فصل چهارم

موتورهای جریان مستقیم

هدف‌های رفتاری

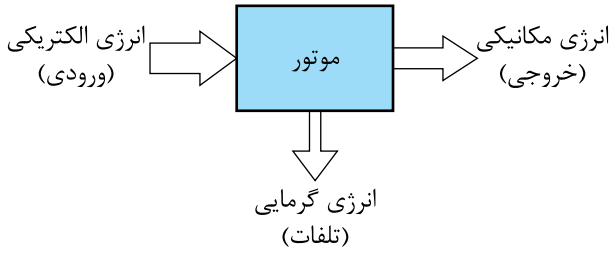
پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- موتورهای جریان مستقیم را تعریف کند و آن‌ها را طبقه‌بندی نماید.
- مشخصه‌های اصلی موتورهای جریان مستقیم را تعریف کند و آن‌ها را از یک‌دیگر تمیز دهد.
- توان، راندمان و تلفات در موتورهای جریان مستقیم را تعریف کند و روابط آن‌ها را توضیح دهد.
- بلوک دیاگرام توازن قدرت در موتورهای جریان مستقیم را رسم کند و تجزیه و تحلیل نماید.
- موتور تحریک مستقل را تعریف کند و ساختمان داخلی آن را از روی شکل توضیح دهد.
- مدار الکتریکی معادل موتور تحریک مستقل را رسم کند و آن را تجزیه و تحلیل نماید.
- منحنی مشخصه‌های موتور تحریک مستقل را از هم تمیز دهد.
- کاربرد موتور تحریک مستقل را توضیح دهد.
- موتور تحریک شنت را تعریف کند و ساختمان داخلی آن را از روی شکل توضیح دهد.
- مدار الکتریکی معادل موتور شنت را رسم کند و آن را تجزیه و تحلیل نماید.
- منحنی مشخصه‌های موتور شنت را از هم تمیز دهد.
- کاربرد موتور شنت را توضیح دهد.
- موتور تحریک سری را تعریف کند و ساختمان داخلی آن را از روی شکل توضیح دهد.
- مدار الکتریکی معادل موتور سری را رسم کند و آن را تجزیه و تحلیل نماید.
- منحنی مشخصه‌های موتور سری را از هم تمیز دهد.
- کاربرد موتور سری را توضیح دهد.
- موتور تحریک کمپوند را تعریف کند و ساختمان داخلی آن را از روی شکل توضیح دهد.
- مدار الکتریکی معادل موتور کمپوند را رسم کند و آن را تجزیه و تحلیل نماید.
- منحنی مشخصه‌های موتور کمپوند را از هم تمیز دهد.
- کاربرد موتور کمپوند را توضیح دهد.

- روش‌های راه‌اندازی موتورهای جریان مستقیم را توضیح دهد.
- ضرورت کنترل سرعت در موتورهای جریان مستقیم را توضیح دهد.
- عوامل موثر در کنترل سرعت را توضیح دهد.
- روش‌های کنترل سرعت در موتورهای جریان مستقیم را توضیح دهد.
- مدارهای ساده کنترل سرعت به صورت بلوک دیاگرام را شرح دهد.
- چگونگی تغییر جهت گردش موتورهای جریان مستقیم را شرح دهد و مدارهای آن را رسم کند.
- ضرورت ترمز در موتورهای جریان مستقیم را توضیح دهد.
- انواع روش‌های ترمز را نام ببرد و آن‌ها را توضیح دهد.
- به پرسش‌های این فصل پاسخ دهد.
- تمرین‌های این فصل را حل نماید.

مقدمه

موتورهای جریان مستقیم[1] به ماشین‌هایی گفته می‌شود که سیستم الکتریکی آن‌ها جریان مستقیم است و انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. در فرآیند این تبدیل، بخشی از انرژی به گرما تبدیل خواهد شد که از آن به عنوان «تلفات» نام برده می‌شود. شکل (۱ ـ ۴)



شکل ۱ ـ ۴

ویژگی موتورهای جریان مستقیم تنوع آن‌ها است که با ترکیب‌های متنوع در مدار تحریک آن‌ها می‌توان مشخصه‌های گشتاور ـ دور گوناگونی به‌دست آورد.

موتورهای جریان مستقیم به خاطر سادگی کنترل‌شان در سیستم‌هایی به کار می‌روند که نیاز به کنترل سرعت در محدوده وسیع و گشتاور زیاد دارند.

امروزه این موتورها در توان‌های کم در حد میلی‌وات تا توان‌های زیاد در حد ده مگاوات ساخته می‌شوند.

