دلیل بزرگ شدن جریان آرمیچر در لحظه راه‌اندازی کوچک بودن مقاومت آرمیچر R_A در مقابل ولتاژ منبع تغذیه V_T است.

برای مثال موتور ۲۲۰ V، ۱ KW، ۵ A با مقاومت آرمیچر ۰/۲Ω را در نظر بگیرید. جریان آرمیچر این موتور در لحظه راه‌اندازی برابر است با:

$$I_{Ast} = \frac{V_T - ۰}{R_A}$$

$$I_{Ast} = \frac{۲۲۰ - ۰}{۰/۲} = ۱۱۰۰[A]$$

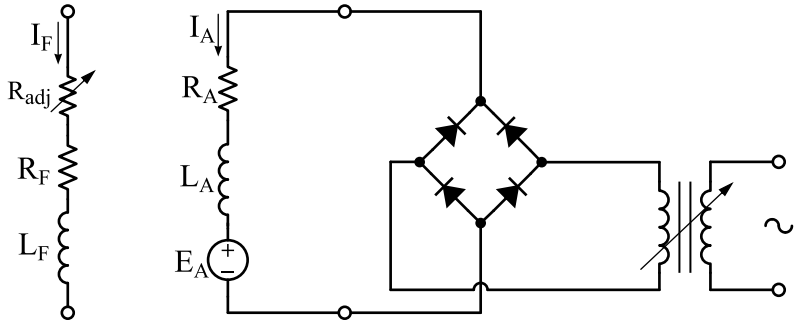
مشاهده می‌شود جریان آرمیچر در لحظه راه‌اندازی ۲۲۰ برابر جریان نامی موتور است. البته پس از راه‌اندازی موتور و سرعت گرفتن رتور نیروی محرکه القایی E_A افزایش می‌یابد و باعث کاهش جریان آرمیچر می‌شود.

برای کاهش جریان آرمیچر در لحظه راه‌اندازی طبق رابطه (۴۱ ـ ۴) باید ولتاژ V_T را کاهش یا مقاومت مدار آرمیچر R_A را افزایش داد. بدین منظور روش‌هایی ابداع شده است که به آن‌ها پرداخته می‌شود.

۱ ـ ۱۴ ـ ۴ ـ راه‌اندازی با منبع ولتاژ متغیر

در این روش با استفاده از منبع ولتاژ DC متغیر در لحظه راه‌اندازی ولتاژ موتور را کاهش می‌دهند و پس از راه‌اندازی ولتاژ را به تدریج افزایش می‌دهند تا به ولتاژ نامی برسد.

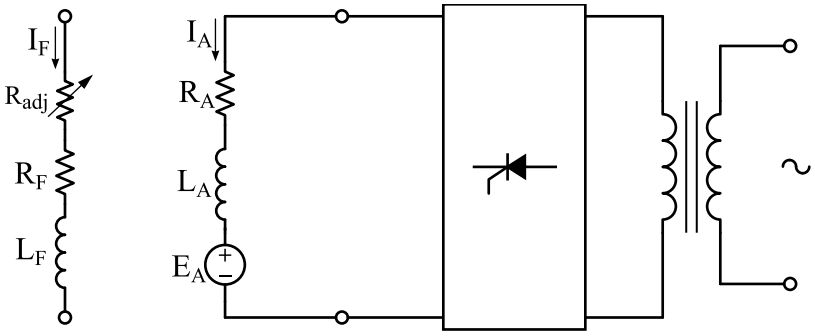
یک نمونه از منبع ولتاژ DC متغیر در شکل (۴۵ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۴۵ ـ ۴

در شکل (۴۵ ـ ۴) از یک ترانس متغیر برای تغییر ولتاژ و یک مدار الکترونیکی یکسو کننده دیودی برای تبدیل ولتاژ AC به DC استفاده شده است.

نمونه دیگری از منبع ولتاژ DC متغیر در شکل (۴۶ ـ ۴) نشان داده شده است.



