بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان درس:

ماشین های الکتریکی سه فاز

جایگاه درس

رشته: الکتروتکنیک

گرایش: برق صنعتی

پیش نیاز: فیزیک الکتریسیته و مغناطیس

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

ساعت در هفته: ۲

منابع:

	کتاب	مولف
۱	ماشین های الکتریکی	چاپمن
۲	ماشین های الکتریکی	p.c.sen

نمره نهایی:

-آزمون پایان ترم

-آزمون میان ترم

-حضور در کلاس

-فعالیت های کلاسی

-فعالیت های خارج از کلاس (حل تمرین)

-پروژه درسی

سر فصل ها:

فصل ۱: مبانی ماشین های جریان متناوب سه فاز

فصل ۲: موتورهای آسنکرون سه فاز

فصل ۳:رفتار مولدی ماشین سنکرون سه فاز

فصل ۴: رفتار موتوری ماشین سنکرون

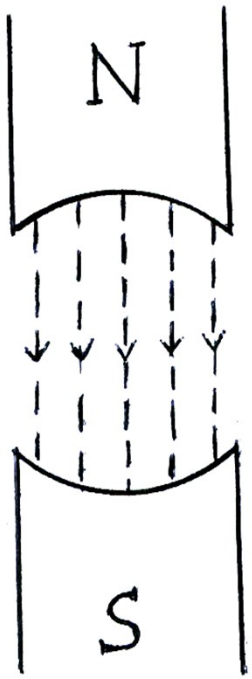
فصل اول:

مبانی ماشین های جریان متناوب

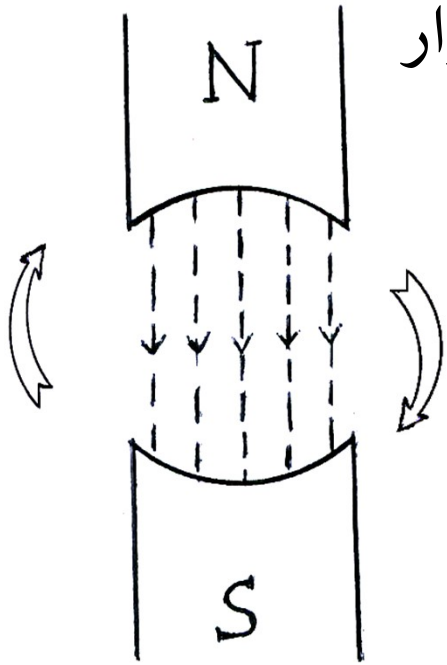
میدان دوار : **میدانی که دارای تغییرات مکانی باشد .**

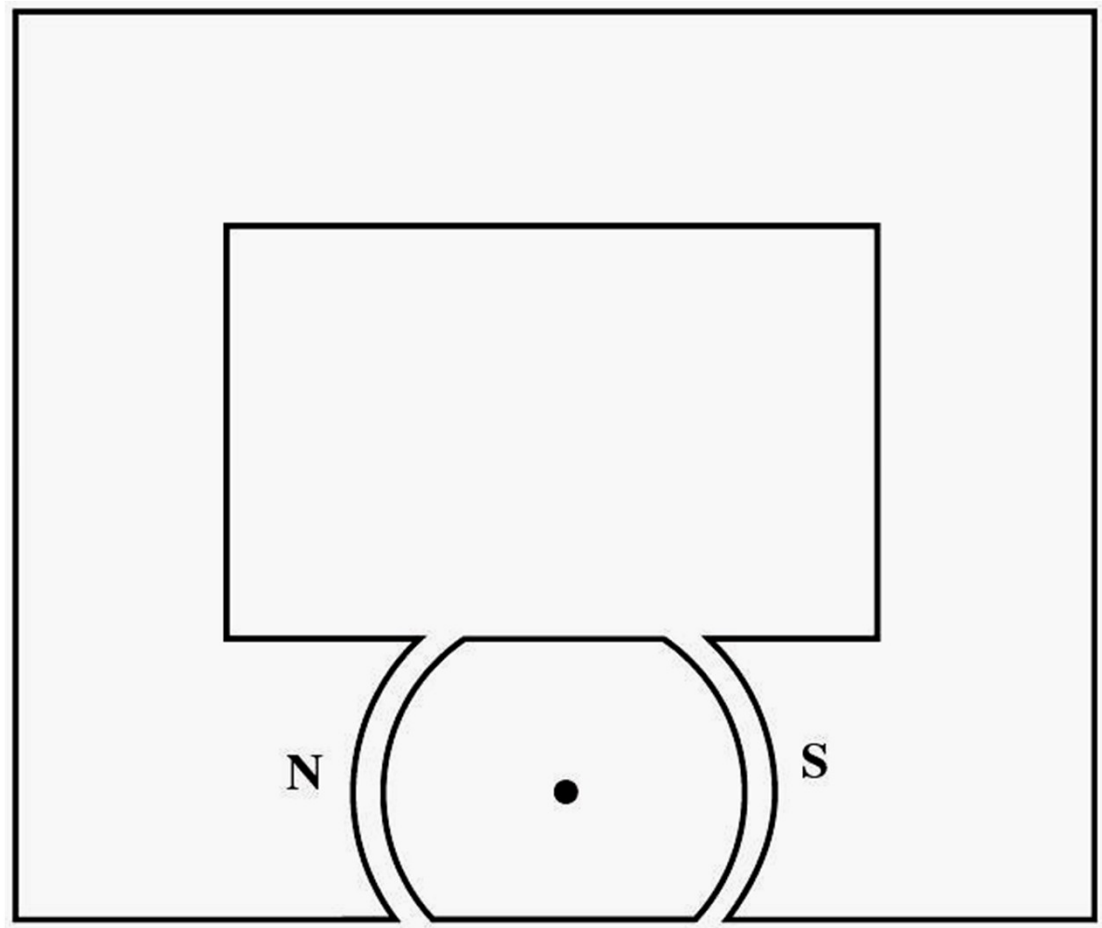
۱-استفاده از تحریک dc یا چرخ قطب:

میدان ساکن

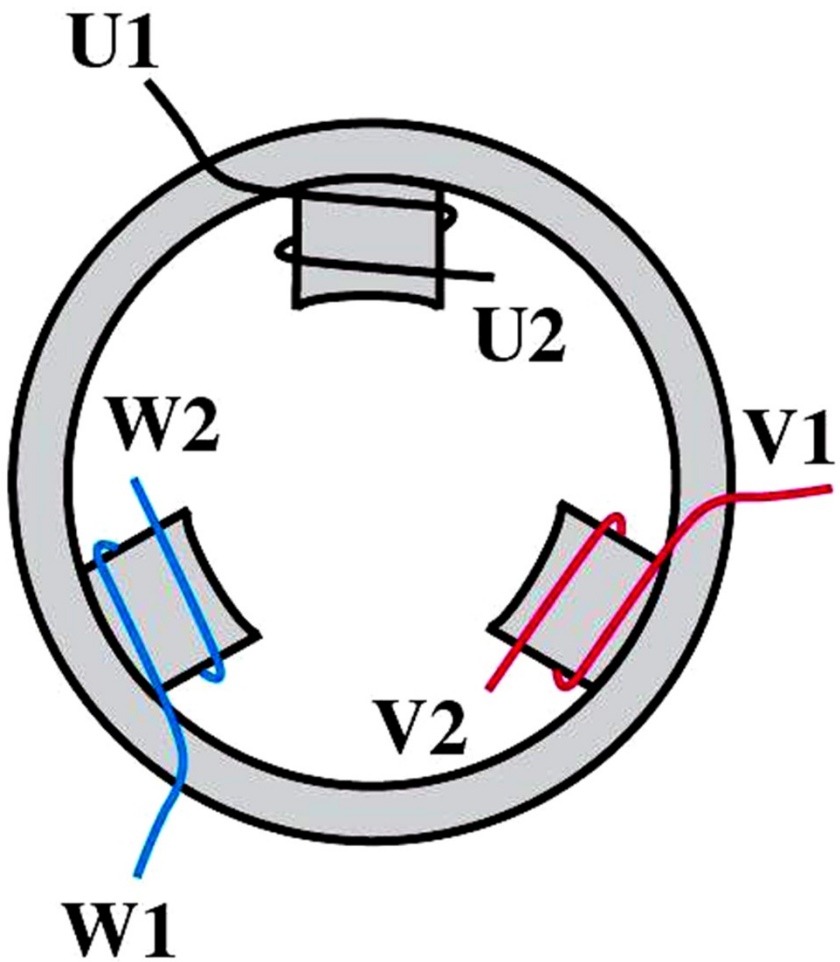


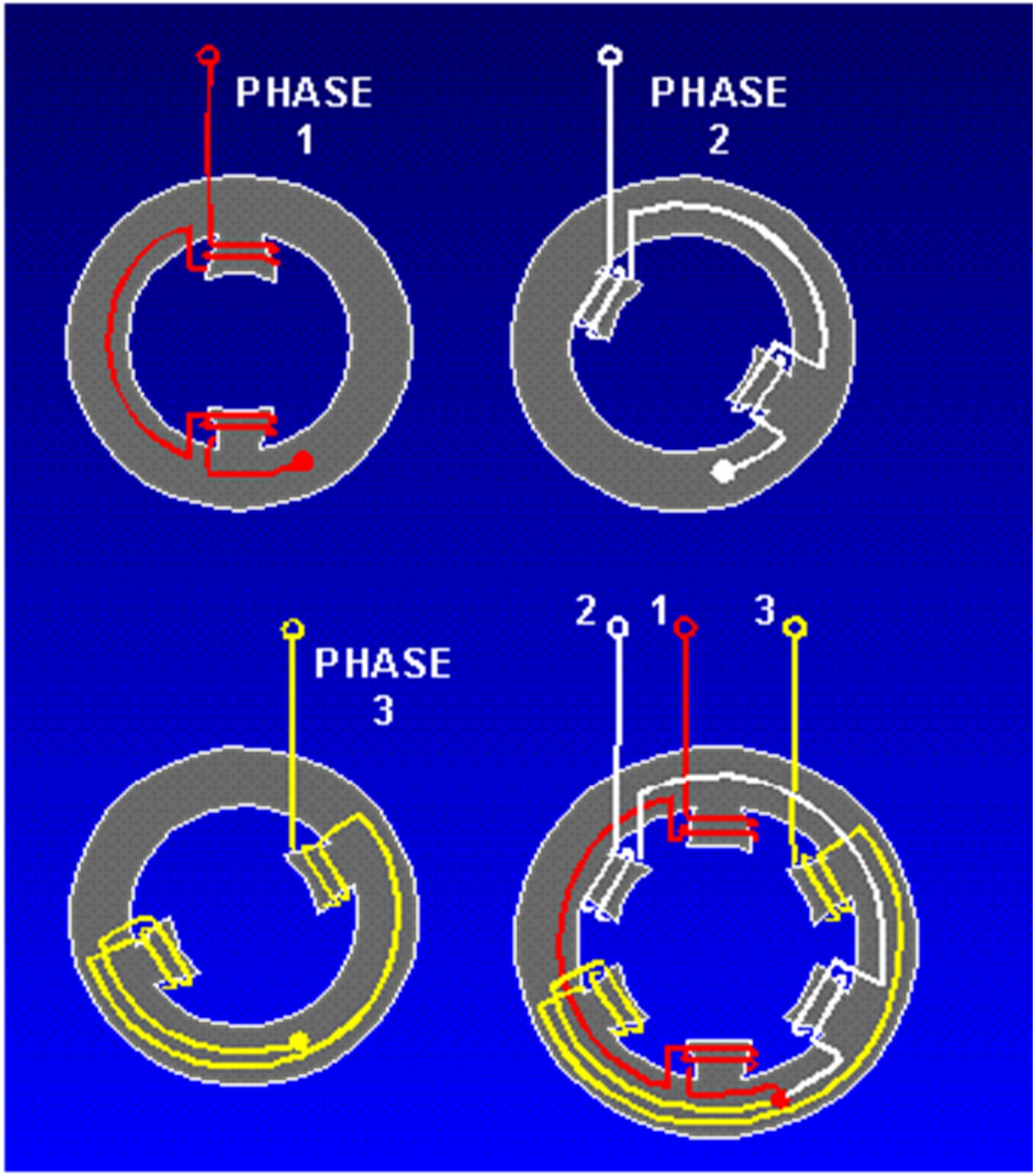
میدان دوار

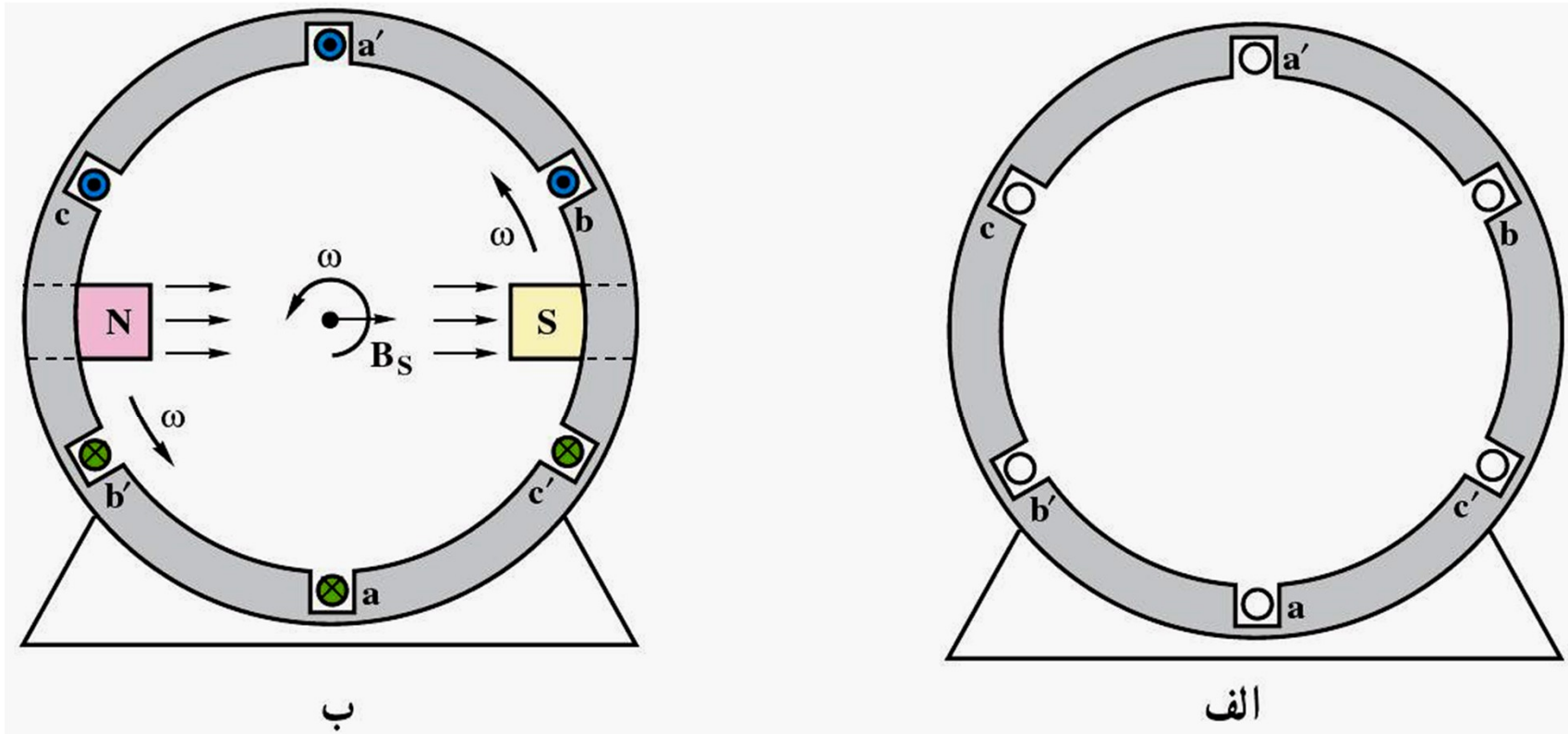



N
S

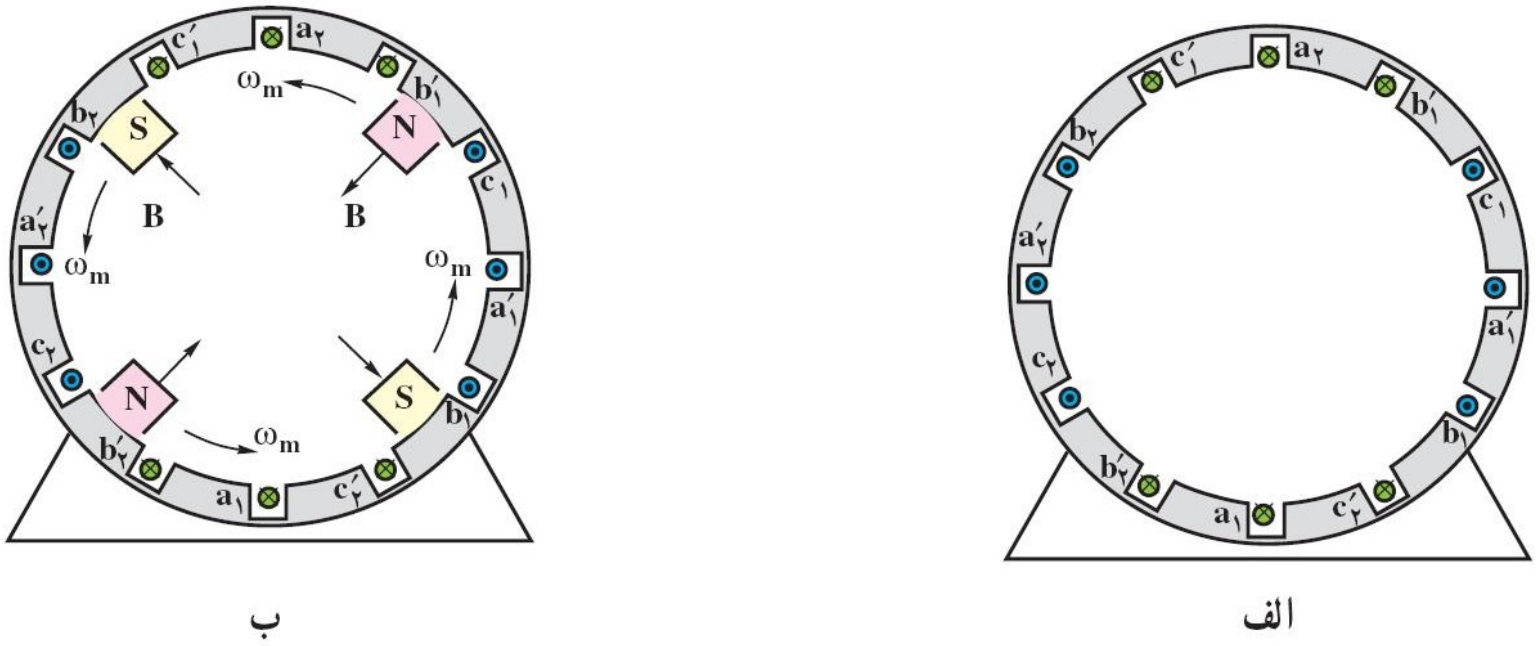
2 –استفاده از سیم پیچ چند فازه متقارن:



