



گروه مهندسی برق

Available Online in: www.mahdiniia.com

ماشین های الکتریکی (۳)

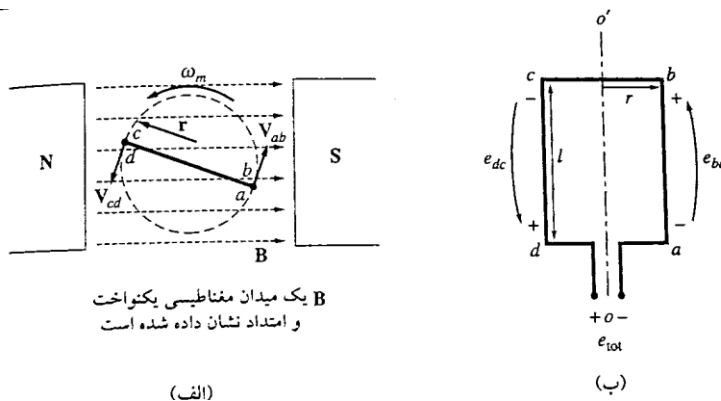
بخش اول:

ولتاژ و گشتاور حلقه در میدان مغناطیسی ثابت میدان مغناطیسی گردان

مدرس:

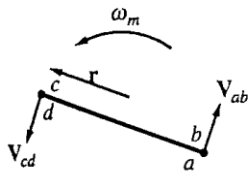
مهندس حسین مهدی نیا رودسری

ولتاژ القایی در یک حلقه دوار ساده



$$e_{\text{ind}} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

ولتاژ القایی در یک حلقه دوار ساده

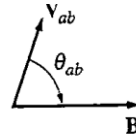


(الف)

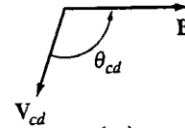
$$e_{ba} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

$$= vBl \sin \theta_{ab}$$

به داخل صفحه



(ب)



(پ)

$$e_{cb} = 0$$

$$e_{dc} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

$$= vBl \sin \theta_{cd}$$

به سمت خارج از صفحه

$$e_{ad} = 0$$

ولتاژ القایی در یک حلقه دوار ساده

ولتاژ القایی کل روی حلقه e_{ind} برابر با مجموع ولتاژها در هر ضلع است:

$$e_{ind} = e_{ba} + e_{cb} + e_{dc} + e_{ad}$$

$$= vBl \sin \theta_{ab} + vBl \sin \theta_{cd}$$

(۴-۵)

توجه کنید که $\theta_{cd} = 180^\circ - \theta_{ab}$ و با استفاده از اتحاد مثلثاتی $\sin \theta = \sin(180^\circ - \theta)$. بنابراین، ولتاژ القایی برابر است با:

$$e_{ind} = 2vBl \sin \theta$$

(۴-۶)

$$\theta = \omega t \quad \mathbf{v} = \mathbf{r}\omega$$

$$e_{ind} = 2r\omega Bl \sin \omega t \quad e_{ind} = AB\omega \sin \omega t$$

ولتاژ القایی در یک حلقه دوار ساده

$$\phi_{\max} = AB$$

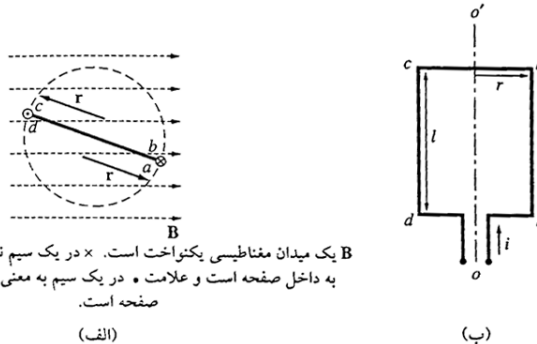
$$e_{\text{ind}} = \phi_{\max} \omega \sin \omega t$$

بنابراین ولتاژ تولیدی در حلقه یک موج سینوسی است که اندازه‌اش برابر با حاصل ضرب شار داخل ماشین و سرعت گردش آن است. این مطلب برای ماشین‌های ac هم صحیح است. به طور کلی، ولتاژ در هر ماشین واقعی به سه فاکتور بستگی دارد:

۱. شار در ماشین
۲. سرعت دوران
۳. ثابتی که بیان‌کننده ساختمان ماشین است (تعداد حلقه‌ها و غیره).

گشاور القایی در یک حلقه جریان‌دار

- فرض کنید که حلقه در یک زاویه دلخواه نسبت به میدان مغناطیسی قرار دارد و جریان i هم از آن عبور می‌کند.



B یک میدان مغناطیسی یکنواخت است. \times در یک سیم نشانگر عبور جریان به داخل صفحه است و علامت \bullet در یک سیم به معنی جریان به بیرون صفحه است.

