

# ادامه ماشینهای DC

# مبانی ماشینهای DC

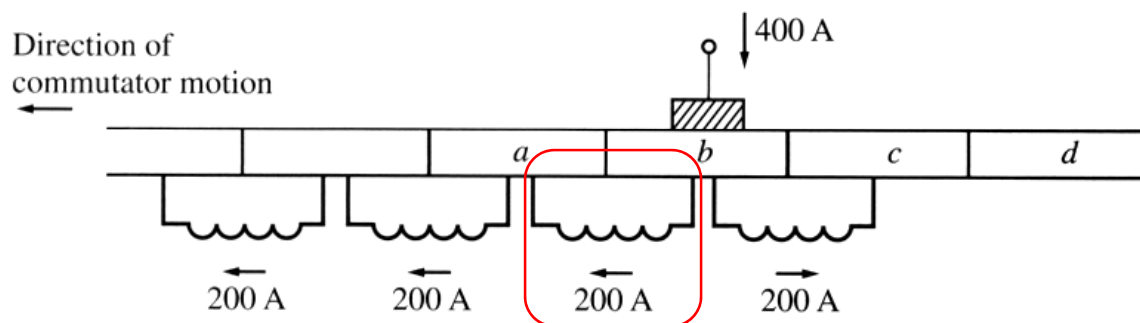
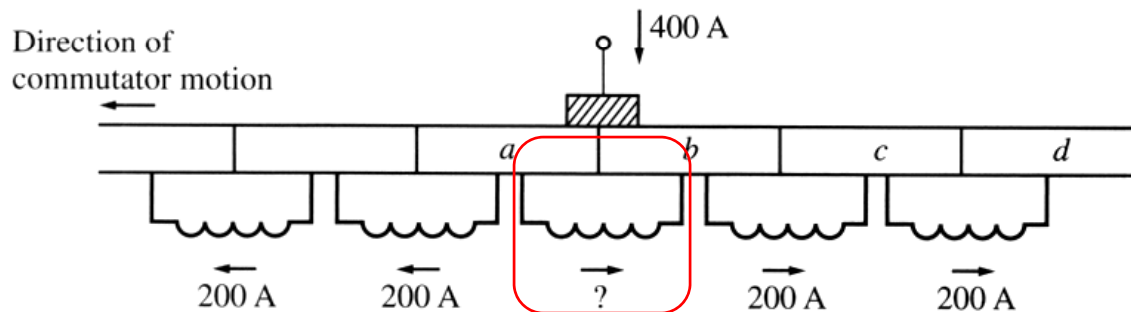
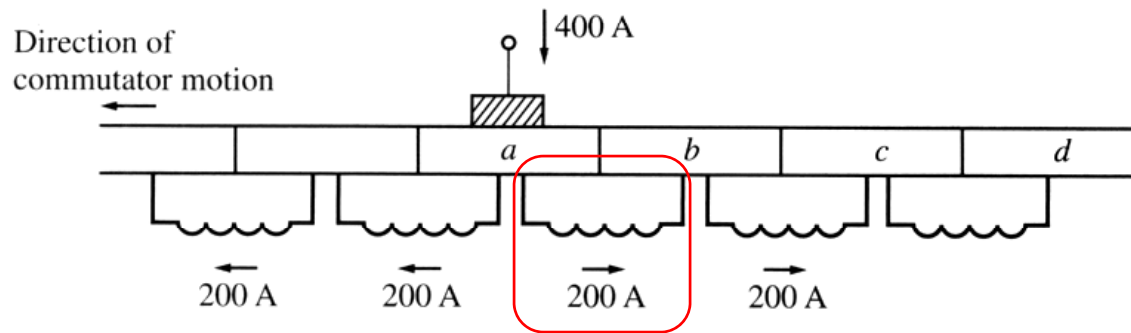
## مشکلات کموتاسیون در ماشین واقعی: ولتاژهای $L di/dt$

❖ مشکل دوم در قطعات کموتاتور اتصال کوتاه شده، مربوط به ولتاژهای  $L di/dt$  است و **لگد القایی** یا **inductive kick** نامیده می شود.

❖ اگر جریان در جاروبک ۴۰۰ آمپر باشد، جریان هر مسیر ۲۰۰ آمپر است.

❖ وقتی هادی بین دو قطعه کموتاتور اتصال کوتاه می شود باید جریان آن معکوس شود.

❖ معکوس شدن با چه سرعتی؟



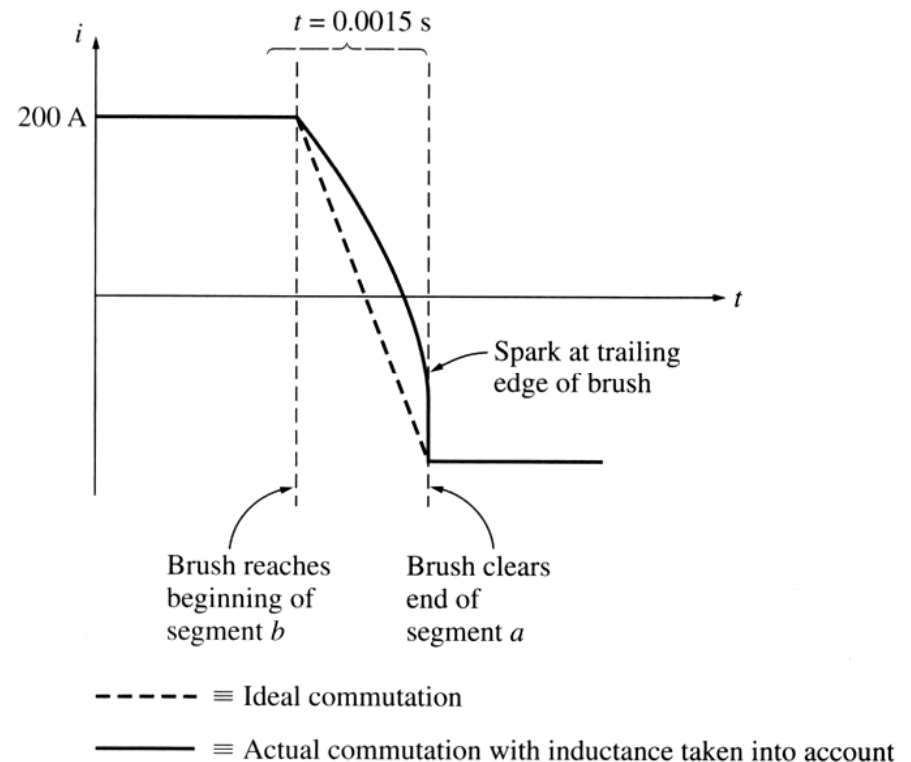
## مبانی ماشینهای DC

### مشکلات کموتاسیون در ماشین واقعی: ولتاژهای $L di/dt$

❖ اگر سرعت ماشین ۸۰۰ دور در دقیقه باشد و تعداد قطعات کموتاتور ۵۰ عدد باشد. زمانی که طول می کشد تا هر قطعه کموتاتور با جاروبک تماس پیدا کند و از آن جدا شود ۰/۰۰۱۵ ثانیه است. بنابراین آهنگ زمانی تغییر جریان در حلقه اتصال کوتاه شده:

$$\frac{di}{dt} = \frac{400}{0.0015} = 266667 \text{ A/sec}$$

❖ حتی اگر اندوکتانس حلقه ناچیز باشد،  $L di/dt$  قابل توجهی دو سر قطعات اتصال کوتاه شده کموتاتور ایجاد می شود و این ولتاژ طبعا باعث ایجاد جرقه در جاروبک ها می شود.



## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون

❖ برای اصلاح مسایل مربوط به عکس العمل آرمیچر و ولتاژهای  $L di/dt$  سه روش ارائه شده است:

۳:  
سیم پیچی  
جبران  
کننده

۲:  
میان قطب  
ها  
(قطبهای  
کمکی)

۱:  
جابجایی  
جاروبک

## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون: ۱: جابجایی جاروبک

❖ اولین کوشش ها برای کاهش مشکلات کموتاسیون، جابجا کردن جاروبک ها بود.

❖ اجرای این روش با مشکلاتی همراه است:

۱: با هر تغییری در بار صفحه خنثی حرکت می کند و جهت جابجا شدن آن در کار موتوری و ژنراتوری بر عکس می شود.

۲: هر چند جابجا کردن جاروبک ها ممکن است اثر جرقه زدن جاروبکها را متوقف کند ولی اثر تضعیف کنندگی میدان در اثر عکس العمل آرمیچر را بدتر می کند (اثر عکس العمل طولی).

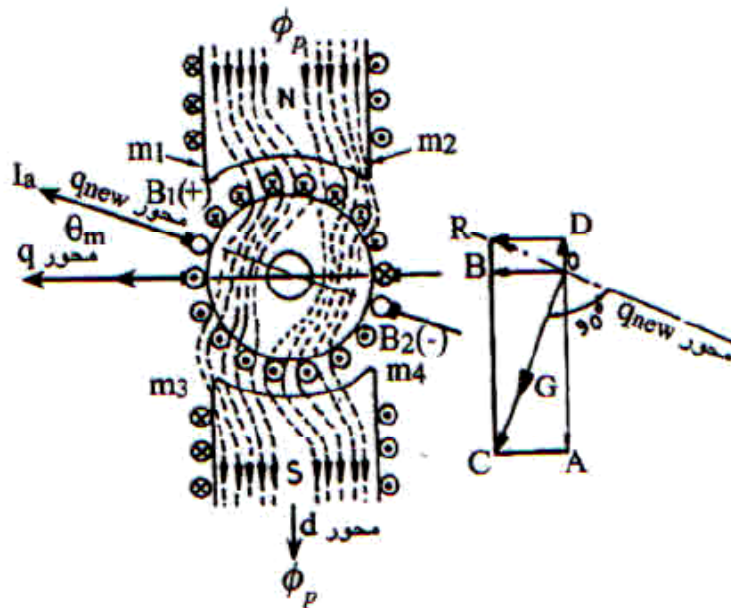
## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون: ۱: جابجایی جاروبک

❖ عوامل موثر در تضعیف میدان:

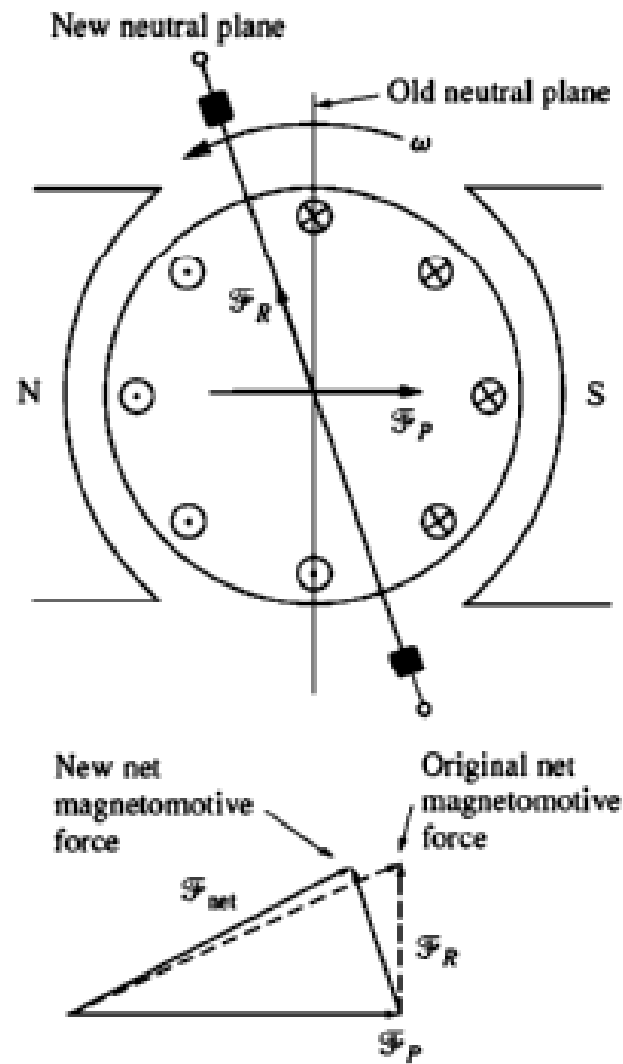
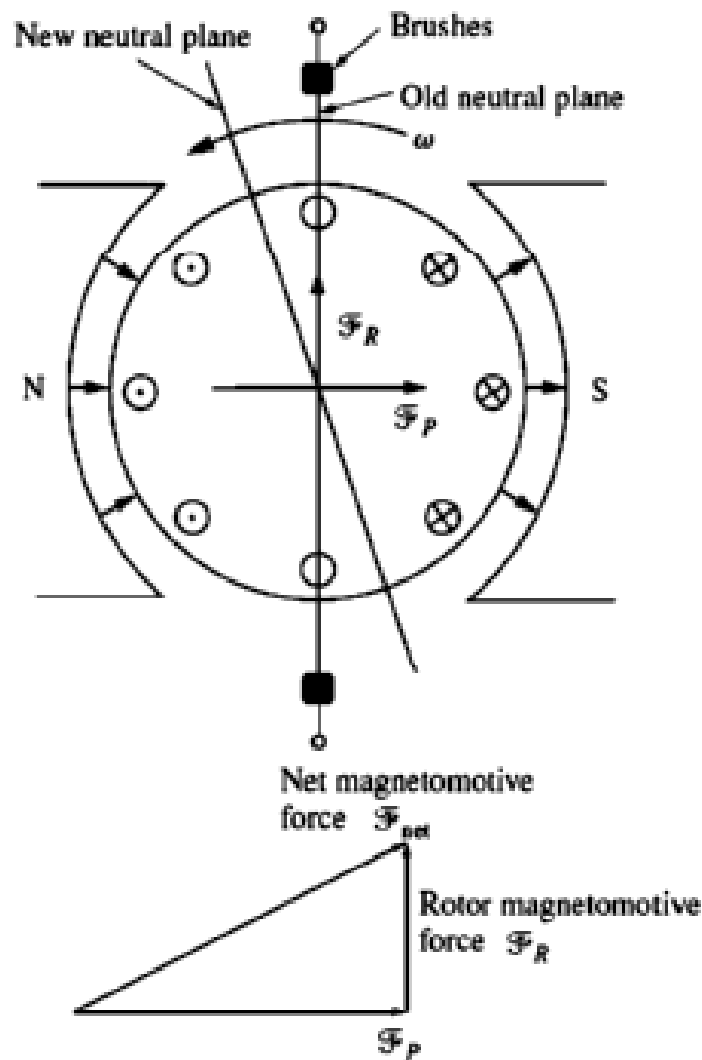
۱: تغییری که در توزیع جریان آرمیچر روی می دهد موجب می شود تراکم شار در قسمتهای اشباع شده باز هم بیشتر شود.

