

آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی ۱

آزمایش شماره ۳-۳

گزارش کار

بی‌باری و جداسازی تلفات آهنی و مکانیکی موتور AC

استاد دریاباد

نگارش:

اشکان نیوشا

۴ آبان ۱۳۸۷

به نام خدا

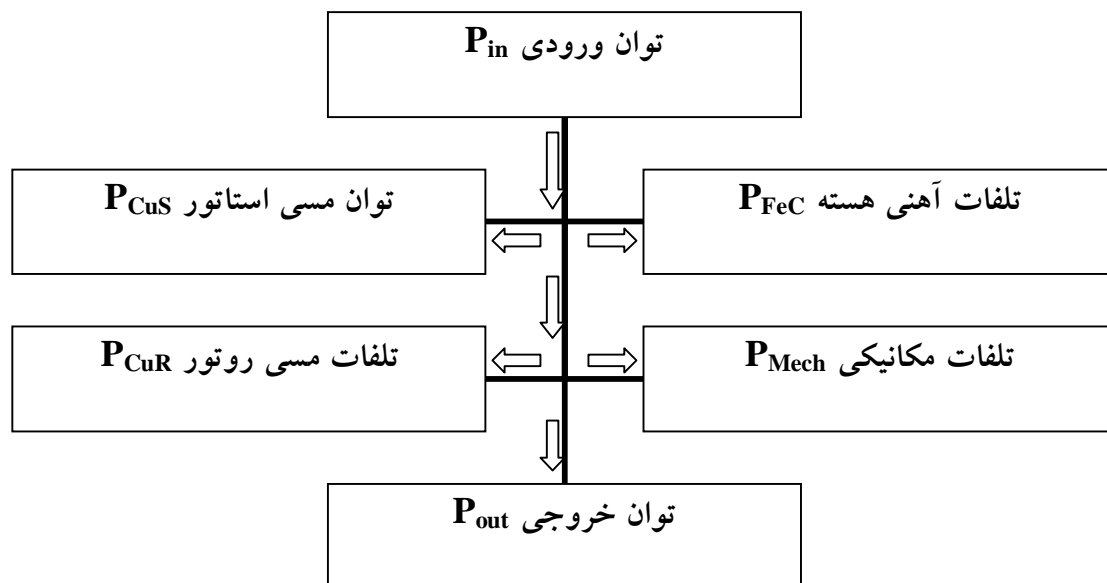
تئوری آزمایش

هدف ما در این آزمایش، به دست آوردن، انرژی تلف شده در سیم پیچی های استاتور و روتور، تلفات انرژی در هسته ی آهنی و همچنین تلفات مکانیکی یک ماشین القایی است. می دانیم که اساس کار یک موتور القایی مانند ترانسفورمر است؛ با این تفاوت که موتور القایی اجزای مکانیکی دارد؛ بنابراین، مدل سازی تلفات موتور القایی، مانند ترانسفورمر است؛ با این تفاوت که در موتور، مقداری از انرژی نیز به صورت تلفات مکانیکی، مانند اصطکاک، خنک کاری و ... تلف می شود؛ که مقدار آن ثابت 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 ما، از جمله تلفات مکانیکی، را 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 توان از آن چشم پوشی کرد. پس در موتور القایی قفسه سنجابی، تنها تلفات مسی یا ژولی استاتور را لحاظ می کنیم.

همچنین می دانیم که در هسته های مغناطیسی به سبب پدیده ی پسماند مغناطیسی در آن، «تلفات هیستریزیس» رخ می دهد؛ که رابطه ی آن $P_h = k_h f B_m^{1/2}$ است؛ که در آن k ضریب، f فرکانس و B_m بیشینه ی چگالی شار مغناطیسی است. افزون بر این، بر پایه ی قانون القای فارادی، به دلیل متغیر بودن شار ناشی از جریان متناوب، در هسته ی مغناطیسی ولتاژ القا می شود و این ولتاژ باعث گردش «جریان گردابی» در هسته و در نتیجه تلفات توان، به دلیل مقاومت الکتریکی هسته می شود؛ که به آن «تلفات گردابی» یا «تلفات فوکو» می گویند و رابطه ی آن $P_f = k_f f^2 B_m^2$ است. هر دوی این تلفات طبق رابطه ی $e = 1/44 N f \Phi_m = 1/44 N f B_m A$ به فرکانس و ولتاژ اعمالی بستگی دارند و در ولتاژ و فرکانس ثابت (برق شهر)، ثابتند. مجموع این تلفات، تلفات هسته را تشکیل می دهند.

