بسم الله الرحمن الرحیم

گروه فصل هفتم-ماشین مخصوص
دانشکده برق-دانشگاه یادگار
بهار ۹۵

«فصل هفتم»

ماشین های Ac

کموتاتوردار- موتورهای تک فازسری

«فهرست فصل هفتم»

۷-۱-مقدمه

۷-۲-انواع ولتاژهای القاء شده در سیم پیچ های کوموتاتور

۷-۲-۱-ولتاژهای القاء شده توسط میدان ضربانی

۷-۲-۲-ولتاژهای القایی تولید شده توسط میدان دوار

۷-۳-بررسی گشتاور در موتور کوموتاتوردار تک فاز

۷-۴-پدیده کوموتاسیون

۷-۴-۱-ماشین های کوموتاتوردار تک فاز

۷-۴-۲-روش های بهبود کوموتاسیون

۷-۴-۳-تداخل رادیویی

۷-۵-موتورهای سری تک فاز

۷-۵-۱-موتورهای سری AC میدان شده

۷-۵-۲-راه اندازی موتورهای سری

۷-۵-۳-کنترل دور موتورهای سری

۷-۱- مقدمه

معمولا اولین و متداول ترین گزینه برای انتخاب موتور الکترونیکی مناسب دریک کاربرد معین، موتور القایی است. موتورهای القایی بواسطه راندمان بالا، قیمت بایین ساختار محکم، قابلیت اطمینان، عمر زیاد و حدالقل نیاز به تعمیر و نگهداری چنین جایگاه برجسته ای یافته اند. اما موتورهای القایی دارای مشخصه ی سرعت – ثابت می باشند و ضریب قدرت آنها به خصوص در سرعت های بایین ضعیف است و لذا در کاربردهایی که رنج وسیع سرعت مدنظر است گرینه مناسبی نیستند از سوی دیگر، گرچه سرعت چرخش موتورهای DC به راحتی در رنج وسیع قابل کنترل است اما به دلیل در دسترس نبودن شبکه توسعه DC ، استفاده از این نوع موتورها تا حد زیادی منتفی شده است. انواع متنوعی از ماشین های AC کوموتاتوردار وجود دارد که از جمله انها می توانند به موتور سریع تک فاز، موتور ریپالسیونی ، موتور القایی از دوسو تغذیه شونده ، موتور شراگ و ماشین شربیوس اشاره نمود.

۷-۲- انواع ولتاژهای القاء شده در سیم بیچ های کوموتاتور:

به طورکلی در سیم بیچ آمیچر (رتور) ماشین کوموتاتوردار **AC** دونوع ولتاژ القا می گردد:

۱. ولتاژ حرکتی: ناشی از چرخش رتوردر میدان اصلی مشابه آنچه که در ماشین های **DC** اتفاق می افتند.
۲. ولتاژ ترانسفورماتوری: در بحث ولتاژ ترانسفورماتوری، سیم بیچ های میدان و آرمیچر را می توان به ترتیب به عنوان سیم بیچ های اولیه و ثانویه یک ترانسفورماتور در نظر گرفت.

۷-۲-۱-ولتاژهای القاء شده توسط میدان ضربانی :

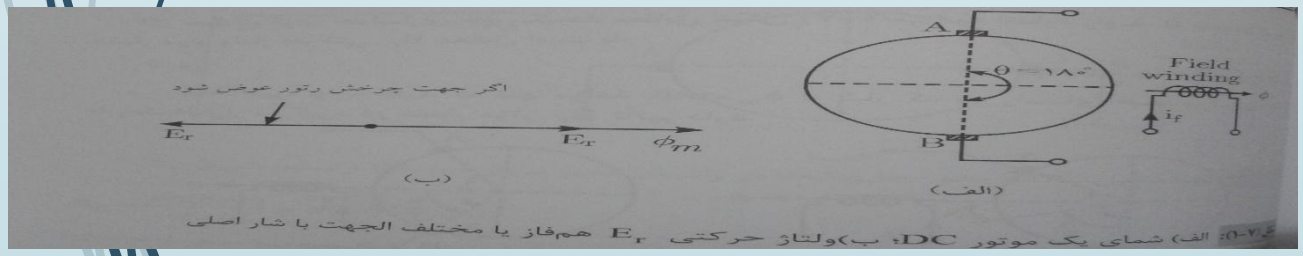
نوع میدان تولید شده در ماشین های کوموتاتوردار تک فاز، ضربانی یا نوسانی است. لذا در این حالت، ولتاژ های القاء شده ی حرکتی و ترانسفورماتوری مد نظر با این نوع میدان ایجاد می شود.

الف)ولتاژ حرکتی

شکل(۷-۱-الف) شمای کلی یک موتور DC را به تصویرکشیده است. بواسطه ی چرخش آرمیچر در شار موتور d،ø، مابین جاروبک های AC ولتاژ حرکتی Er القاء می گردد.

$$Er = \frac{ø\, znp}{a}$$ ولت

که در آن n سرعت آرمیچر برحسب دوربر ثانیه(z(r.p.s تعداد کل هادی های آرمیچر، p تعداد قطب های میدان ،aتعداد مسیر های موازی درسیم بیچ های آرمیچر می باشد. به ازای یک سرعت ثابت و باصرف نظر از اثراشباع چنانچه ø کاهش یابد ولتاژ حرکتی Er نیز متناسب با کاهش می یابد. چنانچهø صفر گردد Er (با چشم پوشی از ولتاژ بسماند) صفر می شود و اگر شار معکوس گردد بلاریته ولتاژ نیز عکس می گردد. این بدان معناست که ولتاژ حرکتیEr هماهنگ با شار ø تغییر می کند. ولذا Er،ø به لحاظ زمانی، هم فاز هستند. اگر بلاریتای شار میدان، ده بار در ثانیه معکوس گردد آنگاه بلاریتای Er نیز ده بار در ثانیه عوض می شود. بنابراین اگر میدان ø یک کمیت نوسانی یا متناوب با یک فرکانس مشخص باشد ولتاژ حرکتی Er نیز متناوب و با همان فرکانس خواهد بود.

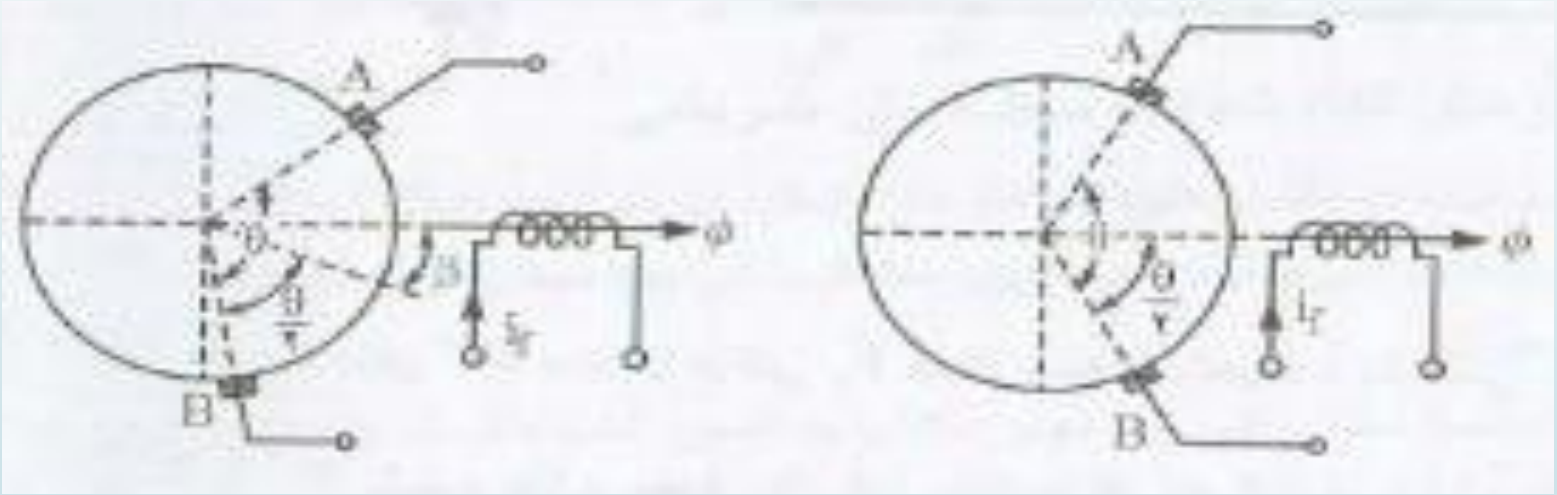


شکل(۱-۷)الف)شمای یک موتور dc_ ب)ولتاژحرکتی Erهمفاز یا مختلف الجهت با شار اصلی

اگر خط مرکزی جداسازی جاروبک ها مطابق شکل (۲-۷-ب) به اندازه زاویه B جابه جا گردد. آنگاه مقدارولتاژحرکتی Er معادل است با :

$$Er = \sqrt{2}\,.\,fr.\,\backsim m.\,\frac{z}{a}.\sin.\frac{\emptyset}{2}.\cos\beta$$

در رابطه اخیر توجه کنیدکه تنها مولفه ی $\backsim m.\csc.\beta$ از شار که در راستای خط مرکزی جداسازی جاروبک ها قرارمی گیرد در مقدار موثر Er تاثیر دارد.



