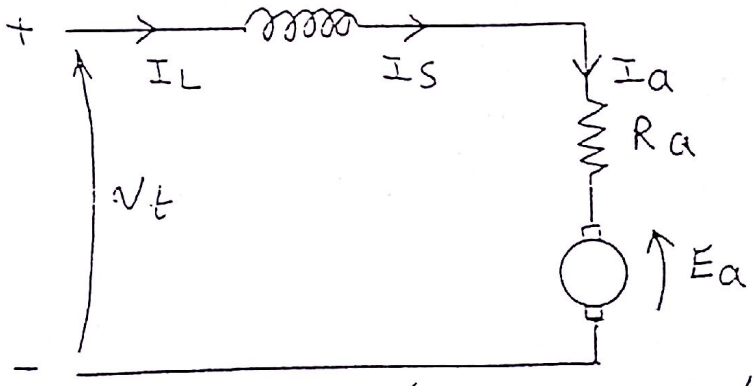
$$\omega = \frac{Vt - R_a I_a}{k_a \Phi} = \frac{Vt}{k_a \Phi} - \frac{R_a}{k_a \Phi} I_a \qquad (۲-۳۳)$$

طبق رابطه ۲-۳۳ با افزایش بار (افزایش I_a)، سرعت کاهش می یابد (شکل ۲-۳۱-b)

حال به بررسی اثر فوران در موتور شنت می پردازیم. طبق رابطه ۲-۳۳ سرعت با فوران قطبها بطور معکوس متناسب است یعنی با کاهش I_p یا Φ سرعت موتور افزایش می یابد. اگر موتور در هنگام کار، ناگهان به دلایلی سیم پیچ تحریک قطع گردد ($\Phi = 0$)، سرعت موتور بطور وحشتناکی بالا رود که این امر بسیار خطرناک خواهد بود.

۲-۶-۲ = موتور DC سری = در این موتور سیم پیچی تحریک بصورت سری با آرمیچر قرار می گیرد. مدار معادل موتور سری در شکل ۲-۳۲ آمده است. طبق این شکل داریم:

$$I_a = I_s = I_L$$
$$E_a = Vt - (R_a + R_s) I_a \qquad (۲-۳۴)$$



شکل ۲-۳۲ = مدار معادل یک موتور DC سری.

برای بررسی منحنی گشتاور-جریان آرمیچر داریم:

$$T = k_a \Phi I_a$$
$$\Phi = k' I_s = k' I_a$$
$$T = k_a k' I_a^2 = k'_a I_a^2 \qquad (۲-۳۵)$$

با توجه به رابطه ۲-۳۵ مشخص می گردد که در موتور سری گشتاور متناسب با مجذور جریان آرمیچر است

درنتیجه دراین موتور برای بارهایی که نیاز به گشتاور زیاد دارد جریان آرمیچر خیلی بزرگ خواهد بود و این امر علت استفاده از این موتور در بخش حمل و نقل و محلوط کن ها و دریلهای دستی است.

شکل ۲-۳۳-a منحنی تغییرات گشتاور نسبت به جریان آرمیچر (بار) را نشان می دهد.

برای بررسی منحنی سرعت به جریان آرمیچر داریم:

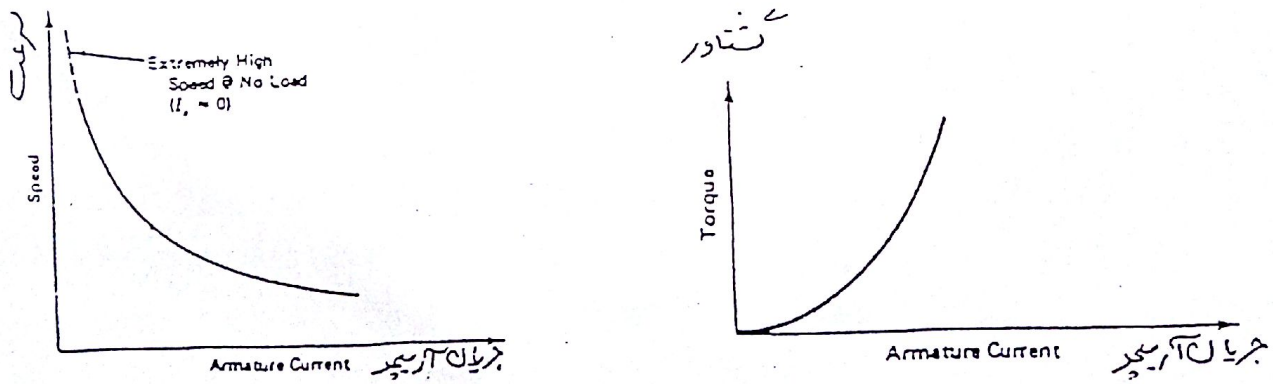
$$E_a = V_t - (R_a + R_s) I_a = k_a \Phi \omega$$

$$\Phi = k' I_s = k' I_a \Rightarrow V_t - (R_a + R_s) I_a = k_a k' I_a \omega$$

$$k'_a I_a \omega = V_t - (R_a + R_s) I_a$$

$$\omega = \frac{V_t - (R_a + R_s) I_a}{k'_a I_a} = \frac{V_t}{k'_a I_a} - \frac{(R_a + R_s)}{k'_a} \qquad (۲-۳۶)$$

با توجه به رابطه ۲-۳۶ مشخص می گردد که سرعت با جریان آرمیچر (بار) نسبت معکوس دارد، یعنی هرچه بار زیاتر باشد جریان آرمیچر زیادتر و سرعت کمتر می گردد و هرچه بار کمتر باشد جریان آرمیچر کمتر شده و سرعت افزایش می یابد. و در بی باری سرعت بشدت بالا می رود. از اینرو کار بی بار موتور DC سری خطرناک است. شکل ۲-۳۳-b منحنی تغییرات سرعت نسبت به جریان آرمیچر (بار) را نشان می دهد.