سرانجام به بررسی انرژی خروجی مکانیکی برای بار می‌پردازیم. انرژی خروجی مکانیکی را بر اساس گفته‌های بالا، با یک مقاومت در روتور (ثانویه) مدل می‌کنند. نمای پخش بار در یک موتور القایی به صورت زیر است.

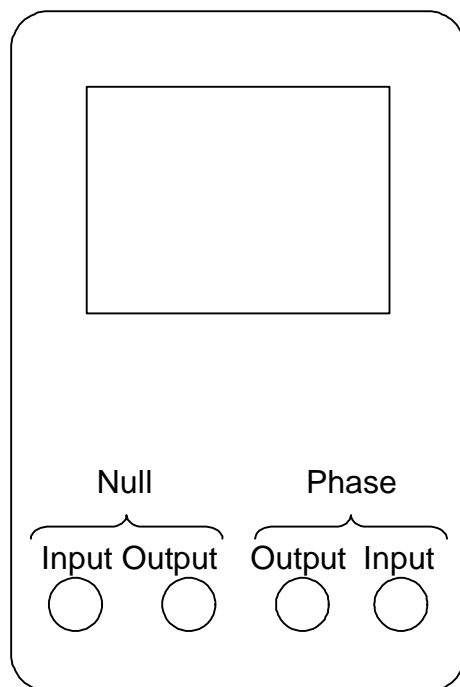


از گفته‌ها و نمای بالا، می‌توان نوشت $P_{elec.} = P_s + P_r + P_{LossMech.} + P_{OutMech.} = P_{CuS} + P_{FeC} + P_{CuR} + P_{LossMech.} + P_{OutMech.}$. اگر موتور، قفسه‌سنجایی بوده و بی‌بار کار کند، یعنی، $P_{CuR} = 0$ و $P_{OutMech.} = 0$ ، آنگاه $P_{CuS} = I^2 R_s$ و اگر نمودار توان-ولتاژ را رسم کرده و آن را امتداد داده تا محور توان را در $V=0$ قطع کند، محل تقاطع آن با محور توان، مقدار توان تلف‌شده‌ی مکانیکی است و در نتیجه، با مشخص بودن توان ورودی، تلفات مسی استاتور و تلفات مکانیکی، مقدار تلفات آهنی به دست می‌آید. در همه‌ی محاسبات باید به سه‌فاز یا تک‌فاز بودن مقادیر دقت کرد.

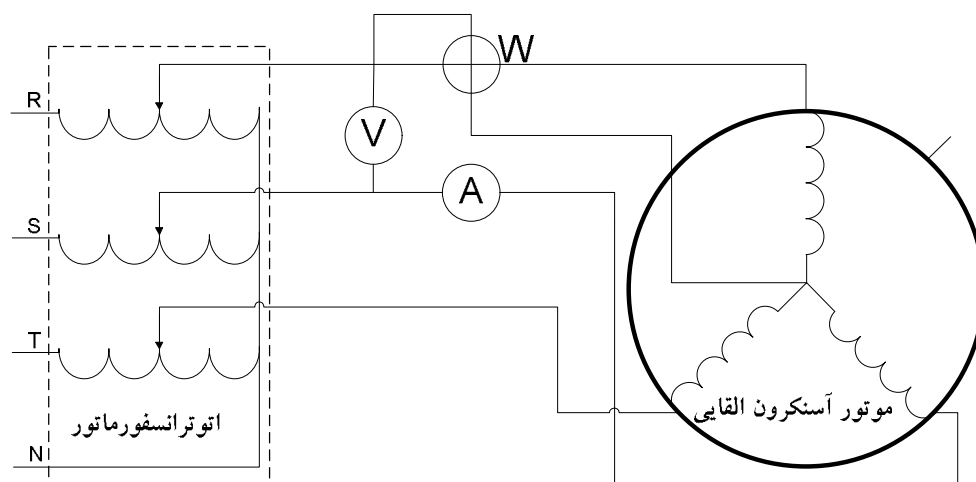
روش آزمایش

در این آزمایش موتور قفسه‌سنجایی مان را بدون بار راه می‌اندازیم و باید نمودار توان-ولتاژ موتور سه‌فازمان به دست آوریم و برای آن، نیاز به ولتاژ و توان موتور داریم. افزون بر این برای توان استاتور، نیاز به جریان آن داریم.

