مبانی مهندسی برق

دکتر پدرام پیوندی

نقش موتور القایی در صنعت

- نوعی از موتور جریان متناوب موتور AC آسنکرون (غیرهمزمان)
- توان مورد نیاز در قسمت متحرک از طریق القای الکترومغناطیسی موتورهای القایی AC
- پرکاربردترین ترین موتورهایی در صنعتی و خانگی

برتری های بنیادی موتورهای القایی

- طراحی ساده و پایدار
- بهای ارزان
- هزینه نگه داری پایین
- اتصال آسان به AC
- قدرت بالا
- ساختار ساده
- عدم وجود جاروبک‌ها

نقش موتور القایی در صنعت

- ✓ تبدیل در روتور خود انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی
- ✓ برای تامین توان مورد نیاز روتور راه‌های مختلفی
- ✓ ترانسفورماتور دوار:
- ✓ موتورهای القایی را به علت شباهت بسیار زیاد آنها به ترانسفورماتور
- ✓ استاتور این موتورها از نظر عملکرد شباهت زیادی به ترانس
- ✓ سیم‌پیچ اولیه و روتور آنها به سیم‌پیچ ثانویه
- ✓ اولین موتور القایی در سال ۱۸۸۲ توسط نیکولا تسلا
- ✓ اولین موتور القایی روتور قفسی توسط دوبرولسکی در اروپا
- ✓ سال ۱۹۷۶ موتوری القایی با قدرت خروجی ۱۰۰ اسب بخار
- ✓ پرکاربردترین موتورهای القایی موتورهای روتور قفس سنجابی

نقش موتور القایی در صنعت

استاتور موتور القایی

- استاتور موتور القایی سه فاز که از جنس آهن مغناطیسی
- دارای یک سری شکاف
- سیم پیچ های موتور در آن
- برق سه فاز به این سیم پیچ ها
- استاتور شکل استوانه ای تو خالی

4

نقش موتور القایی در صنعت

روتور

- روتورموتور سه فاز القایی به شکل استوانه ای
- از یک هسته به شکل ورقه ورقه
- شکاف ها با هادی هایی از جنس مس با خلوص بالا یا آلومینیوم پر شده
- با دو حلقه اتصال کوتاه در دو سمت روتور
- دقیقا به موازات محور روتور نیستند
- کمی حالت مورب
- بروز هارومونی و لرزش های

5

نقش موتور القایی در صنعت

اساس کار موتور القایی سه فاز

- بر اساس قانون فارادی در هر مداری که تغییرات شار مغناطیسی emfای القا

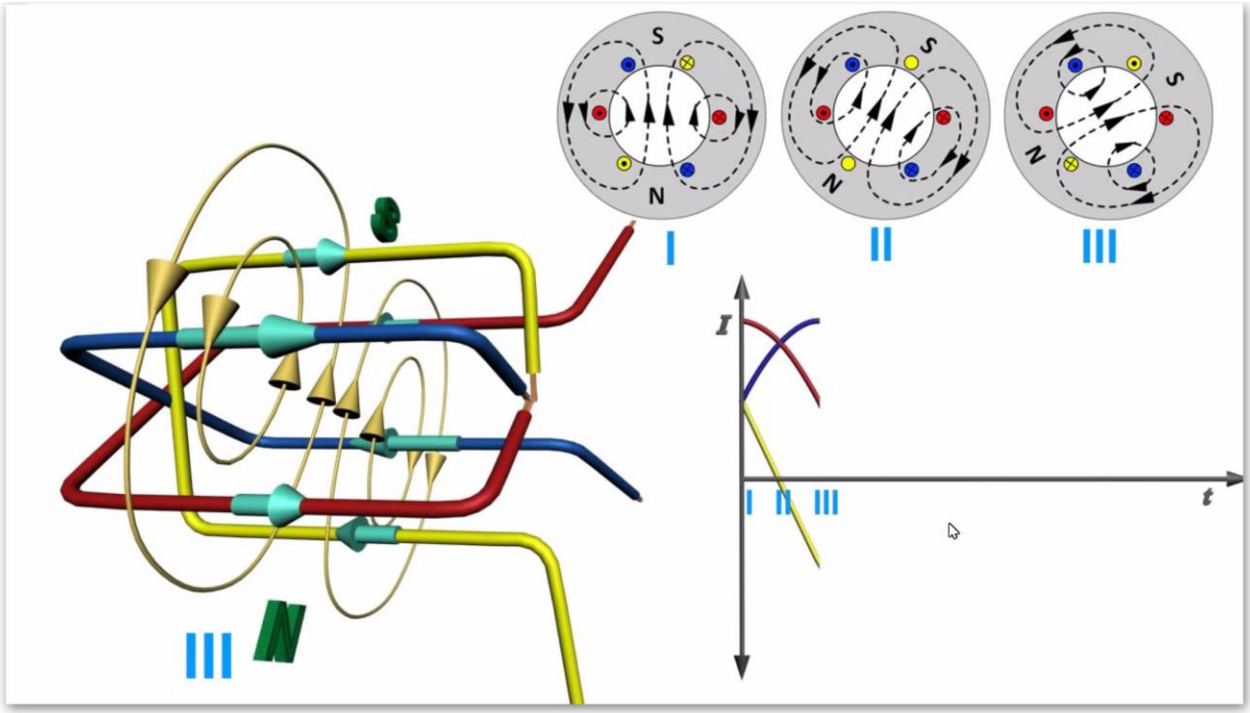
روتور موتور القایی هادی ها یا با حلقه اتصال کوتاه

