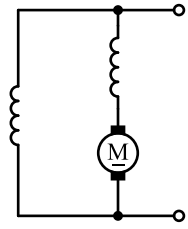
۱۳ ـ ۴ ـ موتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند

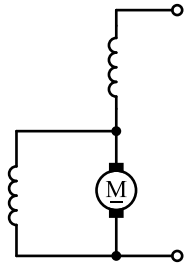
موتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند را به اختصار «موتور کمپوند» گویند. در موتور کمپوند فوران قطب‌ها «ترکیبی[1]» از فوران دو سیم‌پیچی تحریک موازی و سری است.

اگر سیم‌پیچی آرمیچر ابتدا با سیم‌پیچی تحریک سری و سپس با سیم‌پیچی تحریک موازی ارتباط پیدا کند، موتور را «کمپوند با شنت بلند» گویند. علامت اختصاری موتور کمپوند با شنت بلند در شکل (۳۲ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۳۲ ـ ۴ موتور کمپوند با شنت بلند

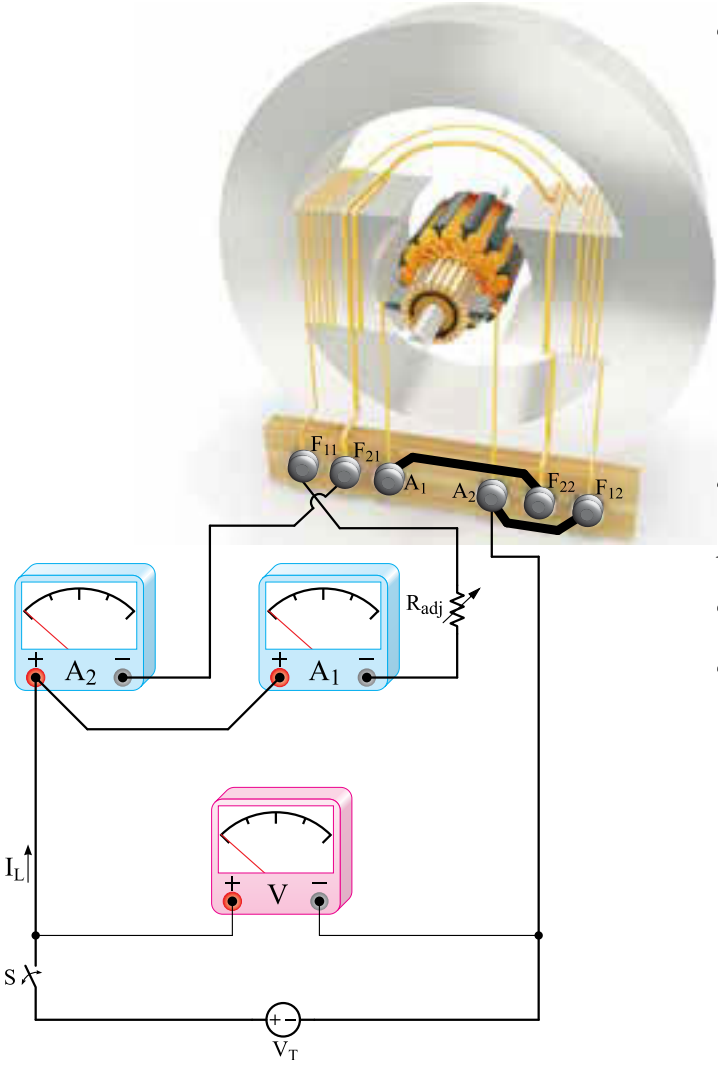
اگر سیم‌پیچی آرمیچر ابتدا با سیم‌پیچی تحریک موازی و سپس با سیم‌پیچی سری ارتباط پیدا کند موتور را «کمپوند با شنت کوتاه» گویند. علامت اختصاری موتور کمپوند با شنت کوتاه در شکل (۳۳ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۳۳ ـ ۴ موتور کمپوند با شنت کوتاه

در موتورهای کمپوند با شنت بلند یا کوتاه، سیم‌پیچی‌های تحریک موازی یا سری به گونه‌ای با سیم‌پیچی آرمیچر ارتباط داده می‌شوند تا فوران‌های آن‌ها هم جهت شود و «موتور کمپوند اضافی» باشد. در صورتی‌که فوران سیم‌پیچی تحریک موازی و سری هم جهت نباشد در این صورت موتور، «کمپوند نقصانی» خواهد شد.

طرح ساختمانی موتور کمپوند با شنت بلند در شکل (۳۴ ـ ۴) نشان داده شده است.