شکل(۲-۷):خط مرکزی جداسازی جاروبک ها

الف) همراستا با شار

ب) جا به جا به اندازه زاویه ی β

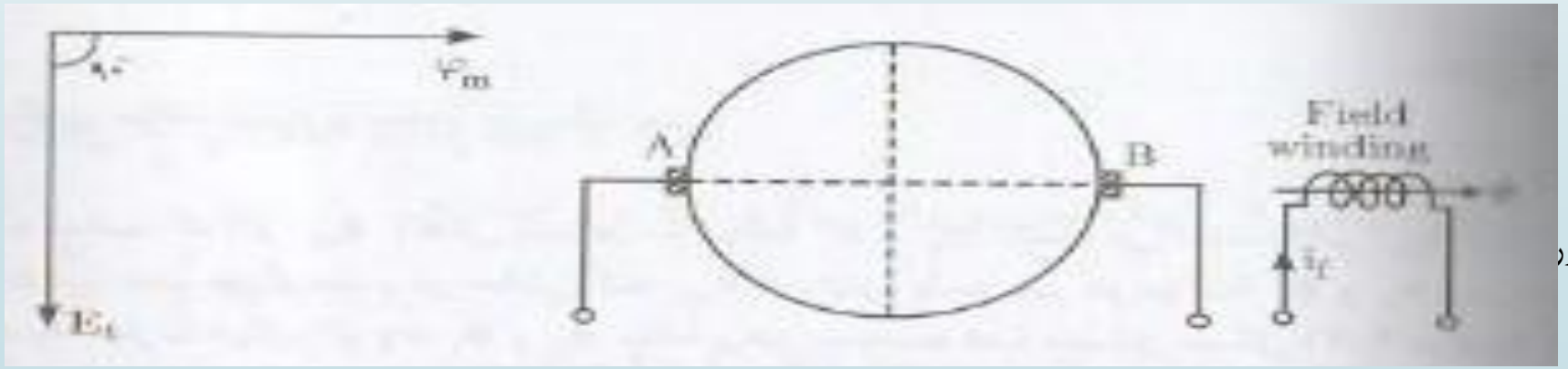
ب) ولتاژتراسفورماتوری

در شکل (۱-۷-الف) محور مغناطیسی آرمیچر یا جاروبک های AB از محور شار میدان نوسانی، ۹۰ درجه فاصله دارد.بنابراین هیچگونه ولتاژ ترانسفورماتوری دو سرجاروبک ها ظاهر نمی گردد و صرفاً ولتاژ Er ظاهر می شود.

تصور نمایید که جاروبک های AB به میدان ۹۰ درجه شیفت داده شوند به گونه ای که مطابق شکل (۳-۷-الف) در راستای محورمغناطیسی میدان قرار گیرند. در این حالت ولتاژ ترانسفورماتوری E+ با فرکانس معادل فرکانس f میدان نوسانی دو سرجاروبک های شکل(۳-۷-الف) القائی می شود در حالی که ولتاژ حرکتی Erصفر است. ولتاژترانسفورماتوری E+ همواره مستقل از سرعت رتور یا آرمیچر است .

رابطه ی دامنه ی ولتاژالقائی درسیم پیچ ترانسفورماتور عبارت است از :

$$Et = \sqrt{2}.\pi.F.\emptyset M.N$$ ولت



شکل(۷-۳):

الف) ماشین DC با موتور

ج) حالت کلی

چنانچه محور جاروبک ها مطابق شکل(۴-۷-الف) به اندازه $\propto$ نسبت به موتور خنثی جا به جا گردد در این صورت شار میدان $\emptyset M$که با فرکانس F می کند را می توان به دومولفه تجزیه نمود. یکی از همراستا با محور AB ، یعنی : $\emptyset T = \emptyset M \sin \propto$

و دیگر مولفه عمود بر محور جاروبک:$\emptyset r = \emptyset M \cos \propto$

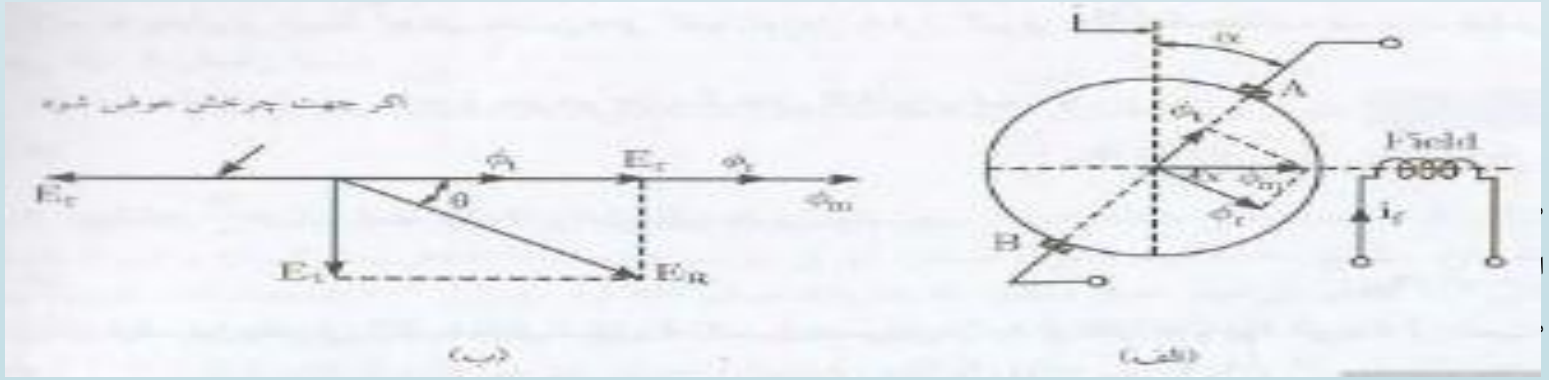
توجه نمائید که اگر $\emptyset M$ کاهش یابد هر دومولفه $\emptyset T$ و $\emptyset r$ نیز صفر می گردد. و در حالتی که $\emptyset m$ یابد هر دو مولفه $\emptyset r$ و $\emptyset m$

کاسته می گردند.

اگر$\emptyset m$ صفر شود $\emptyset r$ و$\emptyset t$ نیز صفر می گردند و در حالتی که $\emptyset m$افزایش یابد هر دومولفه $\emptyset T$ و$\emptyset r$ نیز افزایش می یابند. به عبارت دیگر، اگر چه $\emptyset r$ و$\emptyset t$ مکاناً بر هم عمودند اما مطابق شکل(۴-۷-ب) به لحاظ زمانی با $\emptyset M$ همفازند.

مولفه $\emptyset t$ شار که هم فاز با $\emptyset m$است به علت عمل ترانسفورماتوری، ولتاژ E+ را دو سرجاروبک ها القاء می کند که اندازه ی آن برابراست با :

$$E+=\sqrt{2}F\emptyset M\frac{Z}{a}\sin \propto$$



ولتاژ ترانسفورماتوری +E ، مطابق شکل(۴-۷-ب)،به لحاظ زمانی ۹۰ درجه غقب تر از $\emptyset T$ وفرکانس آن همان فرکانس شار میدان یعنی F می باشد. مولفه ی $\emptyset r$ شار که همفاز با $\emptyset M$ است باعث ایجاد ولتاژ حرکتی Er دو سر جاروبک ها می شود که اندازه آن برابر است با :

$$Er= \sqrt{2}.fr.\emptyset M.\frac{Z}{a}.\csc \propto$$

ولتاژ حرکتیEr به لحاظ زمانی همفاز با $\emptyset r$ است اما چنانچه جهت چرخش رتور عوض گردد ولتاژ حرکتی Er ، مطابق شکل(۴-۷-ب) باشار $\emptyset M$ مختلف الجهت خواهد بود . فرکانس Er با فرکانس شار میدان f یکی است.