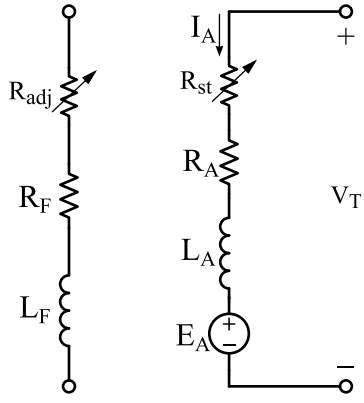
شکل ۴۶ ـ ۴

در این شکل از یک ترانس برای تبدیل ولتاژ و یک مدار الکترونیکی یکسوکننده تریستوری تمام موج کنترل شده برای تغییر ولتاژ و تبدیل AC به DC استفاده شده است.

استفاده از منبع ولتاژ DC متغیر در راه‌اندازی موتورهای DC به دلیل بازده زیاد بسیار مناسب است.

۴ ـ ۱۴ ـ ۴ ـ راه‌اندازی با مقاومت راه‌انداز

در این روش با استفاده از مقاومت متغیر به نام «مقاومت راه‌انداز[۱]» که با مدار آرمیچر سری می‌شود مقاومت مدار آرمیچر را افزایش می‌دهند و پس از راه‌اندازی، مقاومت راه‌انداز را به تدریج کم می‌کنند تا به صفر برسد. نحوه قرار گرفتن مقاومت راه‌انداز در مدار آرمیچر در شکل (۴۷ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۴۷ ـ ۴

استفاده از مقاومت راه‌انداز با توجه به تلفات حرارتی بسیار زیاد آن توصیه نشده است.

پرسش ۸ ـ ۴

پرسش‌های کامل کردنی

۱ ـ جریان راه‌اندازی زیاد باعث ایجاد ..... بسیار شدید در منبع تغذیه می‌شود.

۲ ـ در لحظه راه‌اندازی سرعت ..... است و نیروی محرکه القایی ..... می‌شود.

۳ ـ پس از راه‌اندازی و سرعت گرفت رتور نیروی محرکه القایی ..... و جریان آرمیچر ..... می‌یابد.

۴ ـ در منبع تغذیه ولتاژ متغیر وظیفه ترانسفورمر ..... و وظیفه پل دیودی ..... است.

پرسش‌های صحیح غلط

۱ ـ یکی از مشکلات جریان راه‌اندازی زیاد قطع فیوزهای مدار است.

صحیح ☐ غلط ☐

۲ ـ در لحظه راه‌اندازی نیروی محرکه القایی آرمیچر برابر ولتاژ موتور است.

صحیح ☐ غلط ☐

پرسش‌های تشریحی

۱ ـ مشکلاتی که جریان راه‌اندازی زیاد ایجاد می‌کند را بنویسید.

۲ ـ چرا موتورهای جریان مستقیم در لحظه راه‌اندازی جریان زیاد می‌کشند؟

۳ ـ راه‌اندازی موتور DC با منبع ولتاژ متغیر را شرح دهید.

۴ ـ نحوه راه‌اندازی موتور DC با مقاومت راه‌انداز را شرح دهید.

۵ ـ مزایای راه‌اندازی موتور DC با منبع ولتاژ متغیر نسبت به راه‌اندازی با مقاومت راه‌انداز را بنویسید.

۶ ـ معایب راه‌اندازی موتور DC با مقاومت راه‌انداز را بنویسید.

۱. Starting Resistor

۱۵ ـ ۴ ـ کنتـرل سـرعت موتورهـای جریان مستقیم

صنعـت همواره نیاز به موتورهایی با گشـتاور بالا با امکان کنترل سرعت وسیع و دقیق دارد. قطارهای مترو، اتوبوس‌های برقی و خطوط تولید کارخانجات نورد فولاد و سکوهای پرتاب موشک و وسایل دیگری از این دست وسایلی هسـتند که نیروی محرکه خود را از موتورهای DC تامیـن می‌کننـد. موتورهـای DC از نقطه نظر کنترل سـرعت، نقش ارزنده‌ای ایفا می‌کنند. هم‌چنین می‌توان سـرعت آن‌ها را کم‌تر یا بیش‌تر از سرعت نامی در محدوده‌ای وسیع و دقیق کنترل کرد.

هم‌چنیـن سیسـتم‌های کنترل سـرعت موتورهای DC ارزان‌تر از سیسـتم‌های کنترل سرعت موتورهای AC است.