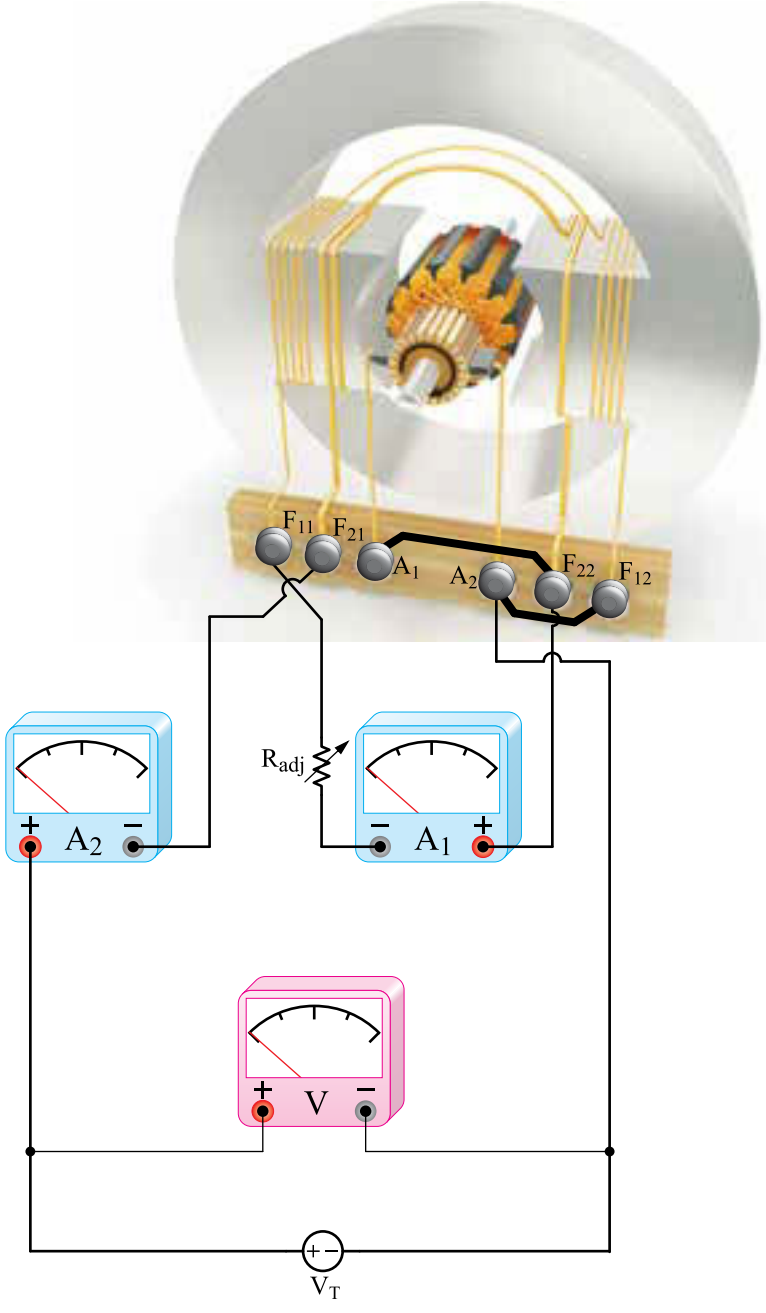


شکل ۳۴ ـ ۴ طرح ساختمانی موتور کمپوند با شنت بلند

۱. Compound

سیم‌پیچی تحریک سری با تعداد دور کم برای جریان زیاد و سیم‌پیچی تحریک موازی با تعداد دور زیاد برای جریان‌های کم به دور قطب‌ها پیچیده شده است. سر و ته سیم‌پیچی تحریک موازی با حروف F_{11} و F_{12} و سیم‌پیچی تحریک سری با حروف F_{21} و F_{22} مشخص شده است. برای تغییر و تنظیم جریان سیم‌پیچی تحریک موازی از مقاومت تنظیم‌کننده جریان تحریک R_{adj} استفاده شده است و برای اندازه‌گیری جریان‌های تحریک موازی و آرمیچر از آمپرمترهای A_1 و A_2 و برای اندازه‌گیری ولتاژ V_T از ولت‌متر V استفاده شده است.

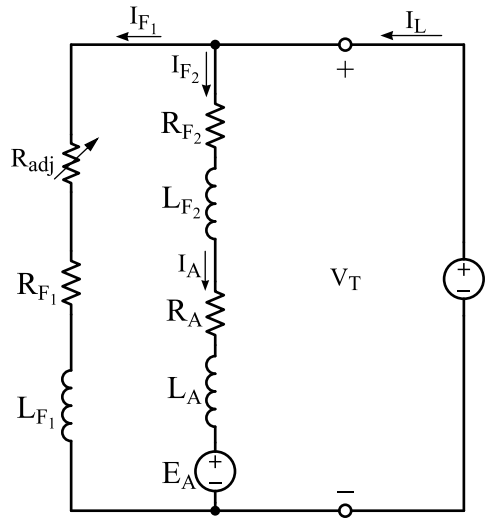
طرح ساختمانی موتور کمپوند با شنت کوتاه در شکل (۳۵ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۳۵ ـ ۴ طرح ساختمانی موتور کمپوند با شنت کوتاه

۱ ـ ۱۳ ـ ۴ ـ مـدار الکتریکی معادل موتور کمپوند با شنت بلند

مدار الکتریکی معادل موتور کمپوند باشـنت بلند با توجه به طرح سـاختمانی شـکل (۳۴ ـ ۴) در شـکل (۳۶ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۳۶ ـ ۴ مدار الکتریکی معادل موتور کمپوند با شنت بلند

در این شکل:

R_{F_1} مقاومت اهمی مدار تحریک موازی

L_{F_1} ضریب خودالقایی سیم‌پیچ تحریک موازی

R_{F_2} مقاومت اهمی مدار تحریک سری

L_{F_2} ضریب خود القایی سیم‌پیچ تحریک سری

مدار الکتریکی معادل موتور کمپوند با شـنت بلند را با روش پتانسـیل گره یا روش‌های دیگر می‌توان تحلیل کـرد. از آنجایی که در حالـت پایدار جریان موتور DC اسـت و فرکانس ندارد لذا در نوشـتن معادلات جریان و ولتـاژ از اثرات خودالقایـی L_{F_1}،L_{F_2} و L_A صرف‌نظر خواهد شد.