موتورهای جریان مستقیم با توان‌های کم که با ولتاژ تا ۲۴ ولت کار می‌کنند در اسباب‌بازی‌ها و روبات‌ها استفاده و با توان‌هایی تا چند صد وات که با ولتاژ تا ۲۳۰ ولت کار می‌کنند در لوازم خانگی و ابزارهای صنعتی استفاده می‌شوند. از موتورهای جریان مستقیم با توان‌های زیاد تا ۱۰ MW که از ولتاژ ۱۱۰ ولت تا ۸۰۰ ولت با گشتاور بین ۲۰ Nm تا ۲۰۰۰۰۰ Nm ساخته می‌شوند در قطارها و کارخانجات نورد فولاد استفاده می‌شود.

علاوه بر مواردی چون گشتاور زیاد، امکان کنترل سرعت خوب، موتورهای جریان مستقیم ساختمان محکم دارند و در مقابل لرزش مقاوم هستند.

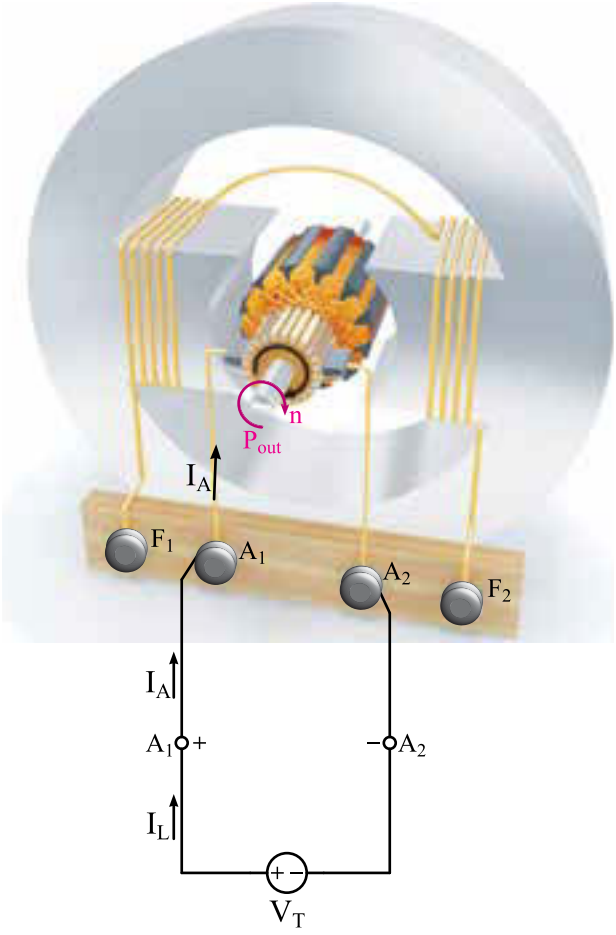
در ماشین‌های جریان مستقیم فرآیند تبدیل انرژی برگشت‌پذیر[2] است. یعنی یک ماشین الکتریکی جریان مستقیم می‌تواند به صورت موتور یا ژنراتور مورد

۱. Direct Current Motors ۲. Revesile

بهره‌بـرداری قرار گیرد. لذا سـاختمان داخلی و شـکل ظاهری موتورهای جریان مستقیم با ژنراتورهای جریان مستقیم تفاوت نخواهد داشت.

۱ ـ ۴ ـ پخـش تـوان و تلفـات در موتورهـای جریان مستقیم

طـرح سـاختمانی مـوتور جریان مستقیم در شکل (۲ ـ ۴) نشان داده شده است.



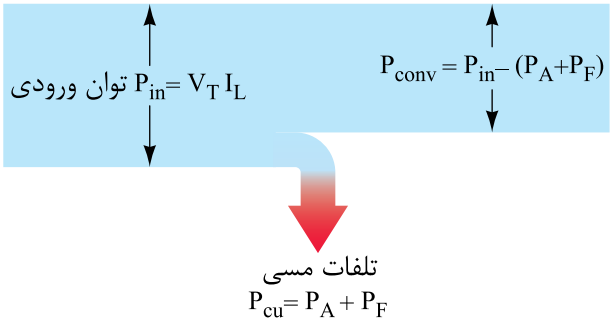
شکل ۲ ـ ۴ طرح ساختمانی موتور جریان مستقیم

اسـتاتور قطب‌هـای برجسـته دارد. در صورتی‌کـه سـیم‌پیچی قطب‌ها توسـط جریان I_F تحریک شـوند فوران ناشـی از آن در فاصله هوایی توزیع خواهد شـد. سـیم‌پیچی آرمیچر دورن میدان قطب‌ها قرار دارد و با اتصـال پایانه‌هـای A_1 و A_2 آن به منبـع ولتاژ جریان مسـتقیم به ولتاژ V_T، جریان I_A در سیم‌پیچی آرمیچر جاری شـده و در آن گشـتاور ایجاد می‌کنـد و رتور را می‌گرداند. لذا ماشین جریان مستقیم حالت موتوری به خود می‌گیرد.