نیـروی محرکـه القایـی آرمیچـر از رابطـه $E_A = K \cdot \varphi \cdot \omega$ تعییـن می‌شـود و از آن رابـطه (۴۲ ـ ۴) برای سرعت به‌دست می‌آید.

$$\omega = \frac{E_A}{K \cdot \varphi} \qquad (۴-۴۲)$$

بـرای موتورهای تحریک مسـتقل و شـنت نیروی محرکه القایی E_A از رابطه (۴۳ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$E_A = V_T - R_A I_A \qquad (۴-۴۳)$$

اگر از مقاومت مدار تحریک سری در موتورهای سری و کمپوند صرف‌نظر شود رابطه (۴۳ ـ ۴) برای آن‌ها نیز صادق خواهد شد. با جایگزین کردن رابطه (۴۳ ـ ۴) در رابطه (۴۲ ـ ۴) رابطه سـرعت به شکل رابطه (۴۴ ـ ۴) در می‌آید.

$$\omega = \frac{V_T - R_A I_A}{K \cdot \varphi} \qquad (۴-۴۴)$$

با توجه به رابطه (۴۴ ـ ۴) ولتاژ موتور V_T، مقاومت مدار آرمیچر R_A و فوران عواملی هسـتند که بر سرعت تاثیـر گذارند. با توجه به ایـن عوامل روش‌های کنترل ابداع شده است.

۱ ـ کنترل سرعت از طریق کنترل ولتاژ

سـرعت در موتورهای DC طبق رابطه (۴۴ ـ ۴) با ولتاژ نسبت مستقیم دارد. روش کنترل ولتاژ برای کنترل سرعت از صفر تا سرعت نامی به‌کار می‌رود. بدیهی است افزایش ولتـاژ، بیش ولتاژ نامی به منظور دسـتیابی به سـرعت‌های فراتر از سـرعت نامی به سـیم‌پیچی‌های موتور آسیب می‌رساند.

اخیراً با پیشرفت‌هایی که در الکترونیک قدرت حاصل شده است استفاده از مدارهای الکترونیکی کنترل ولتاژ به منظور کنترل سرعت متداول شده است.

۲ ـ کنترل سـرعت از طریق کنتـرل مقاومت مدار آرمیچر

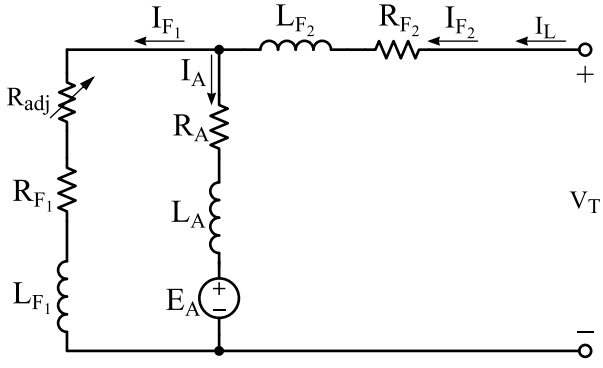
سـرعت در موتورهای DC طبق رابطه (۴۴ ـ ۴) با مقاومت مدار آرمیچر نسـبت عکس دارد. روش کنترل مقاومت مدار آرمیچر به منظور کنترل سـرعت به دلیل افزایش تلفـات حرارتی در مدار آرمیچر توصیه نشـده است.

۳ ـ کنترل سرعت از طریق کنترل فوران قطب‌ها

سـرعت در موتورهای DC طبق رابطه (۴۴ ـ ۴) با فوران قطب‌ها نسـبت عکـس دارد. روش کنترل فوران

برای کنترل سرعت فراتر از سرعت نامی به‌کار می‌رود. بدیهی است کاهش فوران به منظور دستیابی به بیش از سرعت نامی تا جایی مجاز است که موتور مهار گسسته نشود و جریان مدار آرمیچر از مقدار نامی تجاوز نکند.

کنترل فوران سیم‌پیچی تحریک موازی از طریق مقاومت متغیر R_{adj} که سری در مدار تحریک موازی قرار می‌گیرد امکان‌پذیر است. کنترل فوران سیم‌پیچی تحریک سری در عمل انجام نمی‌شود. شکل (۴۸ ـ ۴)

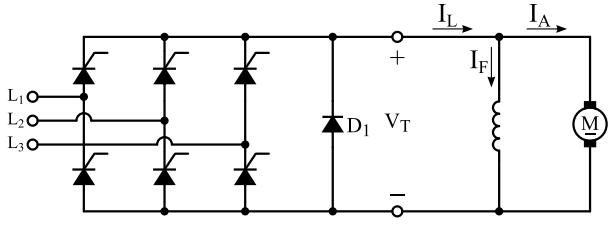


شکل ۴۸ ـ ۴ نحوه اتصال مقاومت R_{adj}

سیستم‌های کنترل سرعت موتورهای DC، روش‌های کنترل ولتاژ و فوران را به صورت ترکیبی به‌کار می‌گیرند و ضمن کنترل سرعت، راه‌اندازی موتور را نیز انجام می‌دهند.