۲: با جابجا شدن جاروبک ها، نیرو محرکه مغناطیسی رتور، یک مولفه برداری در خلاف جهت نیروی محرکه مغناطیسی قطب ها خواهد داشت:



# مبانی ماشینهای DC

راه حل مشکلات کموتاسیون: ۱: جابجایی جاروبک



## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون: ۱: جابجایی جاروبک

- ❖ روش دوم جابجایی جاروبک ها که گاه بکار می رفت این بود که جاروبک ها را در یک وضعیت خاص ثابت می کردند (وضعیتی که به ازای دو سوم بار کامل جاروبک ها جرقه نزنند).
- ❖ در این روش موتور در بی باری و بار کامل جرقه می زند و اگر بیشتر اوقات در دو سوم بار کار کند، جرقه زدن به حداقل می رسد.
- ❖ چنین ماشینی را نمی توان به عنوان ژنراتور بکار برد چون در این صورت جرقه های شدیدتری به وجود می آید.
- ❖ روش جابجا کردن جاروبک ها در حوالی سالهای ۱۹۱۰ منسوخ شد. امروزه جابجایی جاروبک ها تنها در ماشینهای بسیار کوچکی بکار می رود که همیشه در یک جهت کار می کنند. علت این که در این موتورها هنوز از این روش استفاده می شود این است که راه حل بهتر در این موتورها اقتصادی نیست.



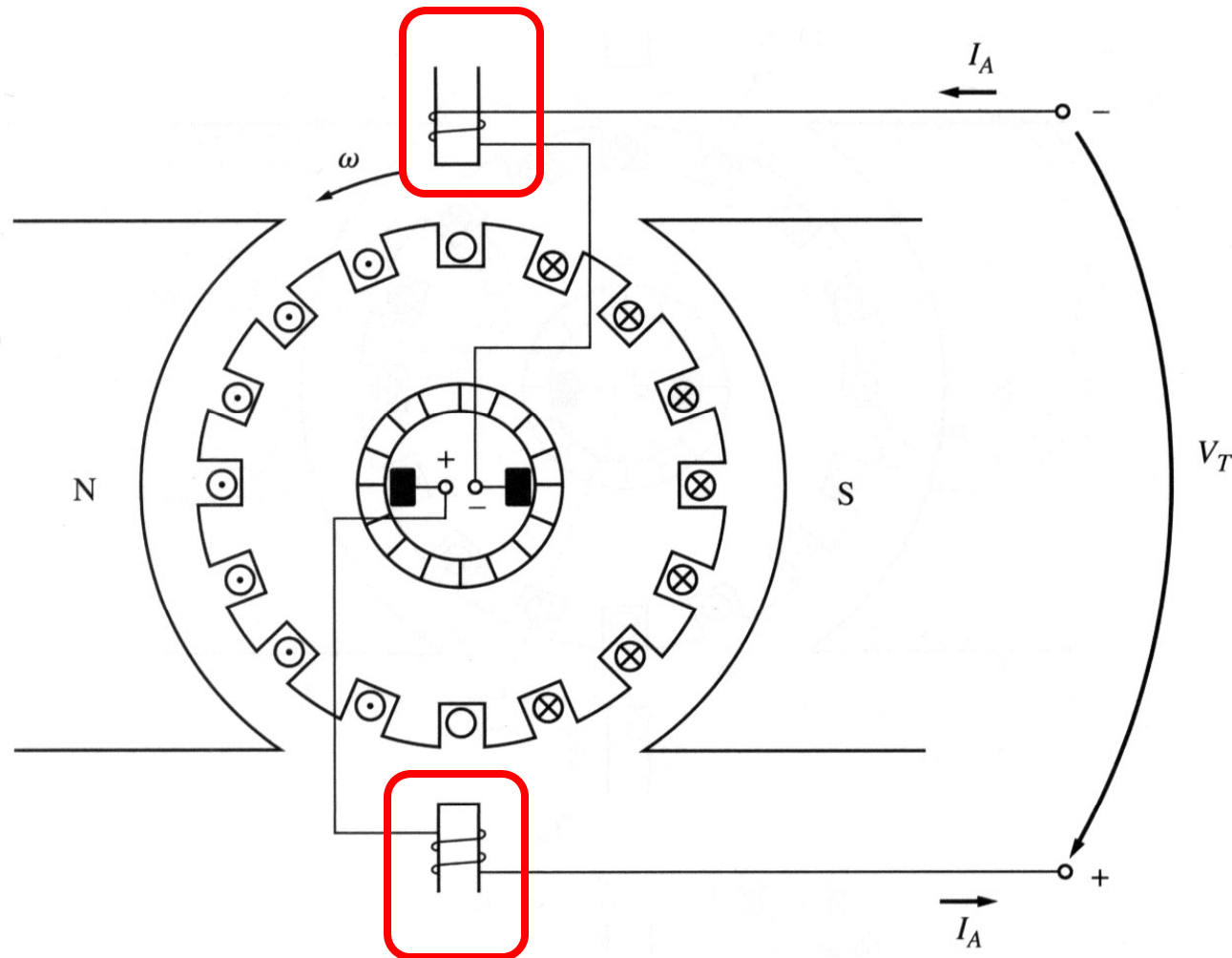
## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون: ۲: قطب های میانی یا کمکی

- ❖ ایده اصلی این روش این است که اگر ولتاژ سیم های در حال کموتاسیون را بتوان صفر کرد، جاروبکها جرقه نمی زنند.
- ❖ برای این منظور قطبهای کوچکی به نام **قطب های کمکی** در فاصله بین قطبهای اصلی قرار می گیرند. این قطب ها درست مقابل هادیهای قرار دارند که در حال کموتاسیون هستند. اگر قطبهای کموتاسیون شار مناسبی تولید کنند، ولتاژ پیچکهای در حال کموتاسیون می تواند کاملاً حذف شود. اگر حذف کامل صورت گیرد، در جاروبکها جرقه ای ایجاد نمی شود.
- ❖ قطب های کمکی سایر مشخصات کاری ماشین را تغییر نمی دهند چون آنقدر کوچک هستند که تنها بر چند هادی در حال کموتاسیون تاثیر می گذارند. البته عکس العمل آرمیچر در زیر قطب های اصلی بدون تغییر می ماند، چون قطب های کموتاسیون تا آنجا برد ندارند. به عبارت دیگر **قطب های کموتاسیون بر تضعیف شار اثری ندارند.**

## مبانی ماشینهای DC

راه حل مشکلات کموتاسیون: ۲: قطب های میانی یا کمکی



## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون: ۲: قطب های میانی یا کمکی

❖ برای اینکه به ازای همه مقادیر بار، ولتاژ بین قطعات در حال کموتاسیون صفر شود، سیم پیچی قطب کمکی را با سیم پیچی رتور سری می کنیم.

❖ وقتی بار و جریان رتور افزایش می یابد، مقدار جابجایی صفحات خنثی و اثرات  $L di/dt$  نیز افزایش می یابند. هر دوی اینها ولتاژ هادی های در حال کموتاسیون را افزایش می دهد اما شار قطب کمکی نیز افزایش می یابد و در هادی های در حال کموتاسیون ولتاژ بزرگتری در خلاف جهت ولتاژ ناشی از جابجایی صفحه خنثی ایجاد می شود. لذا اثر این ولتاژها در گستره وسیعی از بارها خنثی می شود.

