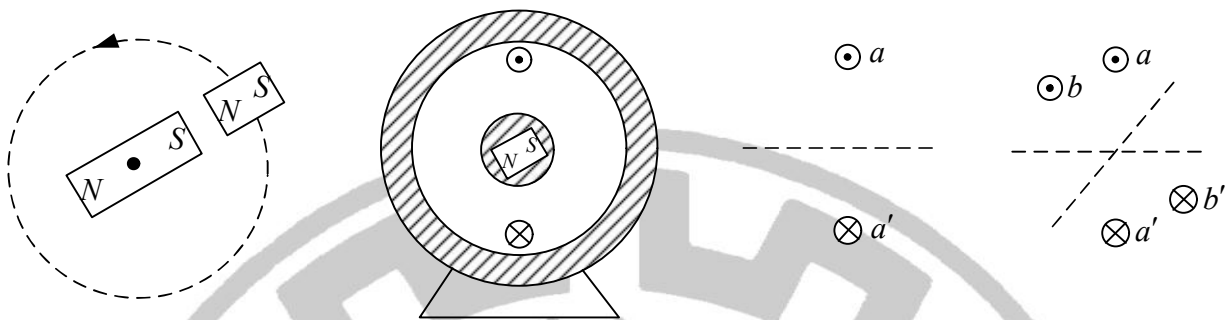


اصول کارکرد ماشین های الکتریکی گردان : تبدیل انرژی الکترومکانیکی

هدف : تولید حرکت ، نیرو (گشتاور)

دیدگاه ساده: با استفاده از دو آهنربا ماشین ساده زیر ساخته می شود .



محدودیت های کاهش فاصله هوایی :

(1) فضای لازم برای هادی aa'

(2) فضای لازم برای حرکت ($\varepsilon \rightarrow 0$)

عوامل موثر در افزایش مورد دوم : تلرانس ساخت ، تلفات گرمایی و افزایش طول در اثر انبساط است .

مثال: ماشین 5 کیلووات دارای فاصله هوایی $g = 1mm$

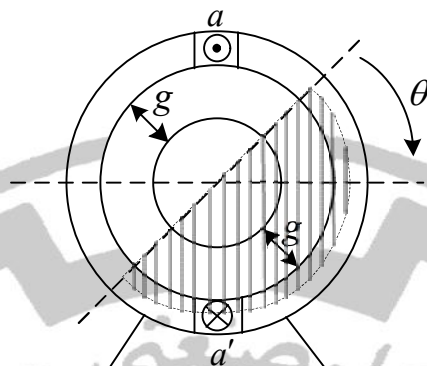
توجه : با میدان های دارای راستا و جهت ثابت امکان حرکت دائمی وجود ندارد .

اگر فقط جهت میدان (و نه راستا) تغییر کند ، ماشین می تواند حرکت دائمی داشته باشد .

اگر راستای میدان تغییر کند نیز ماشین می تواند حرکت دائمی داشته باشد . در این حالت حرکت و گشتاور ایجاد شده مطلوب تر می باشد .

در ادامه به محاسبه میدان در ماشین فرضی می پردازیم :

برای محاسبه میدان با توجه به معلوم بودن جریان سیم پیچ از قانون آمپر استفاده می کنیم . ابتدا باید یک سطح را برای قانون آمپر در نظر بگیریم .



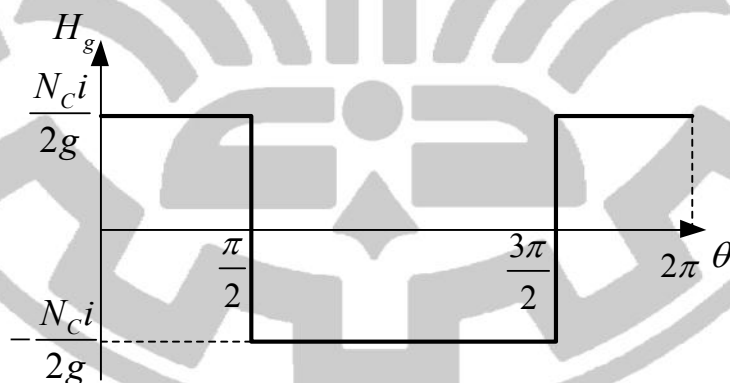
در نوشتن این قانون ، آمپر دور صرف شده برای آهن قابل صرف نظر است .