بـا نوشـتن KCL برای گره مدار تحریک سـری و موازی با منبع ولتاژ، معادله (۲۴ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$KCL) \quad -I_L + I_{F_2} + I_{F_1} = 0 \qquad (۴\text{-}۲۴)$$

مدار تحریک سری با مدار آرمیچر، سری شده است. لذا:

$$I_A = I_{F_2} \qquad (۴\text{-}۲۵)$$

با بـه‌کار بردن قانون اهم مقادیر جریان‌ها به‌دسـت خواهد آمد.

$$I_{F_1} = \frac{V_T}{R_{F_1} + R_{adj}} \qquad (۴\text{-}۲۶)$$

$$I_A = I_{F_2} = \frac{V_T - E_A}{R_A + R_{F_2}} \qquad (۴\text{-}۲۷)$$

از رابطه $P_{in} = V_T \cdot I_L$ جریان I_L به‌دست می‌آید.

$$I_L = \frac{P_{in}}{V_T} \qquad (۴\text{-}۲۸)$$

تلفات تحریـک موازی از رابطـه (۲۹ ـ ۴) و تلفات تحریـک سـری از رابطه (۳۰ ـ ۴) و تلفـات آرمیچر از رابطه (۳۱ ـ ۴) به‌دست می‌آیند.

$$P_{F_1} = (R_{F_1} + R_{adj}) I_{F_1}^2 \qquad (۴\text{-}۲۹)$$

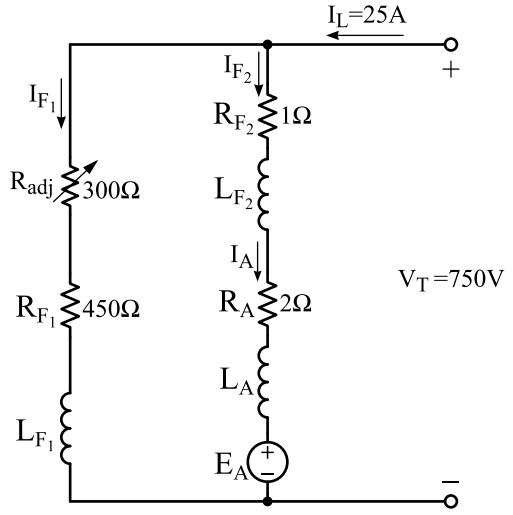
$$P_{F_2} = R_{F_2} I_{F_2}^2 \qquad (۴\text{-}۳۰)$$

$$P_A = R_A I_A^2 \qquad (۴\text{-}۳۱)$$

مثال ۹ ـ ۴ ـ موتور کمپوند با شنت بلند ۷۵۰ V، ۲۵ A با مدار الکتریکی معادل مطابق شکل (۳۷ ـ ۴) در نظر است. مطلوب است:

الف) نیروی محرکه القایی آرمیچر

ب) بازده در صورتی‌که تلفات ثابت ۱۵۲۲ W باشد.



شکل ۳۷ ـ ۴

حل:

ـ برای محاسبه نیروی محرکه الکتریکی ابتدا جریان مدار تحریک موازی و سپس جریان مدار تحریک سری و آرمیچر به‌دست می‌آید.

$$I_{F_1}=\frac{V_T}{R_{F_1}+R_{adj}}=\frac{750}{450+300}=1[A]$$

$$KCL)\quad -I_L+I_{F_2}+I_{F_1}=0$$

$$-25+I_{F_2}+1=0$$

$$I_{F_2}=24\,[A]$$

$$I_{F_2}=I_A=24\,[A]$$

$$I_A=I_{F_2}=\frac{V_T-E_A}{R_A+R_{F_2}}$$

$$24=\frac{750-E_A}{1+2}$$

$$24\times 3=750-E_A$$

$$E_A=750-72=678\,[V]$$

ـ برای محاسبه بازده، تلفات مسی نیاز می‌باشد. لذا تلفات تحریک‌ها و آرمیچر را از روابط (۲۹ ـ ۴)، (۳۰ ـ ۴) و (۳۱ ـ ۴) به‌دست می‌آوریم.

$$P_{F_1}=(R_{F_1}+R_{adj})I_{F_1}^2$$

$$P_{F_1}=(450+300)\times 1^2=750\,[W]$$

$$P_{F_2}=R_{F_2}I_{F_2}^2$$

$$P_{F_2}=1\times 24^2=576\,[W]$$

$$P_A=R_AI_A^2$$

$$P_A=2\times 24^2=1152\,[W]$$

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

$$\Delta P=P_{core}+P_{F_1}+P_{F_2}+P_A$$

$$\Delta P=1522+750+576+1152=4000\,[W]$$

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

$$P_{in}=V_T\cdot I_L$$

$$P_{in}=750\times 25=18750\,[W]$$

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

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

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

$$P_{out}=18750-4000=14750\,[W]$$

ـ بازده از رابطه (۶ ـ ۳) به‌دست می‌آید.

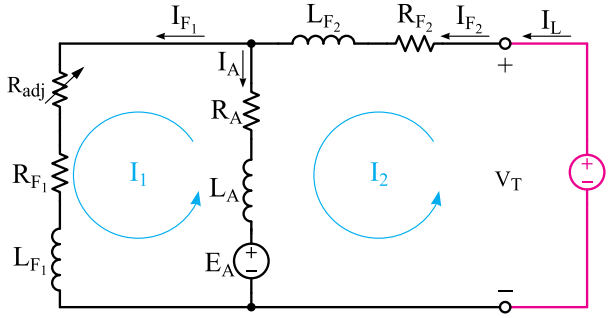
$$\%\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times ۱۰۰$$

$$\%\eta = \frac{۱۴۷۵۰}{۱۸۷۵۰} \times ۱۰۰ = \%۷۸$$

۲ ـ ۱۳ ـ ۴ ـ مـدار الکتریکی معادل موتور کمپوند با شنت کوتاه

مدار الکتریکی معادل موتور کمپوند با شـنت کوتاه بـا توجه به طرح ساختمانی شکل (۳۵ ـ ۴) در شـکل (۳۸ ـ ۴) نشان داده شده است.