وسایل مورد نیاز این آزمایش، موتور القایی، منبع تغذیه، ولت‌سنج، آمپرسنج، وات‌سنج و سیم‌های اتصال است. همچنین برای اندازه‌گیری مقاومت استاتور، به پل مقاومتی و یا یک منبع مستقیم به همراه ولت‌سنج و آمپرسنج نیازمندیم.



نخست موتور را با وسایل راه‌اندازی مناسب به منبع وصل می‌کنیم. سپس، ولت‌سنج، آمپرسنج و وات‌سنج را مانند شکل می‌بندیم. از آنجا که وات‌سنج موجود در آزمایشگاه، دیجیتال بوده و مانند یک چهار قطبی عمل می‌کند، بستن آن با گونه‌ی عقربه‌ای متفاوت است. نخستین سیم این وات‌سنج از سمت راست، برای فاز ورودی (از منبع) و دومین سیم برای فاز خروجی (به مصرف‌کننده (موتور)) است؛ تا از جریان نمونه بگیرد. سومین سیم از سمت راست برای نول خروجی (مصرف‌کننده (موتور)) و اما، چهارمین سیم از سمت راست برای نول ورودی (منبع) است. نمایش اتصال‌های این وات‌سنج در شکل آمده است.



اکنون موتور را راه‌انداخته و ولتاژ را از ولتاژ نامی (برای اتصال Y موتور ما ۳۸۰ ولت) در چند پله، مثلاً ۲۰ ولتی، تا ۱۸۰ ولت برای موتور ما، پایین می‌آییم و در هر گام، جریان و توان را یادداشت می‌کنیم.

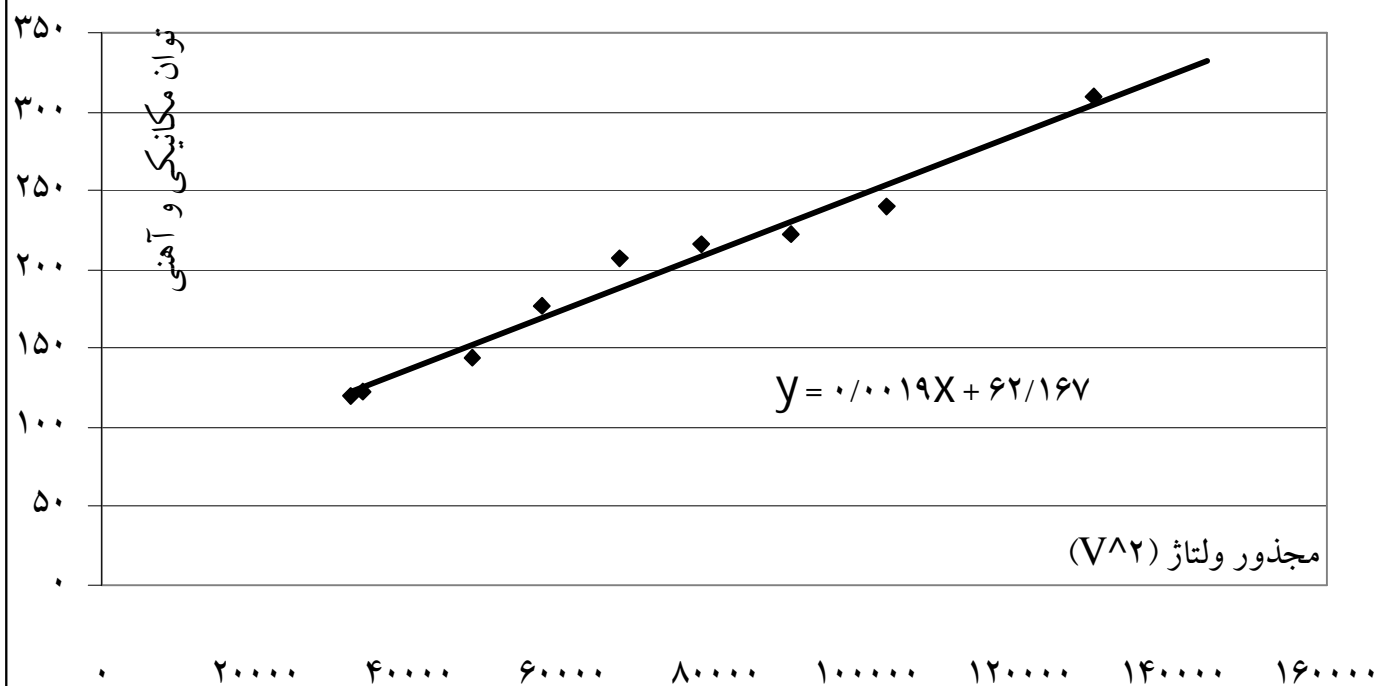
دیگر گام لازم، اندازه‌گیری مقاومت استاتور است. برای این کار از سه روش، پل مقاومتی، ولت‌سنج-آمپرسنج و یا اهم‌سنج می‌توان استفاده کرد؛ که دقت پل بیش از ولت‌سنج-آمپرسنج و آن