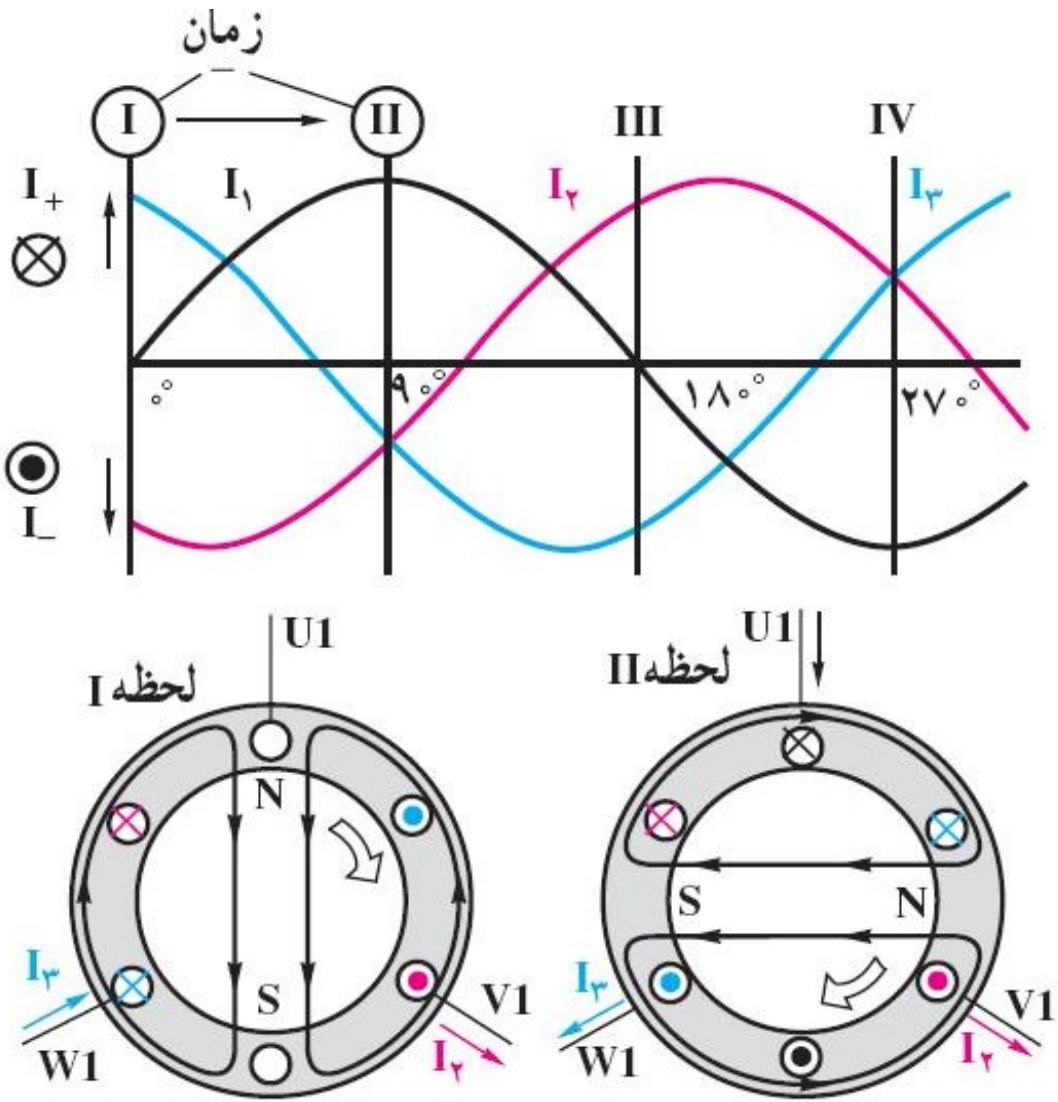

PHASE
1
PHASE
2
PHASE
3
2
1
3



شکل ۴ــ۳ الف ــ سیم‌بندی ساده دو قطبی ب ــ قطب‌های میدان

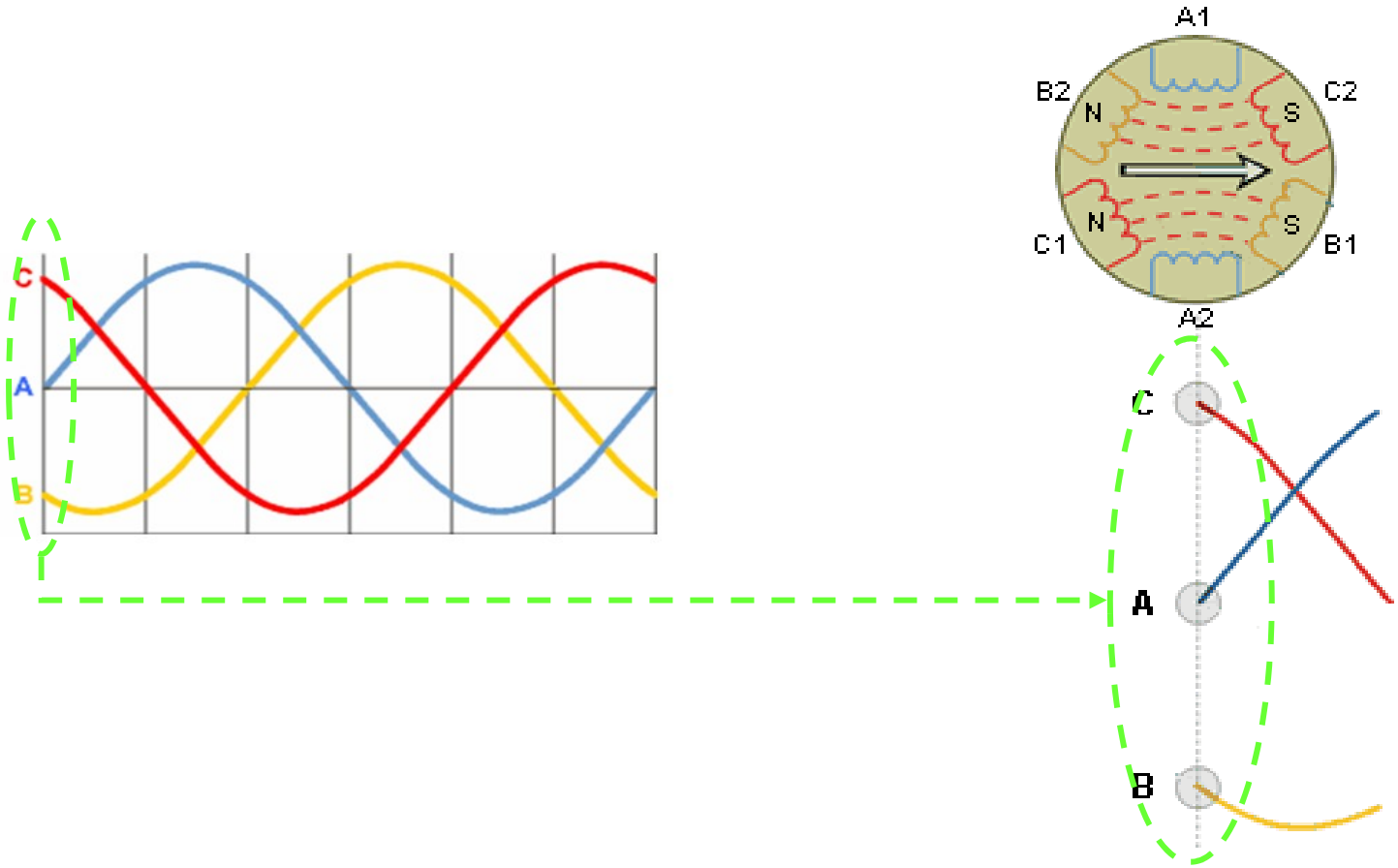


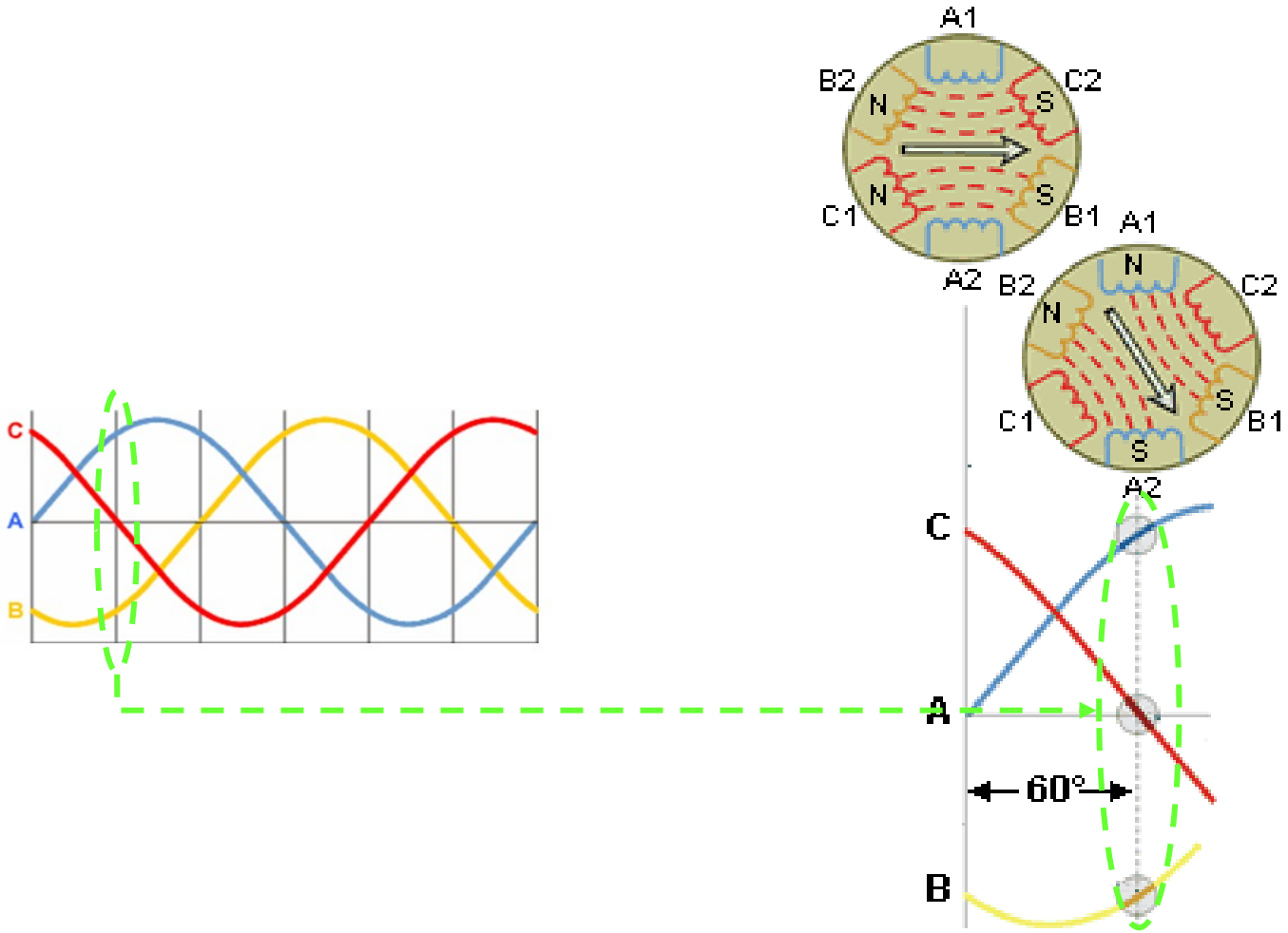
شکل ۵ــ۳ الف ــ سیم‌بندی ساده چهار قطبی ب ــ قطب‌های میدان