مدار الکتریکی معادل موتور کمپوند با شـنت کوتاه را بـا روش حلقه یا روش‌های دیگر می‌توان تحلیل کرد. برای شکل (۳۸ ـ ۴) حلقه‌های $I_۱$ و $I_۲$ در جهت حرکت عقربه‌های ساعت انتخاب شده است.



شکل ۳۸ ـ ۴ مدار الکتریکی معادل موتور کمپوند با شنت کوتاه

جریـان موتور DC اسـت و فرکانس نـدارد. لذا در حالـت پایدار برای نوشـتن معـادلات KVL از اثرات خودالقایی $L_{F_۱}$،$L_{F_۲}$ و L_A صرف‌نظر خواهد شد.

با نوشـتن KVL برای حلقه‌هـای $I_۱$ و $I_۲$ معادلات (۳۲ ـ ۴) و (۳۳ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$KVL۱) \quad R_{F_۱}I_۱ - E_A + R_A(I_۱ - I_۲) = ۰ \qquad (۴\text{-}۳۲)$$

$$KVL۲) \quad -V_T + R_{F_۲}I_۲ + R_A(I_۲ - I_۱) + E_A = ۰ \qquad (۴\text{-}۳۳)$$

پـس از حل معـادلات (۳۲ ـ ۴) و (۳۳ ـ ۴) جریان حلقه‌های $I_۱$ و $I_۲$ به‌دست می‌آید و خواهیم داشت:

$$I_{F_۲} = I_L = I_۲ \qquad (۴\text{-}۳۴)$$

$$I_{F_۱} = I_۱ \qquad (۴\text{-}۳۵)$$

$$I_A = -I_۱ + I_۲ \qquad (۴\text{-}۳۶)$$

تلفـات تحریک سـری از (۳۷ ـ ۴)، تلفات تحریک شـنت از (۳۸ ـ ۴) و تلفـات آرمیچر از رابطه (۳۹ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$P_{F_۲} = R_{F_۲}I_{F_۲}^۲ \qquad (۴\text{-}۳۷)$$

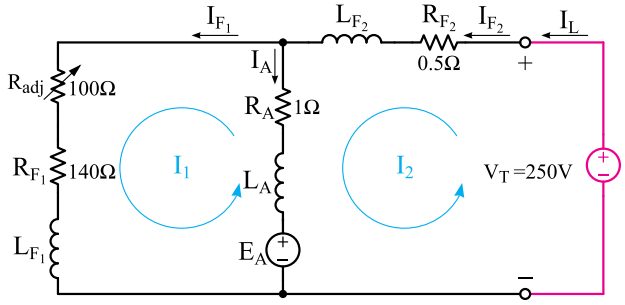
$$P_{F_۱} = R_{F_۱}I_{F_۱}^۲ \qquad (۴\text{-}۳۸)$$

$$P_A = R_A I_A^۲ \qquad (۴\text{-}۳۹)$$

مثـال ۱۰ ـ ۴ ـ موتـور کـمپوند با شـنت کـوتاه ۴ KW، ۲۵۰ V با بازده ۸۰ ٪ و مدار الکتریکی معادل مطابق شکل (۳۹ ـ ۴) در نظر است. مطلوب است:

الف ـ نیروی محرکه القایی آرمیچر E_A

ب ـ تلفات ثابت $P_{mec}+P_{core}$



شکل ۳۹ ـ ۴

حل:

ـ از رابطـه بازده، توان ورودی به‌دسـت می‌آید و از رابطه توان، جریان I_L محاسبه می‌شود. سپس با تشکیل معادلاتِ KVL ، جریان‌ها و E_A به‌دست می‌آیند.

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

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{۴kw}{۰/۸} = ۵\ [kw] \quad ۵۰۰۰\ [w]$$

$$P_{in} = V_T \cdot I_L$$

$$I_L = \frac{P_{in}}{V_T} = \frac{۵۰۰۰}{۲۵۰} = ۲۰\ [A]$$

$$KVL۱) \quad (R_{adj} + R_{F۱})I_۱ - E_A + R_A(I_۱ - I_۲) = ۰$$

$$KVL۲) \quad -V_T + R_{F۲}I_۲ + R_A(I_۲ - I_۱) + E_A = ۰$$

ـ با جایگزیـن کـردن مقادیـر معلـوم و $I_L = I_۲ = ۲۰\ [A]$ در معـادلات KVL۱ و KVL۲ خواهیم داشت:

$$KVL۱) \quad (۱۰۰+۱۴۰)I_۱ - E_A + ۱(I_۱ - ۲۰) = ۰$$

$$KVL۲) \quad -۲۵۰ + ۰/۵(۲۰) + ۱(۲۰ - I_۱) + E_A = ۰$$

ـ پس از ساده‌سازی معادلات KVL۱ و KVL۲ را در یک دستگاه قرار می‌دهیم.

$$KVL۱) \quad ۲۴۱I_۱ - E_A = ۲۰$$

$$KVL۲) \quad \underline{-I_۱ + E_A = ۲۲۰}$$

$$۲۴۰I_۱ + ۰ = ۲۴۰$$

$$I_۱ = \frac{۲۴۰}{۲۴۰} = ۱[A]$$

ـ با قـرار دادن $I_۱$ در یکی از معادلات KVL مقدار E_A به‌دست می‌آید.