تـوان الکتریکی مورد نیاز توسـط منبع DC تحت ولتاژ V_T و جریان I_L تامین خواهد شد که در موتورها به عنوان «توان ورودی» محسوب می‌شود و آن را با P_{in} نشان داده و از رابطه (۱ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$P_{in} = V_T \cdot I_L \qquad (۴-۱)$$

با جاری شـدن جریان در سیم‌پیچی‌های آرمیچر و تحریک، این سیم‌پیچی‌ها گرم می‌شوند. مقداری از توان ورودی P_{in} که در سـیم‌پیچی‌های آرمیچر و تحریک به گرما تبدیل می‌شـود را «تلفات مسـی» گویند و با P_{cu} نشان می‌دهند. بخشی از تلفات مسی که در سیم‌پیچی آرمیچـر می‌باشـد را «تلفات آرمیچـر» گویند و با P_A نشـان می‌دهند. بخش دیگر تلفات مسی در سیم‌پیچی تحریک اسـت و آن را «تلفات تحریک» نامیده و با P_F نشـان می‌دهند. تلفات مسی (P_A+P_F) از توان ورودی P_{in} می‌کاهد و بعد از کم شدن، توان باقی‌مانده را «توان تبدیل شـده» نامیـده و با P_{conv} نشـان می‌دهند. این فرآیند در شکل (۳ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۳ ـ ۴

توان تبدیل شـــده P_{conv}، توان الکتریکی است که به توان مکانیکی تبدیل شده است. توان تبدیل شده P_{conv} از رابطه (۱ ـ ۳) نیز قابل محاسبه است.

$$P_{conv} = E_A \cdot I_A$$

در این رابطه:

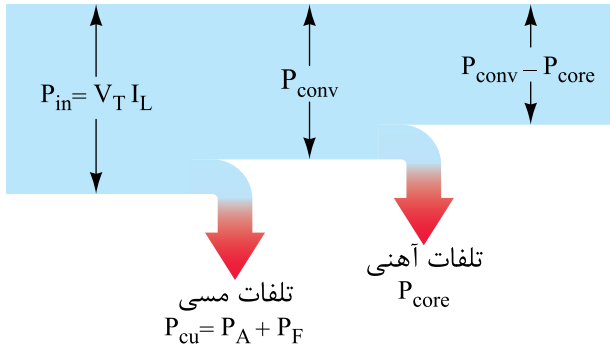
P_{conv} توان تبدیل شده. [W]

E_A نیروی محرکه القایی آرمیچر [V]

I_A جریان آرمیچر [A]

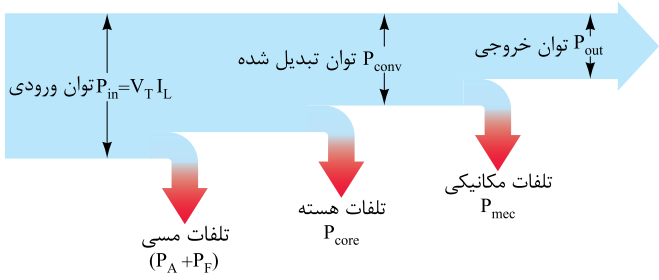
با جاری شدن فوران در هسته استاتور و آرمیچر و در اثر گردش آرمیچر، تلفات فوکو و هیســترزیس به‌وجود می‌آید. مقداری از توان الکتریکی ورودی P_{in} که در اثر تلفات فوکو و هیســترزیس به گرما تبدیل می‌شــود را «تلفات هسته» گویند و با P_{core} نشان می‌دهند.

تلفــات هســته P_{core} از تــوان تبدیل شــده P_{conv} می‌کاهد. این فرآیند در شــکل (۴ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۴ ـ ۴

با گردش رتور، اصطکاک میان قســمت‌های ســاکن و متحرک ایجاد می‌شــود. بخشــی از این اصطکاک در یاتاقان‌هــا و بخش دیگــر آن در اثر اصطکاک قســمت متحرک و هوای درون ماشــین به‌وجود می‌آید. مقداری از توان مکانیکی ورودی P_{in} که در اثر اصطکاک به گرما تبدیل می‌شــود را «تلفات مکانیکی» گویند و با P_{mec} نشــان می‌دهند. تلفات مکانیکــی P_{mec} همراه با تلفات هســته P_{core} از توان تبدیل شده P_{conv} می‌کاهد و بعد از کم شــدن، توان باقی‌مانده را «توان خروجی» گویند و با P_{out} نشــان می‌دهند. این فرآیند در شکل (۵ ـ ۴) نشان داده شده است. به این شکل «نمودار پخش توان» موتورهای جریان مستقیم گویند.