❖ قطب کمکی هم در کار موتوری و هم در کار ژنراتوری جواب می دهد چون وقتی ماشین از موتور به ژنراتور تبدیل می شود، جریان رتور هم در آن و هم در قطب کمکی تغییر جهت می دهد. بنابراین ولتاژ ناشی از آنها باز هم اثر هم را خنثی می کنند.

## مبانی ماشینهای DC

راه حل مشکلات کموتاسیون: ۲: قطب های میانی یا کمکی

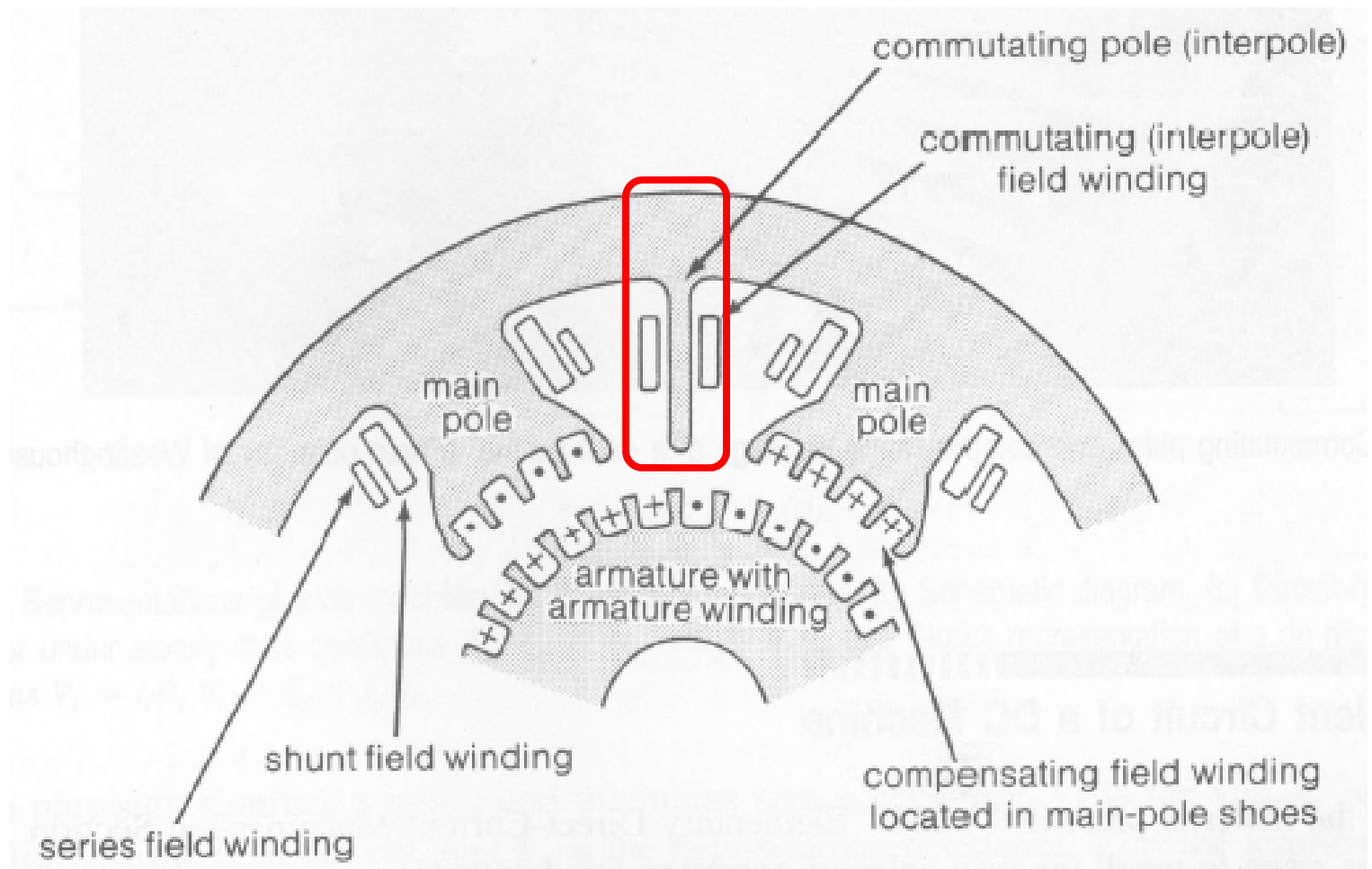


❖ استفاده از قطب کمکی در همه ماشینهای ۱ اسب بخار و بزرگتر، متداول است. زیرا مشکلات جرقه زدن را با هزینه نسبتاً کم برطرف می کند.

❖ قطب کمکی هیچ کاری برای بهبود توزیع شار زیر قطب نمی کند. بنابراین مشکل تضعیف میدان هنوز وجود دارد.

## مبانی ماشینهای DC

راه حل مشکلات کموتاسیون: ۲: قطب های میانی یا کمکی



## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون: ۳: سیم پیچی جبران ساز

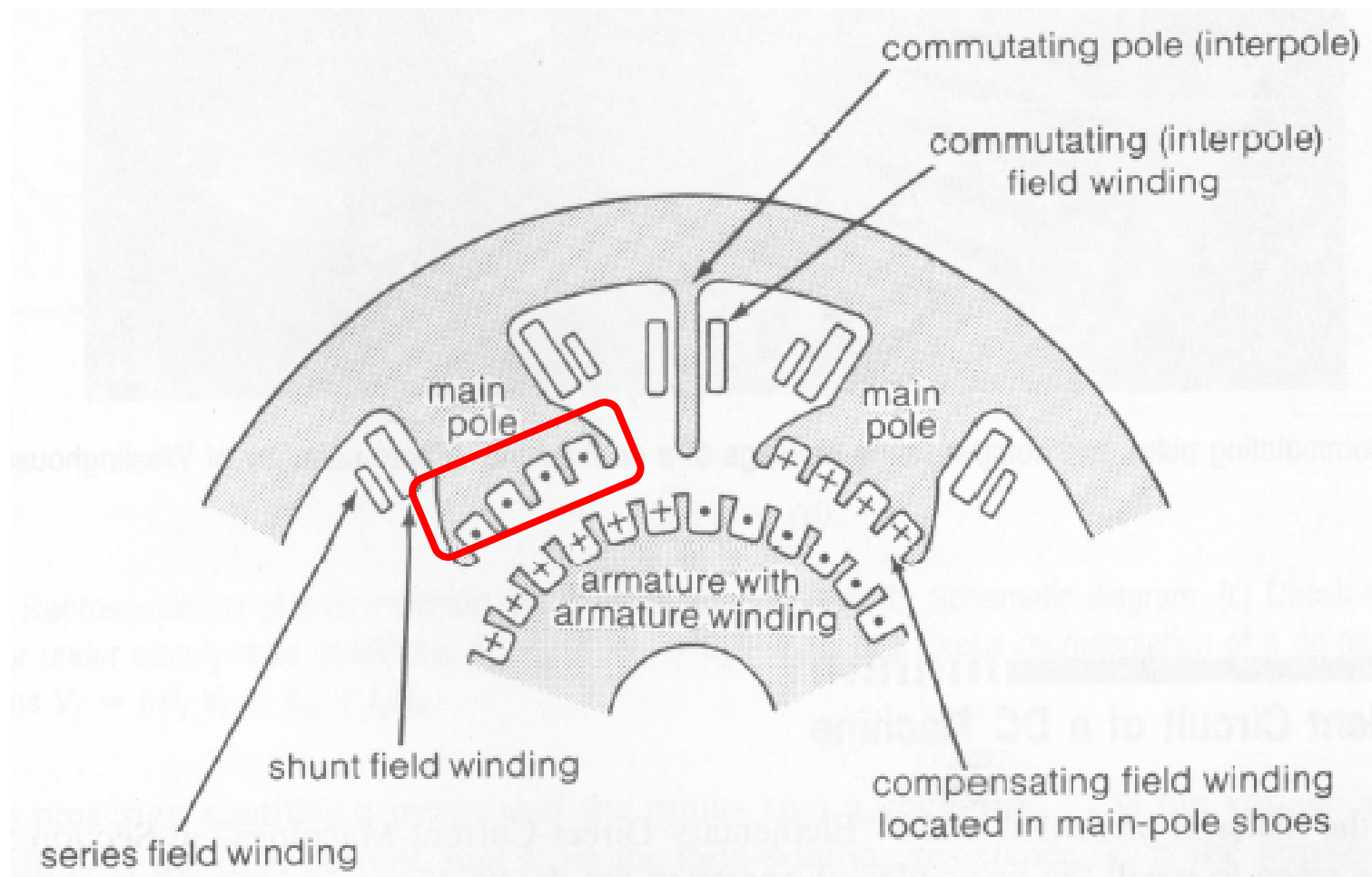
❖ در برخی از ماشینها، مشکل تضعیف شار ممکن است بسیار جدی باشد. لذا روش دیگری ارائه می شود که هر دو اثر جابجایی صفحه خنثی و تضعیف شار را برطرف کند.