Er وEt دارای فرکانس f هستند و دو سر جاروبک AB ظاهر می گردند.

$$Er=\sqrt{Et^2 + Er^2}=\sqrt{2}\,\emptyset m\,\frac{z}{a}\sqrt{f^2\sin^2 \propto + fr^2\cos^2 \propto}$$

یا

$$Er=۲\,\sqrt{2}\,\emptyset m\,\frac{N}{a}.\sqrt{f^2\sin^2 \propto + fr \quad \cos^2 \propto}$$

زاویه فازورزمانی $\emptyset$ زاویه مابین دوبردار ER و$\emptyset M$ برابر است با :

$$\tan \quad \emptyset = \frac{Et}{Er} = \frac{f}{fr}\tan \quad \propto$$

$Er = \sqrt{2}\,.\,\emptyset m\ \frac{z}{a}\ f = 2\sqrt{2}\,\emptyset m f\,.\,f.\frac{N}{a} =$

و زاویه فازوری زمانی Øبرابر با زاویه مکانی ∝می گردد $\emptyset = \propto$

این مطلب نشان می دهد که در سرعت سنکرون ER مستقل از ∝ است یعنی مستقل از میزان جا به جایی جاروبک ها از محور خنثی اندازه ی Er در سرعت سنکرون تغییری نمی کند در این شرایط زاویه ی فازور زمانی Er ، Ø برابربا میزان جابه جایی محور جاروبک ها از محور خنثی ، زاویه ∝ می باشدبنابراین یک ماشین کموتاتوردار AC در سرعت سنکرون می تواند به عنوان ((شیفت دهنده ی فاز)) با اندازه ثابت Er به کار رود.

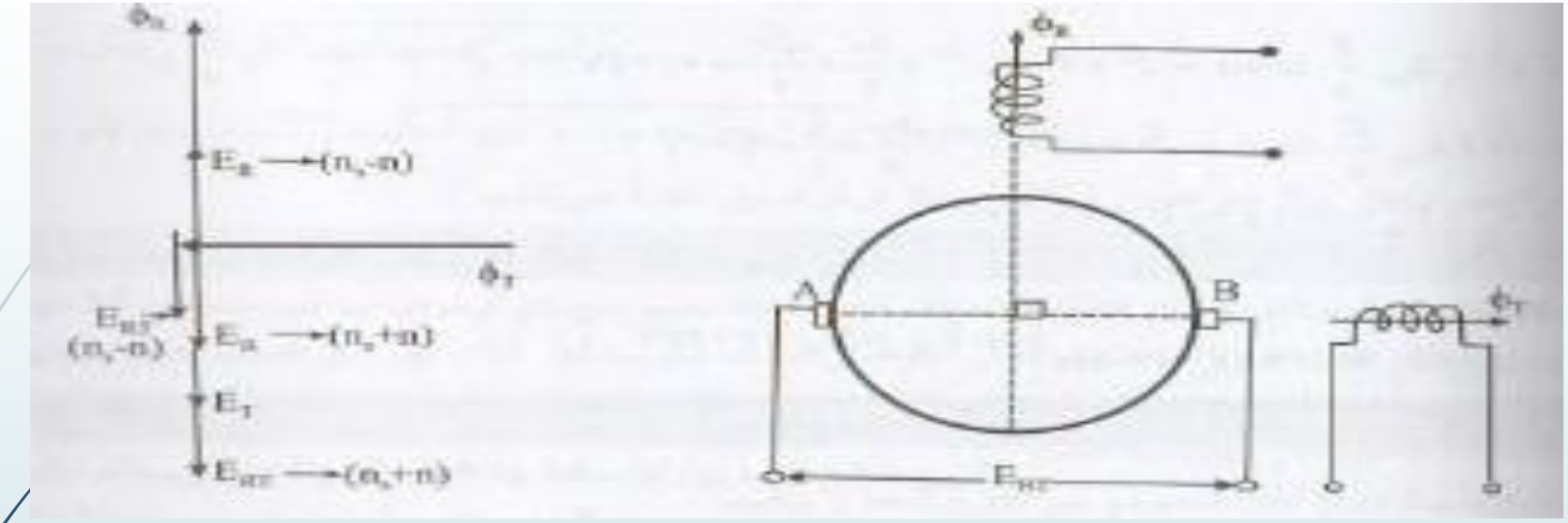
۷-۲-۲- ولتاژهای القایی تولید شده توسط میدان دوار

در ماشین هایDC کلی شار زیر قطب Ø ثابت است و مکاناً ساکن می باشد و ولتاژ حرکتی ظاهر شده دو سرجاروبک ها دارای فرکانس صفر است. اکنون شار دواری را در نظر بگیرید که مکاناً دارای توزیع سینوسی است و دامنه آن مقدار ثابت $\emptyset M$ می باشد. اگر شار میدان در همان جهت چرخش رتور دوران نماید. آنگاه سرعت نسبی بین هادی ها و میدان دوار (NS-N) دوردر ثانیه خواهد بود. در اینجا N سرعت رتور و NS سرعت میدان دوار هر دو بر حسب دوردر ثانیه می باشد. این سرعت نسبی عامل ایجاد ولتاژ القایی ERT در هادی های رتور است.

$ERT = \sqrt{2}\ \frac{Z\emptyset M}{a}\ \frac{p(ns-n)}{2} = \sqrt{2}\ (f.fr)\emptyset m\frac{z}{a}$

F=Ns*P/2
Fr=N*P/2

میدان دوار با دامنه ی ثابت $\emptyset m$ می تواند به دو مولفه $\emptyset t$ و $\emptyset R$ تجزیه گردد.این شار $\emptyset t$ و $\emptyset R$ دارای طبیعت نوسانی هستند و مطابق شکل (۷-۵) به لحاظ زمانی و مکانی بر هم عمودند و شار آنها با هم ۹۰ درجه الکتریکی اختلاف فاز زمانی دارد.



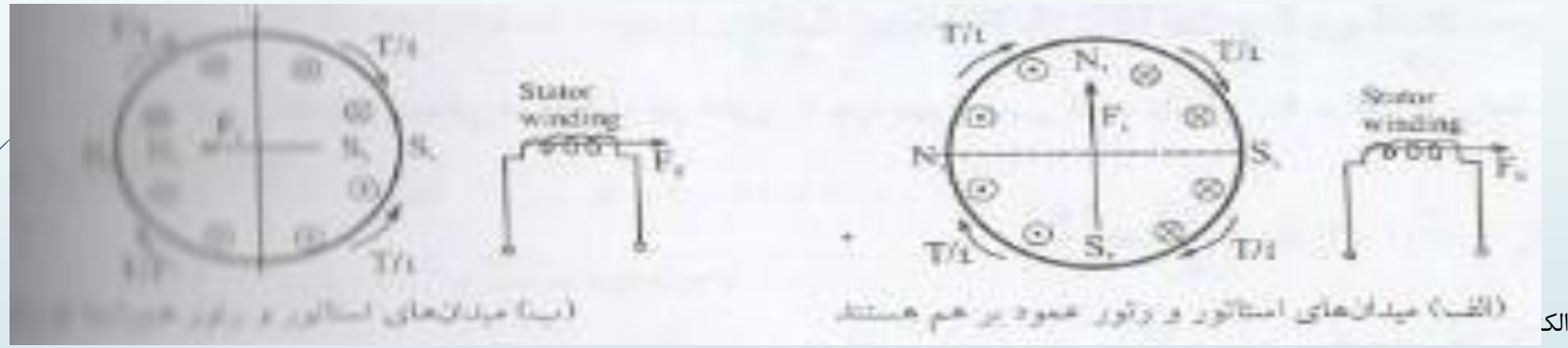
شکل(۷-۵): نمایش فازوری تولیدولتاژ القایی در ماشین های کموتاتوردار AC با میدان دوار.