۱ ـ ۱۵ ـ ۴ ـ کنترل سرعت الکترونیکی

امروزه استفاده از مدارهای الکترونیکی به منظور کنترل ولتاژ بسیار متداول شده است عناصر این مدارات قطعات نیمه هادی هستند. یک نمونه از این مدارهای الکترونیکی در شکل (۴۹ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۴۹ ـ ۴ مدار ساده کنترل ولتاژ DC موتور شنت

در این شکل ولتاژ شبکه سه فاز توسط یکسوکننده تریستوری یکسو می‌شود و مقدار ولتاژ DC توسط تغییر زاویه آتش گیت‌های تریستورها قابل کنترل می‌باشد. از دیود D_1 به عنوان هرز گرد جهت مستهلک کردن انرژی ذخیره شده در سیم‌پیچی‌های موتور استفاده شده است.

در سیستم‌های کنترل سرعت الکترونیکی امکان طراحی مدار الکترونیکی برای تغییر پلاریته ولتاژ DC جهت معکوس کردن دور وجود دارد.

- مزایای سیستم کنترل سرعت الکترونیکی:

۱ ـ فضای کمی اشتغال می‌کند.

۲ ـ بازده بالا دارد.

۳ ـ امکان کنترل سریع ولتاژ خروجی

۴ ـ ارزان و اقتصادی هستند.

- معایب سیستم کنترل سرعت الکترونیکی:

۱ ـ تولید اعوجاج و نوسانات در شبکه برق

پرسش ۹ ـ ۴

پرسش‌های کامل کردنی

۱ ـ صنعت نیاز به موتورهایی با گشتاور ..... با امکان کنترل ..... دارد.

۲ ـ کنترل ..... و کنترل ..... از روش‌های کنترل سرعت موتورهای DC هستند.

۳ ـ سرعت در موتورهای DC با فوران نسبت ..... دارد.

پرسش‌های صحیح غلط

۱ ـ موتورهای DC از نقطه نظر کنترل سرعت نقش ارزنده‌ای ایفا می‌کنند.

صحیح ☐ غلط ☐

۲ ـ سرعت در موتورهای DC با ولتاژ نسبت عکس دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

۳ ـ روش کنترل سرعت از طریق کنترل مقاومت آرمیچر در موتورهای DC توصیه نشده است.

صحیح ☐ غلط ☐

۴ ـ سیستم‌های کنترل سرعت وظیفه راه‌اندازی موتور را نیز انجام می‌دهند.

صحیح ☐ غلط ☐

پرسش‌های تشریحی

۱ ـ دلیل لزوم کنترل سرعت در موتورهای DC را شرح دهید.

۲ ـ عواملی که بر سرعت موتورهای DC تاثیر گذارند را بنویسید.

۳ ـ روش کنترل سرعت از طریق کنترل ولتاژ را شرح دهید.

۴ ـ چرا روش کنترل سرعت موتورهای DC از طریق کنترل مقاومت مدار آرمیچر توصیه نشده است؟

۵ ـ کنترل سرعت از طریق کنترل فوران را شرح دهید.

۶ ـ هر یک از روش‌های کنترل سرعت در چه محدوده‌ای کاربرد دارند؟ توضیح دهید.