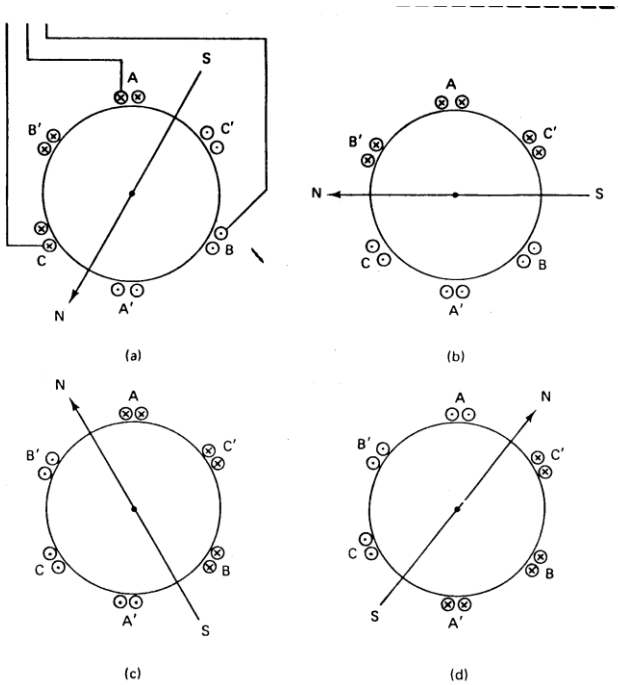
- میدان مغناطیسی استاتور از آنها می گذرد یک emfدر هادی ها تولید می شود که سبب جاری شدن جریان
- سرعت نسبی بین شار گردان و هادی های روتور باعث عبور جریان از روتور
- بر اساس قانون لنز روتور در همان جهت شروع به چرخش می کند تا با بوجود آورنده اش مخالفت
- سرعت چرخش موتور القایی نباید هیچگاه به سرعت سنکرون
- اگر سرعت روتور و میدان استاتور یکسان شود سرعت نسبی بین آنها نخواهد بود

لغزش یا اسلیپ

- اختلاف سرعت بین میدان گردان استاتور (سرعت سنکرون) و سرعت روتور

6


S
N
I
II
III
I
t
I II III


A
B′
C′
C
B
A′
S
N
(a)
(b)
(c)
(d)

مبانی تئوری در مورد موتور القایی

رابطه سرعت میدان دوار با در نظر گرفتن هر دو عامل فرکانسوتعدادقطبها :

$$n_s = \frac{۲ \times f}{P}$$

دوربردقیقه:

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times f}{P}$$

$$\omega_s = \frac{4\pi f}{P}$$

$$T = K\phi I_K \cos\theta_K$$

$$T_s = K\phi(K_1\phi)\cos\theta_K$$

$$= K' V_t^2$$

مثال ۴ ــ ۹ (سیستم SI) :

یک موتور القائی سه فاز با مشخصات زیر مفروض است ،

ولت ۴۴۰ = ولتاژ اسمی ترمینال (خط ــ خط)

هرتز ۵۰ = فرکانس اسمی

کیلو وات ۲ = توان اسمی

نیوتون متر ۴۰ = گشتاور راه انداز حاصله در ماشین ،

مطلوبست :

الف : گشتاور راه انداز اگر ولتاژ ۴۶۰ ولت به‌ماشین اعمال شود

ب : اگر بخواهیم گشتاور راه انداز ۶۰ "نیوتون متر" باشد ولتاژی را که‌باید به ماشین اعمال کنیم بدست آورید .