سطح در نظر گرفته شده دارای ویژگی عمود بودن به سطوح داخلی استاتور و خارجی روتور در تمام زوایای θ است . بنابراین در فاصله هوایی (که عمده آمپر دور صرف تولید میدان در آن می شود) \vec{H} و $d\vec{l}$ با هم ، همراستا هستند ، پس $\vec{H} \cdot d\vec{l}$ به یک حاصلضرب اسکالر تبدیل می شود .

$$N_C i = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} \approx H_g \times 2g \Rightarrow H_g = \frac{N_C i}{2g}$$

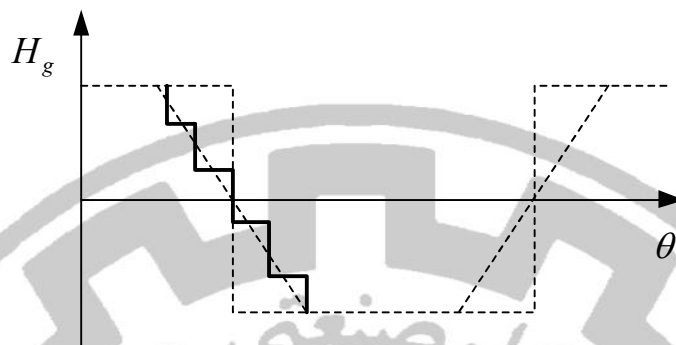
با نوشتن قانون آمپر :

منظور از اندیس C کلاف است ، یعنی N_C دور سیم که به صورت حلقه با هم سری شده اند .

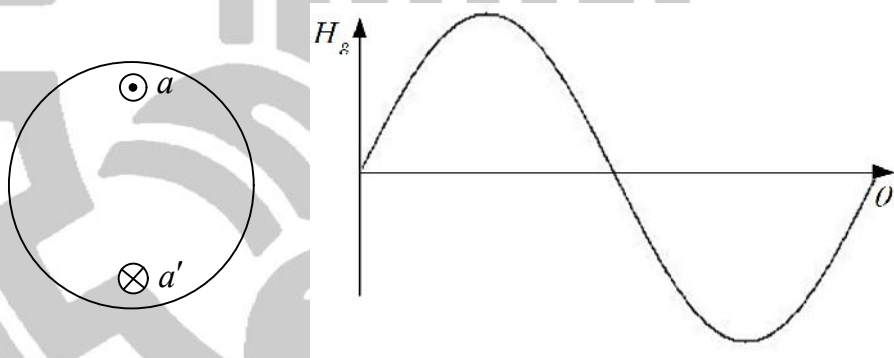


این میدان از نظر شکل دارای حالت پله ای است . بنابراین گشتاور حاصل از آن به صورت ضربه ای است .

در ادامه شکل توزیع میدان را در داخل ماشین از حالت مربعی به سمت سینوسی پیش می بریم .
 ایده: پخش کردن کلاف ها روی فضای استاتور
 اشکال : شکل توزیع میدان پله ای - دوزنقه ای می شود



از آنجا که نمی توان یک شیار ممتد داشت (به دلیل عدم استحکام و کم شدن قطر آهن یوغ) از تعدادی شیار توزیع شده روی فضای استاتور استفاده می شود . عموماً شیارها یکسان و متقارن بوده و بنابراین عموماً کلاف ها نیز یکسان هستند .
 در ادامه توزیع میدان را در داخل ماشین سینوسی فرض می کنیم .



$$H(\theta) \propto i_a \cos \theta$$

با توجه به محاسبه قبلی می دانیم :