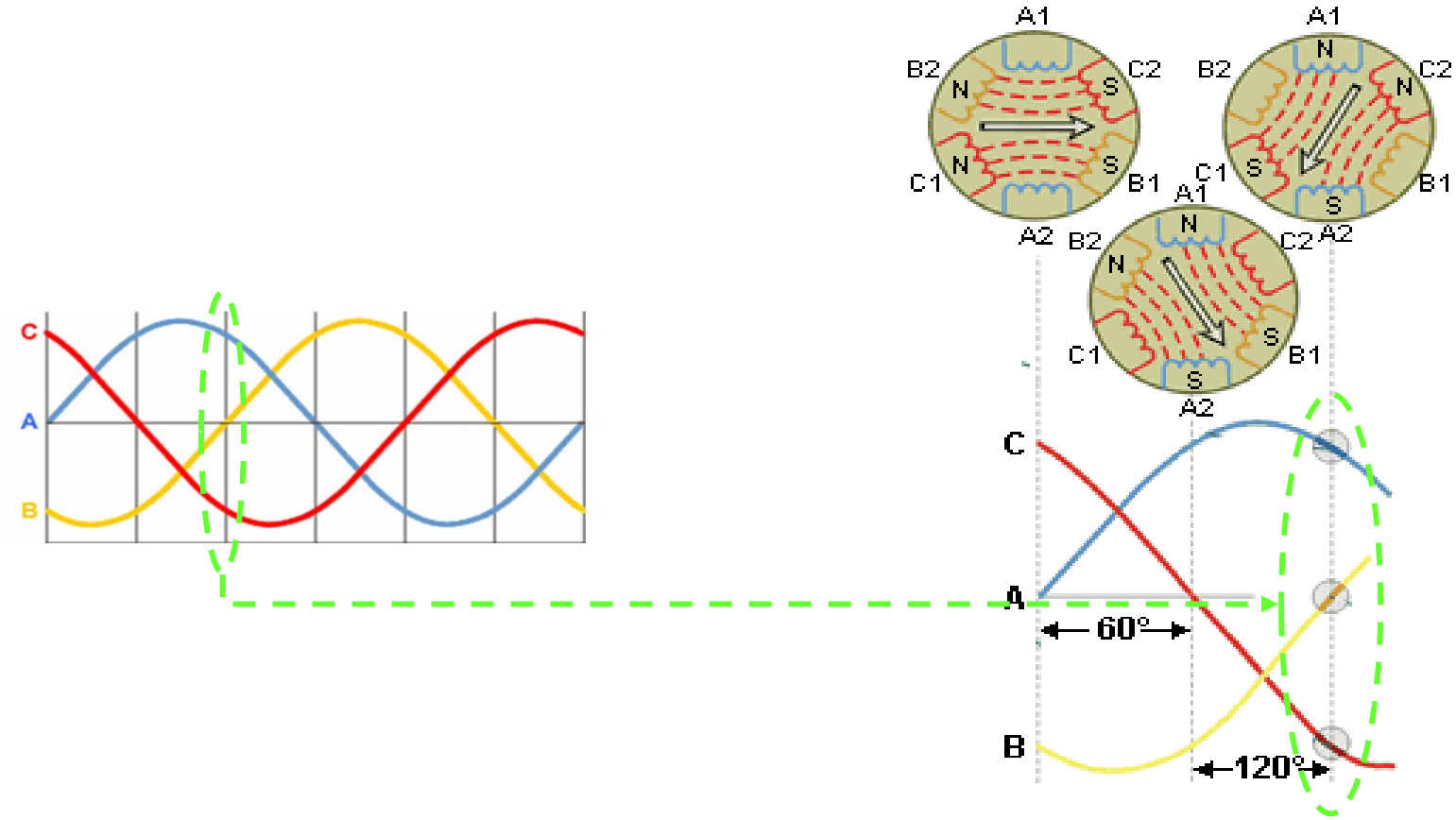


⊗ جهت ورود جریان

◉ جهت خروج جریان

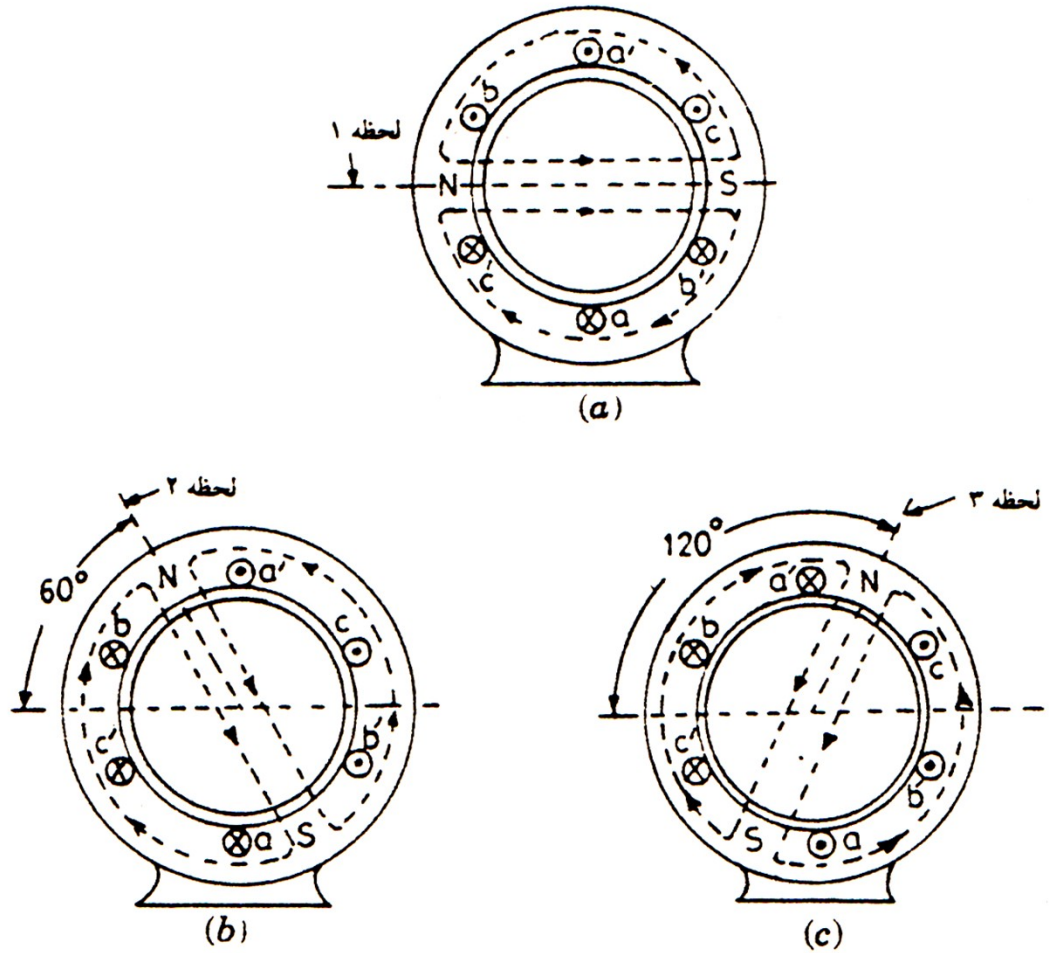

A1
B2
C2
N
S
N
S
C1
B1
A2
C
A
B
C
A
B


A1
B2
C2
N
S
N
S
C1
B1
A2
A1
B2
C2
N
N
S
C1
B1
S
A2
C
A
B
60°
C
A
B

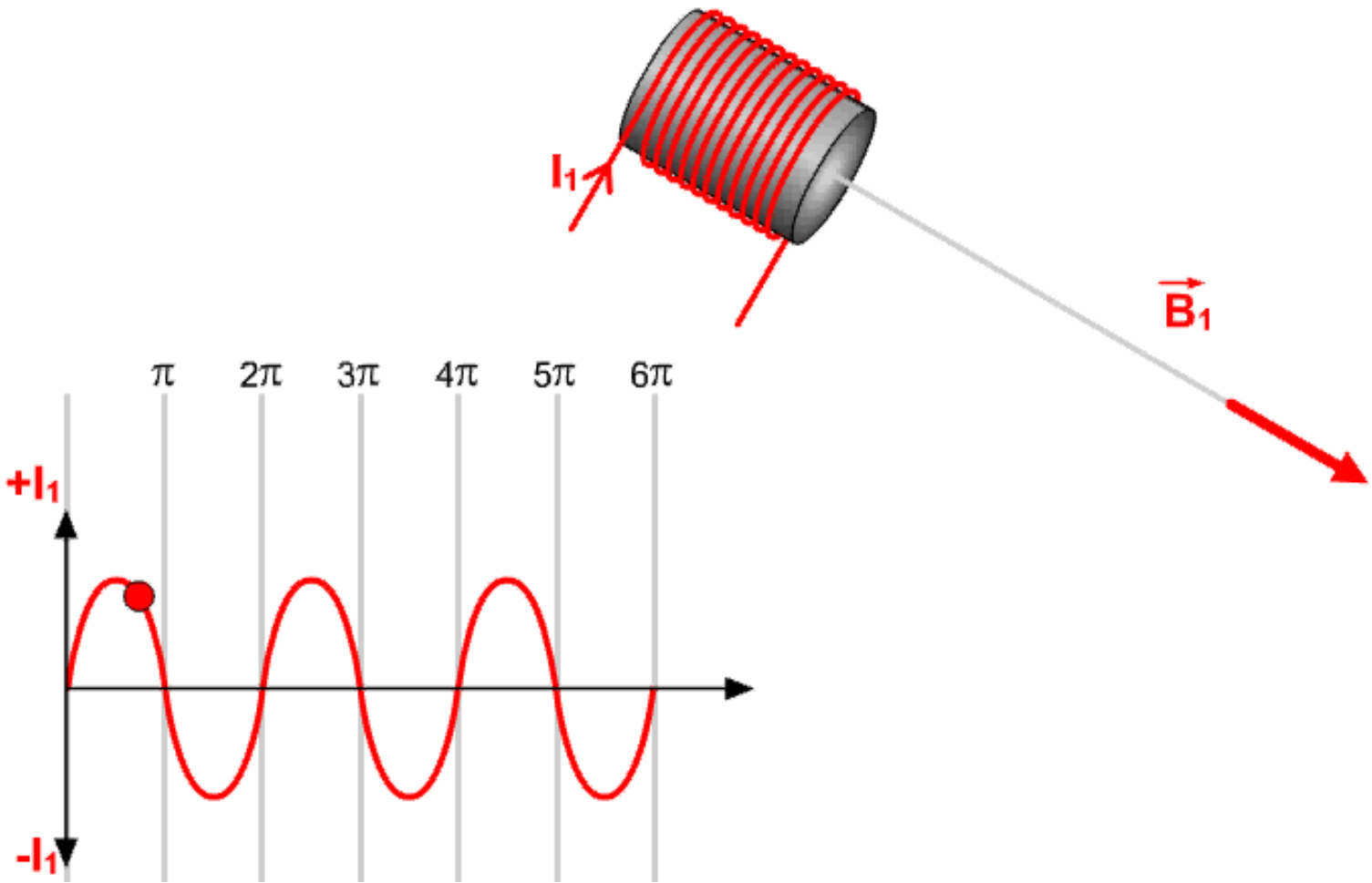

A1
B2
C2
N
S
N
S
C1
B1
A2
C
A
B
60°
120°

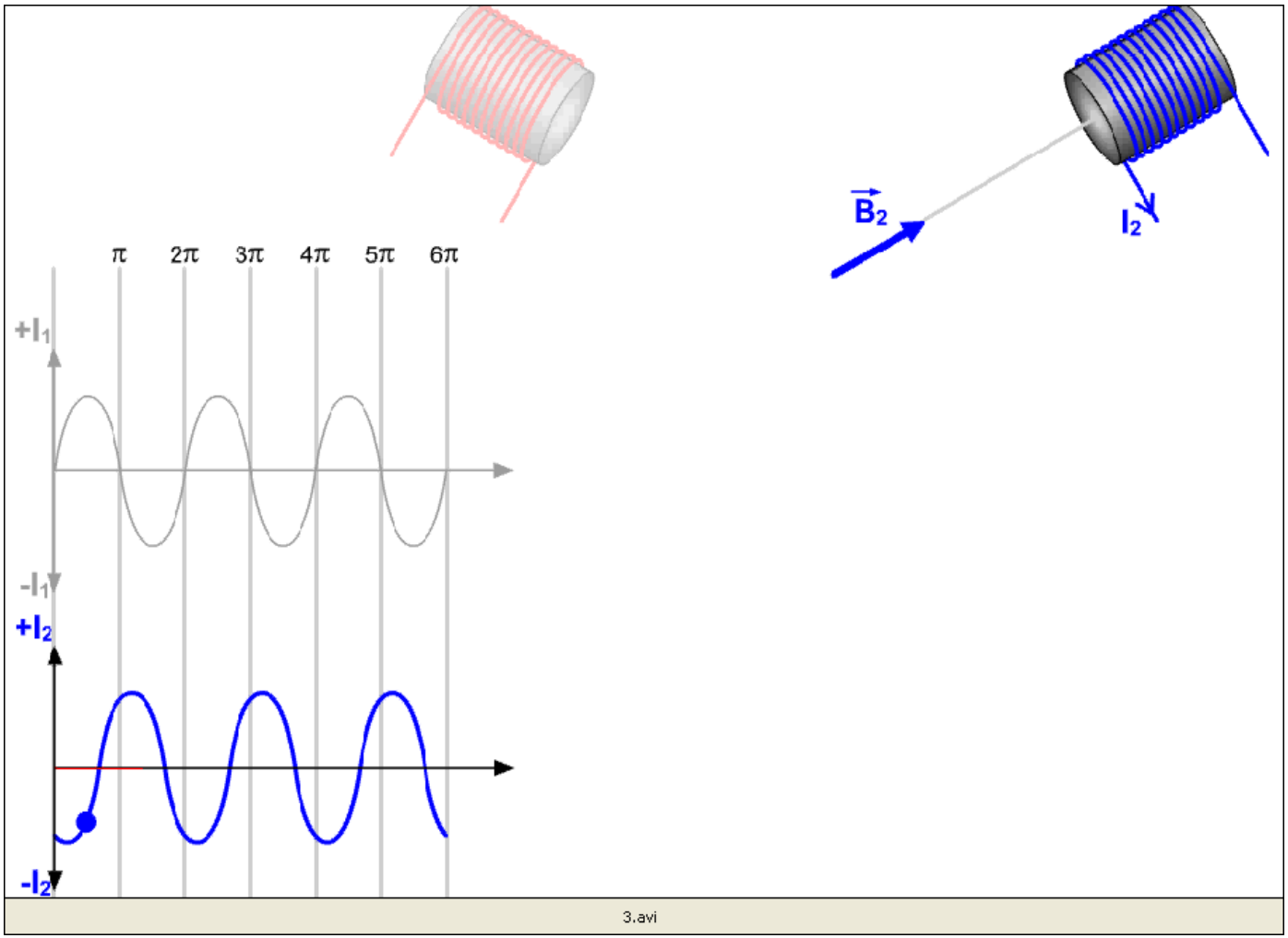
تمرین:

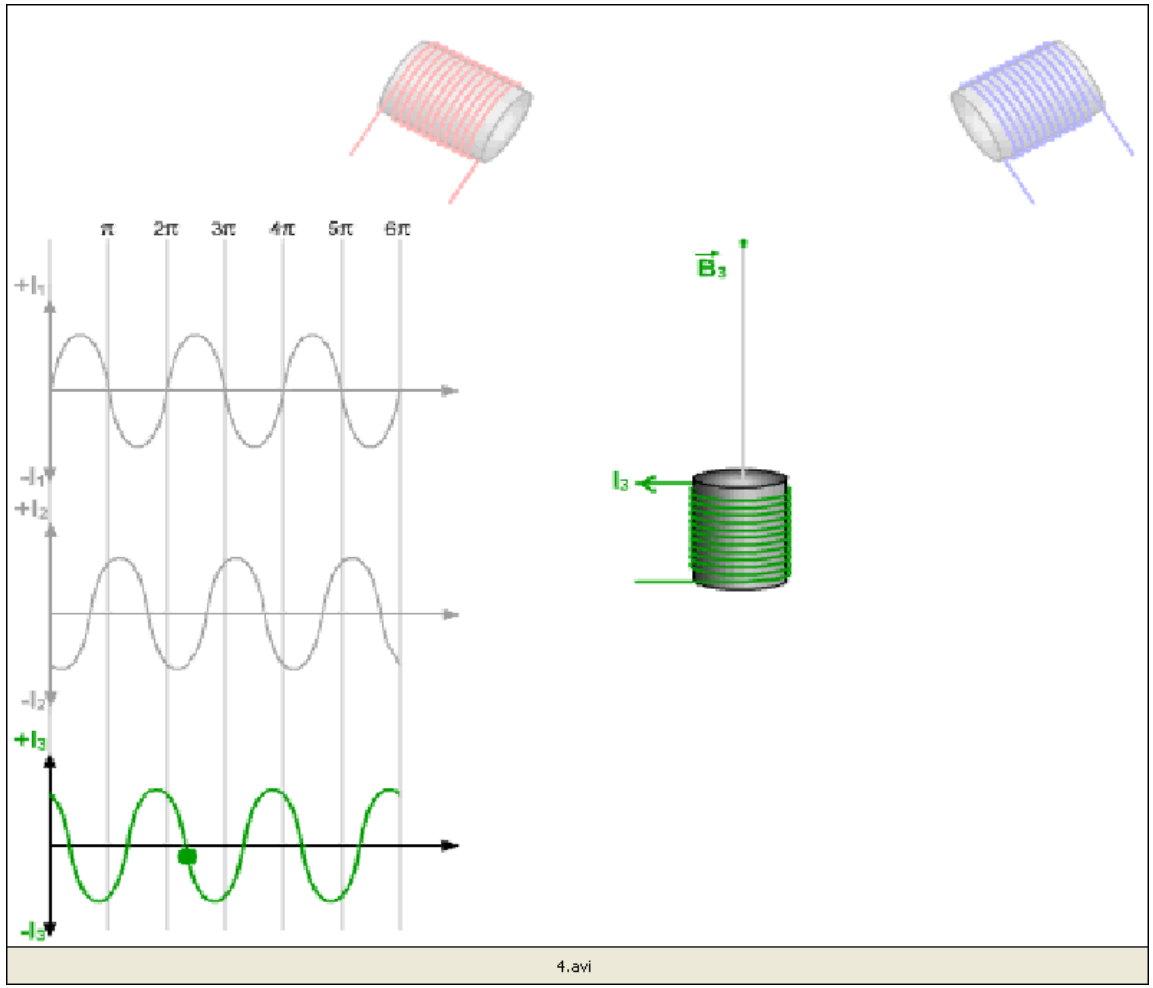
- برای زمان های ۳ و ۴ شکل قرار گیری میدان دوار را ترسیم کنید.

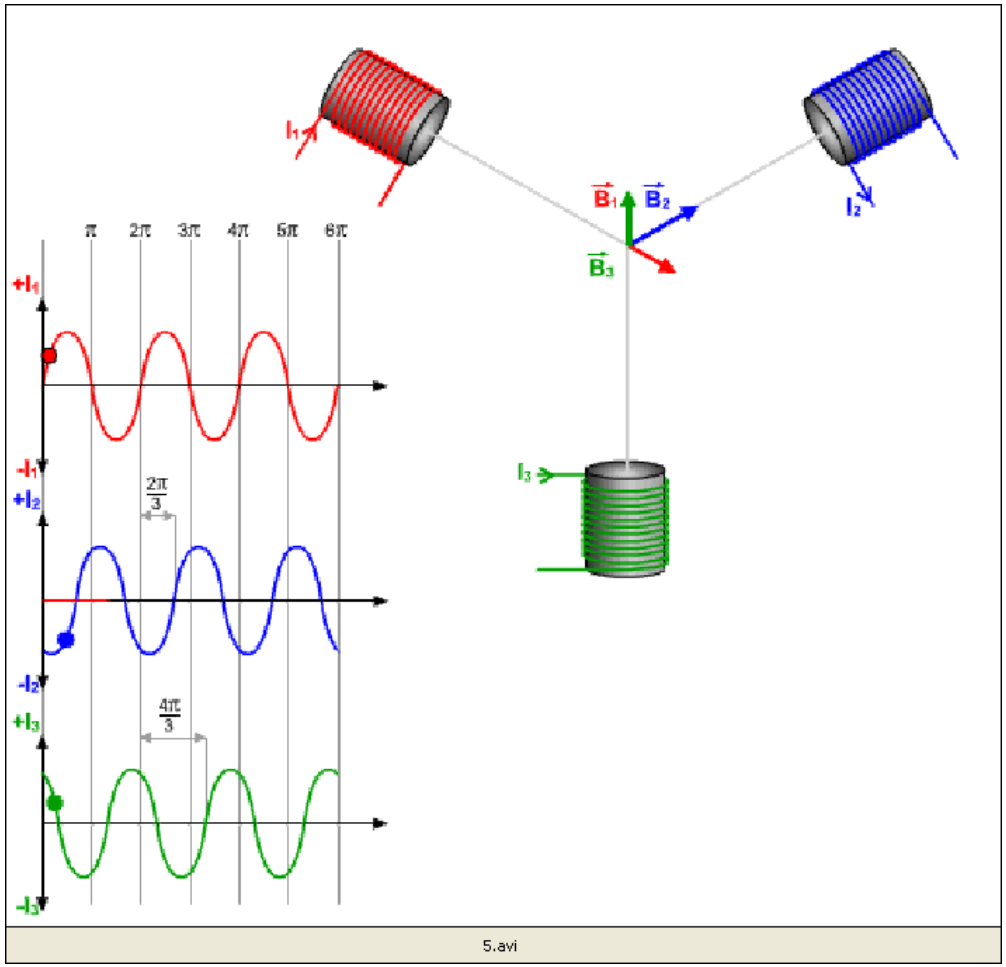


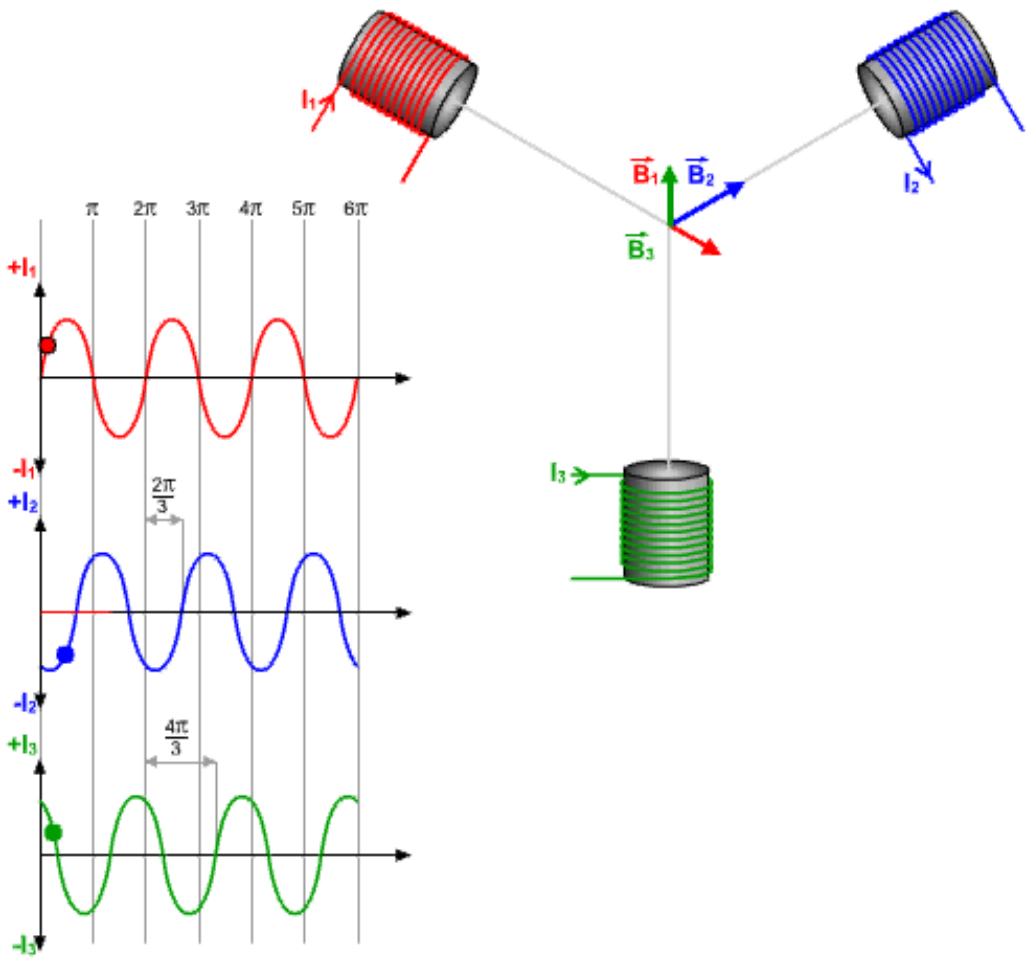
شکل ۳۲-۳ تولید میدان مغناطیسی دوار با رسم شار مغناطیسی