❖ در این روش شیارهایی موازی با هادی های رتور در رخ قطب تراشیده می شود و سیم پیچی های جبران کننده که حامل جریان آرمیچر (رتور) است، در آنها قرار داده می شود.

❖ نیرو محرکه مغناطیسی ناشی از سیم پیچ های جبران کننده در همه جای رخ قطب برابر و در جهت مخالف نیرو محرکه مغناطیسی ناشی از رتور است. بنابراین نیرو محرکه مغناطیسی برآیند، نیرو محرکه ناشی از قطب است و شار ماشین در اثر تغییر بار تغییر نمی کند.

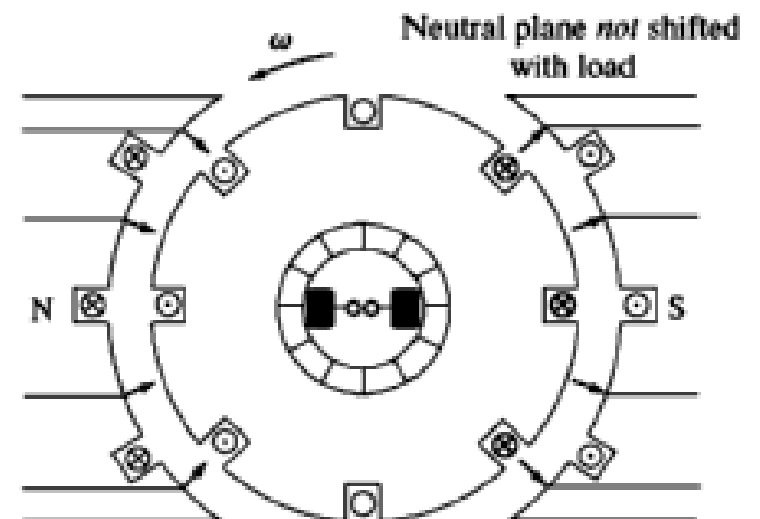
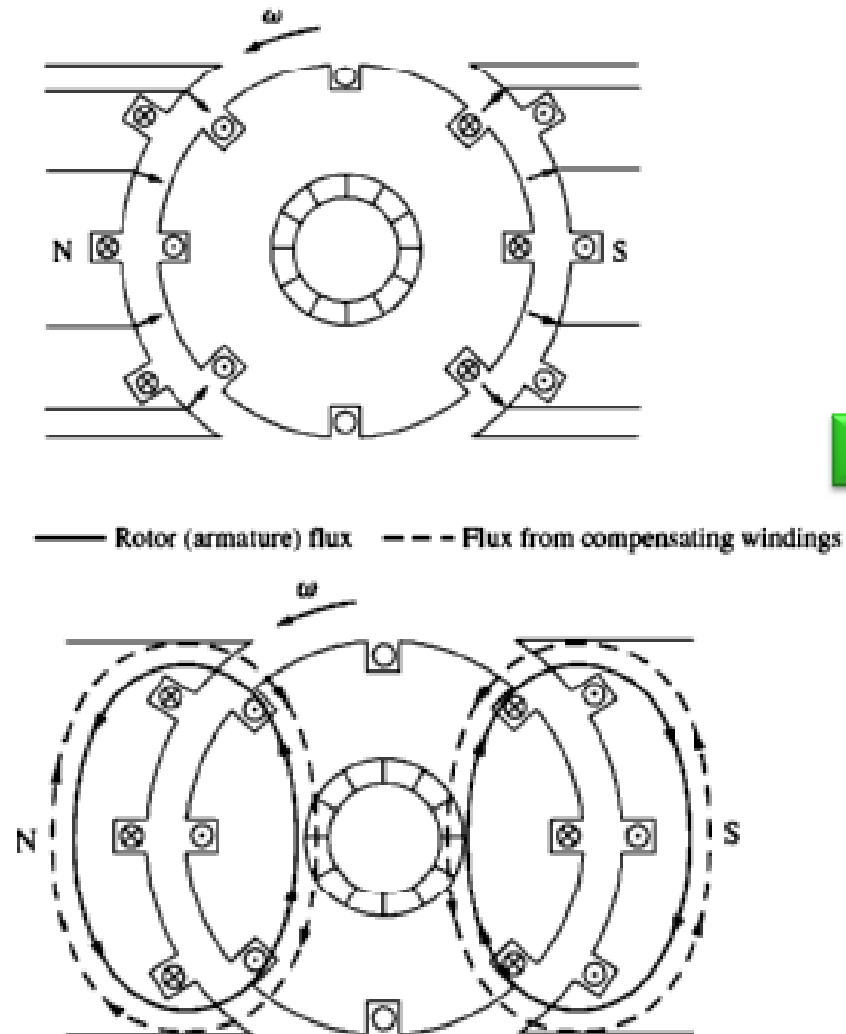
## مبانی ماشینهای DC