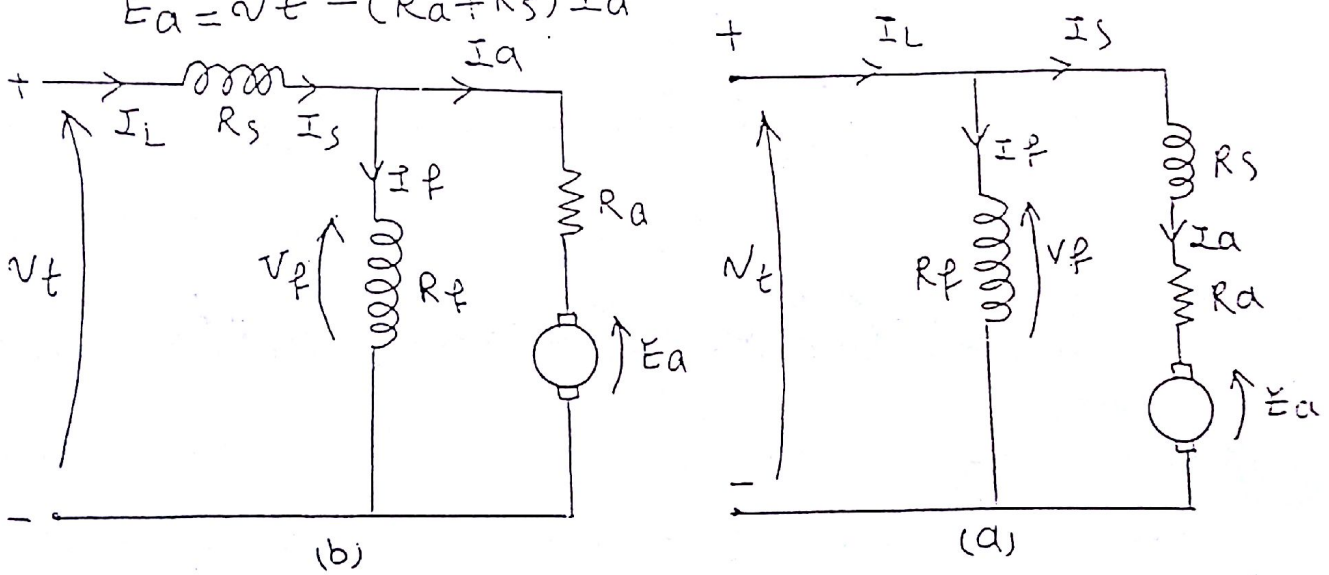
شکل ۲-۳۳ a) منحنی تغییرات گشتاور-جریان آرمیچر، b) سرعت-جریان آرمیچر در موتور سری.

۲-۹-۶ = موتور DC کمپوند = در این نوع موتور دو سیم پیچ تحریک سری و شنت با هم موجود بوده و با توجه به وضعیت قرارگیری آنها به دو دسته کمپوند اضافی و کمپوند نقصانی تقسیم می‌گردد. ضمناً با توجه به نحوه اتصال سیم پیچهای شنت و سری و آرمیچر شنت بلند و شنت کوتاه بوجود می‌آید. در شکل ۲-۳۴ مدار معادل موتور کمپوند شنت بلند و شنت کوتاه آمده است. طبق این شکل برای کمپوند با شنت بلند داریم:

$$I_s = I_a = I_L - I_f$$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{V_t}{R_f} \qquad (۲-۳۷)$$

$$E_a = V_t - (R_a + R_s) I_a$$



شکل ۲-۳۴ = a) مدار معادل موتور شنت بلند، b) مدار معادل موتور شنت کوتاه.

در موتور کمپوند با شنت کوتاه داریم:

$$I_L = I_s$$

$$I_a = I_L - I_f = I_s - I_f$$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{V_t - R_s I_s}{R_f} = \frac{E_a + R_a I_a}{R_f} \qquad (۲-۳۸)$$

$$E_a = V_t - R_a I_a - R_s I_s$$

تفاوت موتور کمپوند (شنت بلند و شنت کوتاه) از نظر خصوصیات کاری تفاوت چندانی با هم ندارند.

در موتور کمپوند اضافی $\Phi_t = \Phi_f + \Phi_s$ است. در بررسی منحنی گشتاور جریان آرمیچر داریم:

$$T = k_a \Phi_t I_a = k_a (\Phi_f + \Phi_s) I_a = k_a (\Phi_f + k' I_s) I_a$$

$$T = k_a (\Phi_f + k' I_a) I_a = k \Phi_f I_a + k_a k' I_a^2 \qquad (۲-۳۹)$$

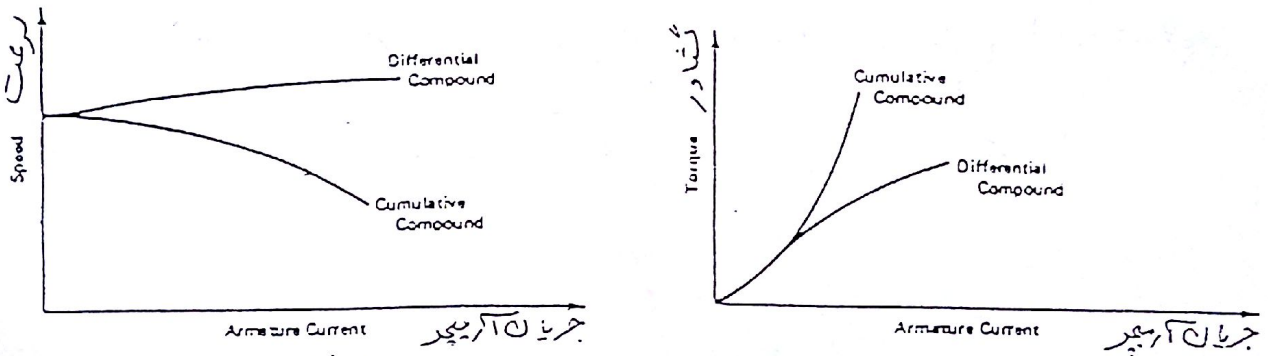
با توجه به رابطه ۲-۳۹ مشخص می‌گردد که گشتاور در کمپوند اضافی دارای دو قسمت بوده که یک قسمت آن مانند موتور شنت و قسمت دیگر مانند موتور سری است (شکل ۲-۳۵-a) .