(الف)

(ب)

$$\begin{aligned} \tau &= (\text{فاصله عمودی})(\text{نیروی اعمال شده}) \\ &= (F) (r \sin \theta) \\ &= rF \sin \theta \end{aligned}$$

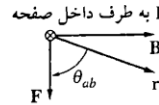
گشاور القایی در یک حلقه جریان دار

$$F = i(l \times B)$$

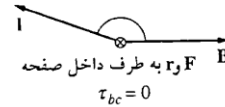
$$= ilB \quad \text{پایین}$$

$$\tau_{ab} = (F)(r \sin \theta_{ab})$$

$$= rilB \sin \theta_{ab} \quad \text{در جهت عقربه ساعت}$$



(الف)



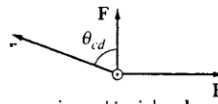
(ب)

$$\tau_{bc} = (F)(r \sin \theta_{bc})$$

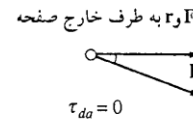
$$= 0$$

$$\tau_{cd} = (F)(r \sin \theta_{cd})$$

$$= rilB \sin \theta_{cd} \quad \text{در جهت عقربه ساعت}$$



(پ)



(ت)

$$\tau_{da} = (F)(r \sin \theta_{da})$$

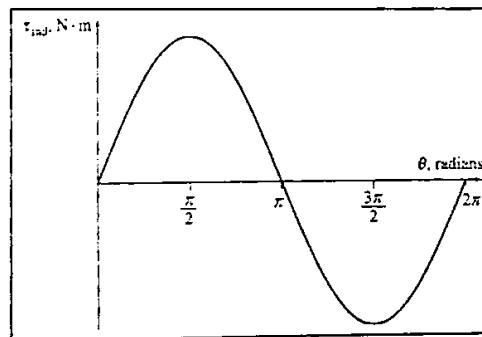
$$= 0$$

گشاور القایی در یک حلقه جریان دار

$$\tau_{ind} = \tau_{ab} + \tau_{bc} + \tau_{cd} + \tau_{da}$$

$$= rilB \sin \theta_{ab} + rilB \sin \theta_{cd}$$

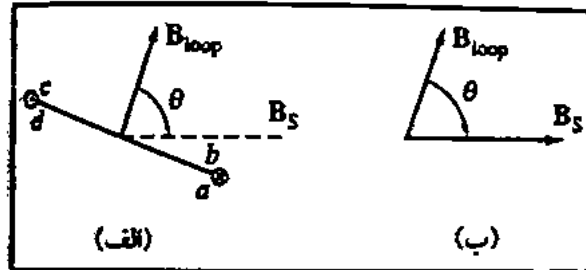
$$\tau_{ind} = 2rilB \sin \theta$$



شکل ۴- نمودار τ_{ind} به ازای θ .

گشتاور القایی در یک حلقه جریان دار

$$B_{\text{loop}} = \frac{\mu i}{G}$$



$$\begin{aligned} \tau_{\text{ind}} &= \frac{AG}{\mu} B_{\text{loop}} B_S \sin \theta \\ &= k B_{\text{loop}} B_S \sin \theta \end{aligned}$$

$$\tau_{\text{ind}} = k B_{\text{loop}} \times B_S$$

$k = AG/\mu$ ضریبی است که به ساختمان ماشین بستگی دارد،

گشتاور القایی در یک حلقه جریان دار

بنابراین گشتاور القایی در حلقه متناسب است با شدت میدان مغناطیسی حلقه، شدت میدان مغناطیسی خارجی و سینوس زاویه بین آن‌ها. این مطلب برای ماشین‌های ac حقیقی هم صحیح است. به طور کلی، گشتاور در هر ماشین حقیقی به چهار عامل بستگی دارد:

۱. شدت میدان مغناطیسی رُتور
۲. شدت میدان مغناطیسی خارجی
۳. سینوس زاویه بین آن‌ها
۴. عدد ثابتی که ساختمان ماشین را بیان می‌کند (ابعاد هندسی و غیره)

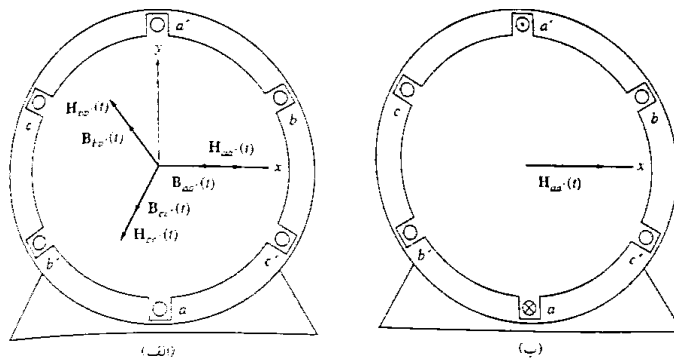
میدان مغناطیسی دوار

نشان دادیم که اگر دو میدان مغناطیسی در یک ماشین وجود داشته باشد، آن‌گاه یک گشتاور بر اساس دو میدان ایجاد می‌شود که سعی دارد دو میدان را هم راستا کند. اگر یک میدان مغناطیسی به وسیله استاتور ماشین ac و دیگری به وسیله رُتور ماشین تولید گردد، آن‌گاه گشتاوری به رُتور وارد شده و موجب چرخش رُتور می‌شود و رُتور سعی می‌کند در راستای میدان مغناطیسی استاتور قرار گیرد.