راه حل مشکلات کموتاسیون: ۳: سیم پیچی جبران ساز



## مبانی ماشینهای DC

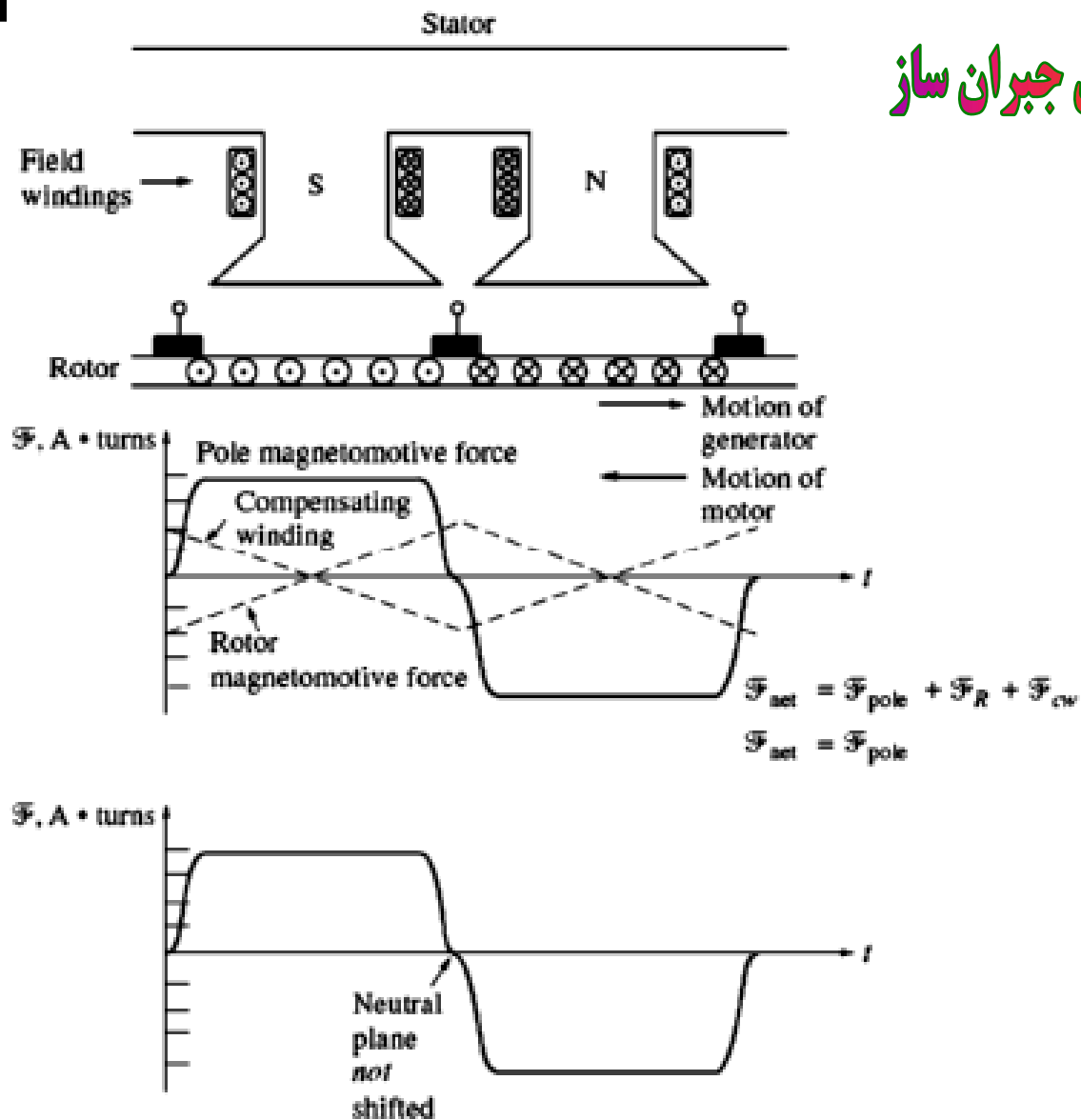
راه حل مشکلات کموتاسیون: ۳: سیم پیچی جبران ساز





# مبانی ماشینهای DC

راه حل مشکلات کموتاسیون: ۳: سیم پیچی جبران ساز



## مبانی ماشینهای DC

### راه حل مشکلات کموتاسیون: ۳: سیم پیچی جبران ساز

❖ عیب اصلی سیم پیچ های جبران ساز گران بودن آنهاست. زیرا رخ قطب باید تراشیده شود تا سیم پیچ ها در آن قرار بگیرند.

❖ سیم پیچ های جبران کننده اثرات  $Ldi/dt$  را حذف نمی کنند. لذا هر موتوری که سیم پیچی جبران ساز داشته باشد باید قطب کمکی هم داشته باشد. اما لازم نیست قطب های کمکی خیلی قوی باشند چون فقط باید ولتاژ  $Ldi/dt$  را در سیم پیچ ها خنثی کنند نه ولتاژها ناشی از صفحه خنثی را.

❖ هزینه داشتن هم زمان سیم پیچی جبران کننده و میان قطب زیاد است. بنابراین این سیم پیچی ها تنها در جایی بکار می روند که طبیعت کار سخت و دشوار موتور آنها را لازم داشته باشد.

## ماشینهای DC

❖ مثل همه ماشینهای الکتریکی، ماشینهای DC می توانند به عنوان موتور یا ژنراتور استفاده شوند.

❖ موتورهای DC هنوز کاربرد زیادی دارند زیرا:

❖ در برخی کاربردها مثل خودروها، کامیونها و هواپیماها، سیستم تغذیه DC وجود دارد. لذا باید از موتور DC استفاده کند.

❖ در گذشته در کاربردهایی که به کنترل سرعت در بازه وسیعی احتیاج داشتند از این موتورها به دلیل کنترل ساده استفاده می شد. حتی با منبع AC از یکسو سازها برای تولید DC استفاده می شد.

❖ امروزه در بسیاری از کاربردها موتورهای القایی ترجیح داده می شوند ولی همچنان کاربردهایی وجود دارند که موتورهای DC ترجیح داده می شوند.

## ماشینهای DC

## موتورهای DC

❖ موتورهای DC بر اساس تغییرات سرعتشان (رگولاسیون سرعت) با هم مقایسه می شوند:

$$SR \% = \frac{\omega_{nl} - \omega_{fl}}{\omega_{fl}} \times 100$$

✓ رگولاسیون مثبت: با افزایش بار سرعت کاهش می یابد

✓ رگولاسیون منفی: با افزایش بار سرعت افزایش می یابد.

❖ اندازه رگولاسیون سرعت شیب مشخصه گشتاور - سرعت را نشان می دهد.

❖ در موتورهای DC منبع تغذیه تحریک، معمولاً منبع DC ثابت فرض می شود مگر اینکه خلاف آن ذکر شده باشد.