توجه نمایید که در ماشین های کوتاتوردار AC چه با میدان ضربانی و چه بامیدان دوار هر دونوع ولتاژ القایی اعم از حرکتی و ترانسفورماتوری ایجاد می شود.

۷-۳- بررسی گشتاور در موتور کوموتاتور دار تک فاز

شکل(۷-۶-الف) سیم پیچ استاتوری را نشان می دهد. که نیروی محرکه ی مغناطیسی آن FS و بالطبع شار آن دارای توزیع سینوسی در فاصله هوایی است . با فرض جریان های مطابق رتور شکل(۷-۶-الف) نیروی محرکه ی مغناطیسی رتور Fr و شار متناظر آن بر fs عمود خواهند بود.

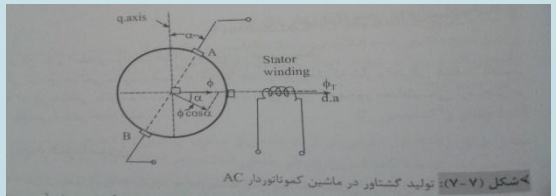
بر اساس قانون دست چپ تقابل این دو میدان منجر به تولید گشتاور $\frac{T}{4}$ در هر ربع از رتور می گردد. لذا گشتاور برآیند T به رتور اعمال و موجب چرخش آن می گردد.



شکل(۷-۶): نحوه ی تولید گشتاور الک

از بحث فوق می توان چنین نتیجه گیری کرد چنانچه دو سیم پیچ یکی بر روی استاتور و دیگری روی رتور، میدانها یا (شارهای) آنها یا مولفه هایی از این دو میدان یا شار بر هم عمود باشند. گشتاور الکترومغناطیسی تولید میگردد.آرایش ساده ای از ماشین کوموتاتور دار AC را مطابق شکل (۷-۷) در نظر بگیرد که در آن محور AB جاروبک ها به اندازه ی زاویه ∝ از محورQ فاصله دارد. شار Ø به صورت سینوسی در فضا توزیع می شودو دارای تغییرات زمانی سینوسی می باشد. فقط مولفه ی Ø cos ∝ از شارØ در تولید گشاور نقش دارد زیرا این مولفه از شار استاتور بر محور مغناطیسی شار رتور محور جاروبک ها عمود است.

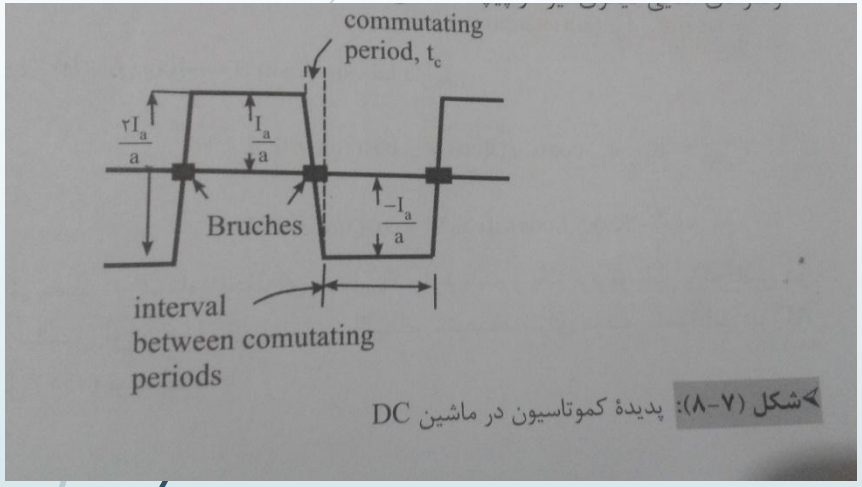
شکل(۷-۷): تولید گشتاوردر ماشین کموتاتوردار AC



۷-۴-پدیده ی کموتاسیون

یک لحظه قبل از رسیدن پیچک آرمیچر به جاروبک این پیچک حامل جریان $\frac{Ta}{a}$ در یک جهت می باشدو به مجرداینکه این پیچک عرض جاروبک را طی نماید جریان آن مقدار $\frac{-Ta}{a}$ وجهت آن معکوس می گردد.این پدیده معکوس شدن جریان در پیچک آرمیچر توسط جاروبک و تیغه های کموتور رافرایند کوموتاسیون می نامند.

شکل (۷-۸): پدیده کوموتاسیون در ماشین DC



شکل (۷-۸): پدیدهٔ کموتاسیون در ماشین DC

تعداد مسیر های موازی=a
جریان ارمیچر=Ia

ولتاژ القایی راکتانسی ایجاد شده در پیچک

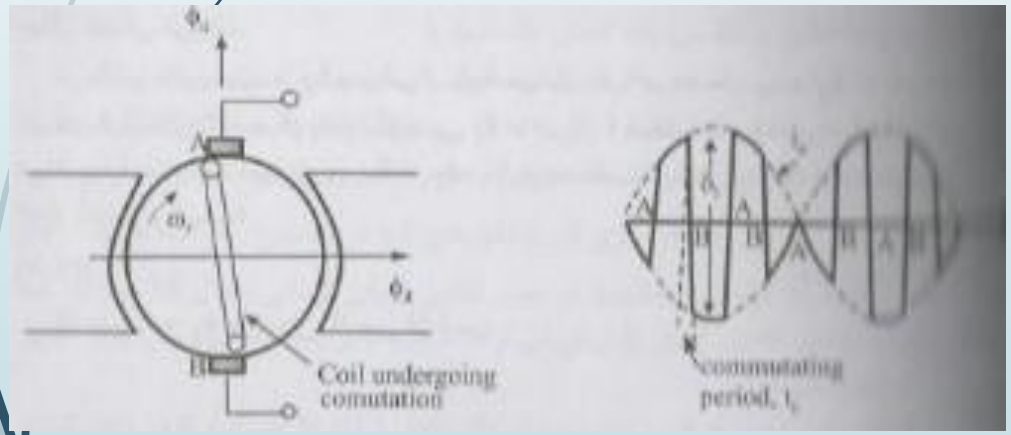
$$e_c = L_c \cdot \frac{1}{t_c} \cdot \left(\frac{2I_a}{a}\right)$$

۷-۴-۱-ماشین های کموتاتور دارتک فاز

دراین نوع ماشین ها علاوه بر ولتاژ راکتانسیدو ولتاژ دیگر موسوم به ولتاژ های حرکتی و ترانسفورماتوری نیز در پیچک اتصال کوتاه شده القاء می گردد. در اینجا به بررسی این ۳ ولتاژ میپردازیم

الف) ولتاژ راکتانسی E1

مطابق شکل (۷-۹-الف) فرض می گردد که جریان متناوب ia عبوری از آرمیچر بفرم سینوسی با زمان تغییر می کند. پدیده ی کموتاسیون جریانی ممکن است در هر لحظه از شکل موج جریان شروع شود و پریود کموتاسیون TC در مقایسه با زمان نیم سیکل جریان عموماً بسیار کوچک است.و در نتیجه چندین بار معکوس شدن جریان در داخل یک نیم سیکل اتفاق می افتند .



ل(۷-۹) : پدیده کموتاسیون در ماشین کموتاتوردار تک فاز

اندوکتانس خودی پیچک اتصال کوتاه شده=Lc
تغییرات دامنه جریان در حین پریود =Si
کموتاسیون

$$e_1 = L_c \frac{\delta i}{t_c}$$

ب) ولتاژ حرکتی E2

در شکل (۷-۹-ب) ، $\emptyset F$ شار عکس العمل آرمیچر در منطقه ی کموتاسیون در راستای محور جاروبک می باشد. گردش پیچک اتصال کوتاه شده در این شار $\emptyset F$ موجب القاء ولتاژ حرکتی و همچنین فرکانس E2 همان فرکانس شار متناوب $\emptyset F$ خواهد بود.