در بررسی منحنی سرعت-جریان آرمیچر داریم (در کمپوند اضافی) :

$$E_a = v_t - (R_a + R_s) I_a = k_a \Phi_t \omega = k_a (\Phi_f + \Phi_s) \omega$$

$$\omega = \frac{v_t - (R_a + R_s) I_a}{k_a (\Phi_f + k' I_a)} \qquad (۲-۴۰)$$

با توجه به رابطه ۲-۴۰ مشخص می‌گردد که با افزایش بار (جریان آرمیچر) هم صورت کوچک شده و هم مخرج بزرگ شده و در نتیجه سرعت موتور کمپوند اضافی با افزایش بار بسرعت کاهش خواهد یافت (شکل ۲-۳۵-b) .



(a) (b)

شکل ۲-۳۵ a) منحنی تغییرات گشتاور-جریان آرمیچر ، b) منحنی تغییرات سرعت-جریان آرمیچر موتور کمپوند

در موتور کمپوند تفاضلی یا تفاضلی $\Phi_t = \Phi_f - \Phi_s$ است . در بررسی منحنی گشتاور-جریان آرمیچر در این موتور داریم :

$$T = k_a (\Phi_f - \Phi_s) I_a = k_a (\Phi_f - k' I_a) I_a \qquad (۲-۴۱)$$

با توجه به رابطه ۴۱-۲ مشخص می‌گردد که گشتاور در کمپوند تفاضلی بیش از دو قسمت یکی مانند موتور شنت و دیگری مانند موتور سری تشکیل شده، لیکن قسمت موتور سری چون منفی است حالت بازدارندگی دارد و با افزایش بار (I_a)، گشتاور بعد از قسمتی حالت کاهش پیدا می‌کند (شکل ۳۵-۲-c).

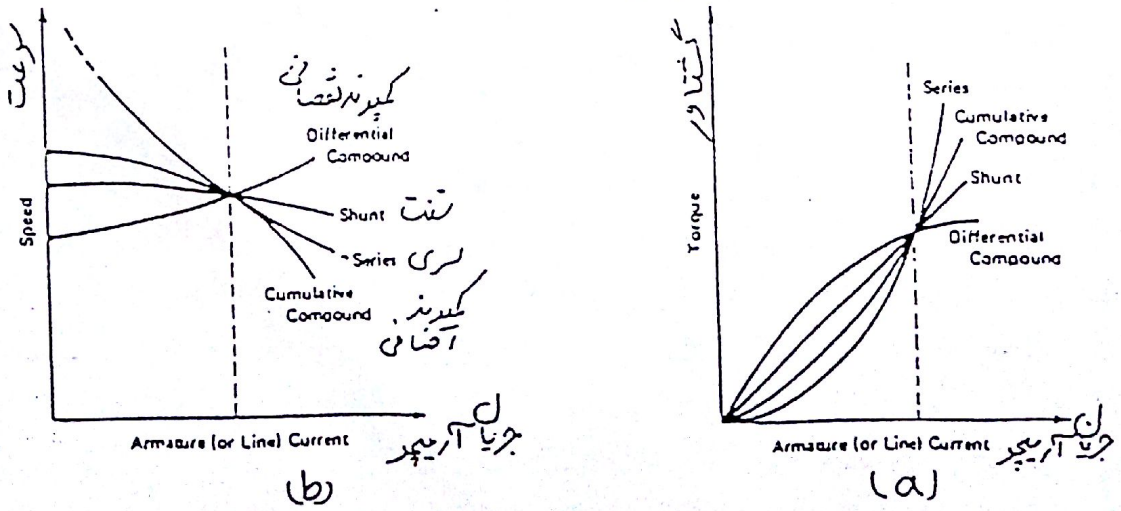
در بررسی منحنی سرعت - جریان آرمیچر در موتور کمپوند تفاضلی داریم:

$$\omega = \frac{v_t - (R_a + R_s) I_a}{k_a \Phi_t} = \frac{v_t - (R_a + R_s) I_a}{k_a (\Phi_f - \Phi_s)}$$

$$\omega = \frac{v_t - (R_a + R_s) I_a}{k_a (\Phi_f - k' I_a)} \qquad (۲-۴۲)$$

با توجه به رابطه ۴۲-۲ مشخص می‌گردد که در موتور کمپوند تفاضلی با افزایش بار (I_a)، هم صورت کوچک شده و هم مخرج کوچک می‌گردد و چون نرخ کوچک شدن مخرج، مقداری بیشتر از صورت است، لذا سرعت این موتور با افزایش بار، افزایش می‌یابد (شکل ۳۵-۲-b).

بین مشخص می‌گردد از دیدگاه گشتاور موتور کمپوند اضافی خوب بوده و از دیدگاه سرعت موتور کمپوند تفاضلی خوب است. شکل ۳۶-۲ مشخصه‌های گشتاور - جریان آرمیچر و سرعت - جریان آرمیچر



شکل ۳۶-۲ = مقایسه مشخصه‌های موتور، (a) مشخصه گشتاور، (b) مشخصه سرعت.

موتورهای مختلف DC را بصورت خلاصه ای نشان می دهد.

۲-۶-۷ = موتورهای DC با آهنربای دائم = در این موتورها DC وظیفه ایجاد فورس مغناطیسی به عهده یک آهنربای دائم بوده و لذا نیازی به سیم پیچ تحریک (قطبها) ندارد. هسته مربوط به قطبهای این موتورها از آلیاژهای خاصی ساخته شده که خاصیت پس ماند مغناطیسی خود را بخوبی حفظ می نماید. راندمان این موتورها از موتورهای شنت و کمپوند بعلت نداشتن سیم پیچ تحریک بیشتر بوده و اندازه آن کوچکتر است. اینگونه موتورها کاربرد وسیعی در اسباب بازیها و سیستم های کنترل دارد. جهت تغییر جهت حرکت، می توان تنها با تغییر جهت جریان آرمیچر این کار را انجام داد.

