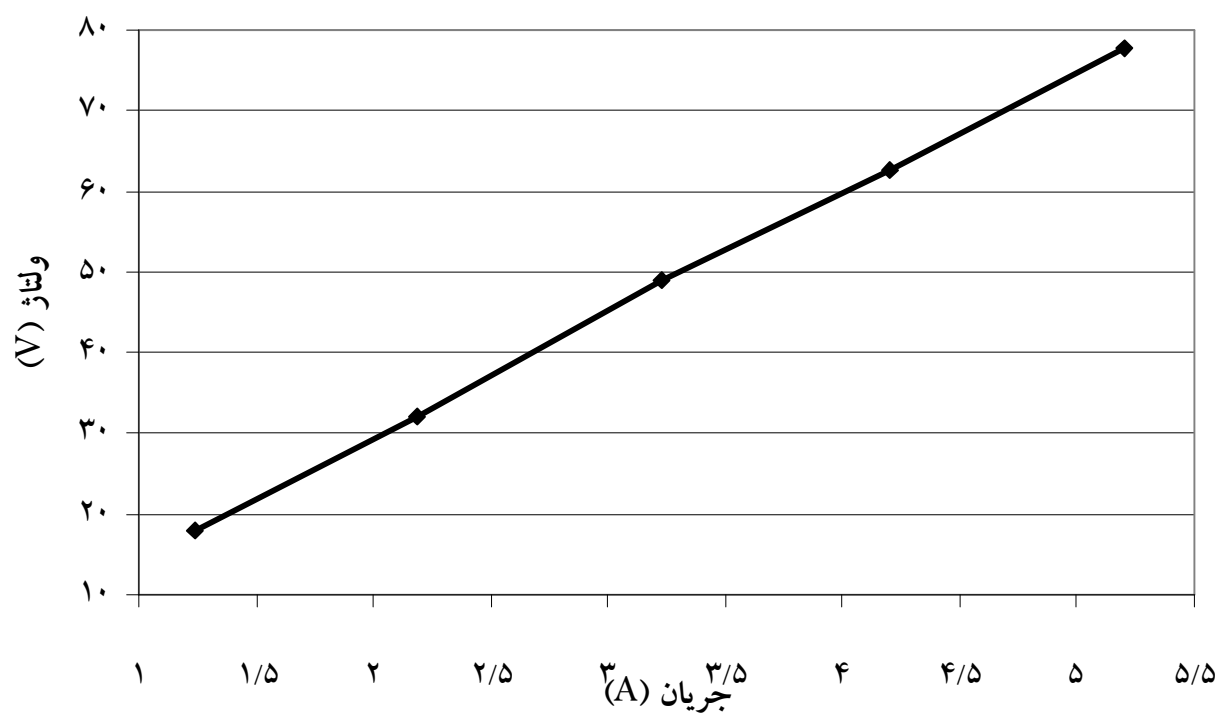
(استفاده از پل یکسوساز سه فاز (به همراه اتوترانسفورمر سه فاز) به سبب موجک کمتر و ولتاژ صاف تر بهتر است.) (اگر بخواهیم از اتوترانسفورمر سه فاز (ستاره) برای تغذیه تک فاز استفاده کنیم و باید توانی کمتر از مقدار نامی آن در اختیارمان قرار می دهد.) اکنون می توان با تغییر اتوترانسفورمر تک فاز ولتاژ و در نتیجه جریان تحریک را تغییر دهیم.

پس از بررسی درستی مدار، منبع را وصل می کنیم؛ تا موتور آغاز به کار کند. سپس، جریان تحریک ژنراتور را در مقدار نامی آن تنظیم می کنیم. اکنون در چند مرحله بارها را وارد مدار کرده و در هر گام، اطلاعات نیاز را یادداشت می کنیم.

(وات سنح را باید آن قدر بین فازها جابه جا کرد، تا بیشترین مقدار را نمایش دهد.)

داده ها و نمودار آزمایش

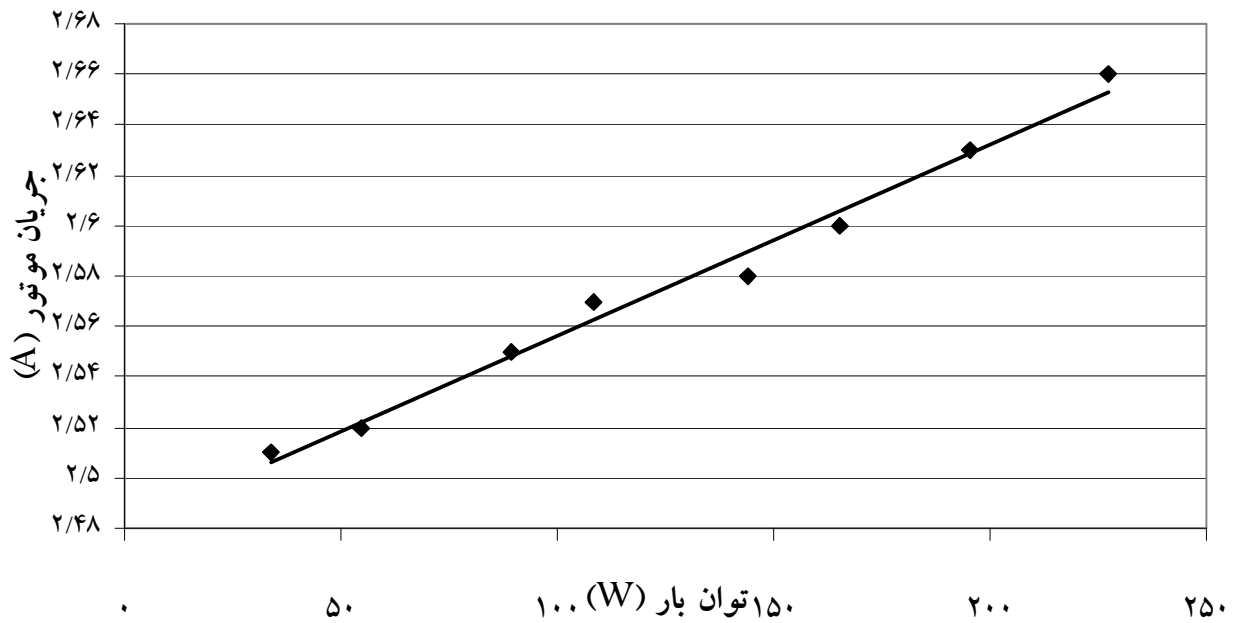
V_L (V)	I_L (A)	$\cos\phi$	P (W)
۷۷/۸	۵/۲	۰/۲۲۵۴۸۳	۱۵۸
۶۲/۶	۴/۲	۰/۲۳۷۱۵۹	۱۰۸
۴۹	۳/۲۳	۰/۲۲۲۵۲۱	۶۱
۳۲/۲	۲/۱۹	۰/۲۳۷۴۳۱	۲۹
۱۷/۸	۱/۲۴	۰/۲۶۰۱۱۵	۱۰



