



یک درایو با روابط $T_M = 1 + 2\omega_m$, $T_L = 3\sqrt{\omega_m}$ موجود است. نقاط تعادل و پایداری آنها را تعیین نمائید.



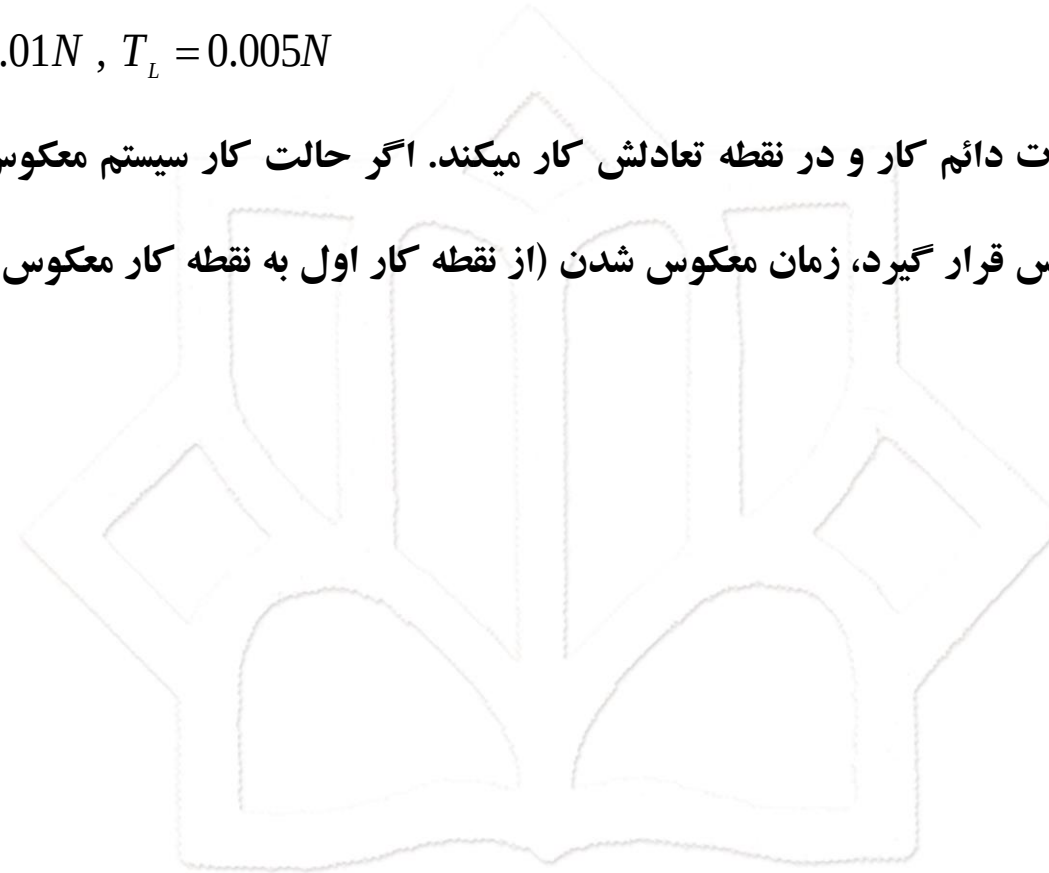


یک محرکه الکتریکی دارای پارامترهای زیر است که در آن N سرعت محور بر حسب rpm است.

$$J = 0.5 \text{ kg.m}^2, T_M = 15 - 0.01N, T_L = 0.005N$$

فرض کنید موتور بصورت دائم کار و در نقطه تعادلش کار میکند. اگر حالت کار سیستم معکوس شود و سرعت چرخش در

نقطه تعادل حالت معکوس قرار گیرد، زمان معکوس شدن (از نقطه کار اول به نقطه کار معکوس) چقدر است؟