۷ ـ نحوه نصب مقاومت‌های R_{adj} در مدار تحریک چگونه است؟ چرا؟

۸ ـ مزایای سیستم کنترل سرعت الکترونیکی را بنویسید؟

۱۶ ـ ۴ ـ تغییر جهت گردش موتورهای جریان مستقیم

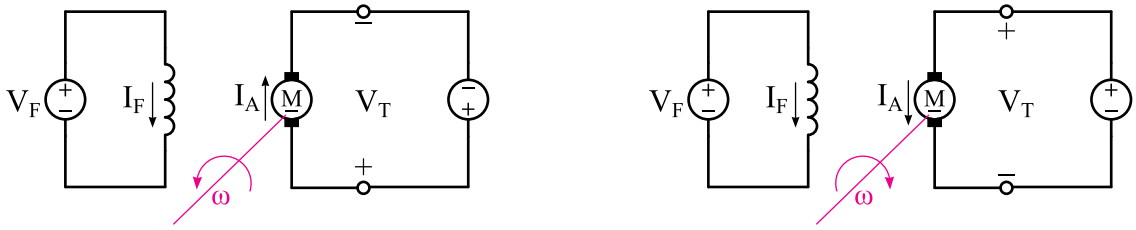
در بسیاری از بارهای صنعتی مانند نقاله‌ها، قطارهای مترو، خودروهای برقی و ... که نیروی محرکه آن‌ها توسط موتورهای جریان مستقیم فراهم می‌شود امکان تغییر جهت گردش نیاز است.

تغییر جهت گردش موتورهای DC با تعویض جهت گشتاور آرمیچر امکان‌پذیر است. بدین منظور باید جهت جریان در سیم‌پیچی آرمیچر یا جهت جریان در سیم‌پیچی تحریک را عوض کرد. معمولاً برای تغییر جهت گردش موتورهای DC جهت جریان سیم‌پیچی آرمیچر را با جابه‌جا کردن دو سر مدار آرمیچر عوض می‌کنند و از تعویض جهت جریان مدار تحریک خودداری می‌کنند تا مشکلات زیر به‌وجود نیاید.

۱ ـ قطع مدار تحریک در لحظه تغییر جهت گردش باعث بروز پدیده مهار گسستگی خواهد شد.

۲ ـ تغییر جهت جریان تحریک پلاریته قطب‌های موتور را عوض می‌کند در این صورت در کار قطب‌های کمکی و سیم‌پیچی‌های جبران‌گر اختلال ایجاد خواهد شد.

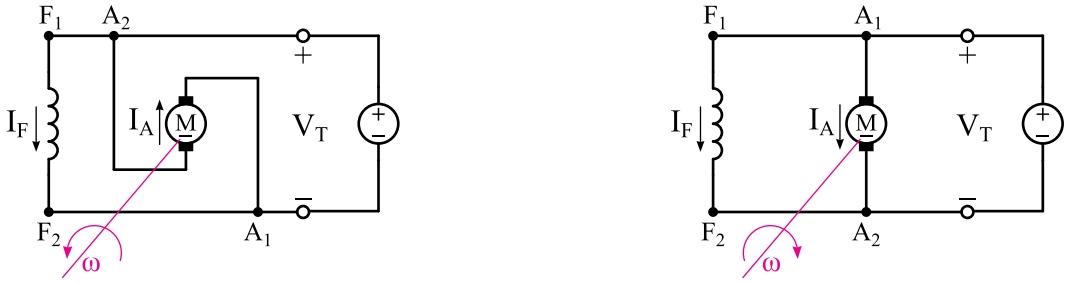
در موتور تحریک مستقل کافی است پلاریته منبع ولتاژ مدار آرمیچر را عوض کرد تا جهت گردش موتور تغییر کند. شکل (۵۰ ـ ۴)



الف ـ راست گرد　　ب ـ چپ گرد

شکل ۵۰ ـ ۴ نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور تحریک مستقل

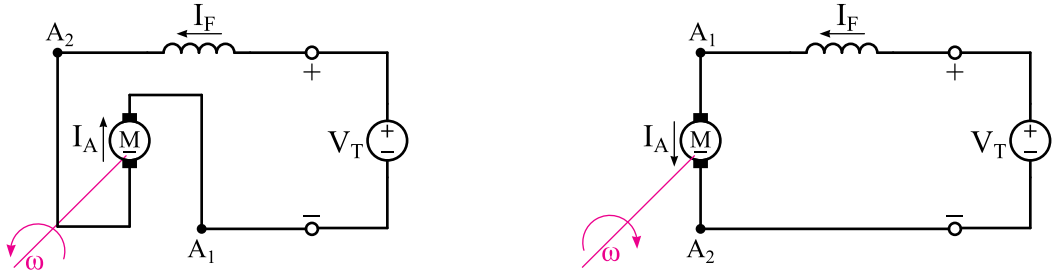
در موتورهای شنت، سری و کمپوند با جابجایی محل اتصال مدار آرمیچر نسبت به مدار تحریک، جهت جریان آرمیچر را عوض می‌کنند تا جهت گردش موتور تغییر کند. در شکل (۵۱ ـ ۴) نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور شنت نشان داده شده است.