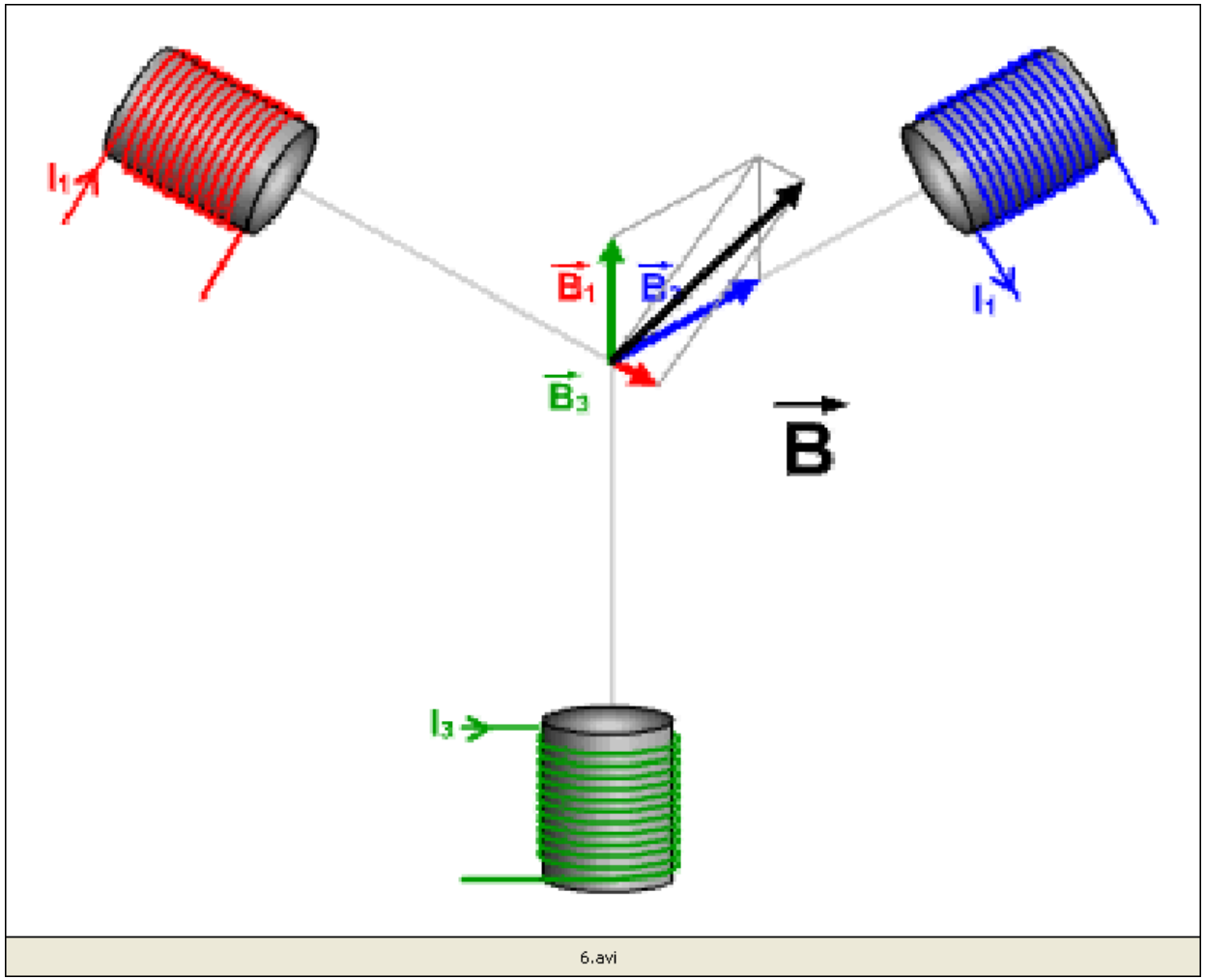

I1
B1
π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1

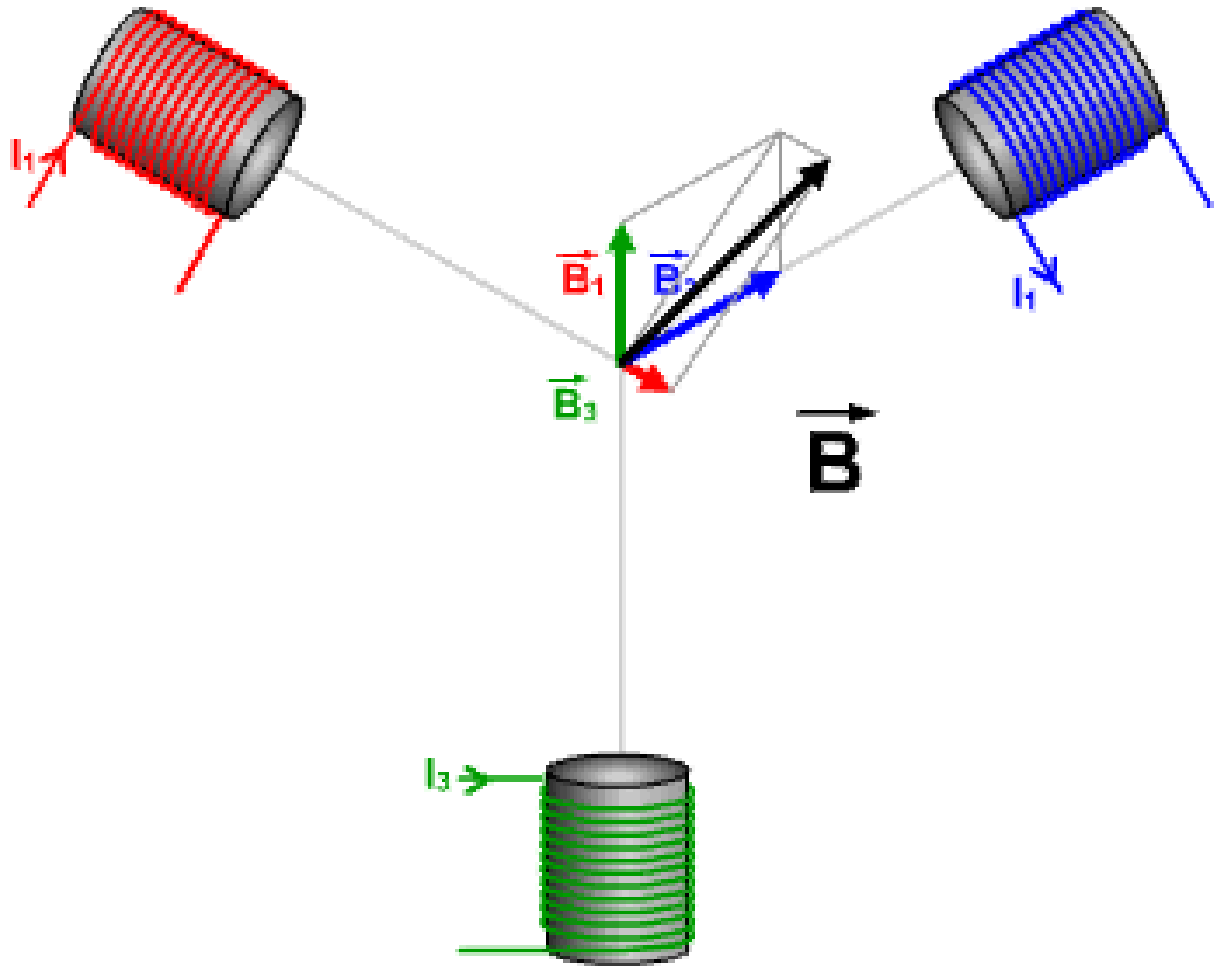

π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1
+I2
-I2
B2
I2
3.avi

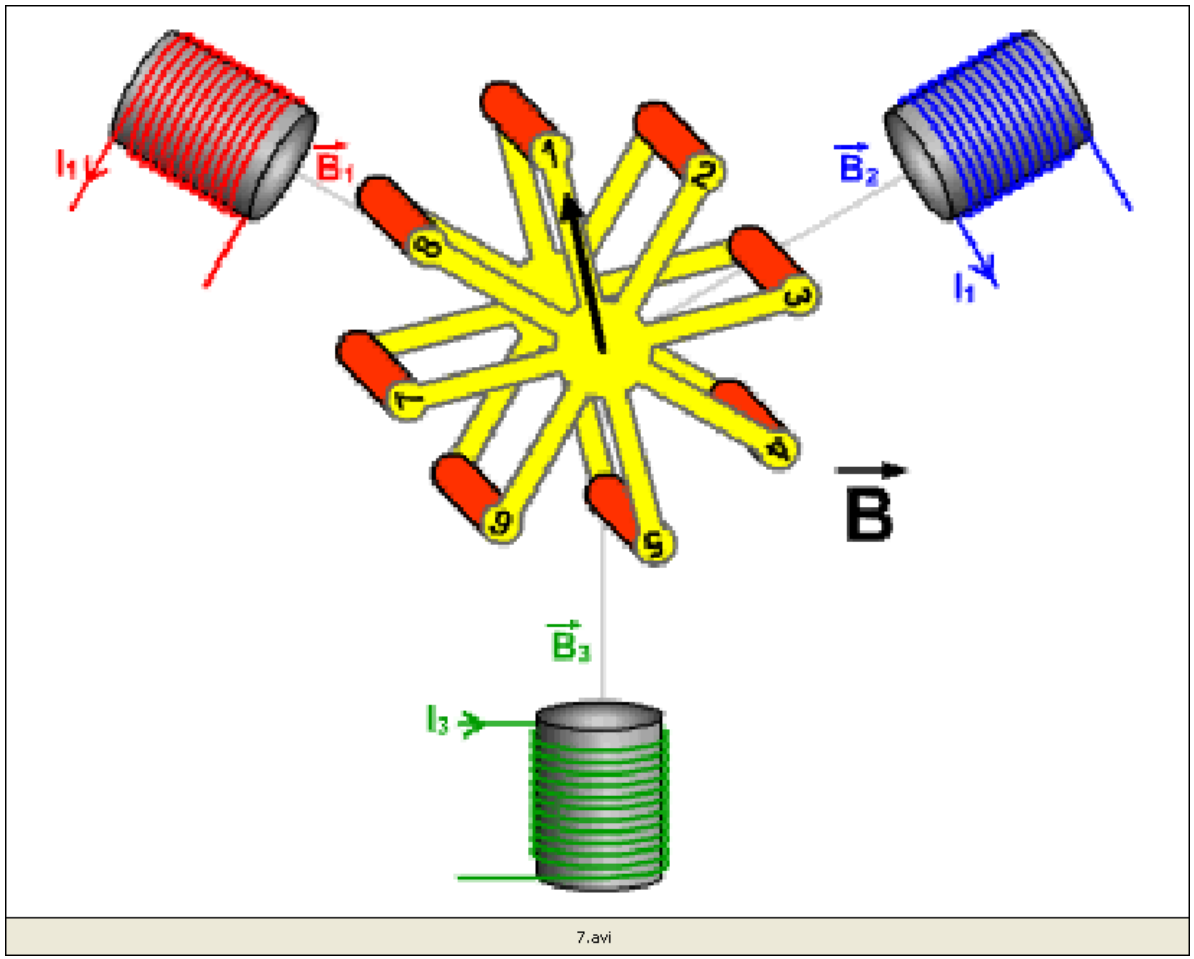

π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1
+I2
-I2
+I3
-I3
B3
I3
4.avi

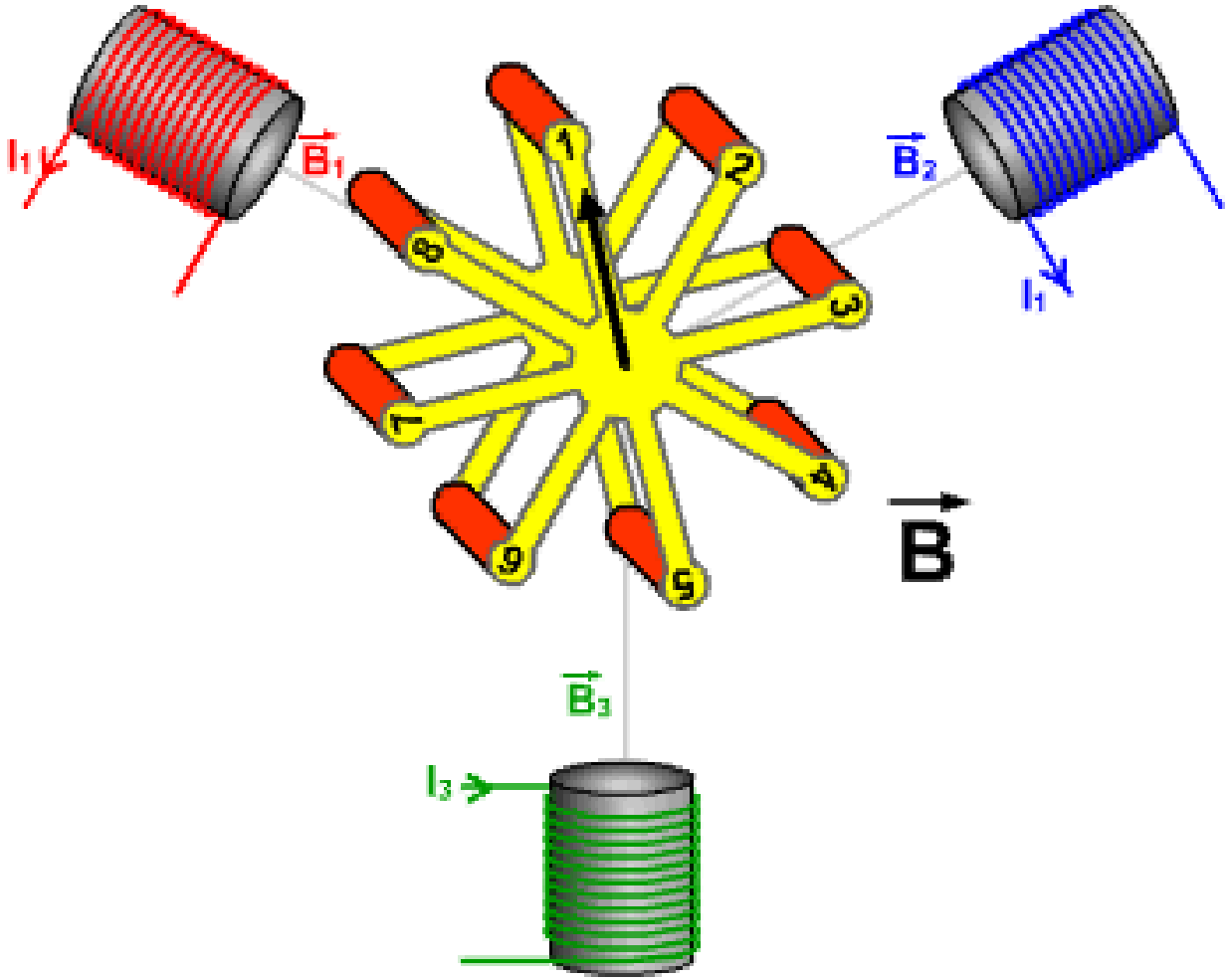

I1
B1
B2
B3
I2
I3
π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1
+I2
-I2
+I3
-I3
2π/3
4π/3
5.avi


π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1
+I2
-I2
+I3
-I3
2π/3
4π/3
I1
I2
I3
B1
B2
B3


I1
B1
B2
B3
B
I1
I3
6.avi


I1
I1
I3
B1
B2
B3
B


I1
B1
B2
I1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
B
B3
I3
7.avi


I1
B1
B2
I1
1
2
3
4
5
6
7
8
B
B3
I3

محاسبه میدان مغناطیسی:

$$i_{aa'} = I_m \sin \omega t$$

$$i_{bb'} = I_m \sin\left(\omega t - 120^\circ\right)$$

$$i_{cc'} = I_m \sin\left(\omega t - 240^\circ\right)$$

$$i_{aa'} = I_m \sin \omega t \rightarrow B_{aa'} = B_m \sin \omega t \angle 0$$

$$i_{bb'} = I_m \sin\left(\omega t - 120^\circ\right) \rightarrow B_{bb'} = B_m \sin\left(\omega t - 120^\circ\right) \angle 120^\circ$$

$$i_{cc'} = I_m \sin\left(\omega t - 240^\circ\right) \rightarrow B_{cc'} = B_m \sin\left(\omega t - 240^\circ\right) \angle 240$$

$$\vec{B}_{net} = \vec{B}_{aa'} + \vec{B}_{bb'} + \vec{B}_{cc'}$$

مثال: برآیند میدان ها(B) در یک ماشین سه فاز در لحظه $\omega t = 0$ را بدست آورید.

$$i_{aa'} = I_m \sin \omega t \rightarrow B_{aa'} = B_m \sin \omega t \angle 0 \quad \rightarrow B_{aa'} = 0$$

$$i_{bb'} = I_m \sin(\omega t - 120^\circ) \rightarrow B_{bb'} = B_m \sin(\omega t - 120^\circ) \angle 120^\circ \quad \rightarrow B_{bb'} = -\frac{\sqrt{3}}{2} B_m \angle 120^\circ$$

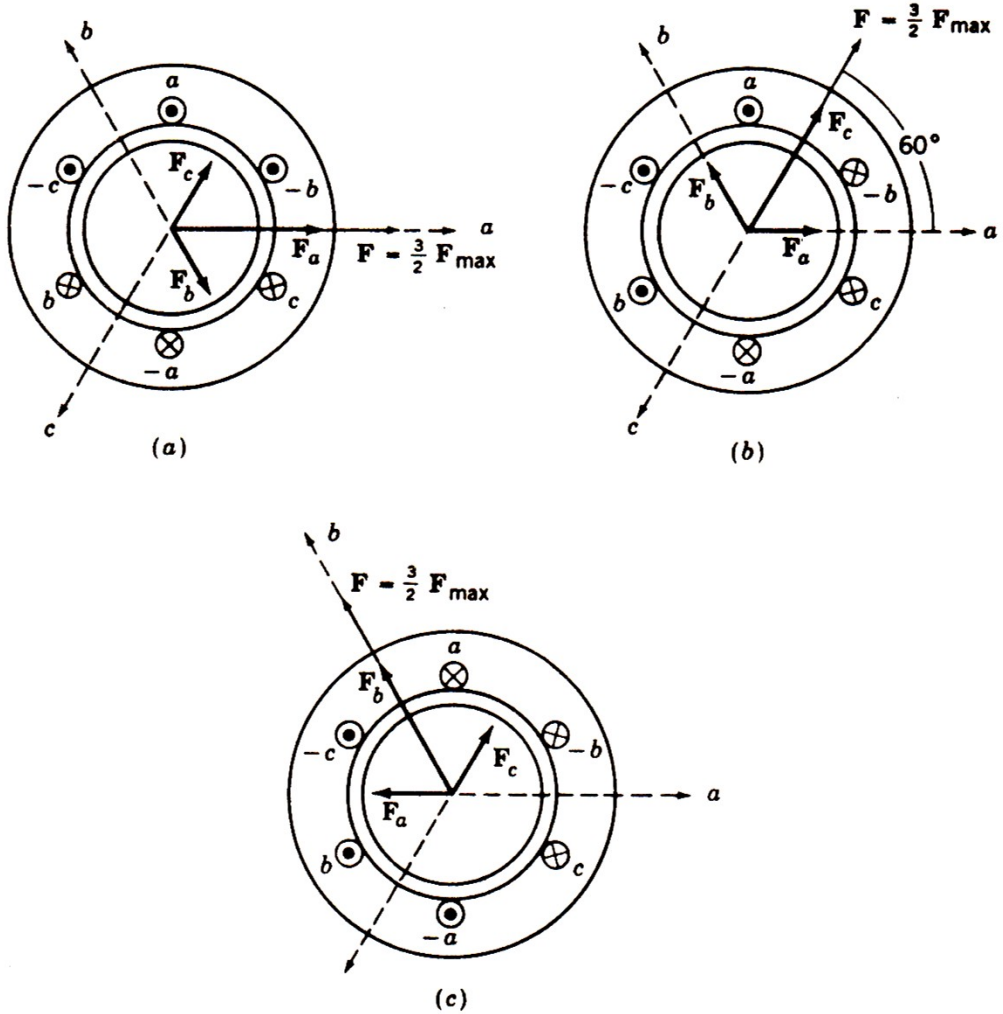
$$i_{cc'} = I_m \sin(\omega t - 240^\circ) \rightarrow B_{cc'} = B_m \sin(\omega t - 240^\circ) \angle 240 \quad \rightarrow B_{cc'} = \frac{\sqrt{3}}{2} B_m \angle 240^\circ$$

$$\vec{B}_{net} = \vec{B}_{aa'} + \vec{B}_{bb'} + \vec{B}_{cc'}$$

$$\Rightarrow \vec{B}_{net} = 0 - \frac{\sqrt{3}}{2} B_m \angle 120^\circ + \frac{\sqrt{3}}{2} B_m \angle 240^\circ$$

$$\vec{B}_{net} = 0 - \frac{\sqrt{3}}{2} B_m (\cos 120^\circ + j \sin 120^\circ) + \frac{\sqrt{3}}{2} B_m (\cos 240^\circ + j \sin 240^\circ)$$

$$\boxed{\vec{B}_{net} = \frac{3}{2} B_m \angle -90^\circ}$$



شکل ۲۸-۳. شرح تولید یك میدان مغناطیسی گردان بوسیله جریانهای ۳ فاز.

تمرین : برآیند میدان ها را در یک ماشین سه فاز در لحظات

$\omega t = 150^\circ$ ، $\omega t = 210^\circ$ و $\omega t = 270^\circ$ بدست آورید.

اثبات نظریه میدان مغناطیسی دوار:

$$B_{aa'} = B_m \sin \omega t \angle 0 \rightarrow B_m \sin \omega t (\cos 0 \vec{x} + \sin 0 \vec{y})$$

$$\boxed{B_{aa'} = B_m \sin \omega t \ \vec{x}}$$

$$B_{bb'} = B_m \sin(\omega t - 120) \angle 120^\circ$$

$$\rightarrow B_m \sin(\omega t - 120^\circ)(\cos 120 \vec{x} + \sin 120 \vec{y})$$

یاد آوری $\longrightarrow$ $\mathrm{Sin}(\alpha \pm \beta)$

$$B_{bb'} = \left[B_m \sin \omega t . \cos 120^\circ - B_m \cos \omega t . \sin 120^\circ\right] \times (-\frac{1}{2}\vec{x} + \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{y})$$

$$B_{bb'} = \frac{1}{4} B_m \sin \omega t \ \vec{x} - \frac{3}{4} B_m \cos \omega t \vec{y}$$

$$B_{cc'} = B_m \sin(\omega t - 240^\circ) \angle 240^\circ$$

$$= \left[B_m \sin \omega t . \cos 240^\circ - B_m \cos \omega t . \sin 240^\circ \right] (\cos 240 \vec{x} + \sin 240 \vec{y})$$

$$B_{cc'} = -\frac{1}{2} B_m \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} B_m \cos \omega t (-\frac{1}{2} \vec{x} - \frac{\sqrt{3}}{2} \vec{y})$$

$$B_{cc'} = \frac{1}{4} B_m \sin \omega t \vec{x} - \frac{3}{4} B_m \cos \omega t \vec{y}$$

$$B_{net} = B_{aa'} + B_{bb'} + B_{cc'}$$

$$B_{aa'} = B_m \sin \omega t \, \vec{x}$$

$$B_{bb'} = \frac{1}{4} B_m \sin \omega t \, \vec{x} - \frac{3}{4} B_m \cos \omega t \vec{y}$$

$$B_{cc'} = \frac{1}{4} B_m \sin \omega t \vec{x} - \frac{3}{4} B_m \cos \omega t \vec{y}$$

$$B_{net} = \frac{3}{2} B_m \sin \omega t \vec{x} - \frac{3}{2} B_m \cos \omega t \vec{y}$$

$$B_{net} = \frac{3}{2} B_m (\sin \omega t \vec{x} - \cos \omega t \vec{y})$$

نکته: برآیند میدانهای موجود در ماشین سه فاز ۵/۱ برابرمیدان ماکزیمم است.

$$(\frac{3}{2}B_m)$$

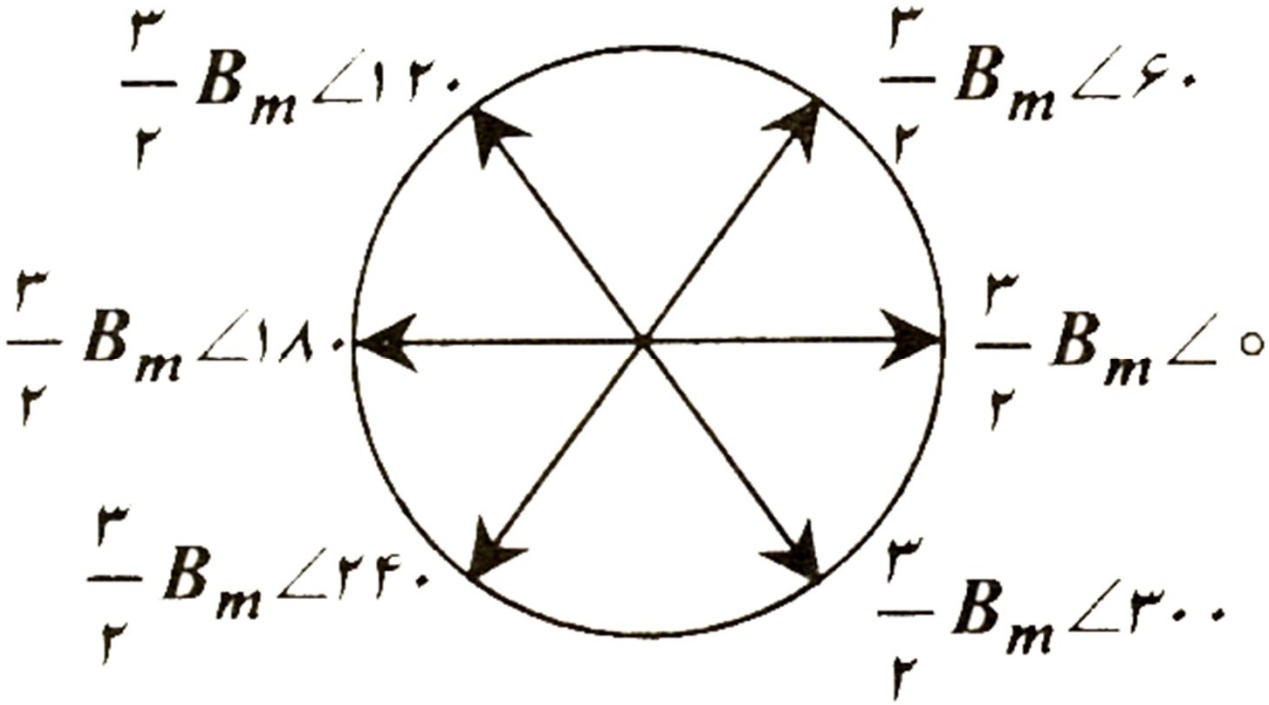
نکته : علامت منفی داخل پرانتز نشان دهنده چرخش میدان در جهت خلاف عقربه های ساعت می باشد.