شکل(۷-۱۰): ولتاژ های القاء شده در پیچک اتصال کوتاه در ماشین کموتاتور دار AC

$$E2 = \sqrt{2}\,\pi Fr Nc \emptyset q$$

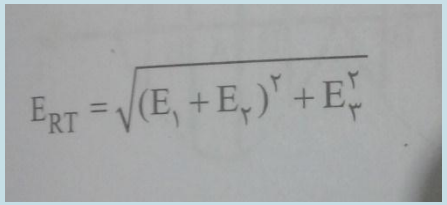
فرکانس چرخش=Fr
تعداد دور موثر =Nc
پیچک مزبور

ج) ولتاژ ترانسفورماتوری E3

در شکل (۷-۹-ب) محور مغناطیسی پیچک تحت فرآیند کوموتاسیون با محور شار ضربانی $\emptyset d$ همراستا می باشد لذا ولتاژ ترانسفرماتوری E3 توسط شار نوسانی اصلی $\emptyset a$ در چیپک موردنظر القاء می گردد.
این ولتاژ مطابق شکل (۷-۱۰) از شار $\emptyset d$ ۹۰درجه عقب تر است. دامنه ی این شار عبارتست از :

$$E3 = \sqrt{2}\,\pi FNC\emptyset dm$$

که در آن F فرکانس میدان نوسانی، $\emptyset d$و NC تعداد دور موثر پیچک مزبور و $\emptyset dm$ ماکزیمم دامنه ی میدان نوسانی می باشد.



$$E_{RT} = \sqrt{(E_1 + E_2)^2 + E_3^2}$$

کل ولتاژ برآیند در سیم پیچ اتصال کوتاه شده

۷-۴-۲-روش های بهبود کموتاسیون

جریان پیچک اتصال کوتاه شده معادل $\frac{ERT}{ZSC}$ می باشد که در آن ERT ولتاژ القایی برآیند و ZSC امپدانس پیچک مورد نظر است این معادله می گوید که کموتاسیون در ماشین های AC با کاهش ERT یا افزایش مقاومت بین جاروبک و تیغه های کوموتاتور بهبود می باید .(ادامه روش های بهبود کموتاسیون)

الف) ملاحظات طراحی

همانگونه که قبلا" اشاره شد ولتاژ راکتانسی متناسب با سلف خودی LC پیچک تحت کوموتاسیون می باشد از آنجا که LC متناسب با مجذور تعداد دور پیچک می باشد.لذا ولتاژ راکتانسی می تواند با انتخاب پیچک های تک دوری کاهش داده شود. هر دو ولتاژ حرکتی و ترانسفورماتوری به شار زیر قطب و تعداد دور موثر هر پیچک بستگی دارند لذا استفاده از شار زیر قطب کمتر و تعداد دور کمتر و تعداد دور کمتر در پیچک ها می تواند این نوع ولتاژ را کاهش دهد.

ب) استفاده از قطب های کمکی

در ماشین های DC ولتاژ راکتانسی می تواند با تعبیه قطب های کمکی همراستا با محور جاروبک ها خنثی گردد. به طور مشابه قطب های کمکی متصل شده به صورت سری در محور F می تواند جهت خنثی سازی بخشی از اثرات ولتاژ های راکتانسی و ترانسوفورماتوری در موتورهای سری کمک فاز استفاده شوند.

ج) افزایش ZSC

همانگونه که یک پیچک در حین فرآیند کوموتاسیون توسط یک جاروبک اتصال کوتاه می شود. جریان های گردشی ناشی از ولتاژ القایی برآیند می تواند کاهش داده شود. با

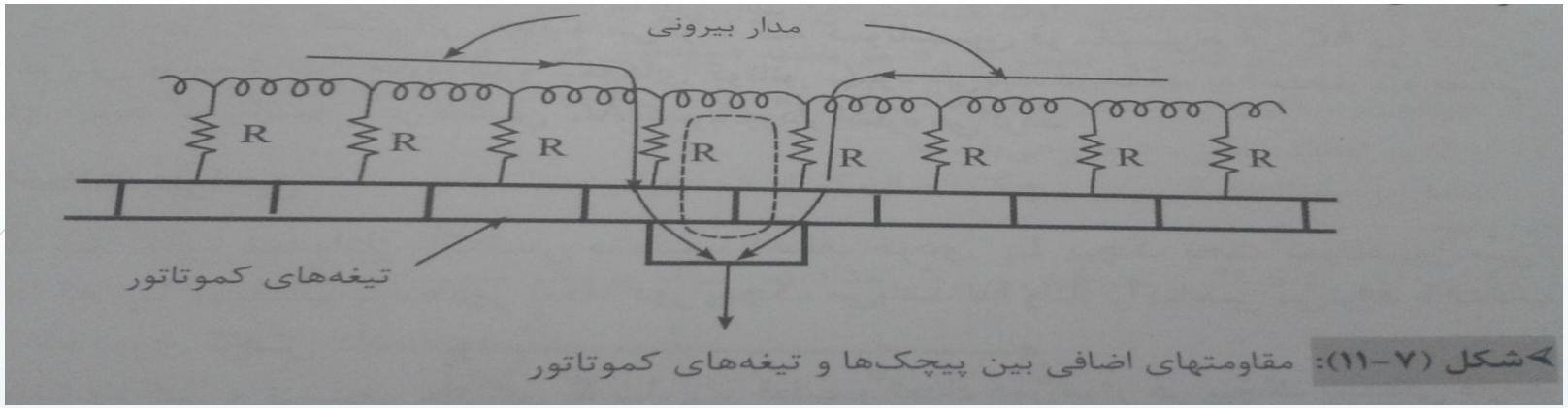
۱) استفاده از جاروبک های با سختی بالاکه دارای مقاومت اتصال بزرگی هستند.

۲) اتصال مقاومت های اضافی که مطابق شکل(۷-۱۱) بین پیچک ها و تیغه های کوموتاتورقرار می گیرند.

روش اتصال استفاده از مقاومت های اضافی بیشتر درموتورهای حمل و نقل تک فاز به کارگرفته می شود. زیرا این تکنیک قابل اطمینان است و به سرعت آرمیچر بستگی ندارد.

تلفات وگرمای ایجاد شده در آنها بیش از حد نیست در حالتی که این موتور مرتبا" راه اندازی و متوقف می گردد . جریان اضافی عبور از مقاومت های مذکورممکن است باعث داغ شدن بیش از حد و سوختن آنها شود. با وجود این عیب این روش هنوز درماشین های حمل و نقل تک فاز استفاده می شود.