الف ـ راست گرد　　ب ـ چپ گرد

شکل ۵۱ ـ ۴ نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور شنت

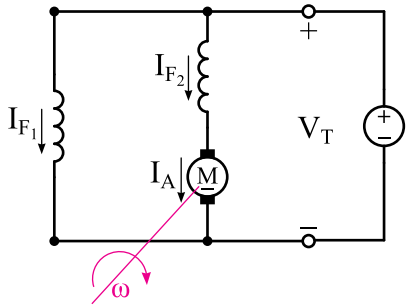
در شکل (۵۲ ـ ۴) نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور سری نشان داده شده است.



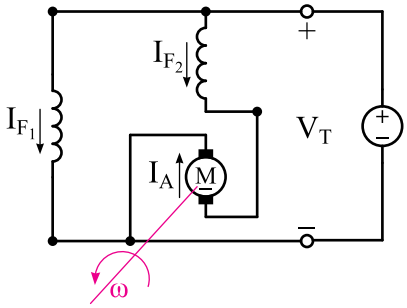
الف ـ راست گرد　　ب ـ چپ گرد

شکل ۵۲ ـ ۴ نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور سری

در شکل (۵۳ ـ ۴) نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور کمپوند با شنت بلند نشان داده شده است.



الف ـ راست گرد



ب ـ چپ گرد

شکل ۵۳ ـ ۴ نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور کمپوند با شنت بلند

در موتورهای شنت، سری و کمپوند با تعویض پلاریته‌های منبع ولتاژ جهت جریان مدار آرمیچر و تحریک عوض می‌شود از این رو جهت گردش تغییر نخواهد کرد.

۱۷ ـ ۴ ـ ترمز در موتورهای جریان مستقیم

در بسیاری از بارهای صنعتی مانند نقاله‌ها، قطارهای مترو و خودروهای برقی... که توسط موتورهای جریان مستقیم به حرکت در می‌آیند پس از قطع از منبع تغذیه، رتور به خاطر انرژی جنبشی تا مدتی به حرکت خود ادامه می‌دهد و سپس متوقف می‌شود. در صورتی‌که نیاز به توقف سریع رتور باشد باید از حالت‌های ترمزی موتورهای جریان مستقیم استفاده کرد تا پس از خاموش شدن موتور، بلافاصله رتور و بار آن متوقف شوند.

اسا کار ترمز موتورهای DC بر این مبنا استوار است که انرژی جنبشی رتور در حال گردش را مستهلک می‌کند تا رتور متوقف شود. سه روش ترمز برای موتورهای DC به‌کار می‌رود:

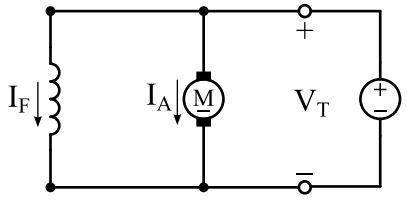
۱ ـ ترمز دینامیکی

۲ ـ ترمز با جریان مخالف

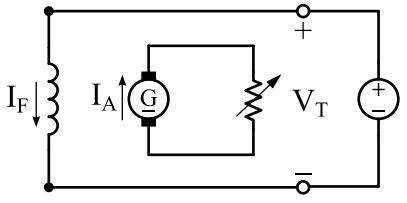
۳ ـ ترمز ژنراتوری

۱ ـ ۱۷ ـ ۴ ـ ترمز دینامیکی

در این روش مدار آرمیچر از منبع تغذیه جدا می‌شود و دو سر آن به یک مقاومت متغیر وصل می‌شود. در این صورت موتور تبدیل به ژنراتور تحریک مستقل خواهد شد و انرژی جنبشی رتور در سیم‌پیچی آرمیچر ابتدا تبدیل به انرژی الکتریکی می‌شود و سپس در مقاومت متغیر به انرژی گرمایی تبدیل خواهد شد. این تبدیل انرژی تا توقف رتور ادامه می‌یابد. نقشه اختصاری حالت کار و ترمز دینامیکی موتور شنت در شکل (۵۴ ـ ۴) نشان داده شده است.



