

استفاده از روش کنترل گشتاور حلقه بسته موتور القایی جهت کشش یکنواخت سیم در سیستم جمع کننده¹ سیم طوقه²

1- حسین حبیبی فر² - علیرضا بابایی³ - محمد محمدی⁴ - اکبر نظری

1- کارشناس الکترونیک بارز² - سرپرست الکترونیک بارز³ و⁴ - سرگروه الکترونیک بارز

Hosein.habibifar@aut.ac.ir

چکیده:

سیستم های وایندآپ³ یا به اصطلاح جمع کننده باید در کل بازه کاری، کشش یکسانی به محصول مورد نظر اعمال کنند (بدون توجه به حجم محصول موجود بر روی قرقره). از کاربردهای متداول کنترل گشتاور حلقه بسته میتوان به جمع کننده چرخشی⁴ اشاره کرد. این نوع جمع کننده جهت پیچیدن و یا بازکردن مواد، کابل، سیم و غیره استفاده میشود. در این سیستم سرعت ثابت جایگاهی ندارد در حالیکه تنش اعمالی بر روی مواد در کل مدت حضور مواد در ماشین باید ثابت باشد. تنش اعمالی به چندین روش قابل اندازه گیری می باشد. 1- دنسر² - سنسور اندازه گیر تنش³ - روش غیر مستقیم به صورت اندازه گیری گشتاور موتور [1]

کلمات کلیدی:

کشش سیم، کشش مواد، جمع کننده، کنترل گشتاور حلقه بسته، موتور DC، موتور AC، گشتاور اینرسی، گشتاور اصطکاک

محور مقاله:

در این مقاله سعی شده تا روش به کار رفته در تغییر سیستم ماشین آلات وایندآپ خط آبکاری سیم از DC به AC که به صورت موفقیت آمیزی پیاده شده است تشریح شود. (ماشین آلات و تجهیزات برای تولید تاپرهای با عملکرد بهبود یافته)

مقدمه:

موتورهای الکتریکی به دو نوع کلی متناوب (AC) و مستقیم (DC) تقسیم بندی می شوند. موتورهای DC دارای عملکرد قابل قبولی از نظر کنترل گشتاور می باشند. بدین صورت که با ثابت بودن ولتاژ ورودی گشتاور موتور بدون توجه به بار ثابت می ماند. در حالیکه در موتورهای القایی آسنکرون با افزایش بار، سرعت سیستم کاهش پیدا میکند و گشتاور موتور افزایش می یابد [2]. در سیستم هایی که نیازمند پیچیدن قرقره های سیم یزرگ می باشد از موتورهای DC بهره میگیرند تا بدون توجه به سرعت، گشتاور اعمالی بر روی سیم به دلیل جلوگیری از پارگی و یا تغییر شکل دادن ثابت بماند.

بخش تجربی:

سیستم های وایندآپ یا به اصطلاح جمع کننده باید در کل بازه کاری کشش یکسانی به محصول مورد نظر اعمال کنند. به همین دلیل به طور معمول از موتورهای DC در این نوع سیستم ها استفاده میشود. به دلیل هزینه بالای تعمیر و نگهداری موتورهای DC و همچنین سیستم های راه انداز و کنترل آنها میتوان از موتورهای AC با روش کنترل برداری گشتاور ثابت بهره برد. یکی از مواردی که به تیم فنی بارز ارجاع داده شد طرح امکان سنجی تغییر سیستم جمع کننده سیم طوقه از موتور DC به AC جهت کاهش هزینه های تعمیر و نگه داری موتورها و کنترلرهای DC بود. معادلات کلی حرکت (معادله-1) در اینجا نیز صدق میکنند [1].

¹ Winder

² Bead Wire

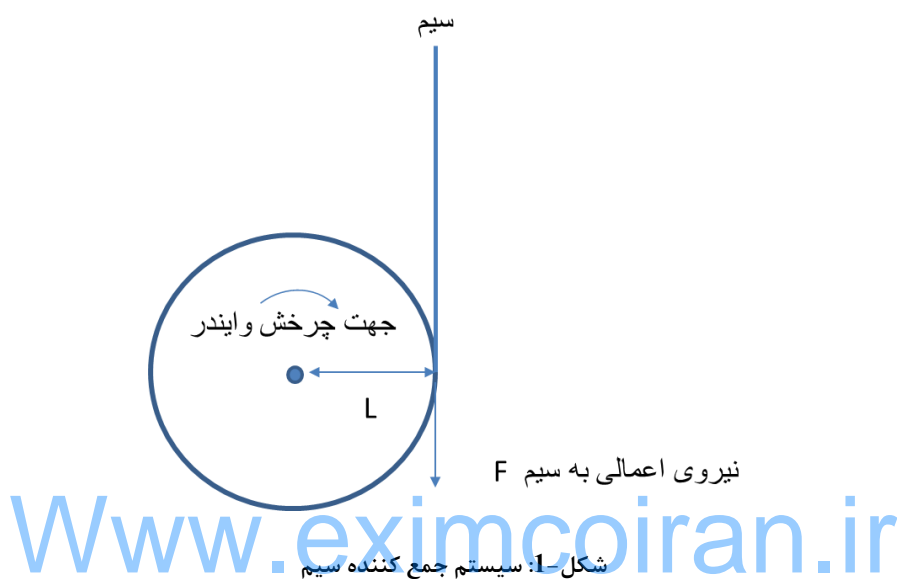
³ Wind-UP

⁴ Axial Winder

$$T_{\text{موتور}} - T_{\text{بار}} - T_{\text{اصطکاک}} = J_{\text{کلی}} * \frac{2\pi}{60} * \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