اگر در این حالت $i_a = I_M \cos \omega t$ فرض شود ، میدان ساکن ولی متغیر با زمان خواهد بود .

$$H(\theta, t) \propto I_M \cos \omega t \cos \theta \Rightarrow H_a = H_M \cos \omega t \cos \theta$$

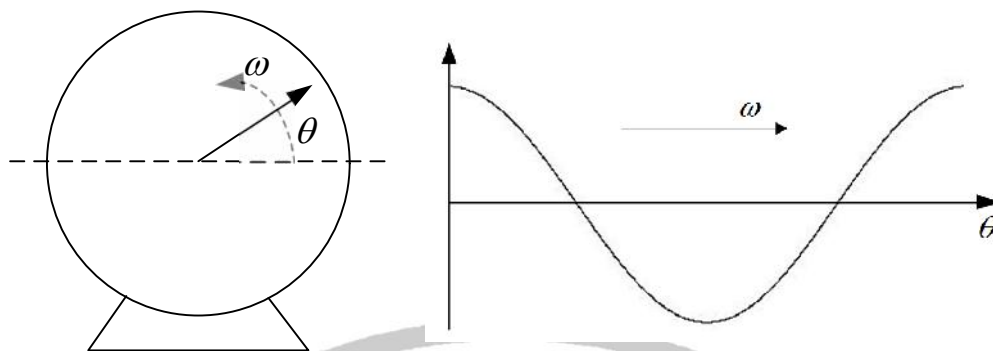
اکنون دو سیم پیچ دیگر با 120 درجه اختلاف فاز مکانی با توزیع سینوسی در استاتور قرار دادهو به آنها جریان های سینوسی با ± 120 درجه اختلاف فاز زمانی تزریق می کنیم .

$$H_b = H_M \cos(\omega t - 120) \cos(\theta - 120)$$

$$H_c = H_M \cos(\omega t + 120) \cos(\theta + 120)$$

$$\Rightarrow H = H_a + H_b + H_c = \frac{3}{2} H_M \cos(\omega t - \theta)$$

میدان حاصل برابند:

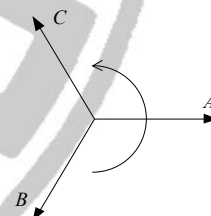


رابطه فوق را به عنوان تمرین ثابت کنید .

در حالت قبلی (فقط یک دسته سیم پیچ مربوط به یک فاز (مثلاً فاز a)) اگر در هر لحظه از زمان در حوزه θ شکل موج H را در نظر بگیریم ، حداکثر H در زوایای $\theta = 0$ و $\theta = 180^\circ$ رخ می دهد (با علامت \pm) جریان و میدان H ، AC می باشند ، یعنی در هر θ یک H متغیر با زمان می بینیم ، اما حداکثر دامنه میدان ها فقط در دو زاویه خاص رخ می دهد . (میدان ساکن)

اما در حالت سیم پیچی سه فاز باز هم H در هر θ متغیر باز زمان است ولی نسبت به حالت قبل این تفاوت وجود دارد که حداکثر دامنه این میدان ها دیگر در زوایای خاص رخ نمی دهد ، بلکه زاویه وقوع بیشینه آن در زمان های مختلف متفاوت است . (میدان گردان)

میدان تولید شده در خلاف جهت عقربه های ساعت می چرخد ، می توان ثابت کرد که با تغییر توالی فاز ها ، جهت میدان $H(\theta, t)$ برعکس می شود و می توان جهت چرخش ماشین را برعکس نمود .
توالی مثبت :



توالی منفی : با عوض کردن جای دو سیم (دو فاز از سه فاز) توالی منفی می شود .