مثال ۳- ممان اینرسی و محاسبه گشتاور ترمزی

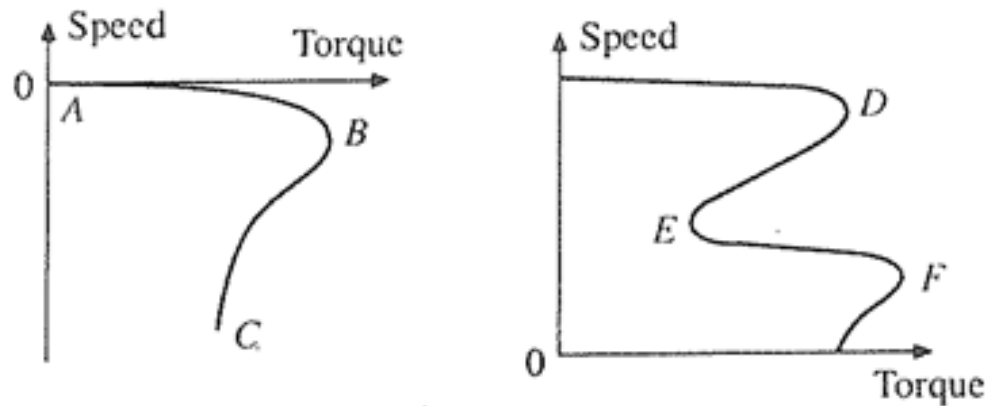
یک کانویر (نوار نقاله) افقی بصورت شکل زیر، با سرعت خطی یکنواخت ۱ متر بر ثانیه موادی را با نرخ ۱۰۰ تن بر ساعت جابجا می کند. طول نوار نقاله ۲۰۰ متر است و توسط یک موتور الکتریکی با سرعت ۱۲۰۰ rpm به حرکت در می آید. ممان اینرسی محور موتور $kg.m^2$ ۰/۱ است.

(الف) ممان اینرسی بار ارجاع شده به محور موتور را تعیین نمایید.

(ب) گشتاور مورد نیاز موتور به نحویکه نوار نقاله در مدت ۸ ثانیه از حالت سکون به سرعت نهایی ۱۲۰۰ برسد را محاسبه نمایید.



منحنی بار گشتاور موتورهای در شرایط کاری مختلف در شکل های زیر نشان داده شده اند. مشخصه های گشتاور-سرعت بار را در نواحی AB، BC، DE و EF را به نحوی رسم نمائید که نقاط تعادل بدست آمده پایدار باشند.



می خواهیم یک مدار اندازه گیری برای سنسور ولتاژ اثر هال مدل LV 25-P طراحی نماییم. مشخصات این سنسور در دیتاشیت فصل اول جزوه آورده شده است. اگر بخواهیم یک ولتاژ متناوب با مقدار موثر ۳۰۰ ولت را با این سنسور اندازه گیری نموده و آنرا به یک ولتاژ dc با مقدار از صفر تا ۳.۳ ولت تبدیل نماییم، مطلوبست تعیین مقادیر مقاومت R_1 در ورودی سنسور، مقدار مقاومت R_M در خروجی سنسور و طراحی مدار کاندیشنر جهت بایاس ولتاژ خروجی سنسور و رساندن آن به سطح از صفر تا ۵ ولت. تغذیه سنسور را ± 15 ولت فرض نمایید. نیازی به هیچگونه فیلتراسیون سیگنال وجود ندارد.

Voltage Transducer LV 25-P

Electrical data

I_{PN}	Primary nominal r.m.s. current	10	mA
I_P	Primary current, measuring range	0 .. ± 14	mA
R_M	Measuring resistance	R_{Mmin} R_{Mmax}	
	with ± 12 V	@ ± 10 mA _{max}	30 190 Ω
		@ ± 14 mA _{max}	30 100 Ω
	with ± 15 V	@ ± 10 mA _{max}	100 350 Ω
		@ ± 14 mA _{max}	100 190 Ω
I_{SN}	Secondary nominal r.m.s. current	25	mA
K_N	Conversion ratio	2500 : 1000	
V_C	Supply voltage (± 5 %)	± 12 .. 15	V
I_C	Current consumption	10 (@ ± 15 V) + I_S	mA
V_d	R.m.s. voltage for AC isolation test ¹⁾ , 50 Hz, 1 mn	2.5	kV





□ فصل اول

مثال ۶- اینکودر نوری افزایشی

از یک اینکودر نوری از نوع افزایشی با PPR برابر ۱۰۰۰، برای محاسبه سرعت محور یک موتور القایی استفاده می‌شود. اگر شمارنده میکرو در مدت زمان ۰.۰۲ ثانیه، تعداد ۶۰۰۰ پالس را شمارش کرده باشد، سرعت محور موتور بر حسب rpm چقدر است؟





یک موتور DC سری 220 V ، 960 rpm ، 60 A یک بار را به حرکت در می آورد و گشتاور بار در تمامی سرعت ها ثابت است. مقاومت آرمیچر و میدان هر کدام 0.5% اهم است. اگر ولتاژ موتور از مقدار 240 V به 200 V تغییر کند، و تعداد دور سیم پیچ میدان 50% مقدار اولیه اش شود، اندازه و جهت سرعت موتور و جریان را محاسبه کنید. آیا سرعت موتور معکوس خواهد شد؟ مدار مغناطیسی را خطی فرض نمایید.