معادله-1: τ گشتاور ، J ممان اینرسی⁵ ، n دور ، t زمان

همانگونه که از معادله-1 قابل مشاهده است، معادله حرکت به گشتاور موتور، گشتاور بار ، گشتاور اصطکاک و ممان اینرسی کلی سیستم بستگی دارد. طبق معادله-1 در صورتی که گشتاور موتور از گشتاور بار و گشتاور اصطکاک زیادتر شود بار شتاب می گیرد. از طرف دیگر در صورتی که گشتاور بار و گشتاور اصطکاک از گشتاور موتور بیشتر شود آنگاه موتور متوقف میشود و ما هیچ گونه حرکتی نداریم به اصطلاح وارد وضعیت ترمزی می شود. در نهایت اگر گشتاور موتور با گشتاور بار و گشتاور اصطکاک برابر باشد سیستم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه میدهد و شتاب صفر میشود. در سیستم کشش سیم (شکل-1) نیروی اعمالی بر سیم جهت جلوگیری از هرگونه پارگی و یا تغییر فرم سیم باید ثابت باشد.



برای اعمال تنش یکنواخت بر سیم نشان داده شده در شکل-1 باید نیروی اعمالی بر سیم با توجه به قطر قرقره (L) ثابت بماند. طبق [1] سه روش برای اندازه گیری گشتاور وجود دارد 1- استفاده از دنسر رول 2- استفاده از سنسور اندازه گیری گشتاور 3- استفاده از روش اندازه گیری غیر مستقیم از طریق محاسبه گشتاور موتور. در سیستم طراحی شده ابتدا بنا بر این بود که با یک سنسور اندازه گیر فاصله قطر قرقره محاسبه و بر اساس آن گشتاور موتور تغییر کند. طبق معادله گشتاور (معادله-2) [3] در صورت افزایش قطر برای ثابت ماندن نیرو باید گشتاور قرقره افزایش پیدا کند.

$$\tau = F * L$$

معادله-2: τ گشتاور ، F نیرو ، L طول

جهت پیاده سازی سیستم با بررسی درایوهای زیمنس [4,5,6] و در نهایت انتخاب میکرومستر 440، درایو در حالت کنترل گشتاور حلقه بسته با انکودر راه اندازی شد. پس از راه اندازی سیستم نتایج جالبی بدست آمد. با افزایش قطر قرقره که متناسب با افزایش وزن قرقره می باشد گشتاور بار باعث خنثی شدن گشتاور اصطکاک میشود. طبق معادله-3، اصطکاک وابستگی مستقیم با وزن قرقره دارد [3].

$$F = \mu * m * a$$

معادله-3: μ ثابت اصطکاک ، m جرم ، a شتاب

⁵ Moment of Inertia

از طرف دیگر طبق معادله-4، مشاهده میشود که با افزایش قطر قرقره که منجر به افزایش وزن آن میشود گشتاور اینرسی قرقره افزایش پیدا میکند[3].

$$\tau = \alpha * m * r^2$$

معادله-4: τ گشتاور اینرسی، α ضریب، m جرم، r شعاع

طبق آزمایش های انجام شده و مطابق با معادله-1، راه اندازی سیستم در لحظه ابتدایی منجر به این میشود که موتور جهت راه اندازی گشتاوری بیشتر از گشتاور اینرسی سکون بار و اصطکاک جهت راه اندازی اعمال کند. پس از شروع حرکت، اینرسی حرکت قرقره هم جهت در راستای حرکت قرقره، باعث افزایش نیرو بر سیم میشود اما در این حالت کنترل حلقه بسته گشتاور با حالت ترمزی که به وجود میآورد (کم بودن گشتاور موتور نسبت به گشتاور اصطکاک و گشتاور اینرسی) مانع از افزایش نیرو و در نتیجه تنش اضافی به سیم میشود.

نتیجه گیری:

در سیستم جمع کننده سیم بید و هر نوع سیستم جمع کننده دیگری که بجز لحظه شروع نیاز به استارت مجدد سیستم نباشد (در سیستم تحت آزمایش پیچیدن یک قرقره سیم در حدود 9 ساعت بدون وقفه طول کشید) میتوان با کنترل گشتاور حلقه بسته موتور القایی آسنکرون به یک تنش ثابت بر روی مواد رسید. به این دلیل که با افزایش وزن قرقره همزمان شاهد افزایش نیروی اصطکاک (گشتاور مقاوم در مقابل حرکت) و همچنین افزایش اینرسی حرکت (در راستای گشتاور موتور) هستیم. به دلیل اینکه گشتاور اینرسی با مربع قطر رابطه مستقیم دارد[3]. لذا با افزایش وزن، نرخ افزایش گشتاور اینرسی حرکتی قرقره از نرخ افزایش گشتاور مقاوم اصطکاک بیشتر میشود. در این حالت موتور با کنترل گشتاور حلقه بسته موتور از افزایش شتاب بار جلوگیری کرده و در نهایت تنش اعمالی بر مواد ثابت می ماند.

مراجع:

- 1- Closed-Loop Torque Control and Load Distribution, SIEMENS, Application Description, 01/2014
- 2- Principles of Electric Machines and Power Electronics, P. C. SEN
- 3- Fundamental of Physics, David Halliday, 2003
- 4- Micromaster 440 Operating Instruction, SIEMENS, 10/06
- 5- Sinamics G120 CU250S-2 Control Units,SIEMENS,Compact Operating Instructions
- 6- Simovert Masterdrives Vector Control, SIEMENS