۲-۶-۸ = تنظیم سرعت = درصد تنظیم سرعت یا رگولاسیون سرعت در این موتورها از رابطه زیر بدست می آید:

$$\%S_R = \frac{\omega_{NL} - \omega_{FL}}{\omega_{FL}} \times 100 = \frac{n_{NL} - n_{FL}}{n_{FL}} \times 100 \qquad (۲-۴۳)$$

در رابطه فوق ω_{NL} (n_{NL}) سرعت در حالت بی باری و ω_{FL} (n_{FL}) سرعت موتور در بارداری است. هرچه درصد تنظیم سرعت کمتر باشد نشان دهنده کیفیت خوب موتور مورد نظر می باشد.

۲-۶-۹ = تلفات در راندمان در موتور DC = تلفات در موتور DC مانند ژنراتور DC متشکل از تلفات مس و یرتلفات که همان تلفات سرگردان است می باشد. نمودار پخش توان در موتورهای DC در شکل ۲-۳۷ نشان داده شده است. طبق این نمودار داریم:

$$\text{توان حاصله} = P_{dev} = P_i - P_{cu} = P_o + P_{st} = E_a I_a \qquad (۲-۴۴)$$

$$P_o = P_i - P_{cu} - P_{st} = P_{dev} - P_{st} \qquad (۲-۴۵)$$

و راندمان موتورهای DC برابر است با:

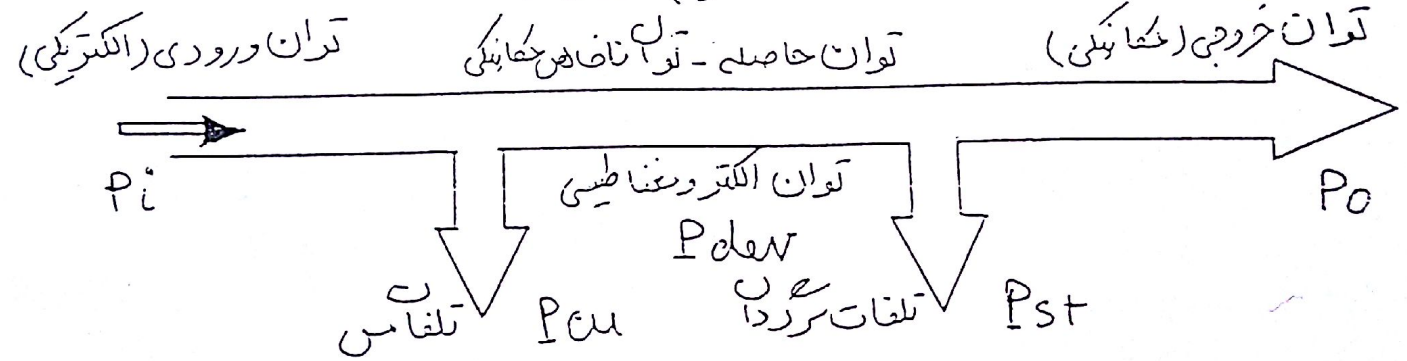
$$\%\eta = \frac{P_o}{P_i}\times 100 = \frac{P_o}{P_o + P_{st} + P_{cu}}\times 100 = \frac{P_i - P_{cu} - P_{st}}{P_i}\times 100 \qquad (۲-۴۶)$$

در موتورهای الکتریکی معمولاً محاسبه توان ورودی راحت بوده و لذا توان ورودی معین و سپس با از تلفات مس و سرگردان کم شده و توان خروجی بدست می آید.

راندمان ماکزیمم در این ماشینها هنگامی صورت می گیرد که تلفات ثابت و تلفات متغیر با هم برابر باشند در این ماشینها تلفات سرگردان و تلفات مس پیچ سیم پیچی تحریک شنت تقریباً ثابت بوده و تلفات مس آرمیچر و سیم پیچ سری متغیر است لذا خواهیم داشت (در راندمان ماکزیمم):

$$P_{st} + P_{cu\,f} = P_{cu\,a} + P_{cu\,s} \qquad (۲-۴۷)$$

در طراحی ماشینهای DC بگونه ای عمل می گردد که راندمان ماکزیمم در اطراف حالت نامی رخ دهد تا در شرایط نامی راندمان ماشین به راندمان ماکزیمم نزدیک باشد

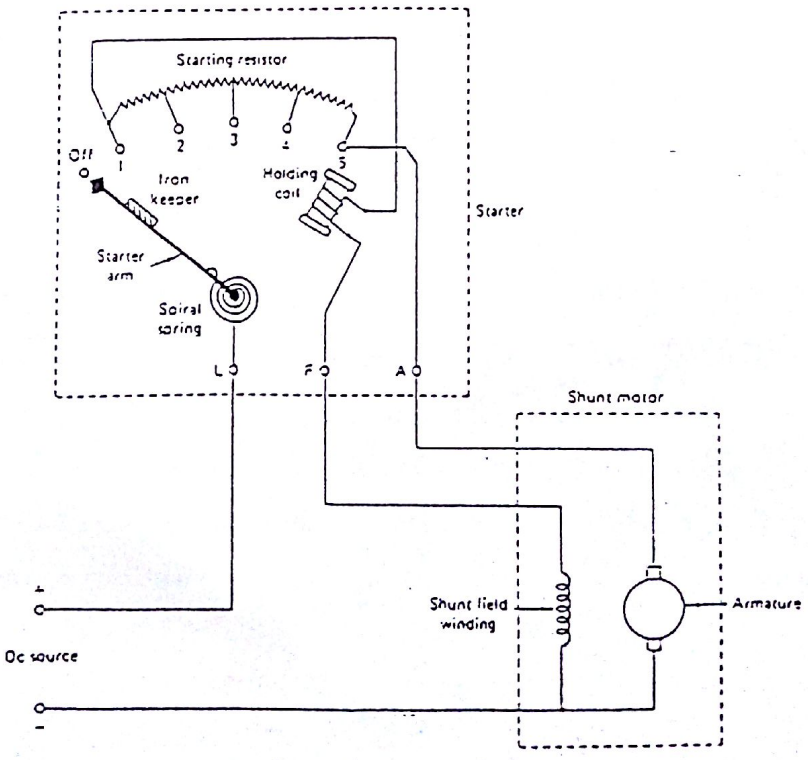


شکل ۲-۳۷ = نمودار پخش توان در موتورهای جریان مستقیم (DC).