مثال ۸- کنترل موتور DC تحریک مستقل با یکسوساز

یک موتور DC تحریک مستقل 200 V ، 1500 rpm ، 10 A با مقاومت آرمیچر $2\text{ }\Omega$ در نظر بگیرید. آرمیچر موتور به وسیله یک یکسوساز تمام کنترل شده تک فاز با منبع ولتاژ 230 V و 50 هرتز کنترل می شود. با فرض حالت هدایت پیوسته، زاویه آتش یکسوساز را برای هر دو حالت زیر محاسبه نمایید:

(الف) تحت نصف گشتاور بار نامی و سرعت 500 rpm .

(ب) تحت گشتاور بار نامی و سرعت 1000 rpm .



مثال ۹- کنترل موتور DC تحریک مستقل با یکسوساز سه فاز

یک موتور DC تحریک مستقل 200 V ، 600 rpm ، 400 A با مقاومت آرمیچر و میدان به ترتیب برابر $0.2\text{ }\Omega$ و $10\text{ }\Omega$ اهم را در نظر بگیرید. ولتاژ مدار تحریک هم 220 V است. سیم پیچ آرمیچر به یک یکسوساز سه فاز تمام کنترل شده و سیم پیچ تحریک به یک یکسوساز تک فاز نیمه کنترل شده متصل هستند. شبکه ac موجود یک شبکه سه فاز با ولتاژ موثر خط 440 V است. یکسوساز آرمیچر از طریق یک ترانسفورماتور با اتصال ستاره – مثلث و یکسوساز مدار تحریک نیز از طریق یک ترانسفورماتور تک فاز تغذیه می‌شوند.

(الف) ولتاژهای خروجی ترانسفورماتورها باید به نحوی باشند که در زاویه آتش صفر درجه هر دو یکسوساز، ولتاژهای نامی به مدارهای آرمیچر و تحریک اعمال شوند. نسبت دور هر دو ترانسفورماتور را بدست آورید.

(ب) با نسبت دور بدست آمده در بخش (الف)، با فرض حالت هدایت پیوسته جریان های آرمیچر، زاویه های آتش هر دو یکسوساز را در شرایط کاری زیر بدست آورید:

۱- در گشتاور بار نامی و شار نامی و سرعت 300 rpm

۲- در گشتاور بار نامی و شار نامی و سرعت 300 rpm -



مثال ۱۰- کنترل موتور DC با مبدل دوبل

یک موتور DC تحریک مستقل $V 200$ ، $\text{rpm } 750$ ، $A 200$ با مقاومت آرمیچر برابر $0.5/\Omega$ اهم موجود است. آرمیچر این موتور از یک مبدل دوبل با کنترل غیرهمزمان (شامل دو یکسوساز تمام کنترل شده سه فاز A و B) تغذیه می شود. ولتاژ موثر خط برابر $V 400$ است. یکسوساز A برای چرخش راستگرد (جریان مثبت) و یکسوساز B برای چرخش چپگرد (جریان منفی) تنظیم شده اند. زوایای آتش هر دو یکسوساز را با فرض حالت هدایت پیوسته در دو حالت زیر محاسبه نمائید:

(الف) عملکرد موتوری تحت گشتاور نامی و سرعت $\text{rpm } 500$.

(ب) عملکرد ترمزی بازیاب تحت گشتاور نامی و سرعت $\text{rpm } 500$.

مبدل دوبل سیستم محرکه فوق برای حالتی دیگر تحت روش کنترل همزمان کار می کند. اگر برای حالت موتوری مستقیم، مبدل A در حالت یکسوسازی و مبدل B در حالت اینورتری کار کند، زوایای آتش هر دو مبدل را در دو حالت زیر محاسبه نمائید:

(الف) عملکرد موتوری تحت گشتاور نامی و سرعت $\text{rpm } 375$ -

(ب) عملکرد ترمزی بازیاب تحت گشتاور نامی و سرعت $\text{rpm } 375$.





یک موتور DC تحریک مستقل $V = 200$ ، $rpm = 1000$ ، $A = 15$ با مقاومت آرمیچر $1/2$ اهم در نظر بگیرید. موتور در حالت عملکرد ترمز دینامیکی و با استفاده از برشگر کنترل می شود. مقاومت ترمز برابر 20 اهم در نظر گرفته شده است. (الف) دوره عملکرد برشگر را برای شرایط کار در سرعت $rpm = 1000$ و گشتاور ترمزی معادل $1/5$ برابر گشتاور نامی، محاسبه نمائید.