تمرین : از معادله فوق میدان برایند را در

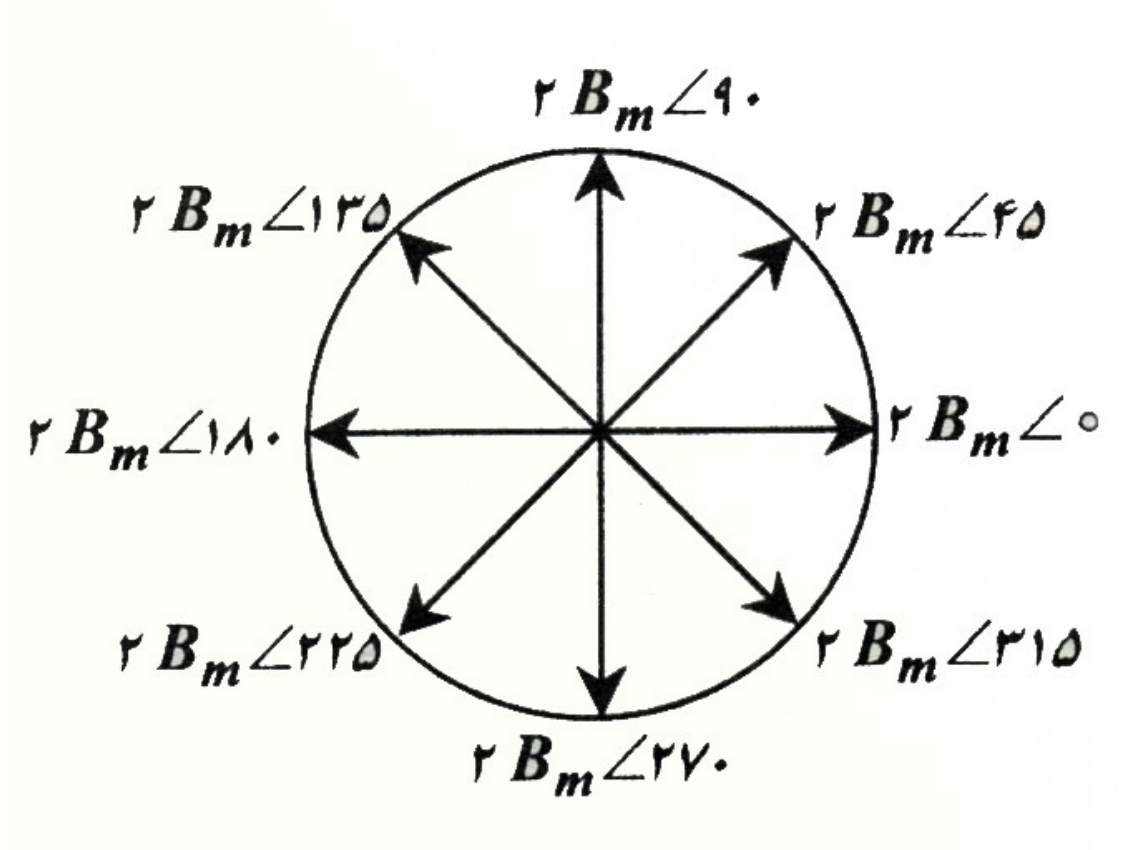
$\omega t = 90^{\circ}$ $\omega t = 150^{\circ}$

$\omega t = 210^{\circ}$ $\omega t = 270^{\circ}$

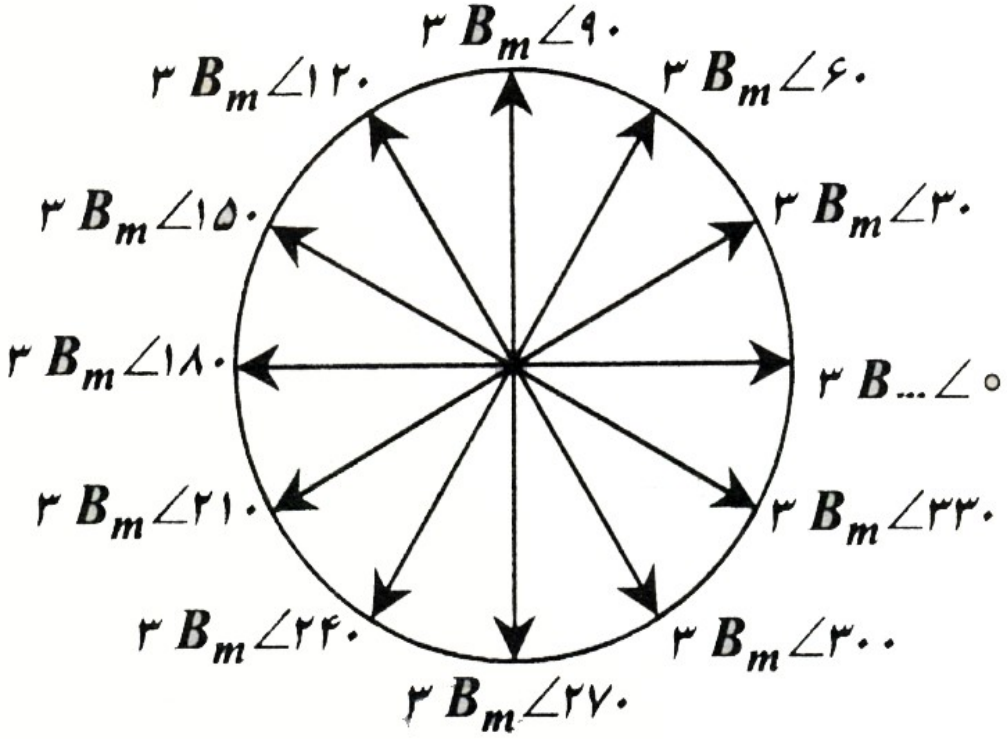
بدست آورید .



الف)چگالی میدان سیستم ۳ فاز:



ب)چگالی میدان سیستم ۴ فاز



ج)چگالی میدان سیستم ۶ فاز

چگالی میدان منتجه در یک سیستم m فاز:

$$B_{eq} = \frac{m}{2} B_m \angle \theta$$

نکته:

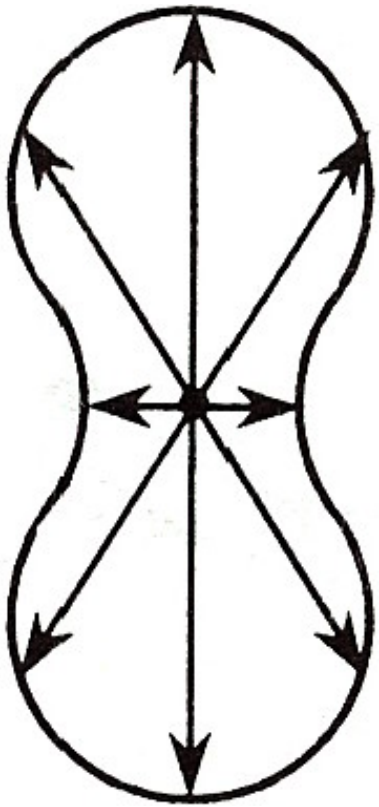
تعداد فازها بیشتر← دامنه بیشتر← ضربان چگالی میدان کمتر

← میدان دوار متقارن تر ← لرزش وسروصدای کمتر

نکته:

هر عاملی که سبب بر هم خوردن تعادل سیستم شود موجب می شود میدان دوار از حالت تقارن خارج شود.

الف) شکل میدان دوار در صورتی که یکی از فازها قطع شده باشد:



تغییرجهت گردش میدان دوار:

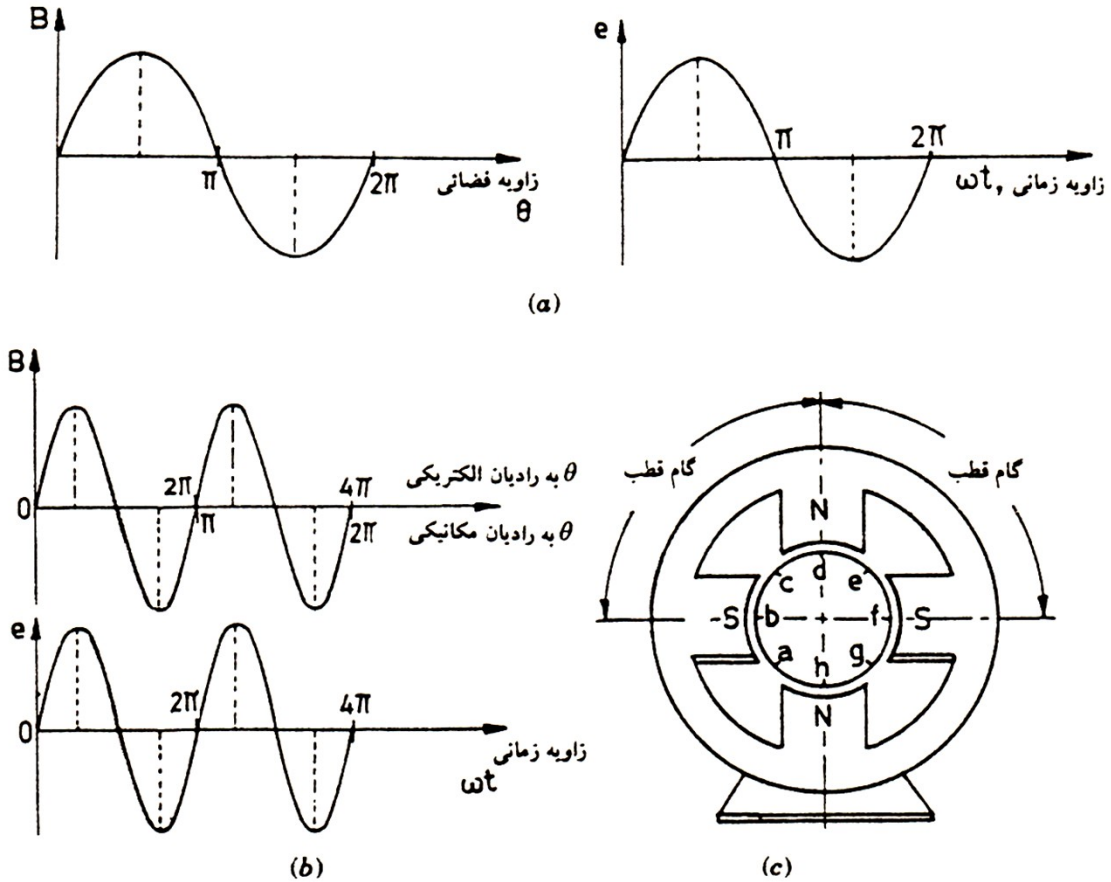
جای دو فاز ازلحاظ اختلاف زمانی عوض می شود:

$$B_{aa'} = B_m \sin \omega t \angle 0$$

$$B_{bb'} = B_m \sin(\omega t - 240^\circ) \angle 120^\circ \Rightarrow B_{cc'} = B_m \sin(\omega t - 120^\circ) \angle 240^\circ$$

$$B_{net} = \frac{3}{2} B_m (\sin \omega t \vec{x} + \cos \omega t \vec{y})$$

رابطه بین فرکانس الکتریکی وسرعت میدان دوار:



شکل ۱۱-۳ تغییرات چگالی شار بر حسب زاویه فضائی θ و تغییرات e.m.f متناظر بر حسب زاویه زمانی ωt

ماشین دو قطب:

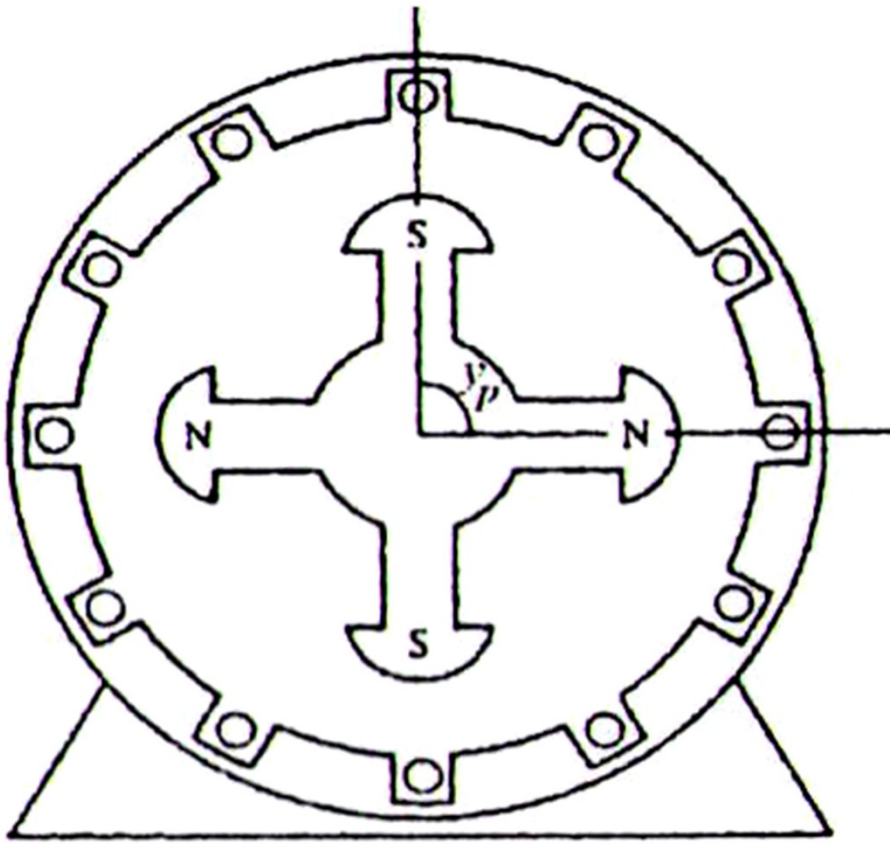
$$f_e = f_m$$

اگرجفت قطب ها را p فرض کنیم $f_e = pf_m$

داریم:

$$f_m = \frac{n_m}{60} \qquad f_e = \frac{p.n_m}{60}$$

نکته: فاصله قطب ها همیشه برابر ۱۸۰ درجه الکتریکی است.



مکانیکی $y_p = 90^\circ$

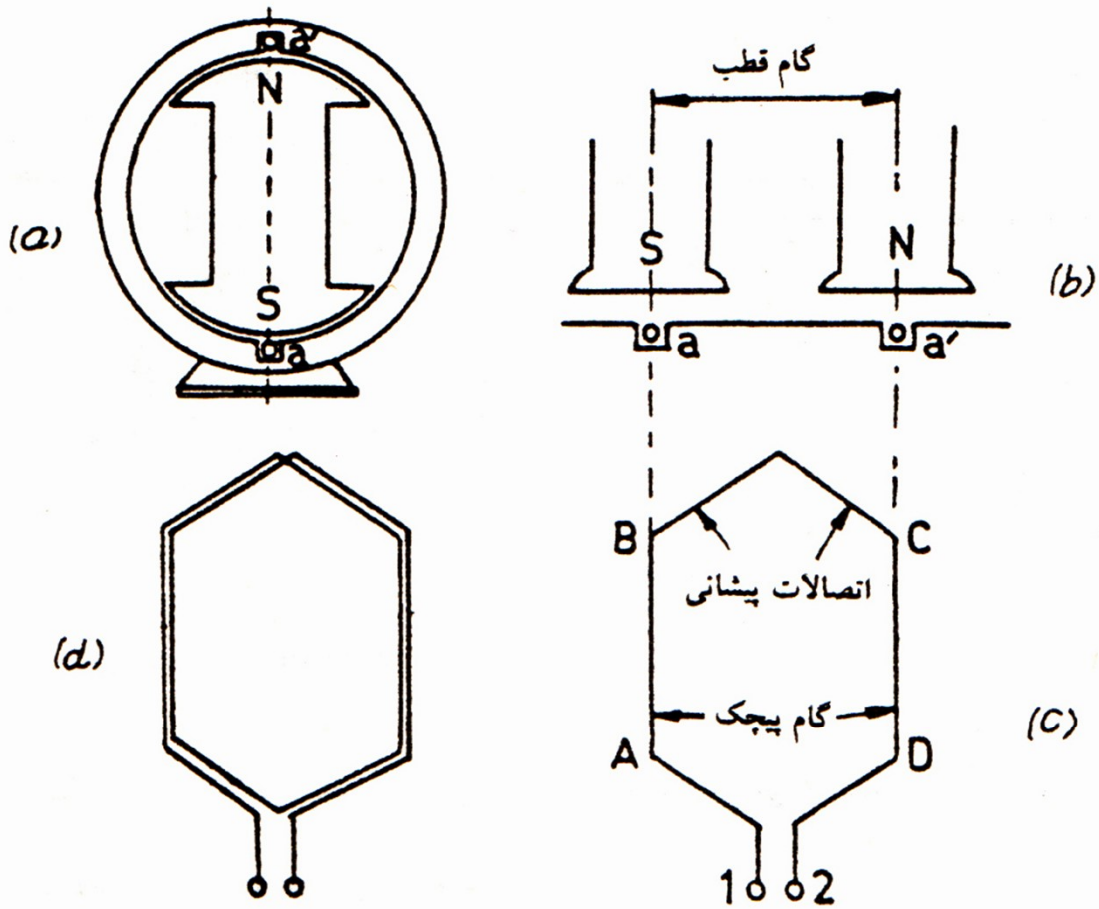
الکتریکی 180°

نکته:

به سرعت چرخش میدان دوار اصطلاحا سرعت سنکرون می گویند.

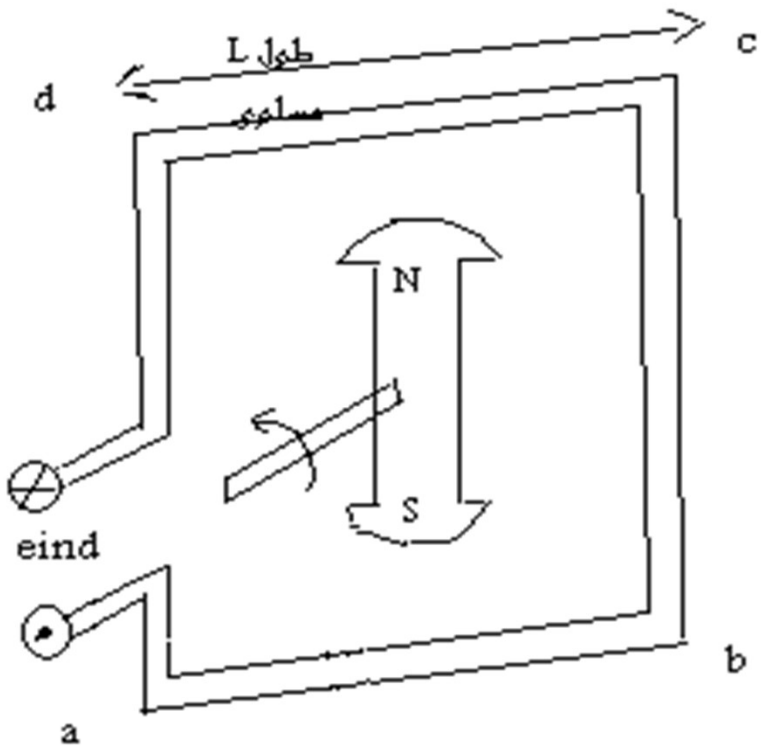
ولتاژ در ماشین جریان متناوب:

همانگونه که جریان های سه فا ز می توانند یک میدان مغناطیسی دوار ایجاد کنند میدان مغناطیسی دوارنیزمی تواند یک سیستم ولتاژسه فازدرسیم پیچ های استاتور القاء نماید.