۲-۶-۱۰ = راه اندازی موتورهای DC = در هنگام راه اندازی سرعت موتور صفر بوده و در نتیجه نیروی ضد محرکه یا ولتاژ القایی در موتور صفر خواهد بود لذا جریان آرمیچر طبق رابطه ۲-۳۲ برابر است با:

$$I_{a\,start} = \frac{V_t - E_a}{R_a} = \frac{V_t}{R_a} \qquad (۲-۴۸)$$

در رابطه ۲-۴۸ V_t بزرگ بوده و R_a معمولاً کوچک است. لذا جریان راه اندازی در موتورهای DC بسیار بزرگ خواهد بود. برای کنترل این جریان، یا باید صورت را کوچک کرد و یا مخرج را بزرگ نمود. که کردن V_t پرهزینه بوده ولذا معمولاً صورت بزرگ می‌گیرد، لیکن می‌توان بصورت مصنوعی با افزایش مقاومت بیرونی، مقاومت آرمیچر را زیاد کرد و درنتیجه جریان راه اندازی را کاهش داد. بعداز دورگرفتن موتور، پس از چند ثانیه بطور پله ای مقاومت اضافه شده را اتصال کوتاه کرد تا درهنگامیکه موتور به دورهای خود رسید کل مقاومت اضافه شده به آرمیچر از سر راه برداشته شده باشد. اگر مقاومت اضافه شده به آرمیچر به مقاومت سری بوده که در چند مرحله از سر راه خارج می‌گردد را راه انداز پله ای گویند. اگر مقاومت اضافه شده به مقاومت سری باشد که در چند مرحله از سر راه آرمیچر خارج گردد آنرا راه انداز چند پله ای گویند. شکل ۲-۳۸ یک راه انداز چهار پله ای را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳۸ = شمای مدار یک راه انداز چهار پله ای برای یک موتور DC شنت

۲-۶-۱۱ = کنترل سرعت موتورهای DC = برای تغییر سرعت موتور DC با توجه به رابطه $\omega = \frac{Vt - Ra Ia}{K\Phi}$ می توان از دو روش تغییر ولتاژ و تغییر فوران استفاده کرد. در روش تغییر ولتاژ که برای تغییر سرعت از سرعت صفر تا سرعت نامی صورت می گیرد، ولتاژ اعمال بر موتور توسط روشی زیاد می گردد. هرچه ولتاژ زیاد تر گردد (با Φ و Ia ثابت) سرعت موتور زیاد تر می گردد. برای افزایش سرعت بالاتر از سرعت نامی از روش کاهش فوران استفاده می گردد. در این روش با استفاده از یک رئوستا در مدار میدان سیم پیچ، جریان تحریک را کم کرده (V_t و Ia یا بار ثابت است) و Φ کم شده و سرعت افزایش می یابد.

مثال ۲-۱۳ = موتور DC شنت ۴۶۰ V با جریان نامی ۷۱۵ A دارای مشخصات زیر است:

$\omega = ۸۳ \ Rad/s$ و $Ra = ۱/۲ \ \Omega$ ، $R_f = ۲۳۰ \ \Omega$ ، $P_{st} = ۲۰۰ \ W$

مطلوبست: الف) نیروی ضد محرکه، توان داخلی و گشتاور داخلی در شرایط نامی؛
ب) اگر جریان موتور ۸۰٪ جریان نامی گردد، نیروی ضد محرکه و راندمان را در این حالت بدست آورید.

راه حل:

الف ⟹
$I_L = ۷۱۵ \ A$ ، $Vt = ۴۶۰ \ V$ (۲)

$I_f = \frac{Vt}{R_f} = \frac{۴۶۰}{۲۳۰} = ۲ \ A$ (۴)

$I_a = I_L - I_f = ۷۱۵ - ۲ = ۵۱۵ \ A$ (۵)

نیروی ضد محرکه $E_a = Vt - Ra Ia = ۴۶۰ - ۱/۲ \times ۵۱۵ = ۴۵۳/۴ \ V$ (۳)

توان حاصل $P_{dev} = E_a I_a = ۴۵۳/۴ \times ۵۱۵ = ۲۴۹۳/۷ \ W$ (۳)

توان اسمی $P_o = P_{dev} - P_{st} = ۲۴۹۳/۷ - ۲۰۰ = ۲۲۹۳/۷ \ W$ (۳)

گشتاور اسمی $T_o = \frac{P_o}{\omega} = \frac{۲۲۹۳/۷}{۸۳} = ۲۷/۶ \ N.m$ (۳)

گشتاور حاصل $T_{dev} = \frac{P_{dev}}{\omega} = \frac{۲۴۹۳/۷}{۸۳} = ۳۰ \ N.m$ (۳)

$\eta\% = \frac{P_o}{P_i} \times ۱۰۰ = \frac{P_o \times ۱۰۰}{Vt \cdot I_L} \times ۱۰۰ = \frac{۲۲۹۳/۷}{۴۶۰ \times ۷۱۵} \times ۱۰۰ = ۴۴/۵\%$

۵۷

ب ⟹ $I_L = 0.8 \times 11.5 = 9$ (A) $\quad Vt = 440$ (V)

$I_f = \frac{440}{220} = 2$ (A) $\quad Ia = I_L - I_f = 9 - 2 = 7$ (A)

$Ea = Vt - Ra Ia = 440 - 1.2 \times 7 = 431.6$ (V)

$P_i = Vt \cdot I_L = 440 \times 9 = 3960$ (W)

$P_o = P_{dev} - P_{st} = Ea Ia - 200 = 431.6 \times 7 - 200 = 2821.2$ (W)

$\eta\% = \frac{P_o}{P_i} \times 100 = \frac{2821.2}{3960} \times 100 = 71.2\%$

مثال ۲-۱۴ = موتور DC شنت ۳/۵ (kw) و ۲۲۰ (V) با سرعت نامی ۹۰ (Rad/s) می‌گردد. در اگر $R_a = 0.5\ \Omega$ و $R_f = 110\ \Omega$ بوده و راندمان آن ۷۰٪ است. مطلوبست نیروی ضدمحرکه و I_L و P_{cu} و P_{st} و گشتاور حاصله در بارنامی.