الف ـ حالت کار



ب ـ حالت ترمز

شکل ۵۴ ـ ۴ نقشه اختصاری موتور شنت

در موتورهای سری برای ایجاد حالت ترمز دینامیکی، موتـور از منبع تغذیه جدا می‌شـود و مـدار آرمیچر و تحریک سـری به مقاومت متغیر متصل می‌شوند؛ با این تفاوت که دو سـر سـیم‌پیچی تحریک سری در حالت ترمزی جابه‌جا می‌شـود تا جهت جریان آن مانند حالت کار موتـوری باقی بماند و سـپس مانند قطب‌ها از بین نرود. نقشه اختصاری حالت کار و ترمز دینامیکی موتور سری در شکل (۵۵ ـ ۴) نشان داده شده است.

الف ـ حالت کار　　ب ـ حالت ترمز

شکل ۵۵ ـ ۴ نقشه اختصاری موتور سری

در موتورهـای کمپونـد بـرای ایجـاد حالـت ترمز دینامیکی، مدار آرمیچر و تحریک سـری مشابه آن‌چه که برای موتور سـری شـرح داده شد به مقاومت متغیر وصل می‌شـود و مـدار تحریک موازی بـه منبع تغذیه متصل می‌ماند.

در روش ترمـز دینامیکـی لازم اسـت سـیم‌پیچی تحریـک در مدار باقی بماند تا رفتار ژنراتوری پدید آید. هم‌چنین هرچه مقدار مقاومت متغیر کم‌تر شود نیروی ترمزی قوی‌تری به‌وجود می‌آید و رتور سـریع‌تر متوقف می‌شود.

در اتوبوس‌هـای برقی مجهـز به ترمـز دینامیکی، مقاومت متغیـر از طریق یک پـدال در زیر پای راننده قرار داده شـده است. راننده با فشار بر پدال ضمن قطع مـدار آرمیچر از منبـع تغذیه آن را بـه مقاومت متغیر وصل می‌کند. فشـار بیش‌تر بر پدال، مقاومت متغیر را کم می‌کند تا نیروی ترمز قوی‌تری ایجاد شود.

۲ ـ ۱۷ ـ ۴ ـ ترمز با جریان مخالف

در این روش برای ایجاد نیروی ترمزی جهت گردش موتور را با جابه‌جا کردن سـرهای مـدار آرمیچر عوض می‌کنند تا جهت گشـتاور آرمیچر عوض شود؛ لذا رتور سریع متوقف می‌شود و پس از توقف، منبع تغذیه قطع می‌شود تا رتور در جهت مخالف حرکت نکند.

نیروی ترمـزی جریان مخالف بـه مراتب بیش‌تر از ترمـز دینامیکی اسـت و رتور در مدت زمـان کم‌تری می‌ایسـتد. اما در این روش ضربات شـدید مکانیکی به محور و یاتاقان‌ها وارد می‌شـود و مدارهـای الکتریکی موتور، باید جریان‌های شدید لحظه‌ای را تحمل کند.

۳ ـ ۱۷ ـ ۴ ـ ترمز ژنراتوری

در مـواردی که بار تحت تاثیر انرژی جنبشـی خود بتواند سـرعت رتور را به بیش از سرعت بی‌باری برساند (مانند حرکت خودرو در سرازیری)، نیروی محرکه القایی آرمیچر E_A بزرگ‌تر از ولتاژ V_T می‌شود. لذا موتور تبدیل

به ژنراتور خواهد شـد و انرژی جنبشـی رتور به انرژی الکتریکی تبدیل و به منبع تغذیه برگردانده می‌شـود و آن را شـارژ می‌کند. در این صورت نیروی ترمزی ایجاد می‌شود که مانع افزایش سرعت رتور می‌شود. این روش تولید نیروی ترمزی را «ترمز ژنراتوری» گویند.

در روش ترمـز ژانرتـوری باید امـکان جذب انرژی الکتریکی توسـط منبع تغذیه فراهم باشـد در غیر این صورت نیـروی ترمزی پدید نمی‌آید. ترمز مولدی باعث توقـف رتور نخواهد شـد بلکه از افزایش سـرعت رتور جلوگیری می‌کند.