$$KVL۲) \quad -I_۱ + E_A = ۲۲۰$$

$$-۱ + E_A = ۲۲۰$$

$$E_A = ۲۲۱[V]$$

ـ با محاسبه تلفات مسی و کل تلفات می‌توان تلفات ثابت را به‌دست آورد.

$$I_{F۱} = I_۱ = ۱[A]$$

$$I_A = -I_۱ + I_۲ = -۱ + ۲۰ = ۱۹[A]$$

$$I_{F۲} = I_۲ = ۲۰[A]$$

$$P_{F۱} = (R_{F۱} + R_{adj})I_{F۱}$$

$$P_{F۱} = (۱۴۰ + ۱۰۰) \times ۱^۲ = ۲۴۰[w]$$

$$P_{F۲} = R_{F۲}I_{F۲}^۲$$

$$P_{F۲} = ۰/۵ \times ۲۰^۲ = ۲۰۰[w]$$

$$P_A = R_A I_A^۲ = ۱ \times ۱۹^۲ = ۳۶۱[w]$$

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

$$\Delta P = ۵۰۰۰ - ۴۰۰۰ = ۱۰۰۰[w]$$

$$\Delta P = P_{F۱} + P_{F۲} + P_A + P_{core} + P_{mec}$$

$$۱۰۰۰ = ۲۴۰ + ۲۰۰ + ۳۶۱ + P_{core} + P_{mec}$$

$$P_{core} + P_{mec} = ۱۹۹[w]$$

تمرین ۶ ـ ۴

۱ ـ یک موتور کمپوند با شنت بلند ۴۰ KW، ۵۰۰ V با بازده ۸۰ ٪ و $R_A = ۰/۴\Omega$، $R_{F۲} = ۰/۱\Omega$، $R_{F۱} = ۲۵۰\Omega$ مفروض است.

مطلوب است:

الف ـ نیروی محرکه القایی آرمیچر

ب ـ تلفات ثابت

۲ ـ یک موتور کمپوند با شنت کوتاه در اتصال به شکه ۲۰۰ V جریان ۱۰ A دریافت می‌کند و با سرعت ۱۲۰۰ RPM می‌گردد. اگر $R_{F۲} = ۰/۲\Omega$، $R_{F۱} = ۱۹۸\Omega$، $R_A = ۰/۵\Omega$ باشد مطلوب است:

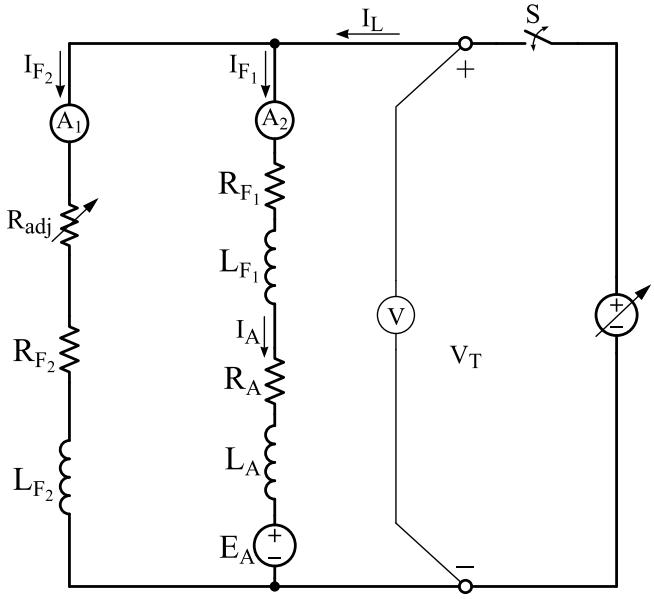
الف ـ نیروی محرکه القایی آرمیچر

ب ـ بازده در صورتی‌که تلفات ثابت ۵۰ W باشد.

۳ ـ ۱۳ ـ ۴ ـ راه‌اندازی

راه‌اندازی و رفتار موتورهای کمپوند باشنت بلند و کوتاه مشابه یک‌دیگر است. لذا به منظور تشریح راه‌اندازی موتور کمپوند باشنت بلند انتخاب شده است.

برای راه‌اندازی موتور کمپوند پس از یادداشت مقادیر نامی ولتاژ، جریان و سرعت از پلاک مشخصات موتور، مدار الکتریکی آرمیچر و تحریک‌های سری و موازی را مطابق شکل(۴۰ ـ ۴) ببندید.



شکل۴۰ ـ ۴ مدار الکتریکی راه‌اندازی موتور کمپوند باشنت بلند

مقاومت متغیر R_{adj} را در حداقل خود قرار دهید و پس از بستن کلید S ولتاژ منبع متغیر را به تدریج زیاد نمایید تا ولت‌متر V ولتاژ نامی موتور را نشان دهد. در صورتی‌که سرعت موتور به سرعت بی‌باری n_o نرسیده بود با افزایش مقاومت متغیر R_{adj}، جریان تحریک موازی را کاهش دهید تا سرعت افزایش یابد و به سرعت مورد نظر برسد.

بدیهی است با افزایش بیش از حد مقاومت یا قطع مدار تحریک موازی، موتور کمپوند رفتاری شبیه موتور سری از خود بروز می‌دهد.