شکل(۷-۱۱) : مقاومت های اضافی بین پیچک ها و تیغه های کموتاتور

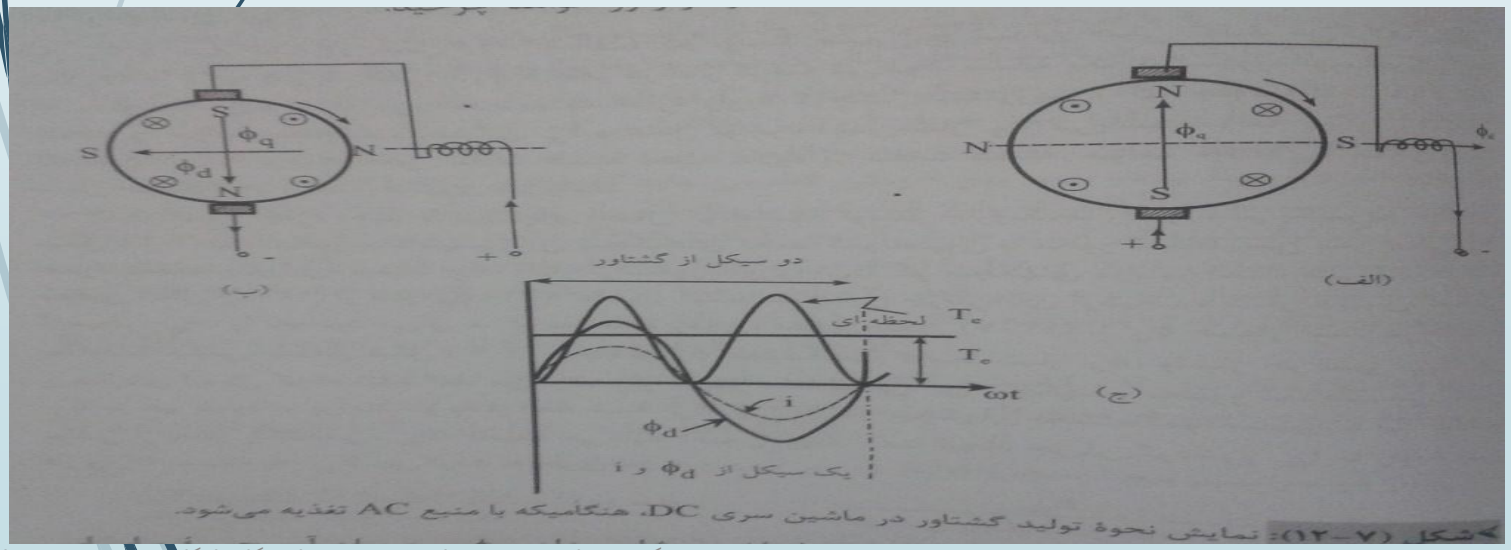


۷-۴-۳-تداخل رادیویی

عموما"بازه ی زمانی (پریود) کوموتاسیون TC در ماشین های کوموتاتودار بسیار کوچک است. معکوس شدن سریع جریان در این بازه و جرقه زنی در جاروبک ها ممکن است. باعث ظاهر شدن ولتاژهای فرکانس بالا در ترمینال های آرمیچر گردد. این ولتاژهای با فرکانس تصادفی جریان های فرکانس بالایی را در خطوط تغدیه ارسال می کند و آنها را به آتن های فرستنده تبدیل می کند.گیرنده های رادیویی مجاور ممکن است این سیگنال های با فرکانس رندم را دریافت کنند و عملکردشان نویزی شود. تداخل رادیویی با اتصال کوتاه نمودن ولتاژ های فرکانس بالا مهار گردد.این موضوع با یک خازن کوچک تحقق می یابد.

۵-۷- موتورهای سری تک فاز

چنانچه یک ولتاژ متناوب به موتور سری DC معمولی اعمال گردد. آنگاه در نیم سیکل، شار میدان $\emptyset d$ و شار آرمیچر$\emptyset f$ ممکن است مطابق وضعیت نشان داده شده در شکل (۷-۱۲-الف) باشد. تقابل این در میدان باعث ایجاد گشتاوریدر جهت عقربه های ساعت می گردد. برای بیم سیکل بعدی جهت جریان به طورهمزمان در میدان وآرمیچر عوض می شود. چراکه این دو سیم پیچ با هم سری هستنددر نتیجه مطابق شکل(۷-۱۲-ب) هر دو شار میدان و آرمیچر عکس می گردند. و لذا مجددا" گشتاور در جهت عقربه های ساعت تولید می شود. چنانچه یک موتور سری DC معمولی به منبع تغذیه AC وصل می گردد. گشتاوری یک جهته تولید خواهد نمود و رتور خواهد چرخید. در صورت تغذیه ی یک موتور DC معمولی با منبع AC عملکردآن بواسطه کوموتاسیون ضعیف ضریب توان پایین و افزایش تلفات آهن دو قطب ها و یوغ استاتورکه معمولا" مورق نیستند کارامد نخواهد بود. از مطالب فوق الذکر می توان چنین جمع بندی نمود که موتورهای سری تک فاز مشابه موتورهای سری DC هستند با این تفاوت که قطب ها و یوغ آنها از ورقه های نازک با خاصیت مغناطیسی بهتر ساخته می شوند.

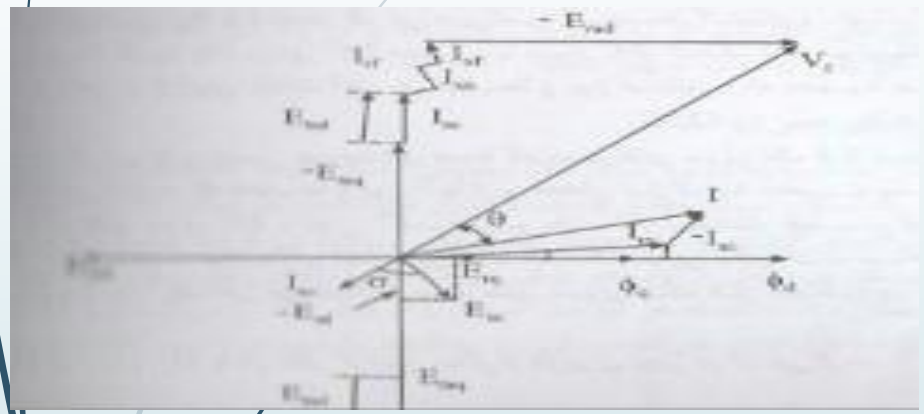


شکل (۷-۱۲): نمایش نحوهٔ تولید گشتاور در ماشین سری DC، هنگامیکه با منبع AC تغذیه می‌شود.

دیاگرام فازوری:

شار $\emptyset d$ ترسیم شده در شکل(۷-۱۲-الف) که توسط سیم پیچ میدان اصلی تولیدمی گردد. مطابق شکل(۷-۱۳) به صورت افقی با زاویه ی صفر در نظر گرفته می گردد. مشابه یک تراسنفورماتور جریان IM که به وجود آورنده $\emptyset d$ می باشد باید به اندازه ی زاویه کوچک هیسترزیس β جلوتر باشد در اینجا $I_m \cos\beta$ مولفه مغناطیس کنندگی IM یعنی $I_m \sin\beta$ منشاء بوجود آمدن تلفات هسته است. علاوه برتلفات هسته مولفه ی $I_m \sin\beta$ ممکن است شامل اصطکاک و تلفات با دیگری نیز باشد.

شکل(۷-۱۳) دیاگرام فازوری موتور سری یک فاز



$$I_{sc} = \frac{E_{sc}}{\text{امپدانس پیچک اتصال کوتاه شده}} \quad , \quad \sigma = tg^{-1} \frac{\text{رأکتانس پیچک اتصال کوتاه شده}}{\text{مقاومت پیچک اتصال کوتاه شده}}$$

$$\bar{V}_t = \bar{I}[(r_a + r_f) + j(x_a + x_f)] + (-\bar{E}_{taq}) + (-\bar{E}_{rad}) + (-\bar{E}_{tsd})$$

ضریب توان

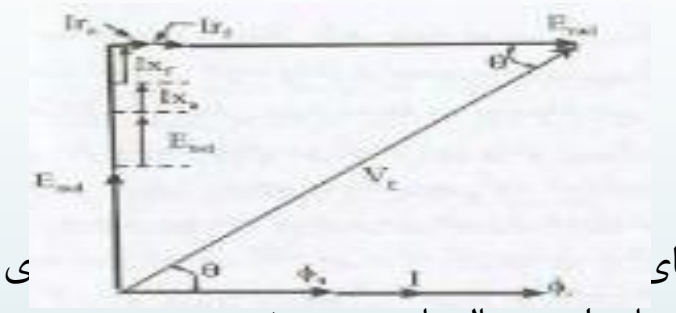
از روی دیاگرام شکل(۷-۱۳) می توان ملاحظه نمود که مولفه ناخواسته جریان یعنی ISC باعث بهبود ضریب توان موتور می گردد. اما این امر به قیمت جریان و توان بیشترکشیده شده از منبع راندمان پایین تر و کموتاسیون خراب تر صورت می پذیرد. در لحظه راه اندازی Erad صفر است لذا زاویه ی Ø بزرگ بوده و ضریب توان موتور مینیمم می باشد.بنابراین عملکرد موتور در راه اندازی بسیار ضعیف است.

همچنان که سرعت افزایش می یابد Erad بیشتری ساخته و ضریب توان ماشین بهتر می شود هرچه سرعت آرمیچر بیشتر ضریب توان با محصل نمودن موتور به یک منبع تغذیه با فرکانس پایین می تواند بهبود داده شود زیرا این کار ولتاژ های ترانسفورماتوری Etsd وEtaf و انتهای راکتانسهای نشتی را کاهش خواهد داد.

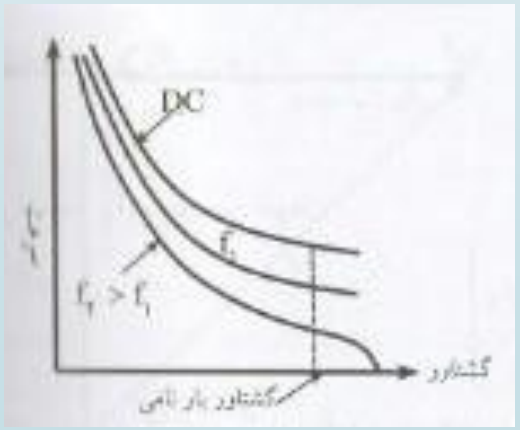
دیاگرام فازوری ساده شده

اگر دیاگرام فازوری شکل(۷-۱۳) ساده سازی شود تحلیل عملکرد موتور می تواند ساده تر انجام گیرد . دیاگرام فازوری ساده سازی شده .