(ب) سرعت موتور برای دوره عملکرد 0.5 و تحت گشتاور معادل گشتاور نامی چقدر خواهد شد؟





مثال ۱۲- ترمز ژنراتوری موتور DC با برشگر کلاس B

یک موتور DC تحریک مستقل $V = 200$ ، 1500 rpm ، $A = 30$ با مقاومت و اندوکتانس آرمیچر به ترتیب برابر 0.7 اهم و 50 mH داریم. موتور در مود ترمز ژنراتوری با استفاده از یک برشگر کلاس B با فرکانس سوئیچینگ 800 Hz و از منبع DC با ولتاژ 230 ولت کنترل می شود.

(الف) دوره عملکرد برشگر برای کار در سرعت 750 rpm و تحت گشتاور نامی را محاسبه نمایید.

(ب) سرعت موتور برای دوره عملکرد 0.6 و تحت گشتاور نامی چقدر خواهد شد؟

(ج) حداکثر سرعت قابل دستیابی موتور اگر برشگر دارای دوره عملکرد 0.9 باشد و جریان آرمیچر تا حداکثر 2 برابر مقدار نامی بتواند در آن جاری شود را تعیین کنید.

(د) توان تحویل شده به منبع در حالت (ج) چقدر خواهد شد؟

(و) تحریک موتور همزمان با مدار آرمیچر کنترل می گردد. جریان نامی تحریک برابر $A = 0.5$ است. جریان تحریک را برای دوره عملکرد 0.9 و سرعت 2000 rpm و جریان آرمیچر $A = 30$ محاسبه نمایید.





مثال ۱۳- ترمز کردن موتور القایی

یک موتور القایی روتور سیم‌بندی شده 950 rpm، 400 V، 50 Hz، شش قطبی با اتصال ستاره دارای مشخصات زیر است:
 $R_s = 0.5 \Omega$ ، $X_s = 1 \Omega$ ، $R'_r = 0.6 \Omega$ ، $X'_r = 1 \Omega$. از تلفات هسته، چرخشی و اصطکاک صرف‌نظر نموده و جریان مغناطیس-
کنندگی را ناچیز فرض نمائید. نسبت دور استاتور به روتور را هم ۲ در نظر بگیرید. موتور بدون بار بوده و برای توقف آن از روش
ترمز پلاگینگ استفاده می‌شود.

(الف) حداکثر جریان ترمزی را محاسبه نمائید و مقادیر اولیه و نهایی گشتاور ترمزی را بدست آورید.

(ب) مقدار مقاومتی که باید در مدار روتور قرار داده شود تا حداکثر جریان ترمزی به دو برابر جریان نامی محدود بماند.

(ج) مقدار مقاومت ترمزی و حداکثر مقدار جریان ترمزی را حساب کنید بطوریکه بیشترین گشتاور ترمزی در سرعت ۵۰۰ rpm
رخ بدهد.

موتور القایی مساله فوق تحت شرایط ترمز ژنراتوری قرار می‌گیرد. تعیین کنید:

(الف) حداکثر گشتاور بار اکتیو اعمالی به موتور و محدوده سرعتی که موتور بتواند بصورت پایدار کار کند.

(ب) سرعت را در حالت اعمال بار ۱۶۰ N.m





مثال ۱۴- کنترل سرعت موتور القایی به روش کنترل ولتاژ و مقاومت روتور

موتور القایی روتور سیم‌بندی شده 2.8 kW , 1350 rpm , 400 V , 50 Hz , چهار قطبی با اتصال ستاره دارای مشخصات زیر است: $R_s = 1.9 \Omega$, $X_s = 3 \Omega$, $R_r = 4.575 \Omega$, $X_r = 3 \Omega$. از تلفات هسته، چرخشی و اصطکاک صرف‌نظر نموده و جریان مغناطیس‌کنندگی را ناچیز فرض نمائید.

- (الف) اگر موتور به روش کنترل ولتاژ استاتور کنترل شود، و گشتاور بار به طور خطی متناسب با سرعت باشد، ولتاژ و جریان موتور را برای نصف سرعت نامی بدست آورید. آیا موتور مجاز به کار پیوسته در این نقطه کار هست؟
- (ب) اگر موتور به روش تغییر مقاومت روتور کنترل شود و نسبت دور استاتور به روتور ۴ باشد، مقاومت خارجی مورد نیاز در هر فاز روتور را چنان تعیین کنید که موتور در بار کامل در سرعت 400 rpm دوران نماید.