۴ ـ ۱۳ ـ ۴ ـ آزمایش بارداری

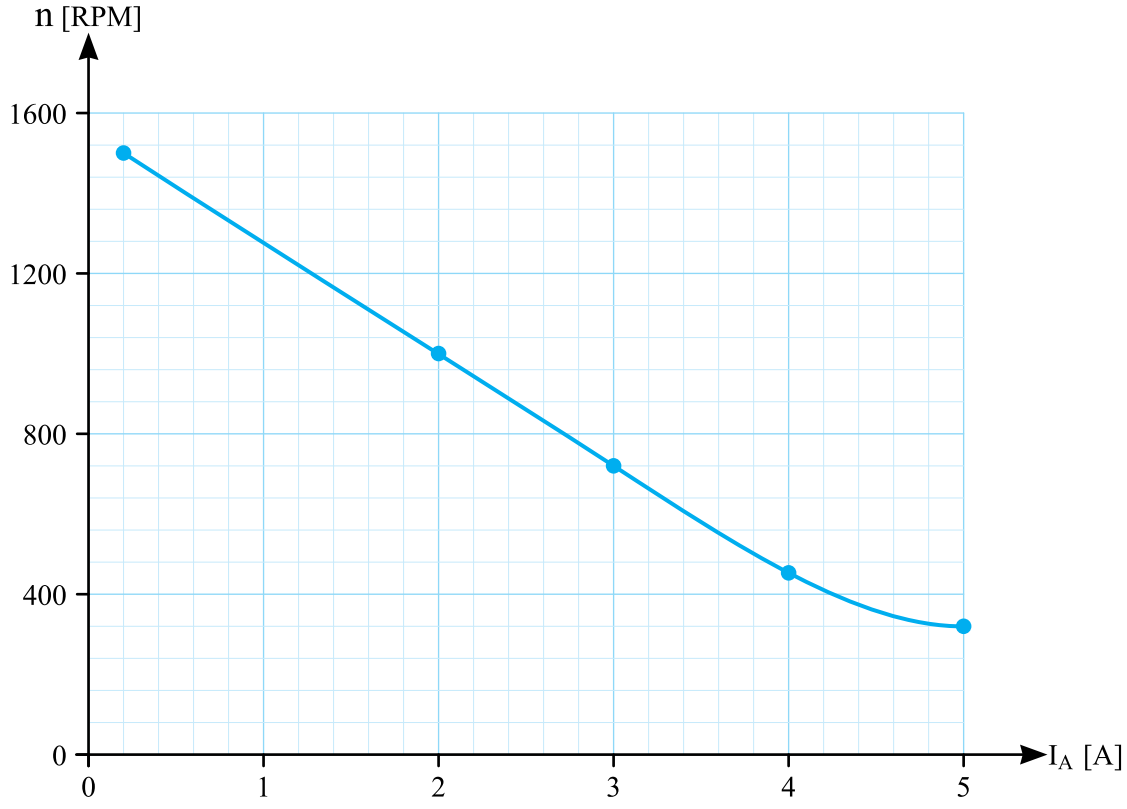
نحـوه انجام آزمایش بـارداری موتور کمپوند مطابق توضیحات بخش ۳ ـ ۱۰ ـ ۴ می‌باشد.

جدول (۴ ـ ۴) نتایج آزمایش بارداری موتور کمپوند اضافی ۲۲۰ V، ۱ KW، ۵ A را نشان می‌دهد.

V_T	۲۲۰V				
n [RPM]	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۷۲۰	۴۵۰	۳۲۰
I_A [A]	۰/۲	۲	۳	۴	۵
T_{load} [Nm]	۰	۴	۸	۱۷	۳۰

جدول ۴ ـ ۴ نتایج آزمایش بارداری موتور کمپوند اضافی

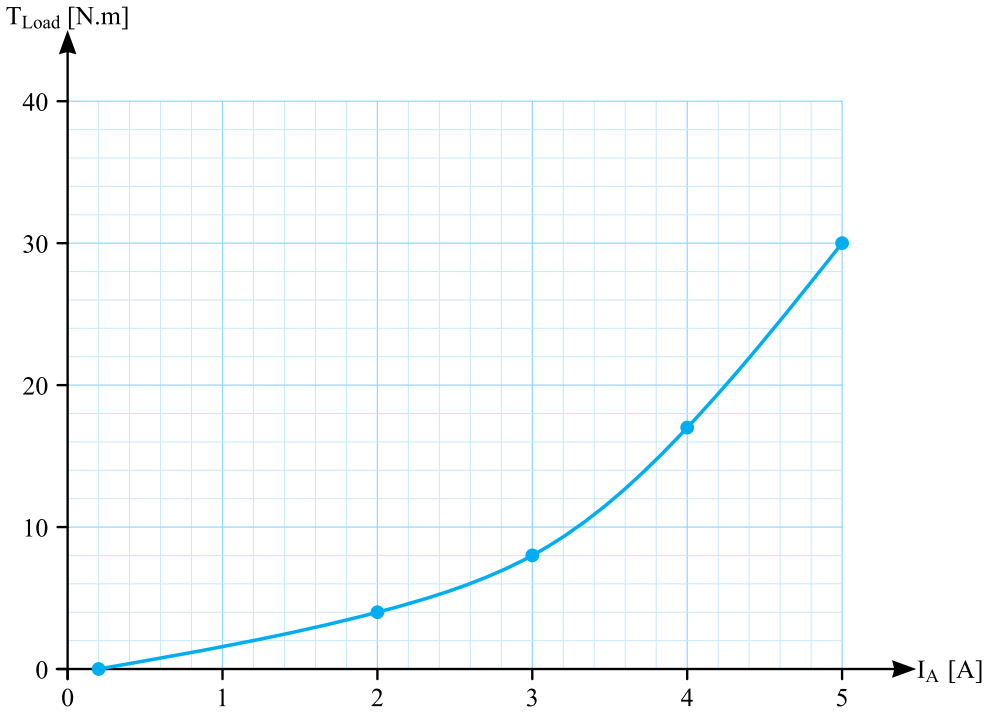
نقـاط نشـان‌دهنده مقدار هر سـرعت n بـه ازای جریان I_A معین جدول (۴ ـ ۴) تحت عنوان مشـخصه الکترومکانیکی موتور کمپوند اضافی در شکل (۴۱ ـ ۴) نشان داده شده است.