راه حل:

$P_o = 3.5$ (kw) $\quad Vt = 220$ (V) $\quad \omega = 90$ (Rad/s)

$P_i = \frac{P_o}{\eta} = \frac{3.5 \times 1000}{0.7} = 5000$ (W)

$I_L = \frac{P_i}{Vt} = \frac{5000}{220} = 22.7$ (A) ، $I_f = \frac{Vt}{R_f} = \frac{220}{110} = 2$ (A)

$Ia = I_L - I_f = 22.7 - 2 = 20.7$ (A)

$Ea = Vt - Ra Ia = 220 - 0.5 \times 20.7 = 209.6$ (V)

$P_{cu} = P_{cua} + P_{cuf} = Ra Ia^2 + R_f I_f^2 = 0.5 \times 20.7^2 + 110 \times 2^2 = 649$ (W)

$P_{dev} = Ea Ia = 209.6 \times 20.7 = 4338.7$ (W)

$P_{st} = P_{dev} - P_o = 4338.7 - 3500 = 838.7$ (W)

$T_{dev} = \frac{P_{dev}}{\omega} = \frac{4338.7}{90} = 48.2$ (N.m)

مثال ۲-۱۵ = یک موتور DC سری ۲۲۰ (V) با سرعت ۲۰۰ (Rad/s) برتابی می‌گردد و تلفات آن بصورت زیر است: $I_L = 30$ (A) ، $Ra = 0.2\ \Omega$ ، $R_S = 0.7\ \Omega$ ، $P_{st} = 75$ (W)

۵۷

مطلوبست: الف) نیروی ضد محرکه E_a و P_{dev} و T_{dev} و T_o و راندمان.

ب) اگر بدلیلی فوران سیم پیچی سرعت ٪۲۰ افزایش یافته و در موتور ٪۳۰ کاهش یابد، نیروی ضد محرکه در اینحالت چقدر است؟

راه حل:

الف ⟹ $I_L = ۴۰^{(A)}$ ، $V_t = ۲۲۰^{(V)}$

$I_a = I_s = I_L = ۴۰^{A}$

$P_{cu} = P_{cua} + P_{cus} = R_a I_a^۲ + R_s I_s^۲ = ۰/۲ \times ۴۰^۲ + ۰/۷ \times ۴۰^۲ =$

$P_{cu} = ۲۴۳^{(W)}$

$E_a = V_t - (R_a + R_s) I_a = ۲۲۰ - (۰/۲ + ۰/۷) \times ۴۰ = ۲۱۱/۹^{(V)}$

$P_{dev} = E_a I_a = ۲۱۱/۹ \times ۴۰ = ۸۴۷۶^{(W)}$

$T_{dev} = \frac{P_{dev}}{\omega} = \frac{۸۴۷۶}{۲۰۰} = ۴۱/۸^{(N.m)}$

$P_o = P_{dev} - P_{sht} = ۸۴۷۶ - ۷۵ = ۸۴۰۱^{(W)}$

$T_o = \frac{P_o}{\omega} = \frac{۸۴۰۱}{۲۰۰} = ۴۱/۵^{(N.m)}$

$P_i = V_t \cdot I_L = ۲۲۰ \times ۴۰ = ۸۸۰۰^{W}$

$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times ۱۰۰ = \frac{۸۴۰۱}{۸۸۰۰} \times ۱۰۰ = ۹۵/۴۰\%$

ب ⟹ $E_{a1} = k_a \Phi_1 \omega_1$ ، $E_{a2} = k_a \Phi_2 \omega_2$

$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{\Phi_1 \omega_1}{\Phi_2 \omega_2} \Rightarrow \frac{۲۱۱/۹}{E_{a2}} = \frac{\Phi_1 \omega_1}{(۱/۲\Phi_1)(۰/۷\omega_1)}$

$E_{a2} = ۱۷۸^{(V)}$

مثال ۲-۱۴ = یک موتور DC کمپوند شنت کوتاه ۲۳۰ ولتی با سرعت نامی ۵۰۰ دور بر دقیقه (Rad/s) مشخصات آن بصورت زیر است:

$I_L = ۲۰^{(A)}$ ، $R_f = ۱۷۵^{(\Omega)}$ و $R_a = ۱/۳^{(\Omega)}$ و $R_s = ۰/۱^{(\Omega)}$ و $P_{sht} = ۵۰^{(W)}$

اگر سرعت موتور در ٪۵۰ بار نامی ٪۲۰ افزایش یابد، در اینحالت مطلوبست: نیروی

ضدی که ، توان خروجی ، راندمان ، گشتاور حاصل و گشتاور خروجی موتور.

راه حل :

$$I_L = I_S = 0.5 \times I_{L2} = 0.5 \times 20 = 10^{(A)}$$

$$P_i = V_t \cdot I_L = 330 \times 10 = 3300^{(W)}$$

$$E_a = V_t - R_S I_S - R_a I_a = V_f - R_a I_a =$$

$$V_f = V_t - R_S I_S = 330 - 0.2 \times 10 = 328^{(V)}$$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{328}{165} = 1.98 \simeq 2^{(A)}$$

$$I_a = I_L - I_f = 10 - 2 = 8^{(A)}$$

$$E_a = V_f - R_a I_a = 328 - 1.3 \times 8 = 317.6^{(V)}$$

$$P_{dev} = E_a I_a = 317.4 \times 8 = 2541^{(W)}$$

$$P_o = P_{dev} - P_{st} = 2541 - 500 = 2041^{(W)}$$

$$T_o = \frac{P_o}{\omega} = \frac{2041}{1.2 \times 500} = 3.4^{(N.m)}$$

$$T_{dev} = \frac{P_{dev}}{\omega} = \frac{2541}{1.2 \times 500} = 4.2^{(N.m)}$$

$$\eta\% = \frac{P_o}{P_i} \times 100 = \frac{2041}{3300} \times 100 = 61.8\%$$

مثال ۱۷-۲ = یک موتور DC کمپوند شنت بلند ۲۲۰(V) با سرعت نامی ۶۰ (Rad/S) می چرخد و پارامترهای آن بصورت زیر است:

$I_L = 10^{(A)}$ ، $R_f = 110^{(\Omega)}$ ، $R_a = 1^{\Omega}$ ، $R_S = 0.05^{\Omega}$ ، $P_{st} = 300^{(W)}$

مطلوبست: a) نیروی ضد محرکه و توان خروجی و گشتاور حاصل در شرایط نامی

b) اگر موتور فوق در ۶۰٪ بار نامی کار کرده و تلفات سرگردان آن ثابت بوده و سرعت آن ۱۰٪ افزایش یابد، مقادیر a) را در شرایط موجود بدست آورید.