شکل ۵ ـ ۴ نمودار پخش توان در موتورهای جریان مستقیم

مثال ۱ ـ ۴ ــ مــوتور جــریــان مســتــقیم ۲۰۰ V، ۱۰ A با تلفات مسی ۵۰ W و هسته ۴۰ W و مکانیکی ۶۰ W مفروض است.

مطلوب است:

الف ـ توان ورودی

ب ـ توان تبدیل شده

ج ـ توان خروجی

حل:

ـ بــا توجه بــه نمودار پخــش توان شــکل (۴ ـ ۴) داریم:

$$P_{in} = V_T I_L = ۲۰۰ \times ۱۰ = ۲۰۰۰ \,[W]$$
$$P_{conv} = P_{in} - (P_A + P_F)$$
$$P_{conv} = ۲۰۰۰ - ۵۰ = ۱۹۵۰ \,[W]$$

$$P_{out} = P_{conv} - P_{mec} - P_{core}$$
$$P_{out} = ۱۹۵۰ - ۴۰ - ۶۰ = ۱۸۵۰\ [W]$$

۲ ـ ۴ ـ تلفات کل موتورهای جریان مستقیم

حاصل جمع تلفات موتورهای جریان مستقیم را «تلفات کل» گویند و آن را با ΔP نشان می‌دهند. با توجه به نمودار پخش توان شکل (۴ ـ ۴) تلفات کل برابر است با:

تلفات مکانیکی + تلفات هسته + تلفات مسی = تلفات کل

که در فصل قبل آن را با رابطه (۳ ـ ۳) نشان دادیم:

$$\Delta P = (P_A + P_F) + P_{core} + P_{mec}$$

تفاوت بین توان ورودی P_{in} و توان خروجی P_{out}، تلفات کل ΔP است و آن را با رابطه (۴ ـ ۳) نشان دادیم.

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

تلفات مکانیکی P_{mec} و تلفات هسته P_{core} مطابق آنچه که در بخش ۲ ـ ۳ توضیح داده شد را «تلفات ثابت» نامیده و تلفات مسی که شامل تلفات آرمیچر P_A و تلفات تحریک P_F است را «تلفات متغیر» گویند.

مثال ۲ ـ ۱ ـ موتور جریان مستقیم ۲۲۰ V، ۱۶/۵ A مفروض است. تلفات آرمیچر ۳۰ W و تلفات تحریک ۲۰ W می‌باشد. اگر تلفات هسته ۶۰ W و تلفات مکانیکی ۴۰ W باشد مطلوب است:

الف) تلفات متغیر

ب) تلفات ثابت

ج) توان خروجی

حل:

$$\text{تلفات متغیر} = P_A + P_F = ۳۰ + ۲۰ = ۵۰\ W$$
$$\text{تلفات ثابت} = P_{core} + P_{mec} = ۶۰ + ۴۰ = ۱۰۰\ W$$

ـ توان ورودی از رابطه (۱ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$P_{in} = V_T I_L = ۲۲۰ \times ۱۶/۵ = ۳۶۳۰\ [W]$$

ـ تلفات کل از رابطه (۳ ـ ۳) به‌دست می‌آید.

$$\Delta P = P_A + P_F + P_{core} + P_{mec}$$
$$\Delta P = ۳۰ + ۲۰ + ۶۰ + ۴۰ = ۱۵۰\ [W]$$

ـ توان نیز خروجی از رابطه (۴ ـ ۳) به‌دست می‌آید.

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$
$$P_{out} = P_{in} - \Delta P$$
$$P_{out} = ۳۶۳۰ - ۱۵۰ = ۳۴۸۰\ [W]$$

۳ ـ ۴ ـ بازده موتورهای جریان مستقیم

در موتورهای جریان مستقیم توان ورودی P_{in} الکتریکی است و توان خروجی P_{out} مکانیکی می‌باشد. نسبت توان خروجی به توان ورودی را «بازده» یا راندمان نامیده و آن را با η نشان می‌دهند که از رابطه (۵ ـ ۳) به‌دست می‌آید.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

بـــازده را بر حســـب درصد بیان می‌کنند و از رابـطه (۶ ـ ۳) محاسبه می‌شود.