شکل ۴۱ ـ ۴ منحنی مشخصه الکترومکانیکی موتور کمپوند اضافی

در این شکل مشاهده می‌شود در اثر افزایش گشتاور بار که منجر به کاهش سـرعت شده است موتور جریان I_A را افزایش می‌دهد.

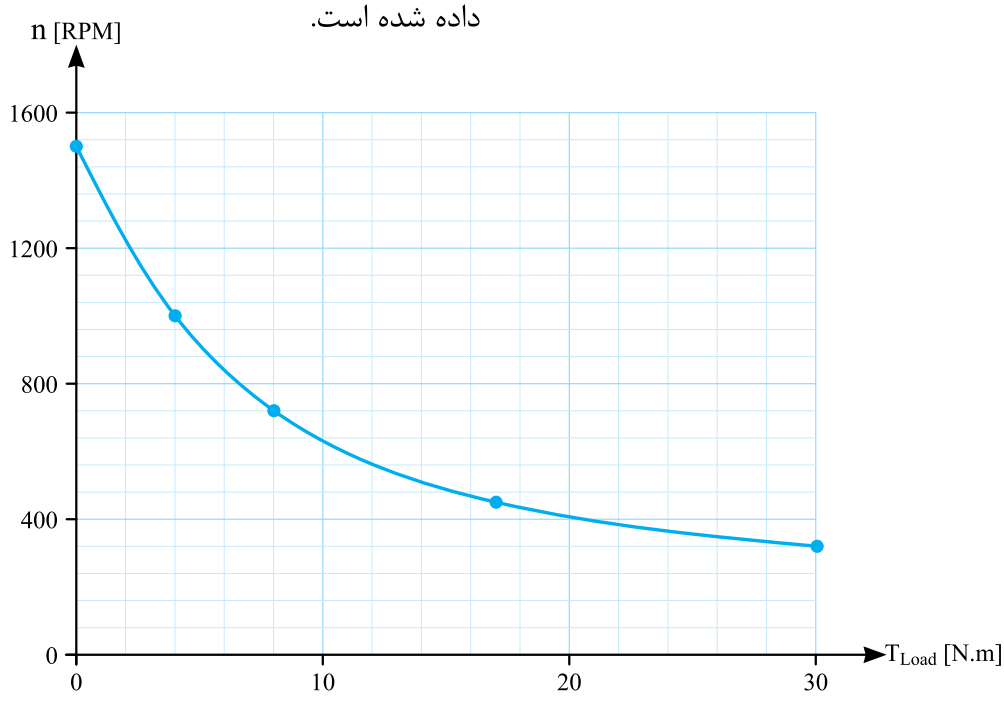
نقاط نشـان‌دهنده مقدار هر گشـتاور T_{load} به ازای جریـان I_A معیـن جدول (۴ ـ ۴) در شـکل (۴۲ ـ ۴) تحت عنوان منحنی مشـخصه الکترومغناطیسی نشان داده شده است.



شکل ۴۲ ـ ۴ منحنی مشخصه الکترومغناطیسی موتور کمپوند اضافی

در این شکل مشاهده می‌شود که افزایش جریان I_A باعث افزایش گشتاور موتور شده است تا به گشتاور بار غلبه نماید.

نقاط نشان‌دهنده‌ی مقدار هر سرعت n به ازای گشتاور T_{load} معین جدول (۴ ـ ۴) در شکل (۴۳ ـ ۴) تحت عنوان منحنی مشخصه گشتاور ـ سرعت نشان داده شده است.



شکل ۴۳ ـ ۴ منحنی مشخصه گشتاور ـ سرعت موتور کمپوند اضافی

در این شکل مشاهده می‌شود افزایش گشتاور بار منجر به کاهش سرعت می‌شود.

فعالیت ۳ ـ ۴ ـ با استفاده از برنامه صفحه گسترده *Excel* از برنامه‌های مجموعه *Microsof Office* منحنی مشخصه‌های مربوط به جدول ۴ ـ ۴ را رسم نمایید.

۵ ـ ۱۳ ـ ۴ ـ کاربرد

موتورهای کمپوند اضافی دارای تغییرات سرعتی کم‌تر از موتور سری و بیش‌تر از موتور شنت از بی‌باری تا بار کامل می‌باشند.

گشتاور موتور کمپوند اضافی از موتور سری کم‌تر و از موتور شنت بیش‌تر است. موتورهای کمپوند در جایی به‌کار گرفته می‌شوند که به گشتاور راه‌اندازی زیاد و سرعت تقریباً ثابت نیاز داشته باشند.

موتورهای کمپوند نقصانی موارد استفاده چندانی ندارند. این موتورها را می‌توان طوری طراحی کرد که بتوانند در حالت بارداری سرعت تقریباً ثابتی داشته باشند. از موتور کمپوند نقصانی در ماشین برش کارخانجات لوله‌سازی استفاده می‌شود.