راه حل :

a ⟹ $I_L = 10^{(A)}$ ، $\omega = 60^{(Rad/S)}$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{V_t}{R_f} = \frac{220}{110} = 2 \text{ (A)}$$

$$I_a = I_L - I_f = 10 - 2 = 8 \text{ (A)}$$

$$E_a = V_t - (R_a + R_s) I_a = 220 - (1 + 0.05) \times 8 = 211.4 \text{ (V)}$$

$$P_{dev} = E_a I_a = 211.4 \times 8 = 1691.2 \text{ (W)}$$

$$P_o = P_{dev} - P_{st} = 1691.2 - 200 = 1491.2 \text{ (W)}$$

$$T_{dev} = \frac{P_{dev}}{\omega} = \frac{1691.2}{40} = 42.28 \text{ (N.m)}$$

b ⟹

$$I_L = 0.6 \times 10 = 6 \text{ (A)} \qquad \omega = 1.1 \times 40 = 44 \text{ (Rad/s)}$$

$$I_f = 2 \text{ (A)} \Rightarrow I_a = I_L - I_f = 6 - 2 = 4 \text{ (A)}$$

$$E_a = V_t - (R_a + R_s) I_a = 220 - (1 + 0.05) \times 4 = 215.8 \text{ (V)}$$

$$P_{dev} = E_a I_a = 215.8 \times 4 = 863.2 \text{ (W)}$$

$$P_o = P_{dev} - P_{st} = 863.2 - 300 = 563.2 \text{ (W)}$$

$$T_{dev} = \frac{P_{dev}}{\omega} = \frac{863.2}{44} = 19.61 \text{ (N.m)}$$

مثال ۱۸-۲ = موتور DC شنت ۲۰۰ (V) دارای $R_a = 1$ (Ω) و $R_f = 100$ (Ω) است. جریان آرمیچر در حالت راه‌اندازی ۱۰ برابر جریان نامی موتور است. اگر گشتاور مقاوم که توان ورودی و توان حاصل از شفت موتور را برابر است آورده، ۱۰ = P_{st} (W) باشد راه‌اندازی موتور چقدر است؟

راه حل:

$$I_{a\,start} = \frac{V_t}{R_a} = \frac{200}{1} = 200 \text{ (A)}$$

$$I_{a\,start} = 10 I_{L1} \Rightarrow I_{L1} = \frac{200}{10} = 20 \text{ (A)}$$

$$P_i = V_t \cdot I_L = 200 \times 20 = 4000 \text{ (W)}$$

$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{200}{100} = 2 \text{ (A)} \Rightarrow I_a = I_L - I_f = 20 - 2 = 18 \text{ (A)}$$

$$E_a = V_t - R_a I_a = 200 - 1 \times 18 = 182 \text{ (V)}$$

$$P_{dev} = E_a I_a = ۱۸۲ \times ۱۸ = ۳۲۷۶ \ (W)$$

$$P_o = P_{dev} - P_{st} = ۳۲۷۶ - ۲۰۰ = ۳۰۷۶ \ (W)$$

$$\eta\% = \frac{P_o}{P_i} \times ۱۰۰ = \frac{۳۰۷۶}{۴۰۰۰} \times ۱۰۰ = ۷۶/۹\%$$

۷-۲ = تمرینات:

۱ = یک کلاف ۱۰۰ دوری با سرعت ۴۰۰ رادیان بر ثانیه در یک سیستم چهار قطبی می‌چرخد. ولتاژ القایی در این کلاف آن $\Phi = ۰/۰۲$ وبر باشد، رابطه آوریده. اگر در کلاف ولتاژ القایی برابر ۲۰۰ ولت باشد فوران قطبها چقدر است؟

---

۲ = در شکل ۶-۲ جریان سیم پیچ تک ثابت ۳ (A) است. اگر سطح مقطع هسته کن و دوار $۳۰ \ cm^2$ و طول فواصل هوایی $۱/۵ \ mm$ و تعداد دور کلاف دوار ۱۰۰ دور باشد و جنس هسته کن ودوار یکی باشد و μ_r آن ۳۰۰۰ باشد، ولتاژ القایی در کلاف دوار چقدر است؟ ($\omega = ۲۰ \ rad/s$).

---

۳ = گشتاور ایجاد شده بر یک کلاف ۵۰ دوری طول $۲۰ \ cm$ و عرض $۱۰ \ cm$ که جریان ۵ آمپر از آن می‌گذرد ۲۰ نیوتن متر است. اگر سطح مقطع قطبها $۱۵۰ \ cm^2$ باشد، چگالی شار قطبها چقدر است.

---

۴ = ژنراتور DC شنت دارای مشخصات زیر است:

$P_o = ۵ \ kW$ ، $V_t = ۲۳۰ \ V$ ، $R_f = ۱۱۵ \ \Omega$ ، $R_a = ۰/۵ \ \Omega$ ، $P_{st} = ۱۵۰ \ W$

مطلوبست: الف) ولتاژ تولید شده در آرمیچر و راندمان ژنراتور در شرایط نامی.

ب) اگر توان خروجی نصف شده و ولتاژ خروجی تقریباً ثابت بماند، E_a و راندمان را بدست آورید.

---

۵ = ژنراتور DC شنت دارای مشخصات زیر است:

$R_a = ۱ \ \Omega$ ، $R_f = ۲۲۰ \ \Omega$ ، راندمان در بار نامی = ۸۰٪ ، ولتاژ نامی = ۴۴۰ V ، توان اسمی = $۱۰ \ kW$

مطلوبست: E_a ، P_{cu} ، P_{dev} ، تلفات گردان در شرایط اسمی (نامی).