مثال ۱۵- کنترل سرعت موتور القایی به روش V/f ثابت

یک موتور القایی قفس سنجابی سه فاز 1700 rpm، 380 V، 60 Hz، چهار قطبی با اتصال ستاره دارای مشخصات مدار معادل تقریبی زیر است: $R_s = 0.5 \Omega$ ، $X_s = 1 \Omega$ ، $X_m = 30 \Omega$ ، $R'_r = 0.2 \Omega$ ، $X'_r = 1 \Omega$.
موتور با فرکانس متغیر و به روش V/f ثابت کنترل می‌شود.
(الف) فرکانس تغذیه استاتور را در سرعت 1000 rpm و گشتاور بار نامی بدست آورید.
(ب) سرعت موتور را در فرکانس 15 Hz و نصف گشتاور بار نامی بدست آورید.

حال، موتور مساله فوق به روش کنترل V/f ثابت در حالت ترمز ژنراتوری قرار می‌گیرد.
(الف) فرکانس تغذیه استاتور را در سرعت 1000 rpm و گشتاور ترمزی نامی بدست آورید.
(ب) ولتاژ استاتور و توان برگشتی به منبع را در قسمت (الف) محاسبه نمایید.





مثال ۱۶- کنترل سرعت موتور القایی به روش V/f ثابت و اینورتر پله ای

یک موتور القایی قفس سنجابی سه فاز 1750 rpm، 380 V، 60 Hz، چهار قطبی با اتصال ستاره دارای پارامترهای مدار معادل زیر است: $R_s = 0.14 \Omega$ ، $X_s = 0.4 \Omega$ ، $X_m = 15 \Omega$ ، $R_r' = 0.08 \Omega$ ، $X_r' = 0.8 \Omega$

موتور با یک اینورتر ولتاژ شش پله‌ای تغذیه می‌گردد. تغذیه اینورتر با یک یکسوساز تمام کنترل‌شده شش پالسی با ولتاژ تغذیه 460V، 60Hz انجام می‌گردد. موتور به روش V/f ثابت کنترل می‌شود.

(الف) فرکانس اینورتر، زاویه آتش یکسوکننده، جریان ورودی موتور، راندمان، ضریب قدرت اصلی (DPF) و ضریب قدرت موتور (PF) را برای سرعت 1200 rpm و گشتاور نامی بدست آورید.

(ب) سرعت موتور، جریان ورودی و زاویه هدایت یکسوکننده را برای فرکانس 30 Hz و گشتاور نامی بدست آورید.

(ج) فرکانس اینورتر، جریان استاتور، قدرت ژنراتوری، ضریب قدرت و راندمان موتور را در سرعت 900 rpm و نصف گشتاور ترمزی نامی بدست آورید.





مثال ۱۷- تحلیل موتور القایی با استفاده از مدل دینامیکی

یک محرکه کنترل سرعت موتور القایی به روش کنترل برداری غیر مستقیم در قاب مرجع شار روتور را در نظر بگیرید. موتور القایی با اتصال ستاره دارای مشخصات 400 V ، 20 hp ، 1720 rpm ، 60 Hz ، $J=2\text{ Kg.m}^2$ و ۴ قطبی است. مقادیر پارامترهای مدار معادل موتور بصورت $R_s = 0.1062$ ، $X_{ls} = 0.2145$ ، $R_r' = 0.0764$ ، $X_{lr}' = 0.2145$ و $X_m = 5.834$ اهم هستند. در حالت دائم مقادیر مولفه‌های جریان استاتور، شار روتور و شار مغناطیس‌کنندگی را تحت گشتاور بار نامی محاسبه نمایید.





مثال ۱۸ - کنترل برداری موتور القایی

پارامترهای موتور القایی با کنترلر برداری غیرمستقیم عبارتست از: 6 hp، اتصال ستاره سه فاز، 60 Hz، چهارقطبی، 240 V، $R_s = 0.28 \Omega$ ، $R'_r = 0.17 \Omega$ ، $L_m = 56 \text{ mH}$ ، $L'_r = 61 \text{ mH}$ ، $L_s = 53 \text{ mH}$ و $J = 0.01667 \text{ Kg.m}^2$ و سرعت نامی 1710 rpm. تعیین کنید: (الف) مقدار نامی شار روتور و شار مغناطیس‌کنندگی، (ب) جریان‌های متناظر استاتور i_{ds} و i_{qs} و جریان استاتور I_s ، (ج) گشتاور الکترومغناطیسی.