پرسش ۷ ـ ۴

پرسش‌های کامل کردی

۱ ـ در موتورهای کمپوند فوران قطب‌ها ..... از فوران سیم‌پیچی تحریک ..... و ..... است.

۲ ـ اگر سیم‌پیچی آرمیچر ابتدا با سیم‌پیچی تحریک موازی و سپس با سیم‌پیچی تحریک سری ارتباط پیدا کند موتور ..... است.

۳ ـ اگر سیم‌پیچی آرمیچر ابتدا با سیم‌پیچی تحریک ..... و سپس با سیم‌پیچی تحریک ..... ارتباط پیدا کند موتور کمپوند با شنت بلند است.

۴ ـ راه‌اندازی و رفتار موتور کمپوند با شنت بلند و کوتاه ..... است.

۵ ـ منحنی مشخصه الکترومغناطیسی تاثیر ..... بر ..... را در ولتاژ ثابت نشان می‌دهد.

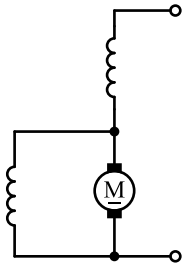
۶ ـ منحنی مشخصه ..... تاثیر گشتاور بار بر سرعت را در ولتاژ ثابت نشان می‌دهد.

پرسش‌های صحیح غلط

۱ ـ اگر سیم‌پیچی آرمیچر ابتدا با سیم‌پیچی تحریک سری و سپس با سیم‌پیچی تحریک موازی ارتباط پیدا کند موتور کمپوند با شنت کوتاه است.

☐ صحیح ☐ غلط

۲ ـ علامت اختصاری موتور کمپوند با شنت کوتاه به صورت زیر است.



☐ صحیح ☐ غلط

۳ ـ در نوشتن معادلات ولتاژ و جریان در حالت پایدار موتورهای DC از اثرات خودالقایی صرف‌نظر نمی‌شود.

☐ صحیح ☐ غلط

۴ ـ در لحظه راه‌اندازی موتور کمپوند مقاومت R_{adj}

را در حداقل قرار می‌دهند.

صحیح ☐ غلط ☐

۵ ـ پس از راه‌اندازی موتور کمپوند به منظور تنظیم سرعت مقاومت R_{adj} را تغییر می‌دهند.

صحیح ☐ غلط ☐

پرسش‌های تشریحی

۱ ـ علامت اختصاری موتور کمپوند با شنت بلند را رسم کنید.

۲ ـ چرا موتور کمپوند نقصانی کاربرد ندارد؟

۳ ـ با توجه به شکل (۳۶ ـ ۴) طرح ساختمانی موتور کمپوند را شرح دهید.

۴ ـ چرا در تحلیل موتورهای DC از اثرات خودالقایی صرف‌نظر می‌شود؟

۵ ـ نحوه راه‌اندازی موتور کمپوند را شرح دهید.

۶ ـ آیا در موتورهای کمپوند پدیده قرار روی می‌دهد؟ چرا؟

۷ ـ نحوه تنظیم سرعت پس از راه‌اندازی موتور کمپوند را شرح دهید.

۸ ـ نحوه انجام آزمایش بارداری موتور کمپوند را شرح دهید.

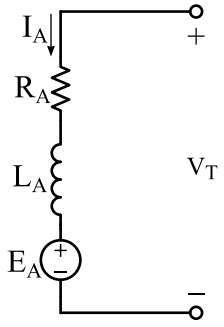
۱۴ ـ ۴ ـ راه‌اندازی موتورهای جریان مستقیم

موتورهای جریان مستقیم در لحظه راه‌اندازی چندین برابر جریان نامی از منبع تغذیه دریافت می‌کنند.

جریان راه‌اندازی زیاد مشکلات جدی را ایجاد می‌کند از جمله:

- آسیب رسیدن به سیم‌پیچی آرمیچر، کموتاتور و جاروبک‌ها
- ایجاد افت ولتاژ بسیار شدید در منبع تغذیه
- آسیب رسیدن به کابل‌های اتصال موتور به منبع تغذیه
- قطع فیوزهای موتور
- ایجاد ضربات شدید مکانیکی به رتور و آسیب رسیدن به محور و یاتاقان

علت جریان راه‌اندازی زیاد با توجه به مدار الکتریکی معادل سیم‌پیچی آرمیچر شکل (۴۴ ـ ۴) قابل توجیه است.



شکل ۴۴ ـ ۴

با توجه به شکل (۴۴ ـ ۴) جریان آرمیچر از رابطه (۴۰ ـ ۴) به‌دست می‌آید.

$$I_A = \frac{V_T - E_A}{R_A} \qquad (۴\text{-}۴۰)$$

نیروی محرکه القایی با رابطه $E_A = K \cdot \varphi \cdot \omega$ تعیین می‌شود. در لحظه راه‌اندازی رتور در حال سکون است و سرعت $\omega = ۰$ است و نیروی محرکه القایی $E_A = ۰$ می‌شود. بنابراین رابطه جریان آرمیچر در لحظه راه‌اندازی به صورت رابطه (۴۱ ـ ۴) در می‌آید.[۱]

$$I_{Ast} = \frac{V_T - ۰}{R_A} \qquad (۴\text{-}۴۱)$$

۱. ضریب خودالقایی L_A در محاسبه جریان راه‌اندازی دخالت دارد و باعث کاهش آن می‌شود. به دلیل پیچیدگی محاسبات از اثر L_A در جریان راه‌اندازی صرف‌نظر شده است.