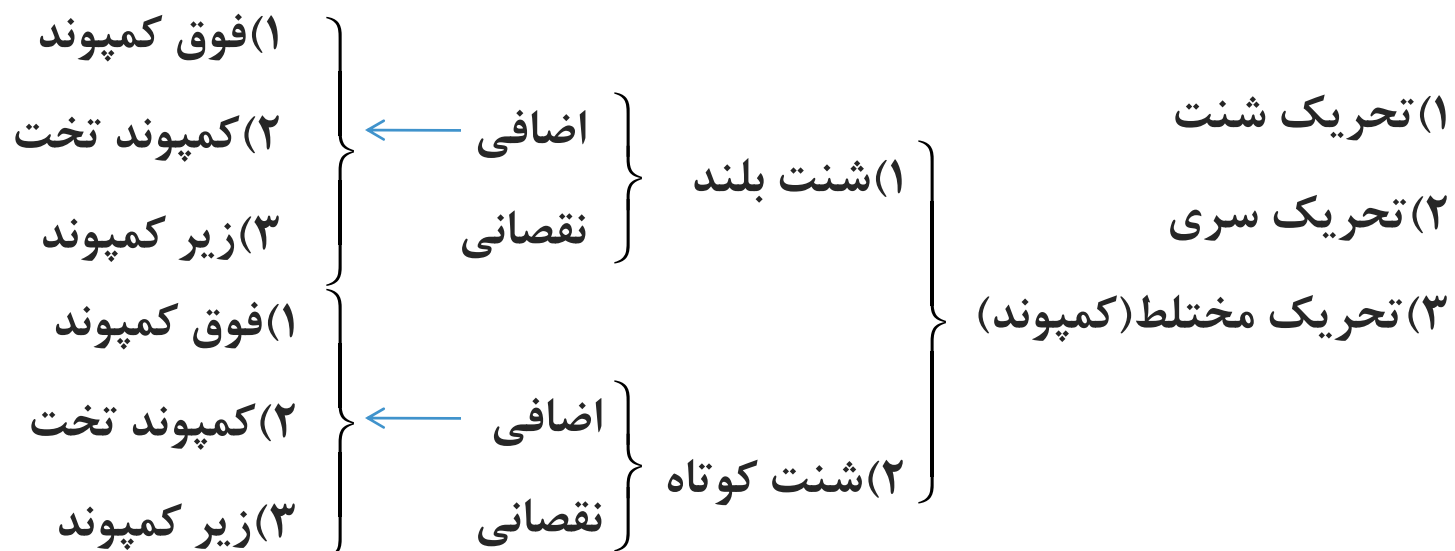
# ماشینهای DC

## انواع ماشینهای DC بر حسب نوع تحریک:

(۱) **تحریک مستقل:** در این مولد ها جریان میدان مغناطیسی اصلی توسط یک منبع مستقل DC یا آهنربای دائم تامین می شود.

**(۲) تحریک خودی:** در این مولد ها جریان میدان مغناطیسی اصلی توسط خود آرمیچر تامین می شود.

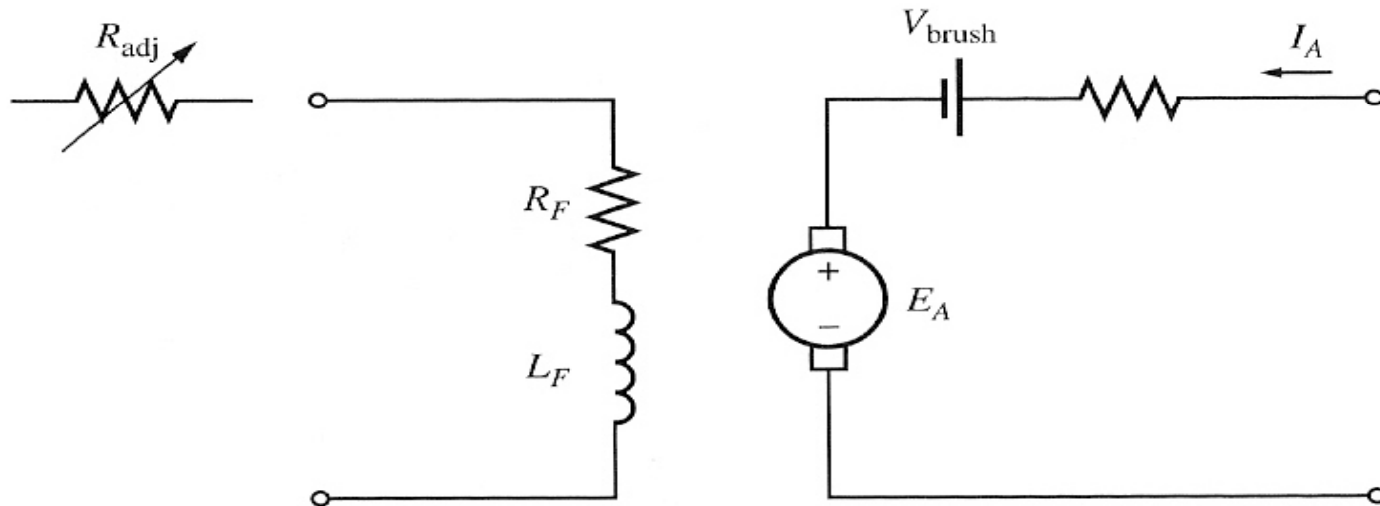
## انواع ماشینهای DC با تحریک خودی:



## ماشینهای DC

### مدار معادل موتورهای DC

- ❖ مدار معادل تونن کل رتور، شامل سیم پیچیها، قطبهای کمکی و سیم پیچی جبران ساز با یک مقاومت ( $R_A$ ) و یک منبع ولتاژ ایده ال  $E_A$  نمایش داده می شود.
- ❖ افت ولتاژ روی جاروبک ها  $V_{brush}$  با یک باتری کوچک در خلاف جهت جریان نمایش داده می شود.
- ❖ سیم پیچی میدان با  $L_F$  و  $R_F$  مدل می شود و  $R_{adj}$  مقاومت متغیر خارجی است که برای تنظیم جریان میدان بکار می رود.



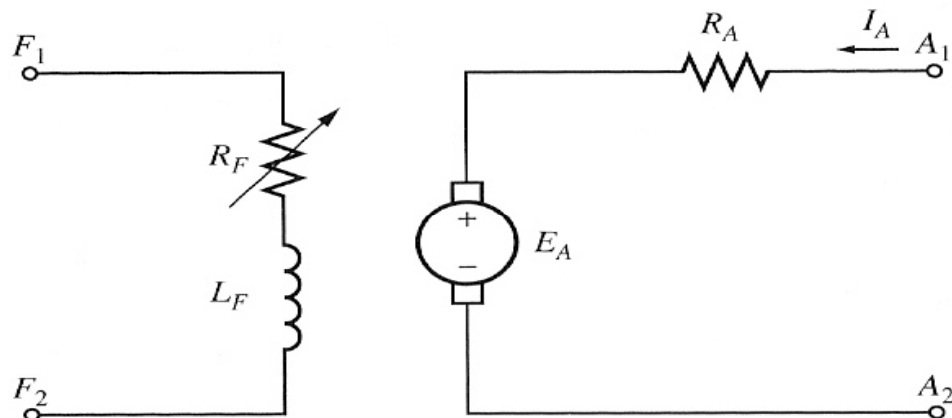
## ماشینهای DC

### مدار معادل ساده شده موتورهای DC

❖ مقاومت متغیر تحریک را معمولاً همراه با مقاومت سیم پیچی تحریک به صورت یک مقاومت  $R_F$  در نظر می گیرند.

❖ افت ولتاژ روی جاروبک ها معمولاً در مقایسه با ولتاژ ماشین بسیار کوچک است بنابراین می توان از آن صرف نظر کرد یا اثر آن را در مقاومت آرمیچر لحاظ نمود.

❖ برخی از ژنراتورها بیش از یک سیم پیچی تحریک دارند، اثر همه این سیم پیچیه‌ها باید در مدار معادل در نظر گرفته شوند.