۱ ــ ۴ ــ ۹ لغزش **9-4.1 *Slip***

لغزش (۲) در موتورهای القائی (اسنکرون) سه فاز اینچنین بدست می‌آید .

$$\text{slip} = s = \omega_s - \omega \qquad (9\text{-}5b)$$

در روابط اخیر S_s و ω_s سرعت سنکرون و S و ω سرعت واقعی رتور می‌باشند .
معمولا لغزش را بصورت درصدی از سرعت سنکرون بیان می‌دارند

در سیستم SI داریم :

$$\text{percent slip} = s = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} \times 100 \qquad (9\text{-}6b)$$

مثال ۶ــ ۹ (سیستم SI) :

یک موتور اسنکرون سه فاز با مشخصات زیر مفروض است .

ولت ۲۳۰ = ولتاژ اسمی ترمینال (خط ــ خط)

۴ = تعداد قطبها

کیلووات ۲ = توان اسمی

هرتز ۵۰ = فرکانس اسمی

رادیان بر ثانیه ۱۵۵ = سرعت در حالت بی‌باری

رادیان بر ثانیه ۱۴۰ = سرعت در بار اسمی (بار کامل)

لغزش و درصد لغزش را درحالتهای زیر حساب کنید .

الف : حالت بی‌باری

ب : حالت بار اسمی (بار کامل)

ج : حالت سکون (رتور قفل شده)

۲ ــ ۴ ــ ۹ تنظیم سرعت : 9-4.2 Speed Regulation

تعریف تنظیم سرعت (۱) در موتورهای القائی سه فاز مشابه موتورهای DC است

در سیستم SI داریم :

$$\%\ \text{speed regulation} = \frac{\omega_{NL} - \omega_{FL}}{\omega_{FL}} \times 100 \qquad (9\text{-}8b)$$

مثال ۱۲ ــ ۹ (سیستم SI) :

یک موتوراسنکرون سه فاز ، ۸ قطبی ، ۵۰ هرتزی مفروض است و دارای مشخصات زیر است .

رادیان بر ثانیه ۷۷/۸ = سرعت بی‌باری

رادیان بر ثانیه ۶۶ = سرعت در بار اسمی (بار کامل)

درصد لغزش و درصد تنظیم سرعت موتور را بیابید .

9-5 ANALYSIS OF ROTOR BEHAVIOR

۵ ــ ۹ تحلیل رفتار رتور در موتورهای القائی سه فاز :

در این بخش رفتار رتور را در اینگونه موتورها مورد بررسی قرار می‌دهیم . این تحلیل شامل روابط الکتریکی و گشتاور خروجی در سرعتهای گوناگون می‌باشد . در این بررسی فرضیاتی را مد نظر قرار می‌دهیم ولی تقریب این بررسی‌نسبتا خوب است و برای رتورهای قفس‌سنجابی و سیم پیچی شده صادق می‌باشد .اندیس R در این بخش نمایانگر کمیتهای مربوط به رتور است .

در بخش (۳ ــ ۹) همین فصل گفتیم که فرکانس جریان‌رتور (f_R) در حالت سکون با فرکانس منبع تغذیه موتور (f) برابر است ، با سرعت گرفتن رتور ، f_R کم می‌شود و معادله زیر مبین رابطه بین فرکانس جریان رتور و فرکانس منبع تغذیه در تحت لغزشهای مختلف می‌باشد .

$$f_R = sf \qquad (9\text{-}9)$$

در رابطه اخیر لغزش (S) بر حسب عدد اعشاری بیان می‌شود و در صدی جایگزین نمی‌گردد .