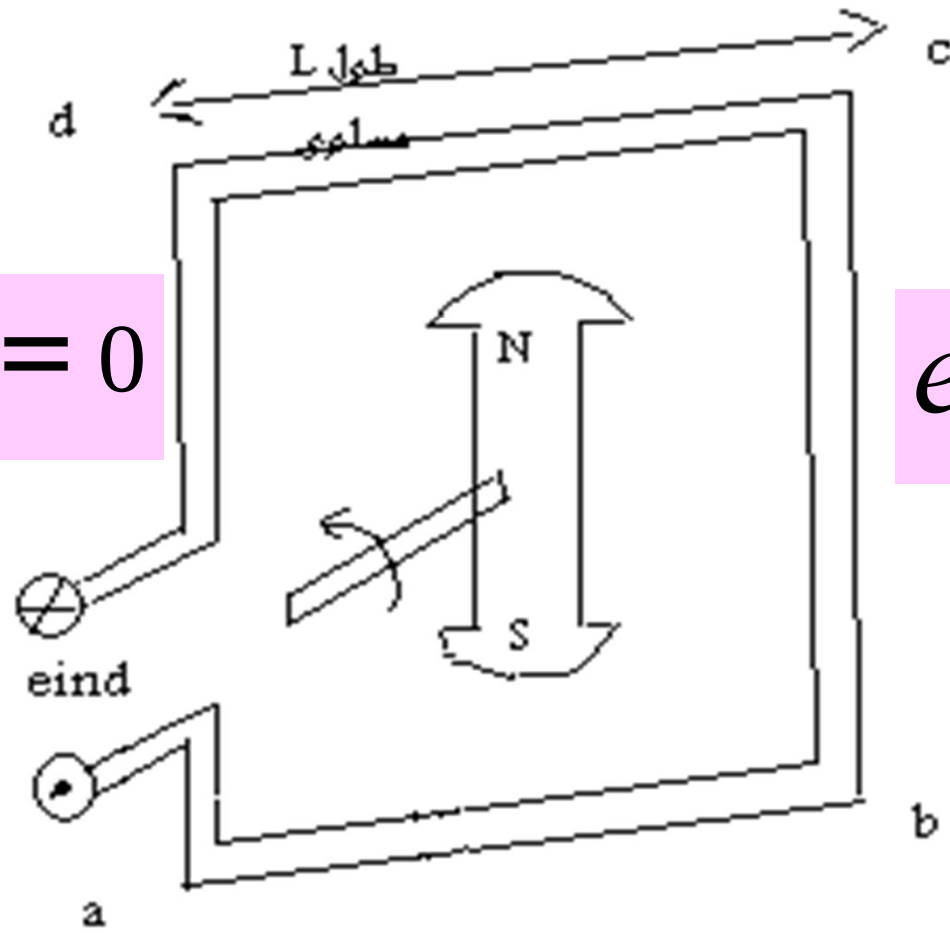
شکل ۱۲-۳ (a) ماشین دو قطب ساده با یک پیچک (b) نمای گسترده

(c) پیچک یکدوری (d) پیچک دو دوری


L طول
c
d
مساوي
N
S
eind
b
a

در ad وbc ولتاژالقا نمی شود:

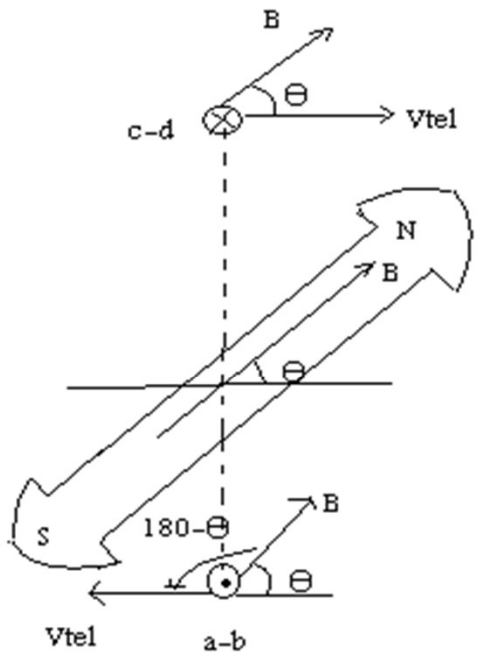
$e_{ad} = 0$



$e_{bc} = 0$

$$e_{ind} = \left(\vec{V}.\vec{B}\right)\vec{L}$$

$$e_{ind} = V.B.L\sin\theta$$



$$e_{ind} = e_{ab} + e_{dc} = V.B.L\sin(180 - \theta) + V.B.L\sin\theta$$

$$\sin(180 - \theta) = \sin\theta$$

$$\Rightarrow e_{ind} = 2VBL\sin\theta$$

$$V = r.\omega \quad \theta = \omega t$$

$$\Rightarrow e_{ind} = 2rL.\omega.B\sin\omega t \qquad 2rL = A$$

$$\Rightarrow e_{ind} = B.A.\omega.\sin\omega t \qquad B.A = \varphi$$

$$\Rightarrow e_{ind} = \varphi.\omega.\sin\omega t$$

اگر کلاف N دور باشد خواهیم داشت:

$$e_{ind} = N.\varphi.\omega.\sin\omega t$$

معادلات ولتاژ القایی:

$$e_{aa'} = N\varphi\omega \sin \omega t$$

$$e_{bb'} = N\varphi\omega \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_{cc'} = N\varphi\omega \sin(\omega t - 240^\circ)$$

مقدار ولتاژموثردر یک استاتور سه فاز:

دامنه ولتاژالقایی در هر فاز استاتور:

$$E_{\max} = N\varphi\omega$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\Rightarrow E_{\max} = 2\pi f N\varphi$$

ولتاژموثر:

$$E_{rms} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} N \varphi f = \sqrt{2}\pi N \varphi f = 4.44\ N \varphi f$$

$$E_{rms} = 4.44\ N \varphi f$$

دیده می شود رابطه ولتاژالقایی درهرسیم پیچی مانند رابطه ولتاژالقایی درترانسفورماتور است.

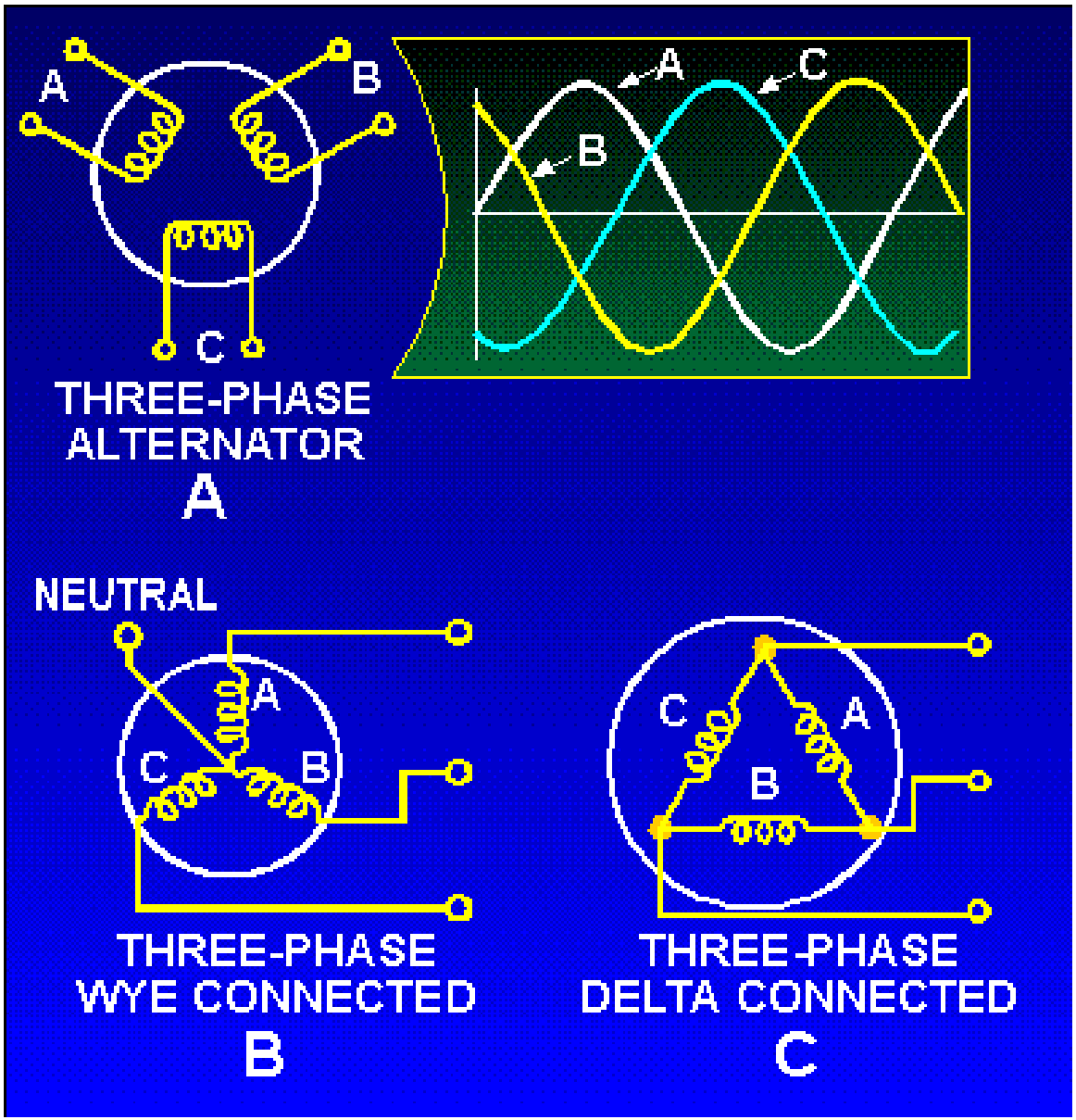
نکته:

رابطه فوق ولتاژ فازی هر سیم پیچ میباشد.

ولتاژ ترمینال بستگی به اتصال(ستاره یا مثلث)ماشین دارد.

$$e_l = e_{ph} \quad \Longrightarrow$$ اتصال مثلث

$$e_l = \sqrt{3} \times e_{ph} \quad \Longrightarrow$$ اتصال ستاره


A
B
C
A
C
B
THREE-PHASE
ALTERNATOR
A
NEUTRAL
A
C
B
THREE-PHASE
WYE CONNECTED
B
C
A
B
THREE-PHASE
DELTA CONNECTED
C

مثال:

اطلاعات زیرمربوط به یک مولد دو قطب ساده می باشد:
چگالی فوران روتور 0.2 T ، سرعت دوران محور۳۶۰۰ RPM
،قطر استاتور 0.5 m وطول هر شیار0.3 mتعداد دور کلاف ۱۵دور و اتصال آن ستاره می باشد.
مطلوبست:

الف) مقدار ولتاژموثر فازی

ب) ولتاژهای سه فاز مولد بصورت تابعی از زمان

ج) ولتاژموثردرترمینال مولد

الف) مقدار ولتاژموثر فازی

$$\varphi = B.A = B.(d.L) = B.(2r.L) = 0.2 \times 0.5 \times 0.3 = 0.03 wb$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 3600}{60} = 120\pi \ \ \frac{rad}{s}$$

$$E_{\max} = N.\varphi.\omega = 15 \times 0.03 \times 120\pi = 169.8 \ \ v$$

$$\boxed{E_{\max} = 169.8 \ \ v}$$

ب) ولتاژهای سه فازمولد بصورت تابعی از زمان

$$e_{aa'} = 169.8\sin 120\pi t$$

$$e_{bb'} = 169.8\sin(120\pi t - 120^\circ)$$

$$e_{cc'} = 169.8\sin(120\pi t - 240^\circ)$$

ج) ولتاژموثردرترمینال مولد

$$E_{rms} = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{169.8}{\sqrt{2}} = 120 \quad v$$

$$V_T = \sqrt{3}E_{rms} = \sqrt{3}\times 120 = 208V$$

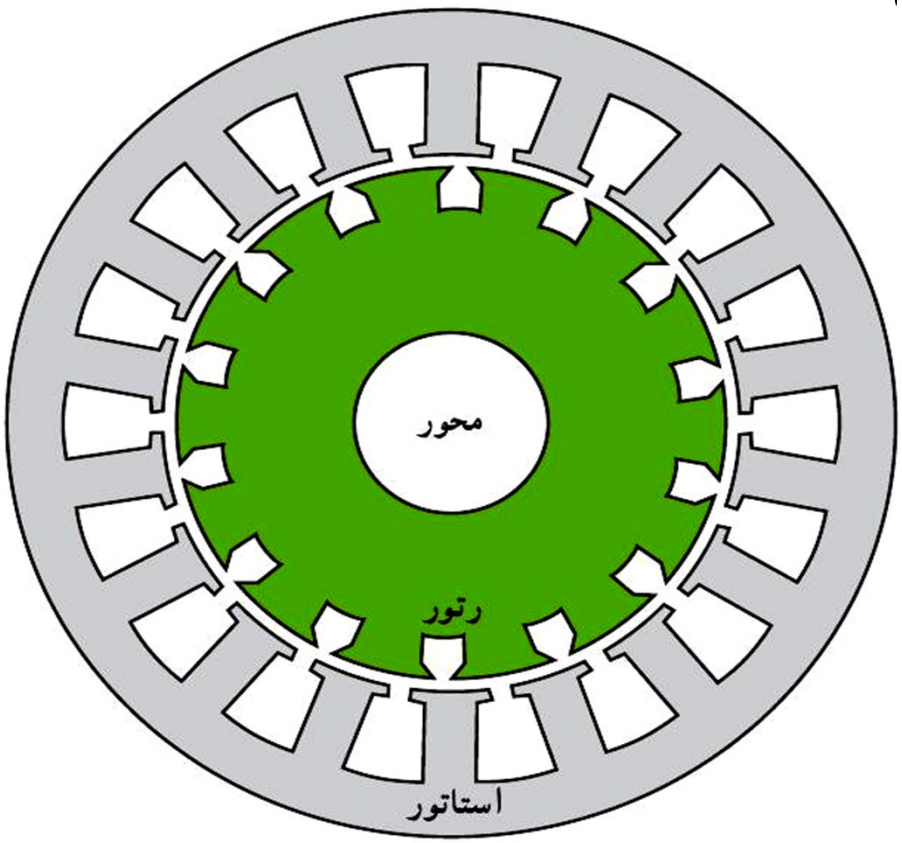
$$V_T = 208V$$

تحلیل هارمونیکها درماشینهای سه فازه:

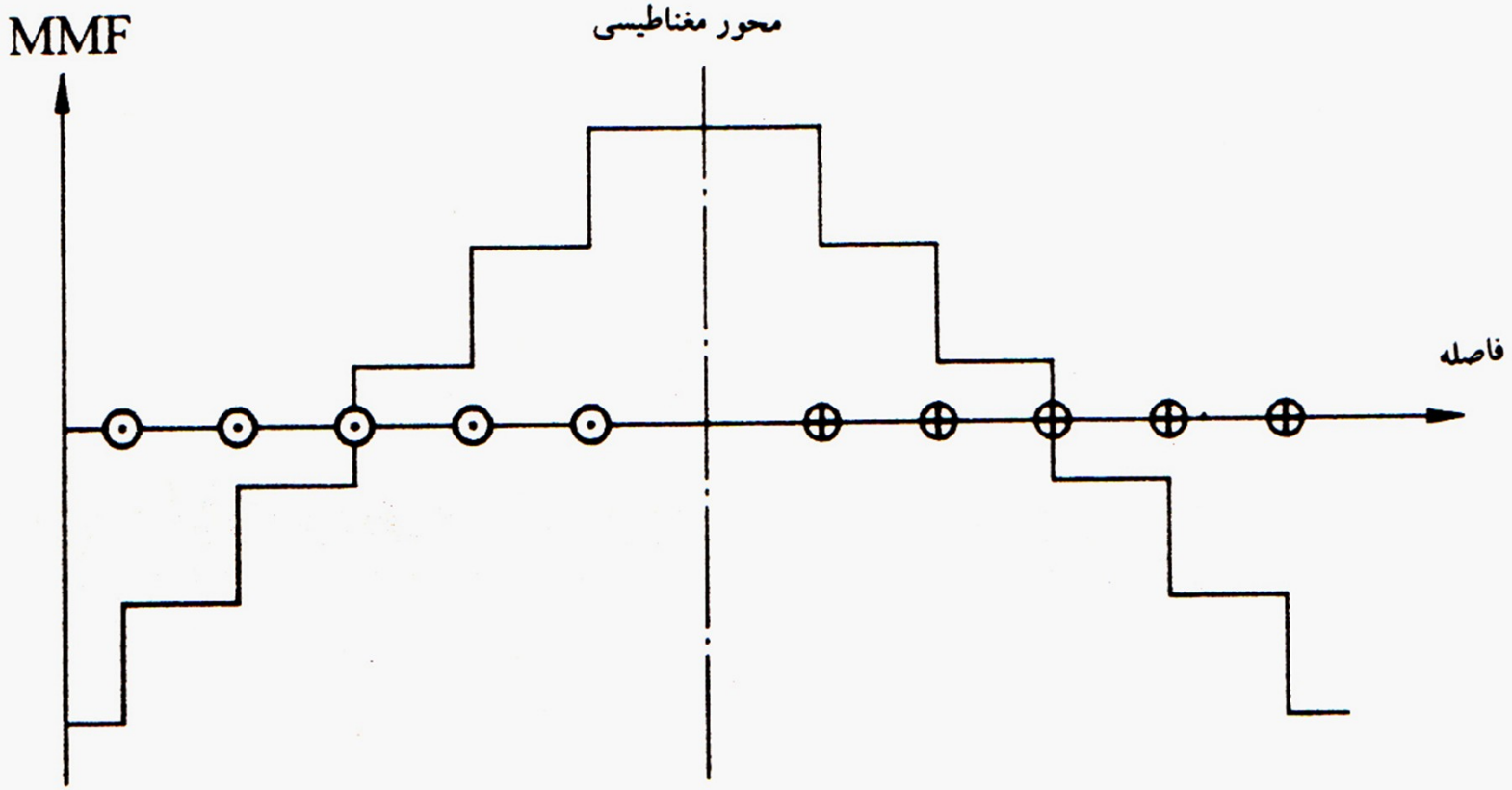
درماشین های سه فازولتاژالقایی شکل موج سینوسی ندارند زیرا:

۱- منحنی مغناطیسی ماشین غیرخطی است.

۲- به دلیل تغییرمقاومت مغناطیسی در فاصله هوایی بین روتور و استاتور، پرش آمپردور داریم.



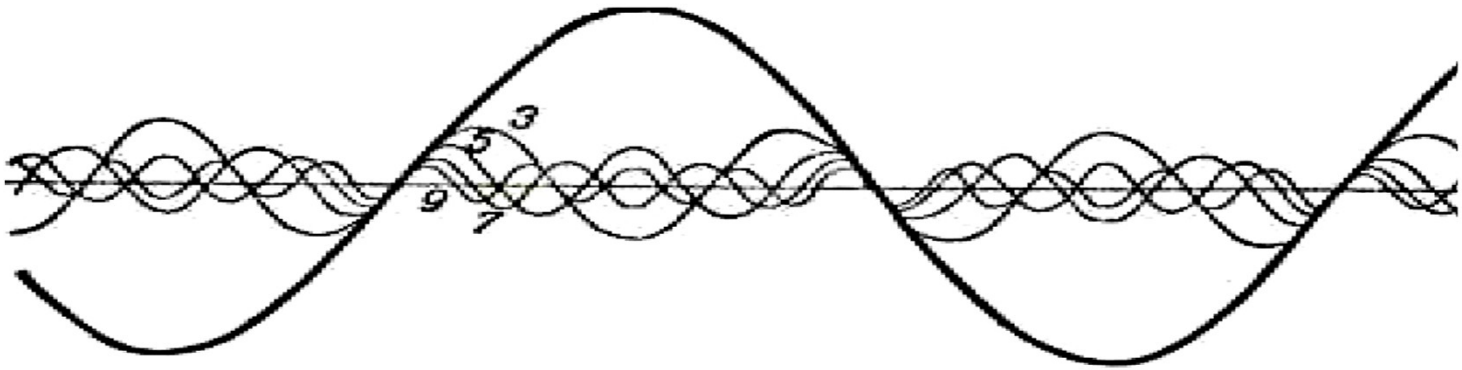
۳- دررابطه ولتاژالقایی برای هرفازیک کلاف درنظرگرفتیم درنتیجه ولتاژخروجی هیچگاه شکل موج سینوسی ندارد.