۶= یک ژنراتور DC سری ۵ (kW)، ۲۵۰ (V) بار اهمی خود را تغذیه می کند. مقاومت اهمی بار چقدر است؟ اگر $R_S=0.1\Omega$ و $R_a=0.4\Omega$ و $P_{st}=200W$ باشد، E_a و P_{cu} و راندمان آن چقدر است؟

۷= یک ژنراتور DC کمپوند از نوع شنت کوتاه دارای مشخصات زیر است:

$P_o=4kW$ ، $V_t=200V$ ، $P_{st}=150W$ ، $R_f=100\Omega$ و $R_a=0.1\Omega$

$R_S=0.1\Omega$

مطلوبست: الف) مقادیر ولتاژ القایی در آرمیچر و تلفات مس و توان حاصله و راندمان در شرایط نامی.

ب) اگر ژنراتور نصف بار اسمی خود را تغذیه کند و ولتاژ خروجی ۱۰٪ افزایش یابد مقادیر خواسته شده در حالت الف را در این حالت بدست آورید.

۸= یک ژنراتور DC کمپوند شنت بلند ۱۰ (kW) و ۲۵۰ (V) دارای مشخصات زیر است:

$R_f=125\Omega$ ، $R_a=0.1\Omega$ ، $R_S=0.2\Omega$ ، $P_{st}=300W$

مطلوبست: الف) مقادیر زیر در شرایط نامی: E_a و P_{cu} و P_{dev} و η (راندمان).

ب) اگر ژنراتور ۸۰٪ بار نامی خود را تغذیه کرده و ولتاژ القایی برابر با حالت الف باشد، مقادیر خواسته شده در حالت الف را در این شرایط بدست آورید.

۹= اگر در مسئله ۷ نوع ژنراتور شنت بلند باشد، مقادیر را بدست آورید.

۱۰= اگر در مسئله ۸ نوع ژنراتور شنت کوتاه باشد، مقادیر خواسته شده را بدست آورید.

۱۱= یک موتور DC شنت دارای مشخصات زیر است:

$V_t=120V$ ، $I_{L2}=20A$ ، $R_a=0.1\Omega$ ، $R_f=60\Omega$ و $n=1500RPM$

$P_o=2HP$

مطلوبست: P_{st} و P_{dev} و T_{dev} و T_o و E_a در شرایط نامی.

۱۲= یک موتور DC شنت دارای مشخصات زیر است:

$V_t=140V$ ، $\omega=100\ Rad/s$ ، $I_{L2}=25A$ ، $R_a=0.1\Omega$ ، $R_f=$

$P_{st}=400W$

مطلوبت: الف) نیروی ضد محرکه، توان اسمی، گشتاور حاصله و راندمان در شرایط اسمی.

ب) اگر موتور در ۸۰٪ بار نامی کار کرده و سرعت ۵٪ افزایش یابد، در این شرایط E_a و T_o و T_{dev} و راندمان را بدست آورید.

۱۳= یک موتور سری دارای مشخصات زیر است:

$V_t = 240^V$ $\omega_r = 200\ Rad/s$ و $I_{Lr} = 30^A$ و $R_a = 0/4^\Omega$

$R_s = 0/1^\Omega$ و $P_{st} = 500^W$

مطلوبت: الف) تلفات مس ماشین، گشتاور حاصله و گشتاور خروجی و راندمان در شرایط نامی

ب) اگر موتور با ۱۰٪ کاهش بار کار کرده و سرعت تقریباً ثابت باشد، مقدار E_a و T_o و T_{dev} و η را بدست آورید.

۱۴= موتور DC کمپوند شنت بلند ۵ kW و ۲۰۰ V با سرعت ۲۰۰۰ RPM ولتاژ نامی کرده اگر $I_L = 25^A$

$R_a = 0/35^\Omega$ و $R_s = 0/05^\Omega$ و $R_f = 200^\Omega$ باشد مطلوبت: نیروی ضد محرکه و T_o و T_{dev} در شرایط نامی.

۱۵= اگر موتور مسئله ۱۴ شنت کوتاه باشد، مقادیر خواسته شده را بدست آورید.

۱۶= یک موتور DC کمپوند شنت کوتاه دارای شرایط زیر است:

$V_t = 220^V$، $I_{Lr} = 15^A$ و $\omega_r = 40\ Rad/s$، $R_f = 110^\Omega$

$R_a = 0/4^\Omega$، $R_s = 0/1^\Omega$ $P_{st} = 300^W$

مطلوبت = نیروی ضد محرکه، توان اسمی، گشتاور اسمی و تلفات مس ماشین.

۱۷= یک موتور DC شنت ۱۰ kW، ۲۲۰ V دارای راندمان ۷۰٪ است (در بار نامی) اگر $R_a = 1^\Omega$ باشد، مقاومتی که باید در ولتاژ راه اندازی به موتور (به آرمیچر) اضافه کرد تا جریان I_a راه اندازی سه برابر جریان نامی موتور گردد چقدر است.

۱۸= یک ژنراتور DC شنت ۲۰ kW، ۲۲۰ V که دارای Ra=۰/۱ Ω و Rf=۱۱۰ Ω است. باری با مقاومت ۱۱ Ω و باربری را با مقاومت ۵ Ω را باهم تغذیه می کند. اگر ولتاژ خروجی ژنراتور ۲۲۰ V باشد. ولتاژ القایی در ژنراتور و راندمان آنرا بدست آورید (تلفات گردان ۴۵۰ W است).

۱۹= در مسئله ۱۸ اگر ژنراتور در شرایط نامی خود کار کند، ولتاژ القایی و راندمان آن را بدست آورید. اگر ژنراتور علاوه بر دو بار قبلی باری با مقاومت ۱۰ Ω را هم تغذیه نماید و ولتاژ خروجی آن ۲۲۰ V باشد، راندمان ژنراتور چقدر است.

۲۰= یک موتور DC کمپوند شنت بلند ۱۰ kW، ۲۰۰ V دارای راندمان در شرایط نامی ۷۵٪ است اگر Rf=۲۰۰ Ω و Ra=۰/۴ Ω و Rs=۰/۱ Ω باشد. راندمان موتور را در شرایطی که بار تغذیه شده جریان ۵۰ A را از شبکه بکشد و ولتاژ منبع ۲۰۰ V باشد حساب کنید.