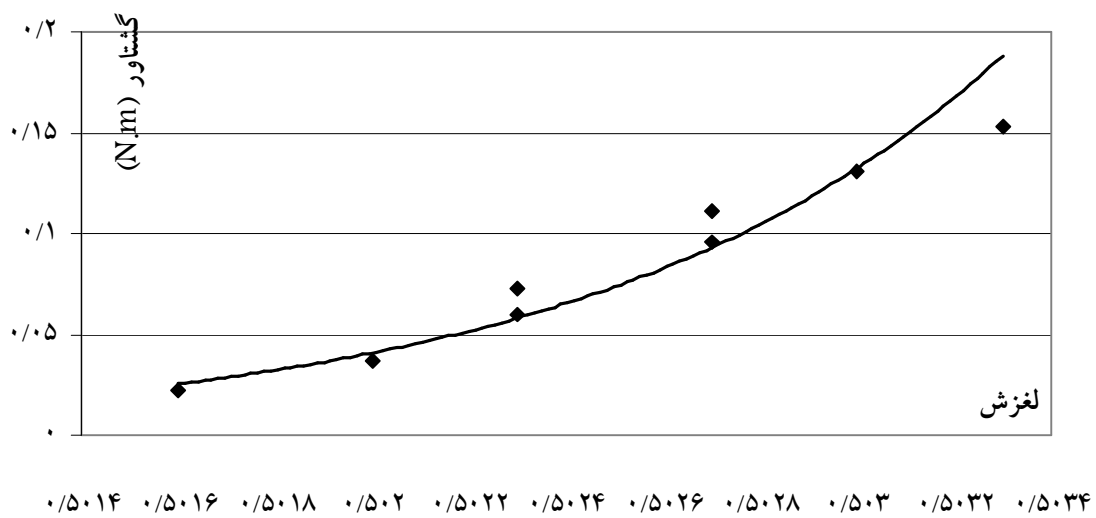
نمودار ۱: نمودار ولتاژ بر حسب جریان در آزمایش اتصال کوتاه ماشین القایی

$$V_{Lmotor} = 380 \text{ (V)}$$

I_{motor} (A)	P_{motor} (W)	N (rpm)	% s	$\cos\phi$	I_{load} (A)	V_{load} (V)	P_{load} (W)	T (N.m)
۲/۵۱	۳۵	۱۴۹۵	۰/۵۰۱۶		۰/۲۸	۱۲۰	۳۳/۶	۰/۰۲۲
۲/۵۲	۶۰	۱۴۹۴	۰/۵۰۲۰		۰/۴۶	۱۱۹	۵۴/۷۴	۰/۰۳۷
۲/۵۵	۹۵	۱۴۹۳	۰/۵۰۲۳		۰/۷۵	۱۱۹	۸۹/۲۵	۰/۰۶۰
۲/۵۷	۱۲۰	۱۴۹۳	۰/۵۰۲۳		۰/۹۲	۱۱۸	۱۰۸/۵۶	۰/۰۷۳
۲/۵۸	۱۶۸	۱۴۹۲	۰/۵۰۲۷		۱/۲۲	۱۱۸	۱۴۳/۹۶	۰/۰۹۶
۲/۶۰	۱۸۰	۱۴۹۲	۰/۵۰۲۷		۱/۴۰	۱۱۸	۱۶۵/۲۰	۰/۱۱۱
۲/۶۳	۲۲۰	۱۴۹۱	۰/۵۰۳۰		۱/۶۷	۱۱۷	۱۹۵/۳۹	۰/۱۳۱
۲/۶۶	۲۵۰	۱۴۹۰	۰/۵۰۳۳		۱/۹۶	۱۱۶	۲۲۷/۳۶	۰/۱۵۳



نمودار ۲: جریان موتور بر حسب بار آن



نمودار ۳: گشتاور بر حسب لغزش موتور القایی

ویژگی های نامی موتور آزمایش				
V (V)	N (rpm)	P (kW)	I (A)	P _{OutMech} (hp)
Δ: ۲۲۰ λ: ۳۸۰	۳۰۰۰	۲/۲		۳

پایان

اشکان نیوشا

<http://AshkanN.tripod.com>