$$\%\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times ۱۰۰$$

مثال ۳ ـ ۴ ـ یـک مـوتور جریان مستقیم ۴ KW، ۲۵۰ V، ۲۰ A مفروض است. مطلوب است محاسبه:

الف ـ بازده بر حسب درصد

ب ـ تلفات

حل:

ـ توان ورودی از رابطه (۱ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$P_{in} = V_T \cdot I_L = ۲۵۰ \times ۲۰ = ۵۰۰۰ \,[W]$$

ـ توان خروجی بر حسب KW است که آن را به W تبدیل می‌کنیم.

$$P_{out} = ۴_{kw} \times ۱۰۰۰ = ۴۰۰۰ \,[W]$$

ـ بازده بر حســب درصد از رابطه (۶ ـ ۳) به‌دســت می‌آید.

$$\%\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times ۱۰۰$$

$$\%\eta = \frac{۴۰۰۰}{۵۰۰۰} \times ۱۰۰ = \%۸۰$$

ـ تلفات از رابطه (۴ ـ ۳) به‌دست می‌آید.

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

$$\Delta P = ۵۰۰۰ - ۴۰۰۰ = ۱۰۰۰ \,[W]$$

۴ ـ ۴ ـ گشتاور موتورهای جریان مستقیم

گشـــتاور آرمیچر موتورهای جریان مستقیم ناشی از جاری شدن جریان در سیم‌پیچی آرمیچر واقع در میدان مغناطیســـی قطب‌های اســـتاتور اســـت. با عبور جریان از ســـیم‌پیچی آرمیچر I_A، از طرف فوران مغناطیســـی میدان قطب‌های اســـتاتور φ به هادی‌های حامل جریان سیم‌پیچی آرمیچر نیروی مغناطیسی وارد می‌شود. این نیرو حول محور رتور گشتاور آرمیچر T_A ایجاد می‌نماید و از رابطه (۲۵ ـ ۲) به‌دست می‌آید.

$$T_A = K\varphi I_A$$

با ایجاد گشتاور، سیم‌پیچی آرمیچر شروع به گردش در فوران مغناطیسی قطب‌های استاتور می‌کند و در آن $\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ پدید آمده و طبق قانون القای الکترومغناطیســـی فـــاراده نیروی محرکـــه E_A در ســـیم‌پیچی آرمیچر القا می‌شـــود. نیروی محرکه القایی در ســـیم‌پیچی آرمیچر E_A از رابطه (۲۰ ـ ۲) به‌دست می‌آید.

$$E_A = K \cdot \varphi \cdot \omega$$

مشـــاهده می‌شود در ماشـــین‌های الکتریکی جریان مستقیم پدیده‌های ژنراتوری و موتوری به طور هم زمان در سیم‌پیچی آرمیچر شکل می‌گیرند.

مقـــدار ضریب K از رابطه‌های (۲۵ ـ ۲) و (۲۰ ـ ۲) به‌دست می‌آید. رابطه (۲ ـ ۴)

$$K = \frac{T_A}{\varphi I_A} = \frac{E_A}{\varphi\omega} \qquad (۴\text{-}۲)$$

گشـــتاور آرمیچر T_A از تناســـب رابطه (۲ ـ ۴) قابل

محاسبه است. رابطه (۳ ـ ۴)

$$T_A = \frac{E_A I_A}{\omega} \qquad (۴-۳)$$

در رابطه (۳ ـ ۴) مقدار $E_A I_A$ بیانگر توان تبدیل شده P_{conv} است. با جایگزینی آن، رابطه (۴ ـ ۴) به‌دست خواهد آمد.

$$T_A = \frac{P_{conv}}{\omega} \qquad (۴-۴)$$

رابطه (۴ ـ ۴) تعریف جدیدی برای گشتاور آرمیچر ارایه می‌دهد. طبق این تعریف «نسبت توان تبدیل شده P_{conv} به سرعت زاویه‌ای رتور ω گشتاور آرمیچر T_A نامیده می‌شود.» بر اساس همین تعریف «نسبت توان خروجی P_{out} به سرعت زاویه‌ای رتور ω، گشتاور بار T_{load} می‌نامند» و از رابطه (۵ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$T_{load} = \frac{P_{out}}{\omega} \qquad (۴-۵)$$

بدیهی است توان تبدیل شده P_{conv} بزرگ‌تر از توان خروجی P_{out} است در نتیجه گشتاور آرمیچر نیز بیش‌تر از گشتاور بار خواهد شد.