نیز بیشتر از اهم سنج است. اگر از روش ولت سنج-آمپرسنج بهره ببریم، چون مقدار مقاومت استاتور کم است، برای کاهش خطا، باید ولت سنج در طرف مقاومت باشد؛ یعنی، ولت سنج موازی با بار و آمپرسنج در مسیر مجموعه ی ولت سنج و بار قرار گیرد. لازم به گفتن است این اندازه گیری از دو سر سیم های یکی از کلاف های موتور انجام می پذیرد. مقاومت اندازه گیری شده در اینجا، مقدار DC است و باید آن را در «ضریب مقاومت پوستی» ضرب کرد.

باید توجه داشته باشیم، محاسبات ما برای کل ترانسفورمر، یعنی، به صورت سه فاز است. توانی که وات سنج نشان می دهد تک فاز است. پس، برای محاسبه ی تلفات توان استاتور باید مقدار آن را در ۳ ضرب کنیم؛ تا تلفات سه فاز به دست آید.

داده ها و نمودار آزمایش

V (V)	I (A)	P (W)	V ² (V ²)	$P_{cu} = 3IR^2$ (W)	$P_{fe} + P_{LMech.}$ (W)	$P_{LMech.}$ (W)	P_{fe} (W)
۱۸۰	۰/۷۶	۴۲	۳۲۴۰۰	۶/۰۶	۱۱۹/۹۴	۶۲/۱۶۷	۵۷/۷۷۳
۱۹۹	۰/۸۲	۴۳	۳۹۶۰	۷/۰۶	۱۲۱/۹۴		۵۹/۷۷۳
۲۲۰	۰/۹۰	۵۱	۴۸۴۰۰	۸/۵۱	۱۴۴/۴۹		۸۲/۳۲۳
۲۴۰	۱/۰۴	۶۲	۵۷۶۰۰	۱۱/۳۶	۱۷۴/۶۴		۱۱۲/۴۷۳
۲۶۰	۱/۱۷	۷۴	۶۷۶۰۰	۱۴/۳۷	۲۰۷/۶۳		۱۴۵/۴۶۳
۲۸۰	۱/۳۲	۷۸	۷۸۴۰۰	۱۸/۲۹	۲۱۵/۷۱		۱۵۳/۵۴۳
۳۰۰	۱/۵۰	۸۲	۹۰۰۰۰	۲۳/۶۲	۲۲۲/۳۸		۱۶۰/۲۱۳
۳۲۰	۱/۷۷	۹۱	۱۰۲۴۰۰	۳۲/۸۹	۲۴۰/۱۱		۱۷۷/۹۴۳
۳۶۰	۲/۳۳	۱۲۲	۱۲۹۶۰۰	۵۷/۰۰	۳۰۹/۰۰		۲۴۶/۸۳۳
۳۸۰	۲/۶۵	۱۶۰	۱۴۴۴۰۰	۷۳/۷۴	۴۰۶/۲۶		۳۴۴/۰۹۳



نمودار ۱: مجموع توان مکانیکی و آهنی بر حسب مجذور ولتاژ

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

*: محاسبه شده است.

پایان

اشکان نیوشا

<http://AshkanN.tripod.com>