در شکل(۷-۱۴) به تصویر کشیده شده است که در آن علائم منفی Etsd و Etaf و Erad نشان داده نشده است اثر Isc و تلفات هسته صرف نظر شده است.



شکل(۷-۱۴): دیاگرام فازوری ساده شده ی یک موتورسری تک فاز موتورهای ی کیلوواتی ساخته می شوند موتور سری تک فاز کوچک که می توانند به خوبی با برق DC یا AC کار می کنند موتورهای اونیورسال نامیده می شوند.



شکل(۷-۱۵): مشخصه های گشتاور – سرعت یک موتور سری تک فاز

فرمول های بخش دیاگرام فازوری ساده شده:

اکنون

$$\Phi_{d\max} = \frac{I_{max} \times N_f}{\text{رلوکتانس}} = \frac{\text{تعداد دور مؤثر}}{\text{رلوکتانس}} = \frac{N_f(\sqrt{2}I)}{\text{رلوکتانس}}$$

در نتیجه:

$$E_{rad} = \sqrt{2}.\frac{Pn}{2}.\frac{N_f(\sqrt{2}I)}{\text{رلوکتانس}}.\frac{Z}{a} = \frac{PN_fZ}{a}.\frac{1}{\text{رلوکتانس}}.I.n = CIn$$

که در آن ثابت C برابر است با $C = \frac{PN_fZ}{a.\text{رلوکتانس}}$

$$T_{e.st} = \frac{K V_t^2}{r^2 + (x+X)^2}$$

اکنون معادلهٔ ولتاژ، از روی شکل (۷-۱۴)، معادل خواهد بود با:

$$\bar{V}_t = \bar{I}[(r_a + r_f) + j(x_a + x_f)] + \bar{E}_{taq} + \bar{E}_{tsd} + \bar{E}_{rad}$$

با جایگذاری مقادیر $\bar{E}_{taq}$، $\bar{E}_{tsd}$ و $\bar{E}_{rad}$ داریم:

$$\bar{V}_t = \bar{I}(r + jx) + j\bar{I}(x_{md} + x_{mq}) + c\bar{I}n = \bar{I}[r + j(x+X)] + c.\bar{I}.n \qquad (۲۴-۷)$$

که در آن $X = X_{mq} + X_{md}$، $r = r_a + r_f$ و $x = x_a + x_f$.

با توجّه به (۷-۲۴)، سرعت n برابر است با:

$$n = \frac{1}{c}\left[\sqrt{\left(\frac{Vt}{I}\right)^2 - (x+X)^2} - r\right] \qquad (۲۵-۷)$$

توان الکترومغناطیسی تولیدی = ولتاژ حرکتی آرمیچر × جریان آرمیچر $= E_{rad}.I$

$$\Rightarrow P_e = CI^2n \quad \text{وات}$$

$$T_e = \frac{CI^2n}{2\pi n} = \frac{C}{2\pi}.I^2 = KI^2$$

$$n = \frac{1}{C}\left[\sqrt{\frac{KV_t^2}{T_e} - (x-X)^2} - r\right]$$

$$T_e = \frac{KV_t^2}{(r+cn)^2 + (x+X)^2}$$

$$n = \frac{1}{C}\left[\frac{V_t - rI}{I}\right]$$

$$V_t\cos\theta - Ir = E_{rad} = CIn$$

$$\cos\theta = \frac{I(cn+r)}{V_t}$$

۷-۵-۱-موتورهای سری AC جبران شده

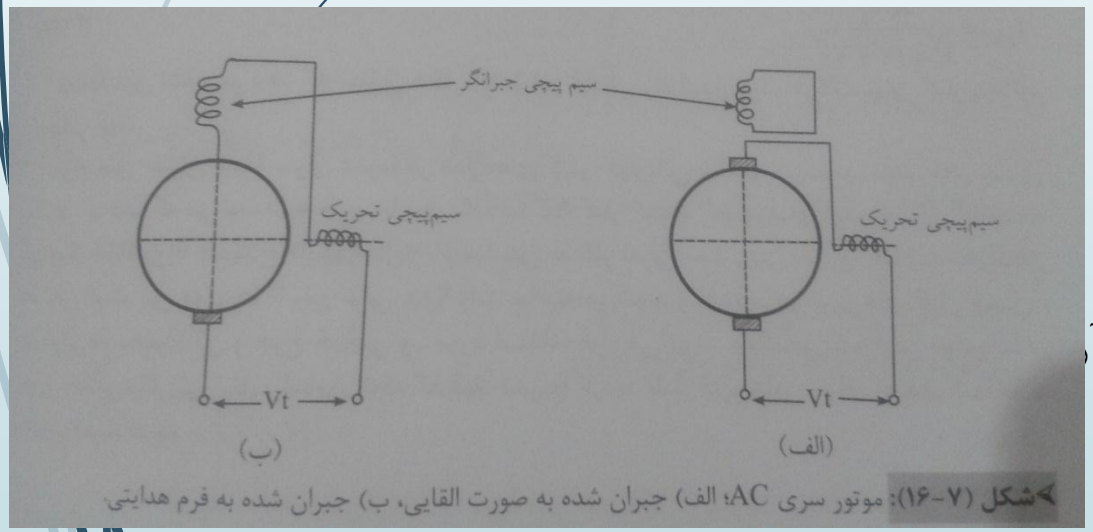
در موتورهای سری AC کوچک مشکلات مربوط به کموتاسیون چندان مهم و جدی نیست زیرا این موتورها وجریان های پایینی کار می کنند. به علاوه این موتورهای سری AC کوچک عموما" جبران سازی نمی شوند. اما در موتورهای سری AC بزرگتر یک سیم پیچ جبرانگر برای دستیابی به ضریب توان بهتر مشخصه گشتاور – سرعت مناسب تر و بهبود کموتاسیون ضروری می باشد. به علاوه این موتورها در سرعت های بالا کار می کنند و در نتیجه ضریب توان نسبتا" خوبی دارند.

عملکرد سیم پیچی های جبرانگر در موتورهای سری AC و DC مشابه است . دیاگرام فازوری موتور سری جبران نشده در شکل (۷-۱۳) مبین آن است. که ضریب توان پایین تا حدی ناشی از ولتاژ ترانسفورماتوری Etaf می باشد. که بوسیله شار محور f آرمیچر بوجود آمده است.

شکل(۷-۱۶) موتور سری AC

الف) جبران شده به صورت القایی

ب) جبران شده به فرم هدایتی



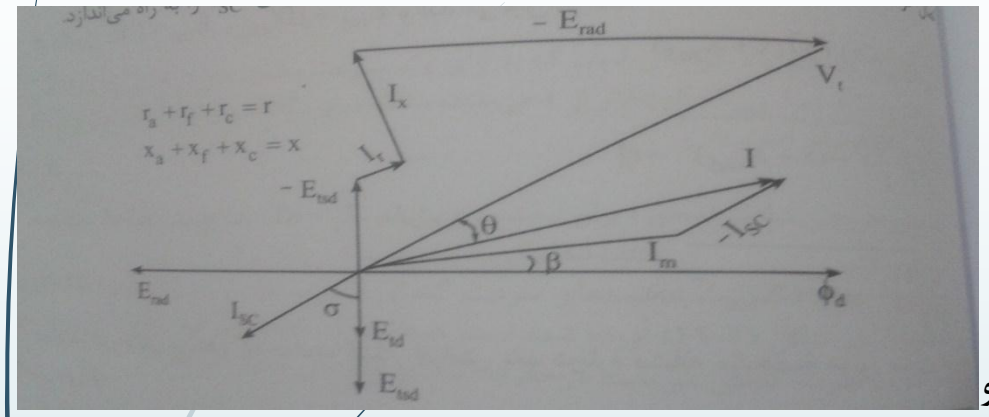
شکل (۷-۱۶): موتور سری AC: الف) جبران شده به صورت القایی، ب) جبران شده به فرم هدایتی

دو روش برای اتصال سیم پیچی جبرانگروجود دارد.