مثال ۴ ـ ۴ ـ موتور جریان مستقیم ۸۰ KW، ۸۰۰ V و سرعت ۱۵۰۰ RPM مفروض است. اگر در این سرعت نیروی محرکه القایی آرمیچر ۷۵۰ V و جریان آرمیچر ۱۲۵ A باشد مطلوب است:

الف ـ گشتاور آرمیچر T_A

ب ـ گشتاور بار T_{load}

حل:

ـ سرعت زاویه موتور از رابطه (۱۹ ـ ۲) به‌دست می‌آید.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\times 3/14\times 1500}{60} = 157\left[\frac{rad}{sec}\right]$$

ـ از رابطه (۳ ـ ۴) گشتاور آرمیچر به‌دست می‌آید.

$$T_A = \frac{E_A I_A}{\omega} = \frac{750\times 125}{157} = 597/1[N.m]$$

ـ از رابطه (۵ ـ ۴) گشتاور بار به‌دست می‌آید.

$$T_{load} = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{80\times 10^3}{157} = 509/5[N.m]$$

پرسش ۱ ـ ۴

پرسش‌های کامل کردنی

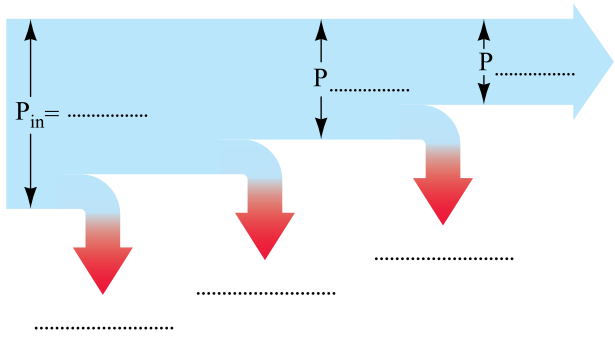
۱ ـ فرآیند تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی توسط ..... صورت می‌گیرد.

۲ ـ مقداری از توان که در اثر ..... در ..... تبدیل به ..... می‌شود را تلفات مکانیکی گویند.

۳ ـ نسبت توان ..... به سرعت ..... را گشتاور آرمیچر نامند.

۴ ـ نسبت توان ..... به سرعت..... را گشتاور بار نامند.

۵ ـ نمودار پخش توان موتور جریان مستقیم شکل زیر را تکمیل کنید.



پرسش‌های صحیح غلط

۱ ـ حاصل جمع تلفات مکانیکی و تلفات تحریک و تلفات آرمیچر را تلفات کل گویند.

صحیح ☐ غلط ☐

۲ ـ تلفات مکانیکی و تلفات هسته را تلفات متغیر گویند.

صحیح ☐ غلط ☐

پرسش‌های تشریحی

۱ ـ مفهوم توان تبدیل شده در موتورهای جریان مستقیم را شرح دهید.

۲ ـ تلفات آرمیچر را شرح دهید.

۳ ـ ویژگی‌های موتورهای جریان مستقیم را بنویسید.

۴ ـ تلفات متغیر در موتورهای جریان مستقیم کدامند؟

۵ ـ علت پیدایش حالت موتوری و ژنراتوری در ماشین‌های جریان مستقیم را شرح دهید؟

۶ ـ تلفات در موتورهای جریان مستقیم را تعریف کنید.

۷ ـ به چه دلیل به تلفات مسی، تلفات متغیر گویند؟

تمرین ۱ ـ ۴

۱ ـ موتور جریان مستقیم ۱ KW، ۲۰۰ V با توان تبدیل شده ۱۱۰۰ W و تلفات مسی ۵۰ W مفروض است. مطلوب است:

الف ـ تلفات مکانیکی و هسته روی هم

ب ـ توان ورودی موتور

ج ـ جریان موتور

۲ ـ موتور جریان مستقیم ۱۰ KW، ۵۰۰ V با تلفات ثابت ۷۰۰ W و متغیر ۸۰۰ W مفروض است. مطلوب است:

الف ـ تلفات کل

ب ـ توان ورودی

ج ـ توان تبدیل شده

۳ ـ یک موتور جریان مستقیم ۱۰ HP، ۲۵۰ V با بازده ۷۴/۵ ٪ مفروض است. مطلوب است:

الف ـ توان ورودی

ب ـ جریان موتور

۴ ـ یک موتور جریان مستقیم ۴۵ KW باری را با گشتاور ۴۳۰ Nm به گردش درآورده است. سرعت رتور را برحسب RPM به‌دست آورید.

۵ ـ یک موتور جریان مستقیم ۹۰ KW با تلفات ثابت ۲/۵ KW باری را با سرعت ۱۲۰۰ RPM می‌گرداند. مطلوب است:

الف ـ گشتاور بار

ب ـ گشتاور آرمیچر

۵ ـ ۴ ـ پدیده مهار گسستگی در موتورهای جریان مستقیم

افزایش سرعت موتورهای جریان مستقیم در اثر کاهش فوران مغناطیسی قطب‌ها را «مهارگسستگی[1]» گویند.