## ماشینهای DC

### مدار معادل ساده شده موتورهای DC

$$E_A = k\phi\omega$$

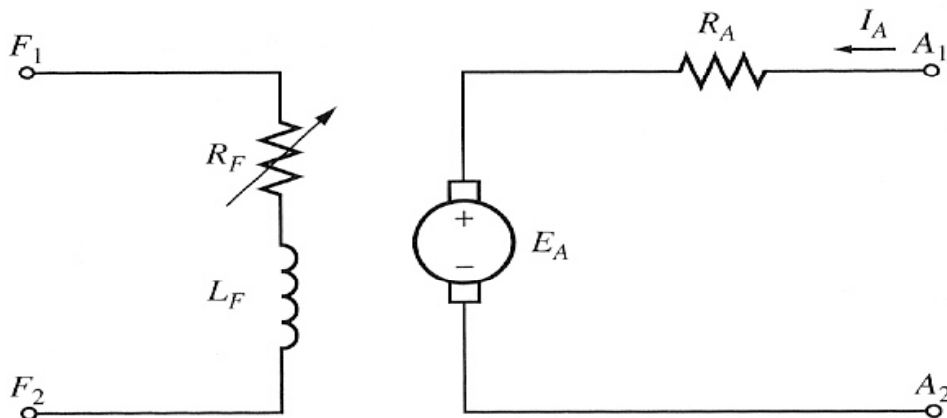
❖ ولتاژ داخلی تولید شده:

$$k = \frac{ZP}{2\pi a}$$

$$\tau_{ind} = k\phi I_a$$

❖ گشتاور تولیدی ماشین:

❖ این دو معادله، معادله ولتاژ کیرشهف مدار آرمیچر و منحنی مغناطیس شوندگی ماشین، ابزارهایی برای تحلیل رفتار و عملکرد موتور DC هستند.



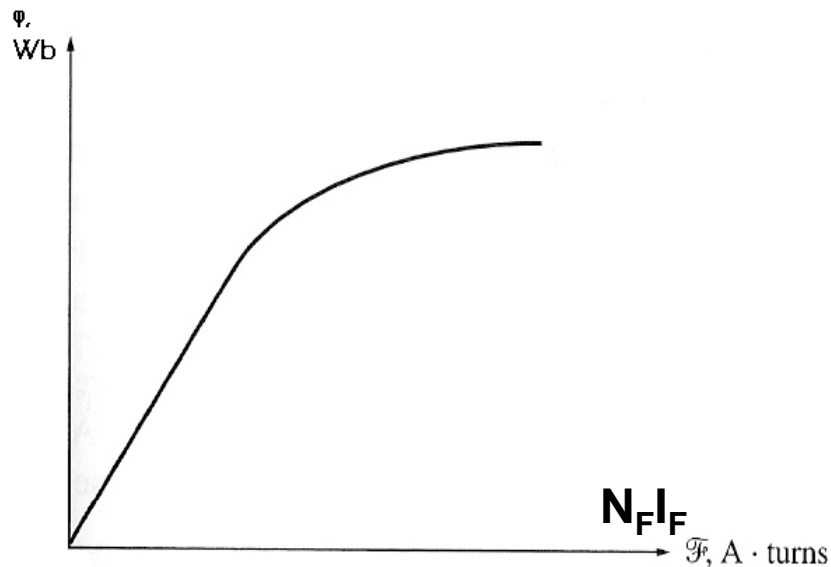


## ماشینهای DC

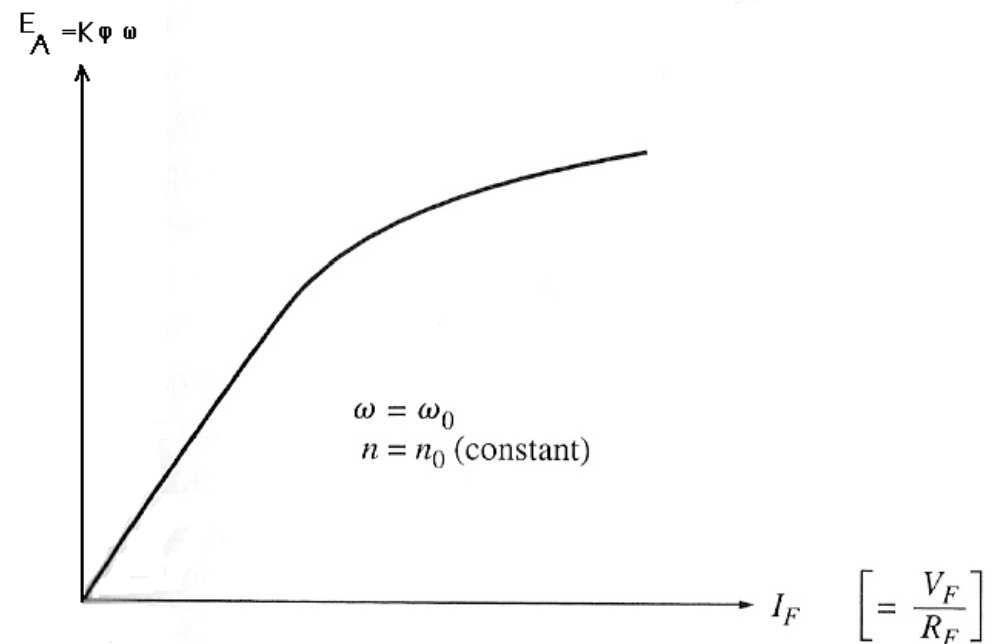
### منحنی مغناطیس شونده گی ماشین DC

$$E_A = k\phi\omega$$

❖ ولتاژ داخلی تولید شده:



این مشخصه در واقع مشخصه بی باری ماشین است.  
چگونه مشخصه بی باری را بدست آوریم؟

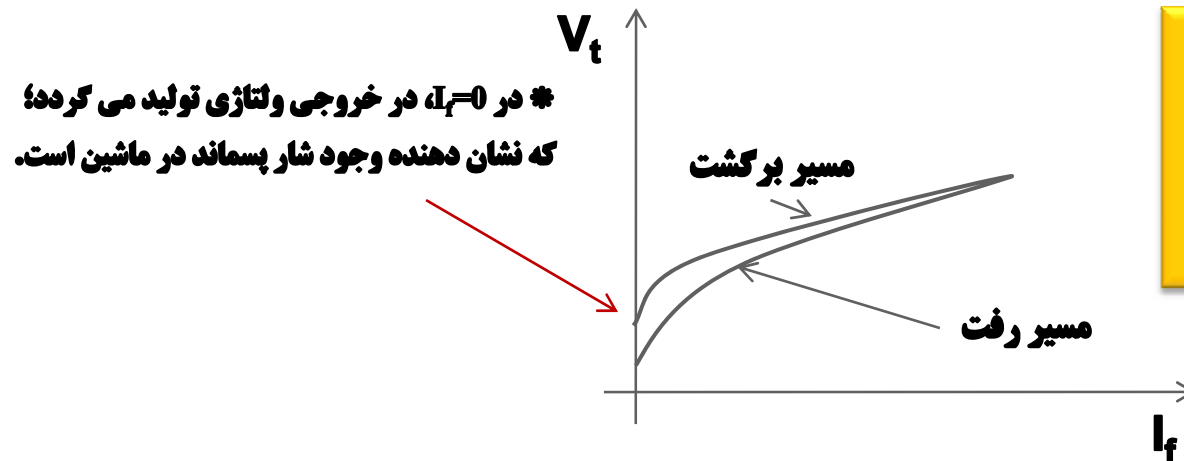


## ماشینهای DC

### منحنی مغناطیس شونددگی ماشین DC مشخصه بی باری:

\* این مشخصه تغییرات ولتاژ خروجی مولد را نسبت به جریان تحریک آن در دور ثابت نامی نشان می دهد.

$$E = k \cdot \phi \cdot \omega \quad , \quad \omega = \frac{2\pi \cdot N}{60}$$



یا منحنی مغناطیس شونددگی ماشین  
یا مشخصه داخلی ماشین  
یا مشخصه اشباع ماشین

این منحنی برای مولدهای تحریک مستقل و شنت از آزمایش بی باری بدست می آید.