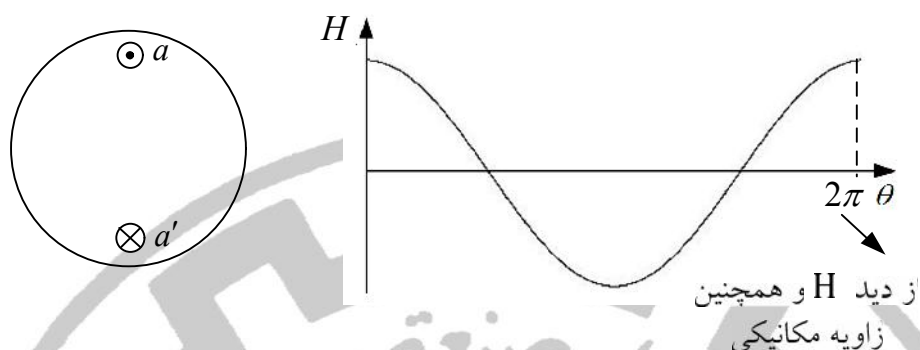
$$H_a = H_M \cos \omega t \cos \theta \quad , \quad H_b = H_M \cos(\omega t + 120) \cos(\theta + 120)$$

$$H_c = H_M \cos(\omega t - 120) \cos(\theta - 120)$$

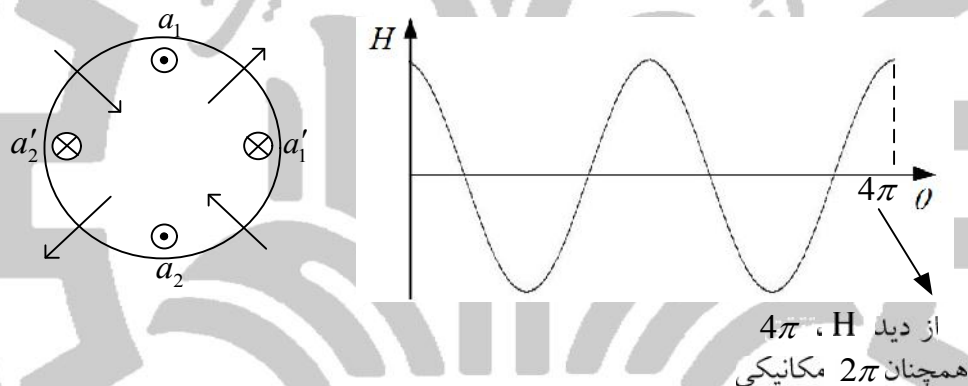
$$\Rightarrow H = \frac{3}{2} H_M \cos(\omega t + \theta)$$

مفهوم زاویه الکتریکی و تفاوت آن با زاویه مکانیکی :

اگر در حالتی که یک کلاف روی ماشین قرار دارد یک اسکن از H در 2π زاویه مکانیکی ماشین بگیریم ، تغییرات H نیز 2π را نشان می دهد. با فرض سینوسی بودن توزیع :



اکنون یک کلاف دیگر به ماشین اضافه می کنیم ، در این حالت اگر مجدداً یک اسکن از زاویه مکانیکی بگیریم ، از دید H ، تغییرات داریم :



زوج aa' تشکیل یک زوج قطب را می دهند ، بنابراین بین زاویه مکانیکی و الکتریکی رابطه زیر وجود دارد :

$$\theta_e = \frac{P}{2} \theta_m$$

که P تعداد قطب ها و $\frac{P}{2}$ تعداد زوج قطب ها می باشد .

تغییرات میدان H با سرعت ω در حوزه زاویه الکتریکی θ_e رخ می دهد.

برطبق رابطه $H(\theta, t)$ که در آن θ زاویه الکتریکی است ، زمان صرف شده برای طی θ درجه الکتریکی با

$$t = \frac{\theta}{\omega}$$

فرض ω ثابت معلوم است :

بنابراین مستقل از تعداد قطب های ماشین این زمان برای طی θ درجه الکتریکی یکسان است .

اما ماشین P قطب که در زمان t ، θ درجه الکتریکی را طی کرده، $\frac{2}{P}\theta_e$ زاویه مکانیکی را طی کرده است. بنابراین سرعت حرکت مکانیکی میدان H کاهش یافته است. (به نسبت $\frac{2}{P}$) به این روش می توان سرعت ماشین را کاهش یا افزایش داد.