اگر به طریقی می‌شد تا استاتور بچرخد آن‌گاه گشتاور القایی در رُتور موجب تعقیب مداوم میدان مغناطیسی استاتور حول یک دایره می‌شد. این اساس کار همه موتورهای ac است.

چگونه می‌توان میدان مغناطیسی استاتور را چرخاند؟ اصول اساسی کار یک ماشین ac این است که اگر یک مجموعه جریان سه فاز، با اندازه‌های یکسان و اختلاف فاز 120° ، در یک سیم‌پیچ سه فاز جاری شود، آن‌گاه یک میدان مغناطیسی دوار یا چرخان با اندازه ثابت تولید می‌کند. سیم‌پیچ سه فاز متشکل است از سه سیم‌پیچ جدا از هم با اختلاف فاز 120° الکتریکی با یکدیگر حول سطح ماشین.

میدان مغناطیسی دوار



$$\begin{aligned}
 i_{aa'}(t) &= I_M \sin \omega t & \text{A} \\
 i_{bb'}(t) &= I_M \sin (\omega t - 120^\circ) & \text{A} \\
 i_{cc'}(t) &= I_M \sin (\omega t - 240^\circ) & \text{A}
 \end{aligned}$$

میدان مغناطیسی دوار

$$\mathbf{H}_{aa'}(t) = H_M \sin \omega t \angle 0^\circ \quad A \cdot \text{turns} / \text{m}$$

$$\mathbf{H}_{bb'}(t) = H_M \sin (\omega t - 120^\circ) \angle 120^\circ \quad A \cdot \text{turns} / \text{m}$$

$$\mathbf{H}_{cc'}(t) = H_M \sin (\omega t - 240^\circ) \angle 240^\circ \quad A \cdot \text{turns} / \text{m}$$

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{B}_{aa'}(t) = B_M \sin \omega t \angle 0^\circ \quad \text{T} \\ \mathbf{B}_{bb'}(t) = B_M \sin (\omega t - 120^\circ) \angle 120^\circ \quad \text{T} \\ \mathbf{B}_{cc'}(t) = B_M \sin (\omega t - 240^\circ) \angle 240^\circ \quad \text{T} \end{array} \right.$$

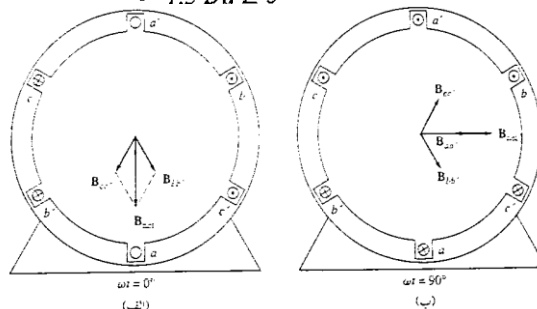
میدان مغناطیسی دوار

$$\omega t = 0^\circ$$

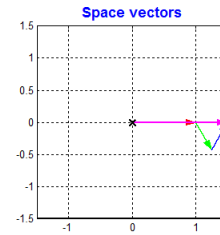
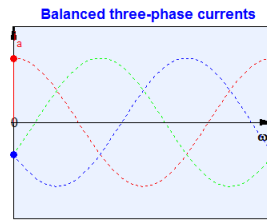
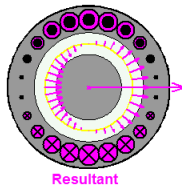
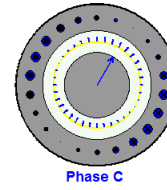
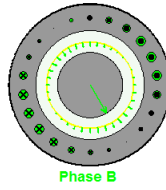
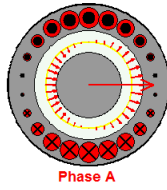
$$\begin{aligned} \mathbf{B}_{\text{net}} &= \mathbf{B}_{aa'} + \mathbf{B}_{bb'} + \mathbf{B}_{cc'} \\ &= 0 + \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} B_M\right) \angle 120^\circ + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} B_M\right) \angle 240^\circ \\ &= 1.5 B_M \angle -90^\circ \end{aligned}$$

$$\omega t = 90^\circ$$

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_{\text{net}} &= \mathbf{B}_{aa'} + \mathbf{B}_{bb'} + \mathbf{B}_{cc'} \\ &= B_M \angle 0^\circ + (-0.5 B_M) \angle 120^\circ + (-0.5 B_M) \angle 240^\circ \\ &= 1.5 B_M \angle 0^\circ \end{aligned}$$



میدان مغناطیسی دوار



میدان مغناطیسی دوار