روش ترمـزی ژنراتـوری در موتورهای سـری پدید نمی‌آید؛ زیرا رسـیدن بـه بیش از سـرعت بی‌باری به معنای وقوع پدیده فرار یا مهار گسستگی است.

پرسش ۱۰ ـ ۴

پرسش‌های کامل کردنی

۱ ـ برای تغییر جهت گردش موتور DC باید جهت جریان ..... یا ..... را عوض کرد.

۲ ـ قطع مدار تحریک در لحظه تغییر جهت گردش باعث بروز پدیده ..... خواهد شد.

۳ ـ اساس کار ترمز موتورهای DC مستهلک کردن انرژی ..... است.

۴ ـ در روش ترمـز دینامیکی انرژی ..... رتور به انرژی ..... تبدیل می‌شود.

۵ ـ در روش ترمز دینامیکی لازم اسـت سیم‌پیچی ..... در مـدار باقی بماند تا رفتـار ..... پدید آید.

۶ ـ در روش ترمـز ژنراتوری باید امکان جذب انرژی ..... توسط ..... فراهم باشد.

پرسش‌های صحیح غلط

۱ ـ تغییر جهت گـردش موتورهای DC با تعویض جهت گشتاور آرمیچر امکان‌پذیر است.

صحیح ☐ غلط ☐

۲ ـ با تعویض پلاریته منبع ولتاژ مدار آرمیچر، جهت گردش موتور تحریک مستقل تغییر می‌کند.

صحیح ☐ غلط ☐

۳ ـ با تعویض پلاریته منبع ولتاژ جهت گردش موتور شنت تغییر می‌کند.

صحیح ☐ غلط ☐

۴ ـ در روش ترمز دینامیکی انرژی جنبشـی رتور به انرژی الکتریکی تبدیل نمی‌شود.

صحیح ☐ غلط ☐

۵ ـ نیروی ترمزی جریان مخالف به مراتب بیش‌تر از ترمز دینامیکی است.

صحیح ☐ غلط ☐

۶ ـ روش ترمـز ژنراتـوری در موتور سـری کاربرد دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

پرسش‌های تشریحی

۱ ـ تغییر جهت گـردش در موتورهای DC چگونه انجام می‌شود؟

۲ ـ چرا از تعویـض جهت جریان تحریک به منظور تغییر جهت گردش خودداری می‌شود؟

۳ ـ نقشه اختصاری تغییر جهت گردش موتور شنت

را رسم نموده و توضیح دهید.

۴ ـ چـرا در موتورهای شـنت، سـری و کمپوند با تعوریـض پلاریتـه منبع ولتـاژ، جهت گـردش تغییر نمی‌کند؟

۵ ـ لزوم اسـتفاده از ترمز در موتورهای الکتریکی را بنویسید.

۶ ـ اساس کار ترمز را شرح دهید.

۷ ـ انواع روش‌های ترمز را بنویسید.

۸ ـ روش ترمز دینامیکی را توضیح دهید.

۹ ـ با رسـم شکل نحوه ترمز دینامیکی موتور شنت را توضیح دهید.

۱۰ ـ با رسم شکل نحوه ترمز دینامیکی موتور سری را توضیح دهید.

۱۱ ـ نحـوه ترمـز دینامیکـی در موتـور کمپوند را توضیح دهید.

۱۲ ـ ترمز با جریان مخالف را توضیح دهید.

۱۳ ـ ترمز ژنراتوری را توضیح دهید.

۱۴ ـ چـرا ترمـز ژنراتـوری در موتور سـری پدید نمی‌آید؟

منابع

1-Electric Machinary – Fourth Edition – by Fitzgerald / Kingsley / Umans

2-Principles of Electric Machines and Power Electronics – by Sen, Paresh, Chandra

3 –Electric Machinery Fundamentals – Fourth Edition – by Stepheny. Chapman

۴ ـ ماشـــین‌های الکتریکی، تئوری، عملکرد و کاربردها - تالیف پروفســـور بیم بهارا - ترجمه دکتر سلطانی، دکتر لسانی

۵ ـ ماشین‌های الکتریکی، تحلیل، بهره‌برداری، کنترل - تالیف پی سی سن - ترجمه دکتر عابدی، نبوی