در حالت سکون لغزش ۱۰۰% یا یک بوده و f_R برابر ۶۰ یا ۵۰ هرتز خواهد بود . در شرایط متداول‌بار دارای لغزش بسیارکم است (حدود ۵%) . لذا فرکانس جریان رتور در حالت بی‌باری حدود ۲/۵ تا ۳ هرتز خواهد بود که تقریبا جریانی است مستقیم

اندوکتانس هرفاز رتور (L_R) عددی ثابت است ولی راکتانس هر فاز رتور (X_R) تابعی از فرکانس است ($X_R = 2\pi f_R L_R$) . لذا راکتانس هر فاز رتور تابعی از سرعت یا لغزش است . اگر X_{BR} راکتانس هر فاز رتور در حالت سکون باشد ($X_{BR} = 2\pi f L_R$) ، بنابراین راکتانس هر فاز رتور در لغزشهای مختلف اینچنین بیان میشود :

$$X_R = sX_{BR} \qquad (9\text{-}10)$$

اگر مقاومت هر فاز رتور را R_R بگیریم ، لذا آمپدانس هر فاز رتور در لغزشهای مختلف اینچنین است .

$$Z_R = \sqrt{R_R^2 + (sX_{BR})^2} \qquad (9\text{-}11)$$

ولتاژ القاء شده در هر فاز رتور (E_R) تابع کمیتهای زیر است :

۱ ــ ولتاژ استاتور (منبع تغذیه)

۲ ــ چگونگی و نرخ قطع خطوط شار گردنده توسط هادیهای رتور

۳ ــ نسبت دورهای سیم پیچهای استاتور و رتور

www.peuram-payvanoy.com

البته نسبت دورهای سیم پیچهای استاتور و رتور در ماشینهای قفس سنجابی قدری مبهم است ولی ما در این کتاب خود را درگیر این مطالب نمی‌کنیم و فرض می‌کنیم در حالت سکون ولتاژ E_{BR} در هر فاز رتور القاء شده‌باشد ، با سرعت گرفتن رتور ولتاژ القاء شده در هر فاز رتور کاهش می‌یابد (بند ۲ فوق‌الذکر) ، لذا ولتاژ القاء شده در هر فاز رتور در لغزشهای مختلف اینچنین است .

$$E_R = sE_{BR} \qquad (9\text{-}12)$$

با توجه به روابط (۱۱ ــ ۹) و (۱۲ ــ ۹) جریان هرفاز رتور در لغزشهای مختلف بدست می‌آید .

$$I_R = \frac{sE_{BR}}{\sqrt{R_R^2 + (sX_{BR})^2}} \qquad (9\text{-}13)$$

معمولا X_{BR} ، ۴ برابر R_R است و در اغلب موتورها لغزش در بار اسمی (بار کامل) حدود ۵ ٪ است . لذا در شرایط اسمی امپدانس هر فاز رتور تقریبا همان R_R خواهد بود . زیرا ($(sX_{BR})^2$) کوچکتر از ($(R_R)^2$) می‌گردد .

مثال ۱۳ ــ ۹ :

یک موتور القائی سه‌فاز مفروض است و مقاومت هر فاز رتور ۰/۰۸ اهم و X_{BR} معادل ۰/۳۵ اهم در هر فاز می‌باشد . امپدانس هر فاز رتور را در لغزش ۱۰% بدست آورید .

$$I_R = \frac{sE_{BR}}{R_R} \qquad T = \frac{K\phi sE_{BR}(1)}{R_R} \qquad T = K''s$$

مثال ۱۵ ــ ۹ (سیستم SI) :

یک موتور اسنکرون سه فاز ۵۰ هرتزی مفروض است و سرعت آن در بار اسمی (بار کامل) ۲۶۵ رادیان بر ثانیه است اگر بار موتور به ۷۵% بار اسمی تقلیل یابد سرعت جدید موتور چیست؟ (تعداد قطبها را ۲ فرض کنید) .

مثال ۱۷ ــ ۹ (سیستم *SI*) :

یک موتور اسنکرون ۲۳۰ ولتی سه فاز با مشخصات زیر مفروض است .

هرتز ۵۰ = فرکانس اسمی

کیلو وات ۴ = توان اسمی

رادیان برثانیه۲۷۵= سرعت در بار اسمی

رادیان بر ثانیه ۳۰۰= سرعت در بار کم

مطلوبست :

الف : گشتاور اسمی

ب : گشتاور بر در حالت بار کم (بار سبک)

ج : توان خروجی در حالت بار کم (بار سبک)