نیروی محرکه القایی آرمیچر از رابطه به‌دست می‌آید. بر اساس این رابطه سرعت از رابطه (۶ ـ ۴) تعیین می‌شود.

$$\omega = \frac{E_A}{K \cdot \varphi} \qquad (۴-۶)$$

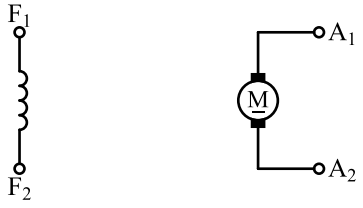
گشتاور آرمیچر موتورهای جریان مستقیم از رابطه (۲۵ ـ ۲) به‌دست می‌آید.

$$T_A = K \cdot \varphi \cdot I_A$$

اگر در اثر افزایش مقاومت مدار تحریک، جریان سیم‌پیچی تحریک I_F کاهش یابد فوران مغناطیسی قطب‌ها φ کم می‌شود و طبق رابطه (۲۵ ـ ۲) گشتاور آرمیچر کاهش می‌یابد. در این صورت اگر موتور بار داشته باشد، از حرکت می‌ایستد و جریان سیم‌پیچی آرمیچر افزایش می‌یابد و به آن آسیب خواهد رسید. در صورتی‌که موتور بدون بار باشد کاهش فوران طبق رابطه (۶ ـ ۴) منجر به افزایش سرعت می‌شود و مهار گسسته خواهد شد و به یاتاقان‌ها آسیب می‌رسد؛ هم‌چنین در اثر افزایش جریان به سیم‌پیچی آرمیچر آسیب می‌رسد.

۶ ـ ۴ ـ علامت اختصاری و مدار الکتریکی معادل موتورهای جریان مستقیم

طرح ساختمانی موتور جریان مستقیم شکل (۲ ـ ۴) دو قسمت مجزا از یک‌دیگر را نشان می‌دهد. یکی سیم‌پیچی تحریک بر روی استاتور و دیگری سیم‌پیچی آرمیچر بر روی رتور می‌باشد. علامت اختصاری این دو قسمت در شکل (۶ ـ ۴) نشان داده شده است. به کمک علامت‌های اختصاری می‌توان نمایش ساده‌ای از موتورهای جریان مستقیم ارایه کرد.



ب الف

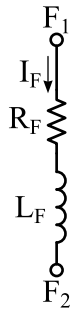
شکل ۶ ـ ۴ الف ـ علامت اختصاری آرمیچر

ب ـ علامت اختصاری تحریک

از علامت اختصاری برای نشان دادن اتصالات الکتریکی در موتورهای جریان مستقیم استفاده می‌شود.

تحلیل الکتریکی موتورهای جریان مستقیم به منظور محاسبه کمیت‌های الکتریکی ولتاژ، جریان و توان با استفاده از مدار الکتریکی معادل امکان‌پذیر است. مدار الکتریکی معادل سیم‌پیچی تحریک، یک مدار R_L سری می‌باشد که در شکل (۷ ـ ۴) نشان داده شده است.

۱. Runaway



شکل ۷ ـ ۴ مدار الکتریکی معادل سیم‌پیچی تحریک

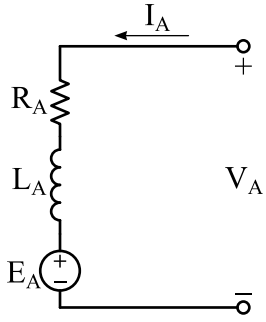
در این شکل:

R_F معادل مقاومت اهمی سیم‌پیچی تحریک

L_F ضریب خود القایی سیم‌پیچی تحریک

I_F جریان سیم‌پیچی تحریک

مدار الکتریکی معادل سیم‌پیچی آرمیچر در شکل (۸ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۸ ـ ۴ مدار الکتریکی معادل سیم‌پیچی آرمیچر

در این شکل:

E_A معادل نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی آرمیچر [V]

R_A معادل مقاومت اهمی سیم‌پیچی آرمیچر [Ω]

I_A جریان سیم‌پیچی آرمیچر [A]

V_A ولتاژ دو سر آرمیچر [V]

L_A ضریب خود القایی سیم‌پیچی آرمیچر

۷ ـ ۴ ـ مشخصات موتورهای جریان مستقیم

موتورهای جریان مستقیم توسط کارخانه سازنده مورد آزمایش‌های متعددی قرار خواهند گرفت. نتایجی که از این آزمایش‌ها به‌دست می‌آید به عنوان «مشخصات موتور جریان مستقیم» ارایه خواهند شد. این مشخصات به سه گروه تقسیم می‌شوند.