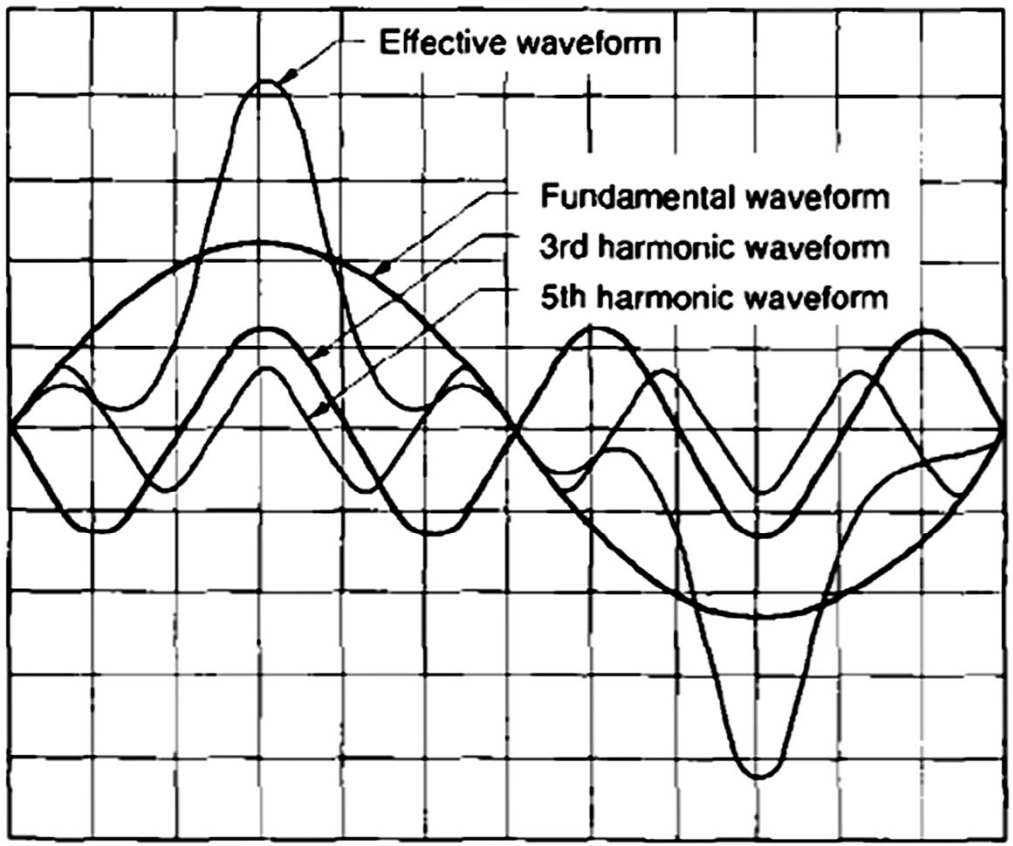


هرموج سینوسی تکرارشونده ازبی نهایت موج سینوسی تشکیل شده است.

شماره هارمونیک : n

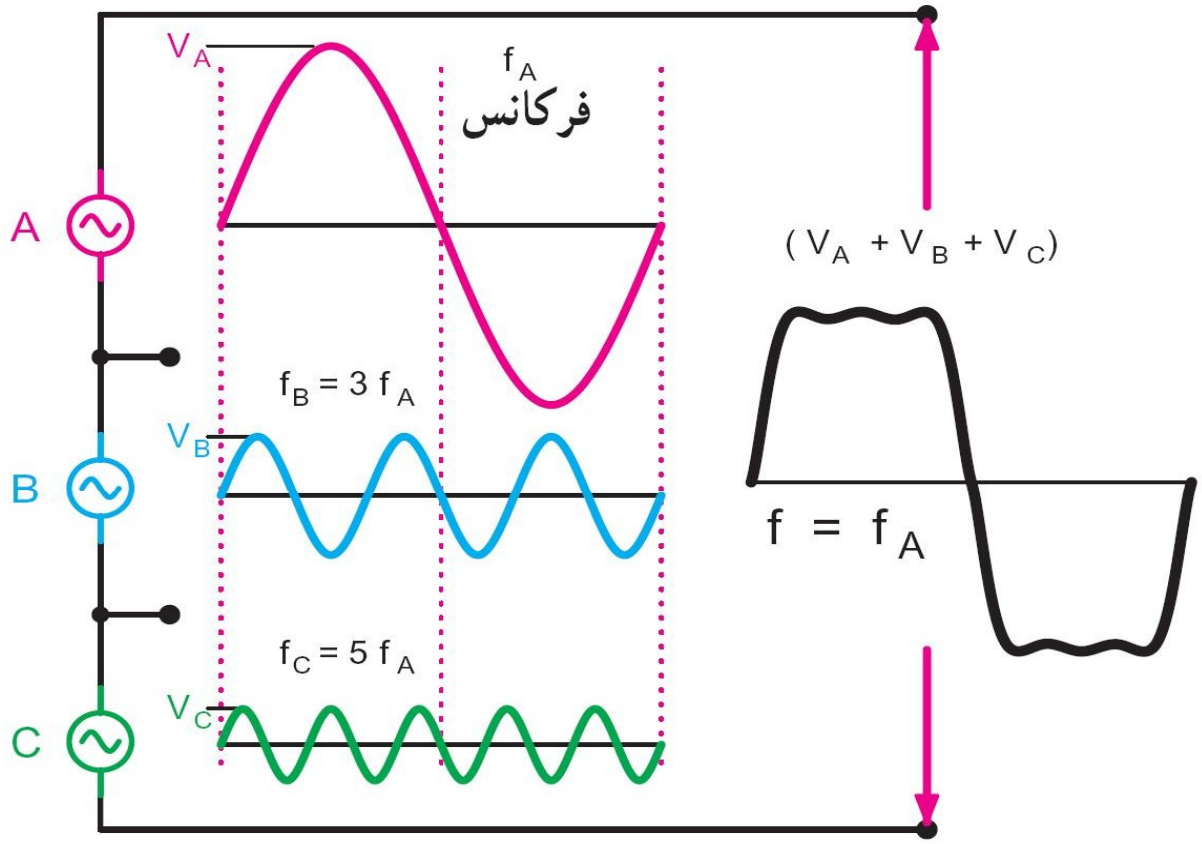
فرکانس آنها مضرب صحیحی از فرکانس موج اصلی است ودامنه آنها رفته رفته رو به کاهش است.



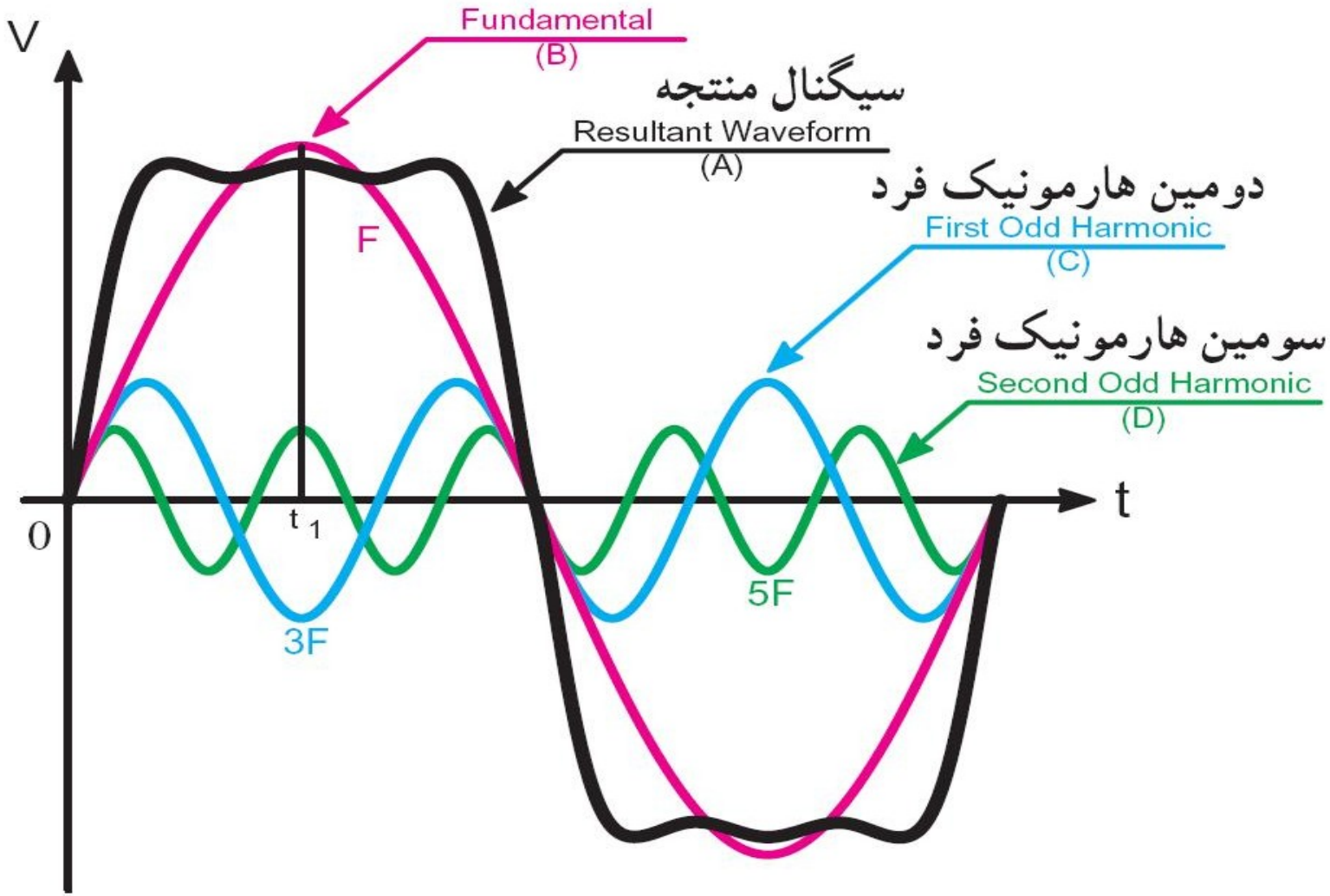


3rd harmonic in phase opposition with the fundamental wave
5th harmonic in phase with the fundamental wave

Figure 23.7 Effective amplitude of a particular waveform with third and fifth harmonics



شکل ۲۱ــ۱ــ هارمونیک اول، سوم و پنجم و مجموع آن‌ها


V
Fundamental
(B)
سیگنال منتجه
Resultant Waveform
(A)
دومین هارمونیک فرد
First Odd Harmonic
(C)
سومین هارمونیک فرد
Second Odd Harmonic
(D)
F
t
0
t 1
3F
5F

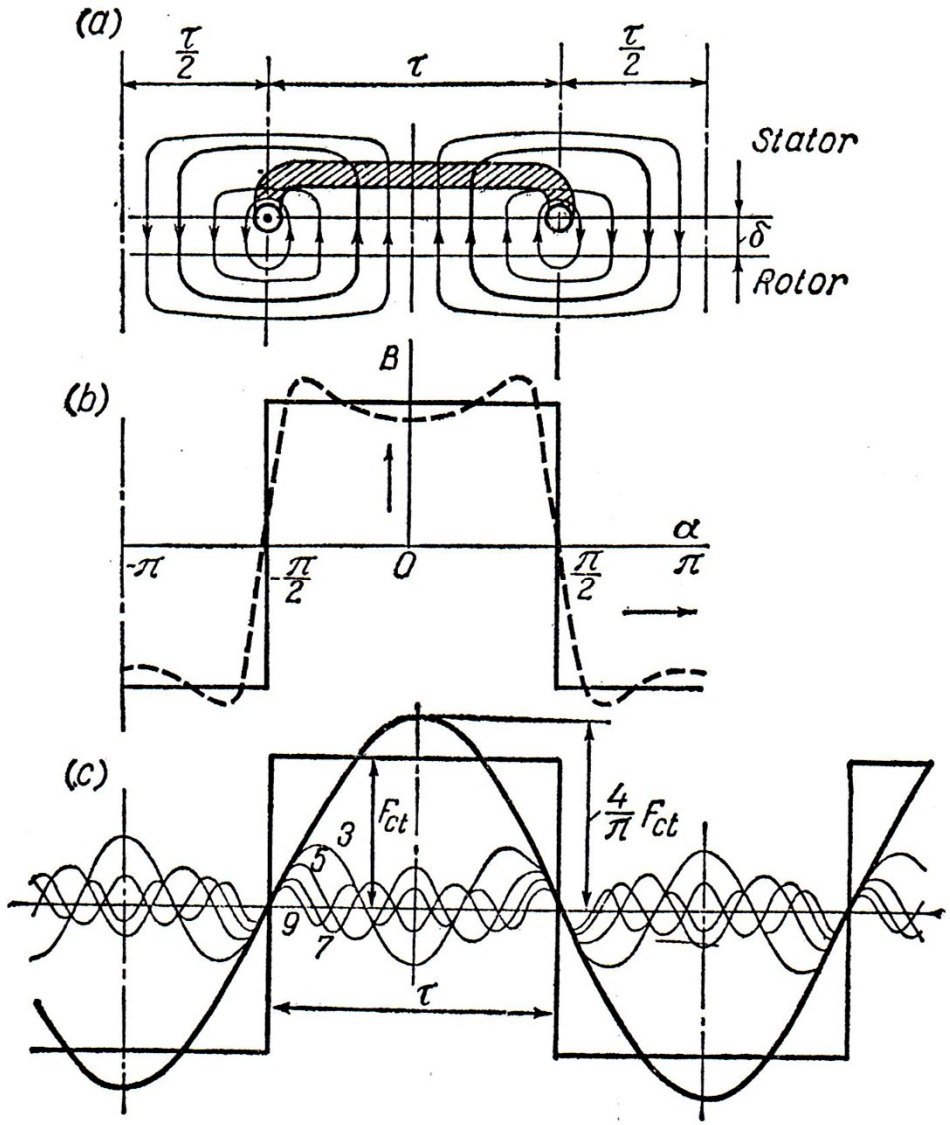
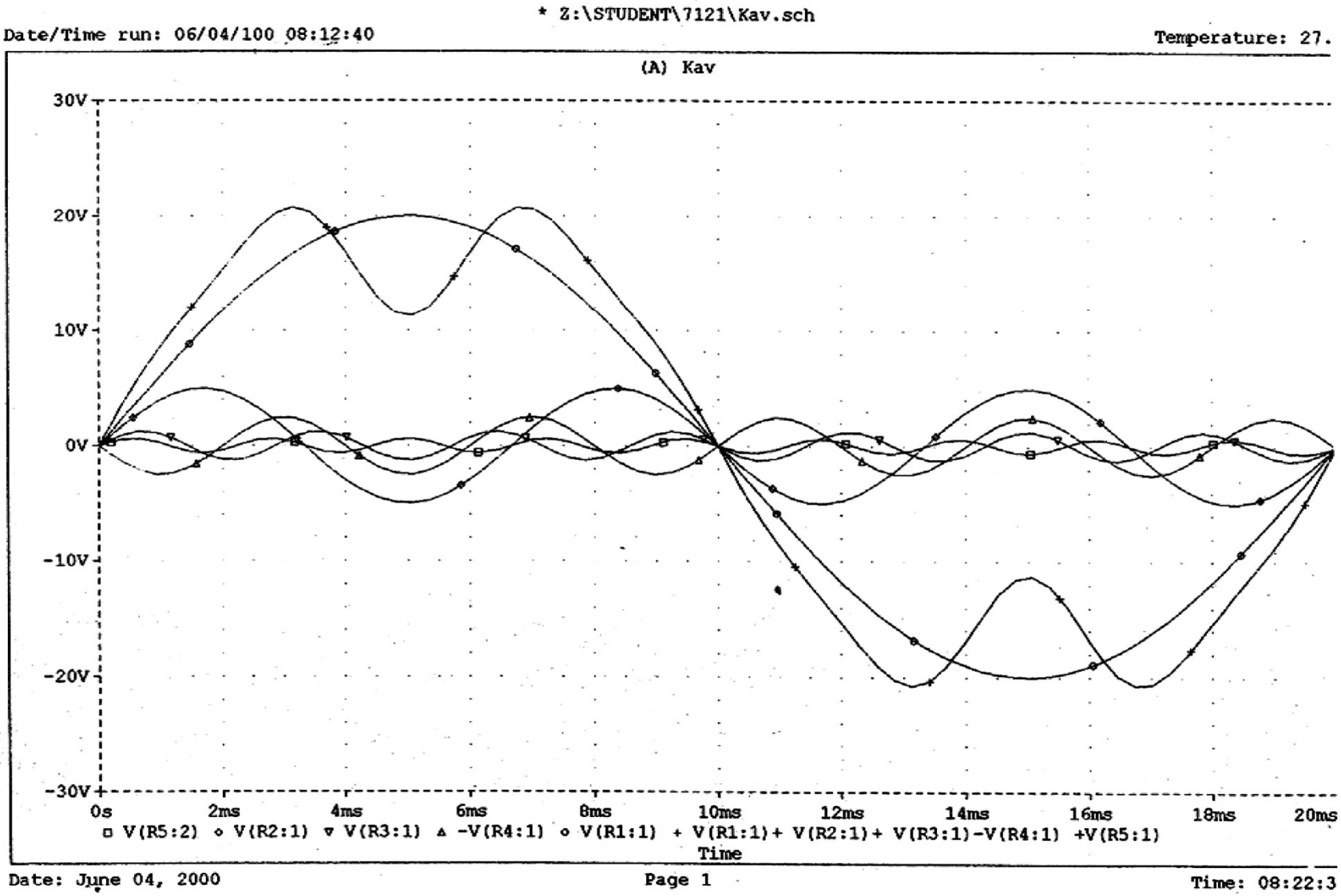
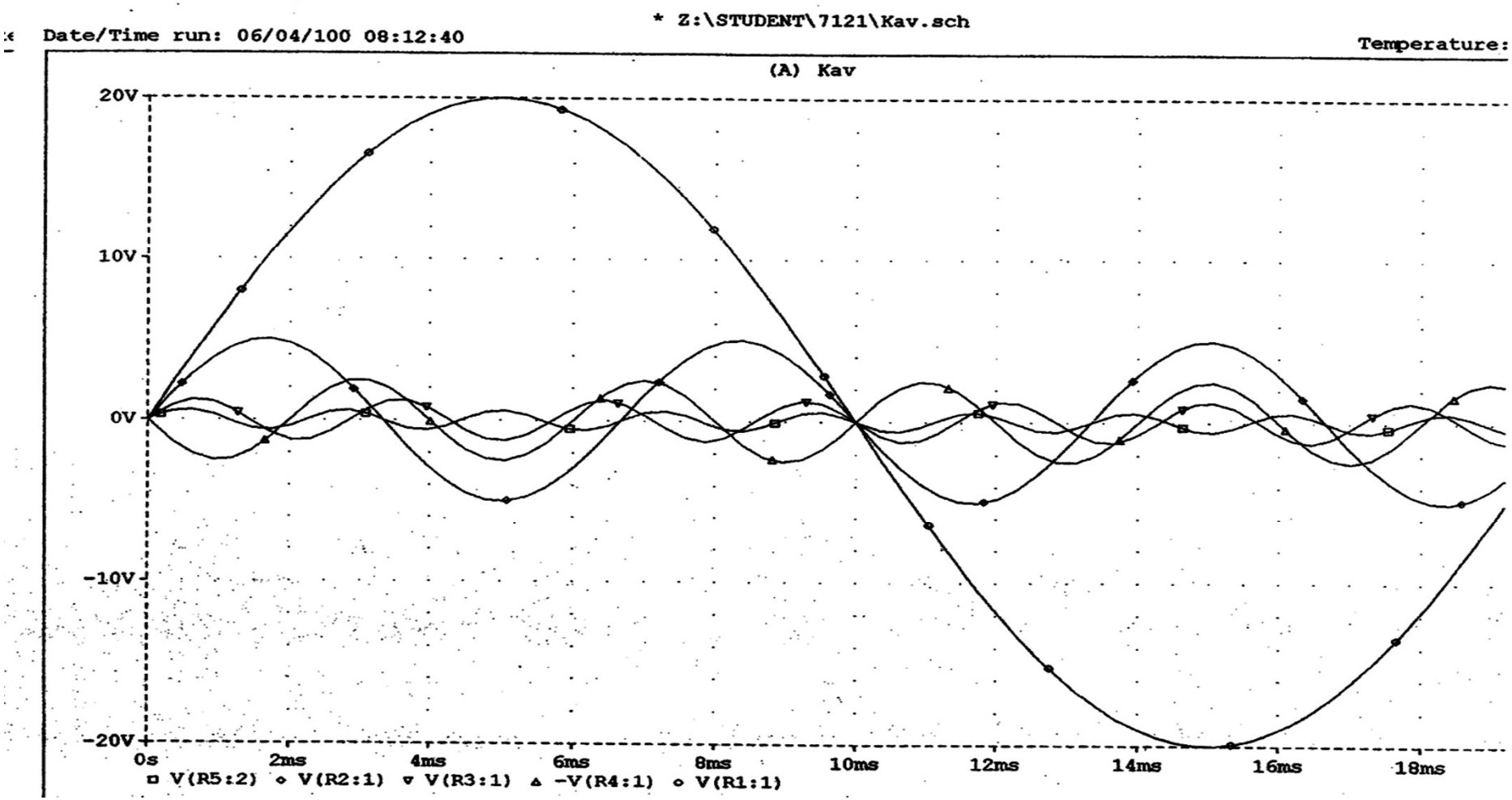


Fig. 4-6. Magnetic field in a gap created by a full-pitch coil


* Z:\STUDENT\7121\Kav.sch
Date/Time run: 06/04/100 08:12:40
Temperature: 27.
(A) Kav
30V
20V
10V
0V
-10V
-20V
-30V
0s
2ms
4ms
6ms
8ms
10ms
12ms
14ms
16ms
18ms
20ms
V(R5:2) V(R2:1) V(R3:1) -V(R4:1) V(R1:1) V(R1:1)+V(R2:1)+V(R3:1)-V(R4:1) +V(R5:1)
Time
Date: June 04, 2000
Page 1
Time: 08:22:3


* Z:\STUDENT\7121\Kav.sch
Date/Time run: 06/04/100 08:12:40
Temperature:
(A) Kav
20V
10V
0V
-10V
-20V
0s
2ms
4ms
6ms
8ms
10ms
12ms
14ms
16ms
18ms
V(R5:2) V(R2:1) V(R3:1) -V(R4:1) V(R1:1)

معادلات ولتاژهارمونیک ها:

فرکانس هارمونیک nام n برابر هارمومنیک اصلی است .

$$E_{aa'_n} = E_{m_n} \sin n\omega t$$

$$E_{bb'_n} = E_{m_n} \sin n(\omega t - 120^\circ)$$

$$E_{cc_n} = E_{m_n} \sin n(\omega t - 240^\circ)$$

حذف هارمونیک ها درماشین های الکتریکی جریان متناوب :

۱-هارمونیک های زوج به دلیل تقارن نیم موج حذف می شوند.