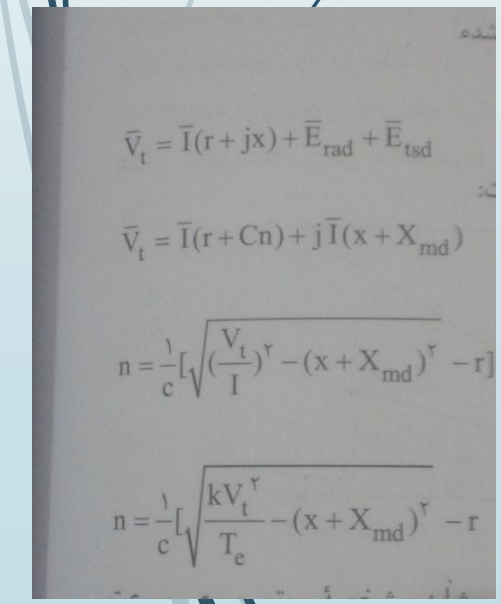
در شکل (۷-۱۶-الف) سیم پیچی جبرانگر به طور سری با آرمیچر وصل می شود. که این آ

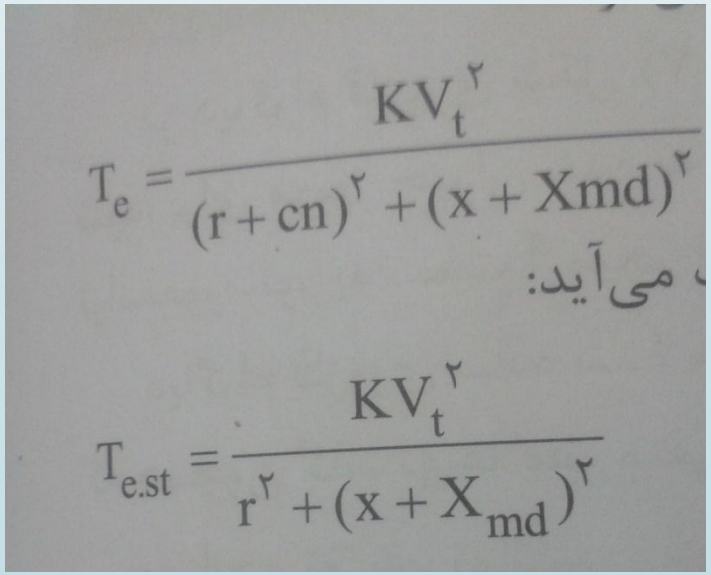
در یک موتور سری جبران شده چنانچه شار $\emptyset F$ به طور کامل خنثی گردد آنگاه ولتاژ ترانسفورماتوری Etaf صفر می گردد و علاوه براین مقدار صفر $\emptyset f$ ولتاژ حرکتی Erf دو سر پیچک های تحت کموتاسیون رانیز حذف می نماید. با صفر شدن مقادیر Etaf و Erf دیاگرام فازوری شکل (۷-۱۳) به فرم نشان داده شده در شکل (۷-۱۷) تغییر می یابد.

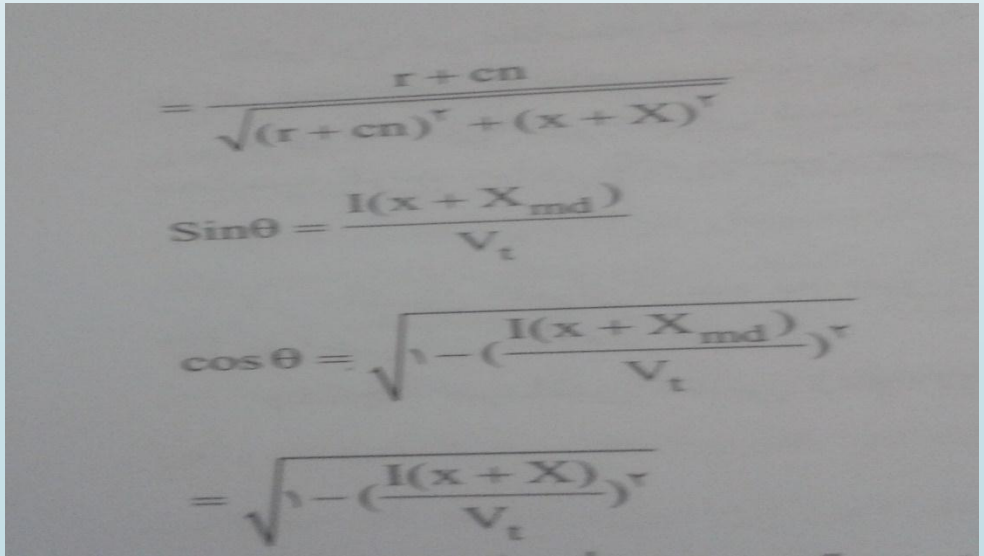
شکل(۷-۱۷): دیاگرام فازوری موتور سری AC جبران شده



بنابراین در مقایسه با موتورهای سری جبران شده موتورهای سری مجهز به سیم پیچ جبران نشده مو
– سرعت بهتر ضریب قدرت بالاتر و کموتاسیون اصلاح شده می باشد.


$$\bar{V}_t = \bar{I}(r+jx) + \bar{E}_{rad} + \bar{E}_{tsd}$$
$$\bar{V}_t = \bar{I}(r+Cn) + j\bar{I}(x+X_{md})$$
$$n = \frac{1}{c}\left[\sqrt{\left(\frac{V_t}{I}\right)^2 - (x+X_{md})^2} - r\right]$$
$$n = \frac{1}{c}\left[\sqrt{\frac{kV_t^2}{T_e} - (x+X_{md})^2} - r\right.$$


$$T_e = \frac{KV_t^2}{(r+cn)^2 + (x+Xmd)^2}$$
می آید:
$$T_{e.st} = \frac{KV_t^2}{r^2 + (x+X_{md})^2}$$


$$= \frac{r+cn}{\sqrt{(r+cn)^2 + (x+X)^2}}$$
$$\sin\theta = \frac{I(x+X_{md})}{V_t}$$
$$\cos\theta = \sqrt{1 - \left(\frac{I(x+X_{md})}{V_t}\right)^2}$$
$$= \sqrt{1 - \left(\frac{I(x+X)}{V_t}\right)^2}$$

$$P_a = I\,E_{rad}$$

$$P_{sh} = P_a - (\text{تلف مکانیکی} + \text{تلف هسته})$$

$$IN_c = \frac{I}{a}.\frac{Z}{P}.\frac{۱}{۲} \quad \Rightarrow N_c = \frac{Z}{۲aP}$$

$$tg\theta = \frac{E_{tsd}}{E_{rad}} = \frac{\sqrt{۲}\,\pi f\,N_f\,\phi_{d.max}}{\sqrt{۲}\,f_r\,\frac{Z}{a}\,\phi_{d.max}} = \frac{\pi f N_f}{f_r\,\frac{Z}{a}}$$

۷-۵-۲- راه اندازی موتورهای سری

موتورهای سری به روشهای متنوعی راه اندازی می شوند:

الف) راه اندازی با اتصال مستقیم به برق شبکه ی AC مناسب برای موتورهای سری AC بارنج توانی کسر – کیلوولت

ب) راه اندازی مقاومتی مشابه آنچه که در موتورهای سری DC استفاده می شود.

ج) اتو ترانس با تعدادی انشعاب بروری سیم پیچی آن این روش در موتورهای سری بزرگ کاربرد دارد.

۷-۵-۳-کنترل دور موتورهای سری

ماشین سنکرون در سرعت ثابتی که توسط تعداد قطب ها و فرکانس تغذیه F مشخص می گردد، می چرخد . سرعت موتور القایی به تعداد قطب، فرکانس و لغزش بستگی دارد . اما سرعت ماشین الکتریکی دارای کموتاتور و جاروبک از تعداد قطب ها و فرکانس تبعیت نمی کند. زیرا آرایش کموتاتورو جاروبک می تواند برای ولتاژ و جریان های ورودی و خروجی به عنوان یک مبدل فرکانسی عمل نماید.

روش های کنترل دور موتورهای سری DC قابل تعمیم به نوع AC نیز می باشد این روش عبارتست از :

الف) مقاومت آرمیچر یا کنترل راکتانس

ب) کنترل شار میدان

ج)کنترل ولتاژ آرمیچر

روش (الف) در مورد موتورهای کوچک استفاده می شود و در ماشین های بزرگ اغلب روش(ج) بکار می رود.