۱ ـ گروه اول شامل مشخصاتی است که بر روی پلاک ماشین ثبت می‌شود. این مشخصات را «مقادیر نامی» می‌نامند. به هنگام استفاده از موتور تجاوز از مقادیر نامی باعث بروز مشکلات جدی و آسیب به سیم‌پیچی‌های ماشین و قسمت‌های مکانیکی آن خواهد شد.

۲ ـ گروه دوم شامل مشخصاتی است که پس از تنظیم، ترسیم می‌شوند و به عنوان «منحنی مشخصه» به صورت سند در می‌آیند. این منحنی مشخصات عبارتند از:

- منحنی مشخصه الکترومکانیکی

منحنی مشخصه الکترومکانیکی تاثیر تغییرات سرعت گردش رتور n بر جریان سیم‌پیچی آرمیچر I_A را در ولتاژ V_T ثابت نشان می‌دهد.

- منحنی مشخصه الکترومغناطیسی

منحنی مشخصه الکترومغناطیسی تاثیر تغییرات گشتاور بار T_{load} بر جریان سیم‌پیچی آرمیچر I_A را در ولتاژ ثابت V_T نشان می‌دهد.

- منحنی مشخصه گشتاور ـ سرعت

منحنی مشخصه گشتاور ـ سرعت تاثیر تغییرات گشتاور بار T_{load} بر سرعت گردش رتور n را در ولتاژ V_T ثابت نشان می‌دهد.

۳ ـ گروه سوم شامل مشخصاتی است که از تجزیه و تحلیل اطلاعات مشخصات گروه اول و دوم به‌دست آمده و محاسبه می‌شوند. یکی از این مشخصات کمیت «تنظیم سرعت[۱] SR» است که تغییرات سرعت نسبت به سرعت بارداری را نشان می‌دهد و از رابطه (۷ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$SR = \frac{n_{\circ} - n}{n} \qquad (۴-۷)$$

تنظیم سرعت را به صورت درصد بیان می‌کنند و از رابطه (۸ ـ ۴) محاسبه می‌شود.

$$\%SR = \frac{n_{\circ} - n}{n} \times ۱۰۰ \qquad (۴-۸)$$

که در این رابطه:

SR تنظیم سرعت

$n_{\circ}$ سرعت بی‌باری رتور

n سرعت بارداری رتور

هرچه درصد تنظیم سرعت کم‌تر باشد، در اثر افزایش گشتاور بار سرعت رتور کم‌تر کاهش می‌یابد. بنابراین سرعت رتور از پایداری بیش‌تری برخودار است.

مثال ۵ ـ ۴ ـ یک موتور جریان مستقیم ۲ KW در بی‌باری با سرعت ۱۵۰۰ RPM و در بار کامل با سرعت ۱۴۴۰ RPM می‌گردد. مطلوب است:

الف ـ درصد تنظیم سرعت

ب ـ گشتاور بار

حل:

ـ درصد تنظیم سرعت از رابطه (۸ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$\%SR = \frac{n_{\circ} - n}{n} \times ۱۰۰$$

$$\%SR = \frac{۱۵۰۰ - ۱۴۴۰}{۱۴۴۰} \times ۱۰۰ = \%۴/۱$$

ـ از رابطه (۱۹ ـ ۲) سرعت زاویه‌ای به‌دست می‌آید.

$$\omega = \frac{۲\pi n}{۶۰} = \frac{۲ \times ۳/۱۴ \times ۱۴۴۰}{۶۰} = ۱۵۰/۷۲ \left[\frac{rad}{sec}\right]$$

ـ از رابطه (۵ ـ ۴) گشتاور بار به‌دست می‌آید.

$$T_{load} = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{۲ \times ۱۰^{۳}}{۱۵۰/۷۲} = ۱۳/۲۶ [N.m]$$

پرسش ۲ ـ ۴

پرسش‌های کامل کردنی

۱ ـ منحنی مشخصه الکترومکانیکی تاثیر تغییرات ..... بر ..... را نشان می‌دهد.

۲ ـ هرچه درصد تنظیم سرعت ..... باشد، سرعت رتور از پایداری ..... برخوردار است.

پرسش‌های صحیح غلط

۱ ـ منحنی مشخصه گشتاور ـ سرعت تاثیر گشتاور بار بر سرعت گردش رتور را نشان می‌دهد.

صحیح ☐ غلط ☐

۲ ـ هرچه درصد تنظیم سرعت بیش‌تر باشد سرعت

۱. Speed Regulation