۲-هارمونیک های ۱۱ به بعد نیز به دلیل کم بودن دامنه آنها قابل صرف نظر کردن هستند.

مقابله با هارمونیک شماره ۳:

هارمونیک ۳ اولین هارمونیک مزاحم می باشد.

معادلات ولتاژهارمونیک شماره ۳:

$$E_{aa'3} = E_{m3} \sin 3\omega t$$

$$E_{bb'3} = E_{m3} \sin 3(\omega t - 120^\circ) = E_{m3} \sin(3\omega t - 360^\circ)$$

$$E_{cc'3} = E_{m3} \sin 3(\omega t - 240^\circ) = E_{m3} \sin(3\omega t - 720^\circ)$$

$$E_{aa'3} = E_{m3} \sin 3\omega t$$

$$E_{bb'3} = E_{m3} \sin 3(\omega t - 120^\circ) = E_{m3} \sin(3\omega t - 360^\circ)$$

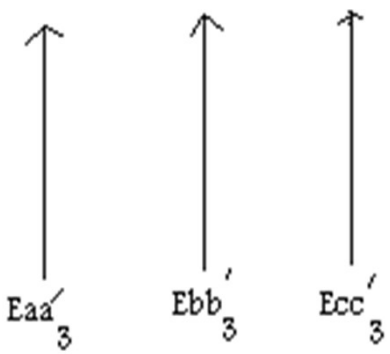
$$E_{cc'3} = E_{m3} \sin 3(\omega t - 240^\circ) = E_{m3} \sin(3\omega t - 720^\circ)$$

$$E_{aa'3} = E_{m3} \sin 3\omega t$$

$$E_{bb'3} = E_{m3} \sin 3\omega t$$

$$E_{cc'3} = E_{m3} \sin 3\omega t$$

نتیجه: هرسه موج هارمونیک ۳ همفاز هستند واز تولید میدان دوار عاجزند.



نتیجه: هرسه موج هارمونیک ۳ همفاز هستند و از تولید میدان دوار عاجزند.

هارمونیک های مضرب ۳ (....و۶,۹,۱۲,۱۵) نیزمانند هارمونیک سه هستند.

ویژگی های هارمونیک۳:

۱- ناتوانی در ایجاد میدان دوار

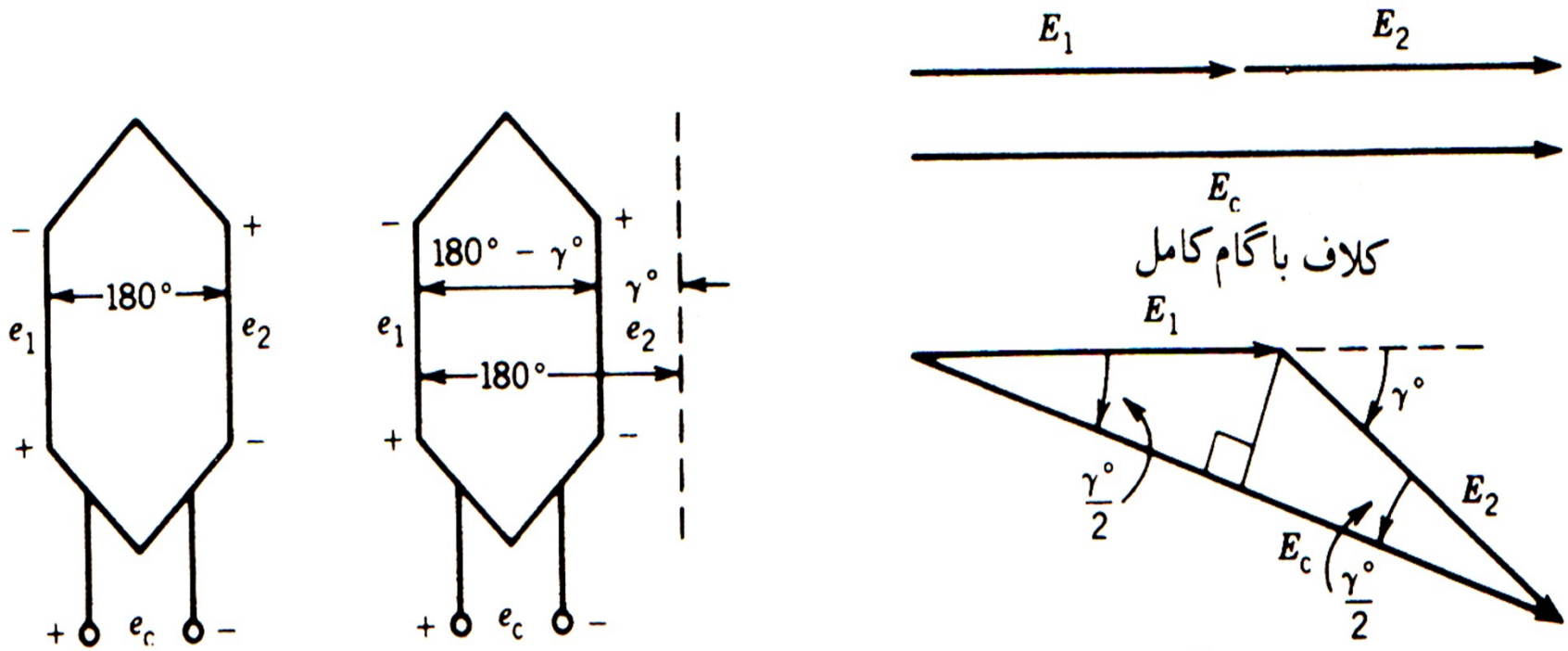
۲- ایجاد جریان خطرناک چرخشی در اتصال مثلث

مثال: اگر گام سیم بندی $\frac{4}{5}$ گام قطبی باشد ضریب کوتاهی گام برای هارمونیک پنجم را بدست آورید

جواب صفر است. تحلیل کنید

روش مقابله باهارمونیک ۵و۷
(هارمونیک های تسمه ای یا کمربندی):

مشکل هارمونیک ۵و۷ با گام کسری حل می شود
(کوتاه کردن گام سیم بندی)



شکل آ - ۶ ولتاژ کلاف در گام کامل و گام کسری (گام کوتاه)

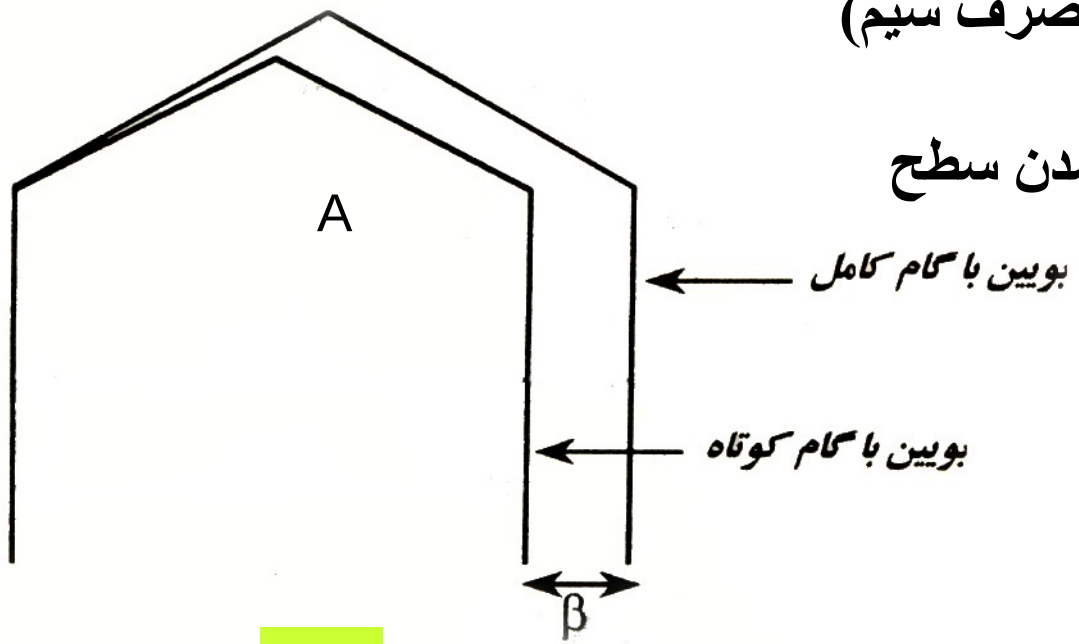
گام کسری:

مزایا :

- مقابله با هارمونیک
- کم شدن پیشانی کلاف (کاهش مصرف سیم)

معایب:

- کاهش ولتاژ القایی به دلیل کم شدن سطح



$$E\text{کم} \Rightarrow A\text{کم}$$

گام $\frac{1}{n}$ کاهش $\Leftarrow$ هارمونیک شماره n حذف

ضریب کوتاهی گام (kp):

گام سیم بندی بر حسب درجه مکانیکی: $\theta_m = y_z$

گام سیم بندی برحسب درجه الکتریکی: θ_e

$$K_{p\gamma} = \sin(\frac{n\theta_e}{2}) = \sin(\frac{n\ p\theta_m}{2})$$

n: شماره هارمونیک

$$\theta_e = p\theta_m$$

$$y_p = \frac{360^\circ}{2p}$$

$$\theta_m = (1-\frac{1}{n})y_p$$

مثال:

یک استاتورموتورسه فاز، دو قطب دارای سیم پیچ هایی با گام $\frac{5}{6}$ گام کامل است. ضریب کوتاهی گام برای هریک ازهارمونیک های موجود در سیم بندی این ماشین را حساب کنید.

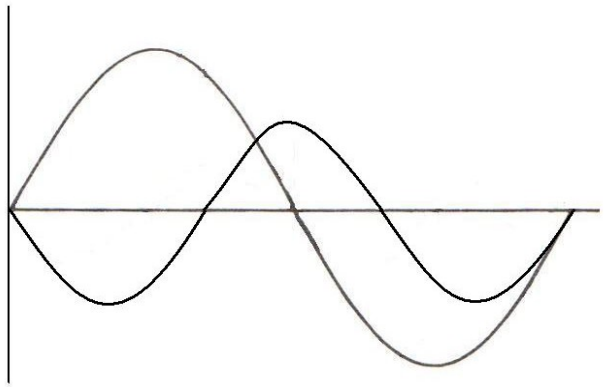
$$K_{pn} = \sin(\frac{np\theta_m}{2})$$

$$\theta_m = (1 - \frac{1}{n}) y_p = \frac{5}{6} \times 180^\circ = 150^\circ$$

$$y_p = \frac{360^\circ}{2p} = \frac{360^\circ}{2} = 180^\circ$$

موج اصلی $\Rightarrow K_{p1} = \sin\left(\frac{1 \times 1 \times 150^{\circ}}{2}\right) = 0.965$

$K_{P3} = \sin\left(\frac{3 \times 1 \times 150^{\circ}}{2}\right) = -0.707 \rightarrow$ نسبت به سیکل اصلی عکس شده است



$K_{p5} = \sin\left(\frac{5 \times 1 \times 150^{\circ}}{2}\right) = 0.259$

$K_{p7} = \sin\left(\frac{7 \times 1 \times 150^{\circ}}{2}\right) = 0.259$

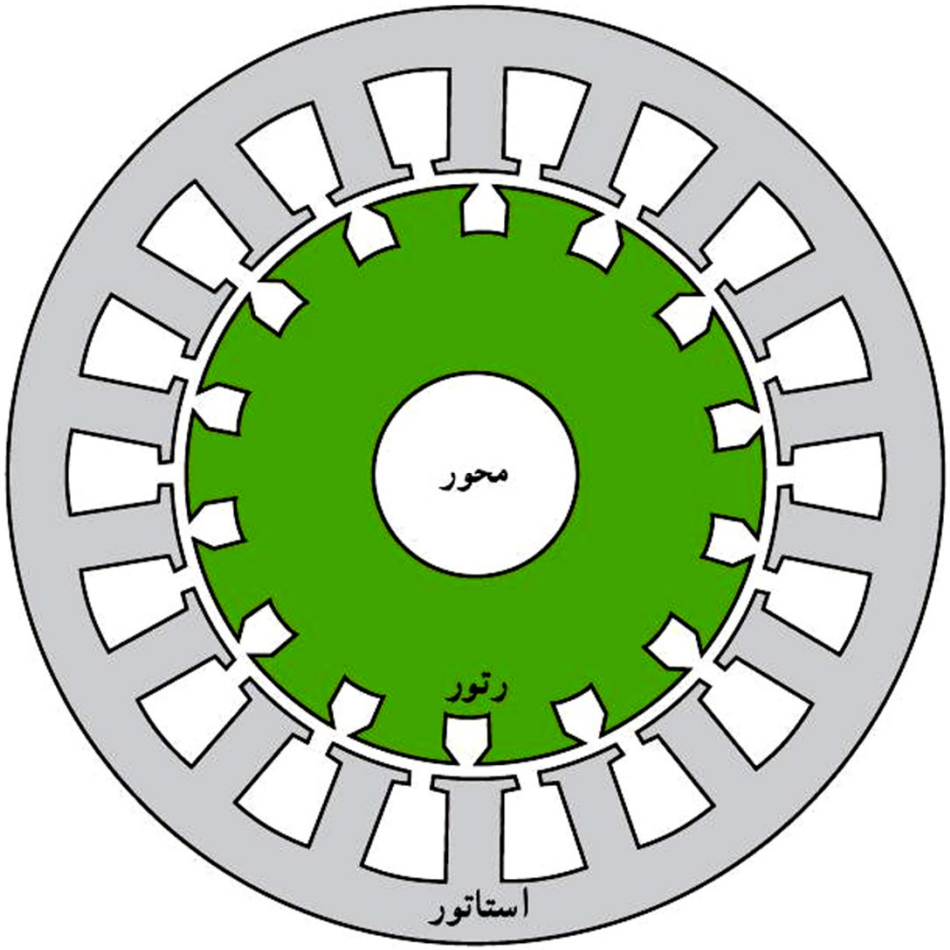
$K_{p9} = \sin\left(\frac{9 \times 1 \times 150^{\circ}}{2}\right) = -0.707$

ضریب پخش سیم بندی (kd):

$$K_d = \frac{kt'}{kt}$$

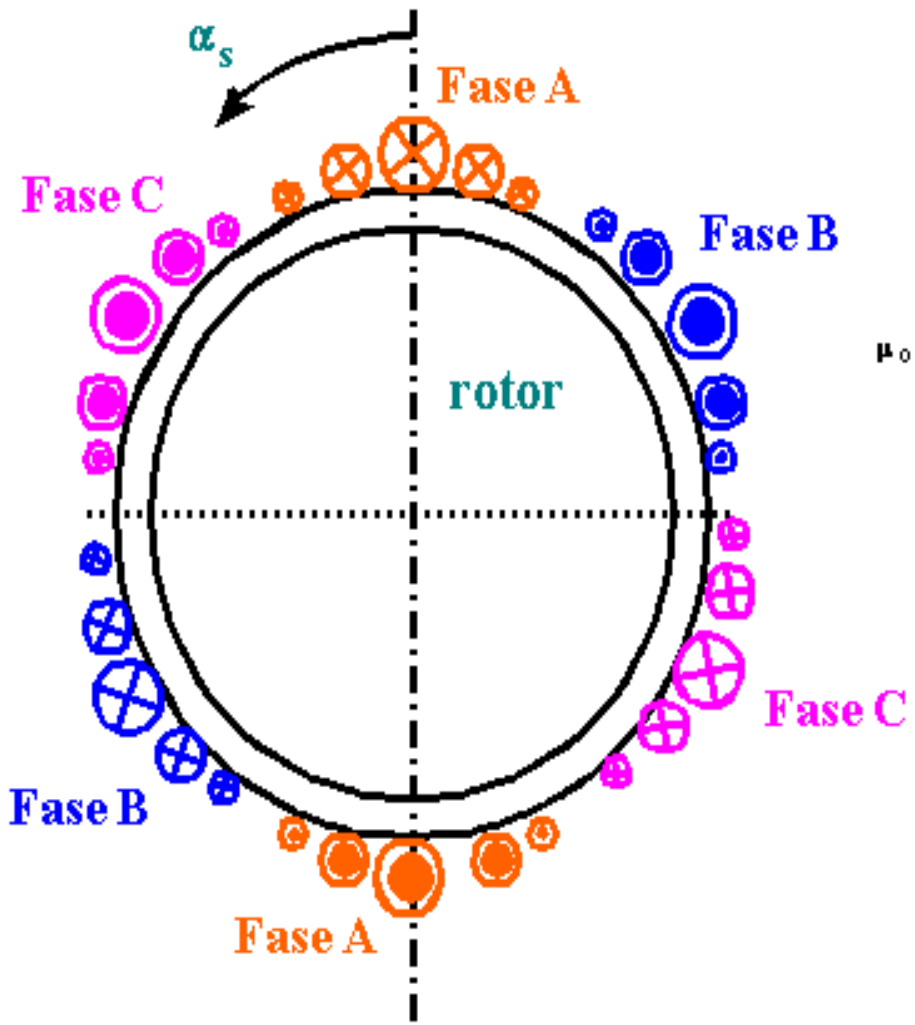
kt' ← ولتاژالقایی در گام کسری

kt ← ولتاژالقایی در گام کامل

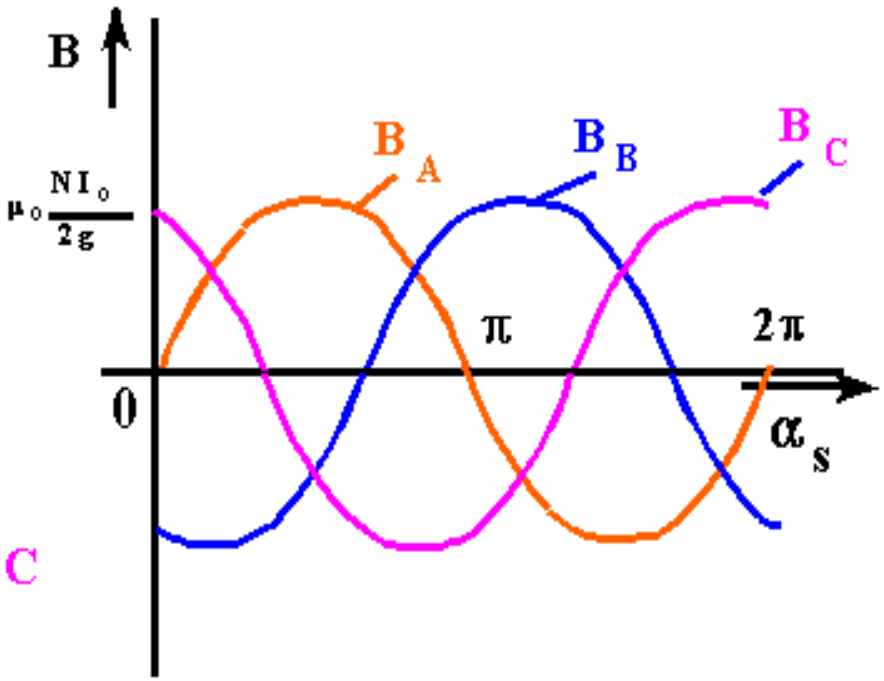

محور
رتور
استاتور

Drie-fasig draaiveld

a. Configuratie.

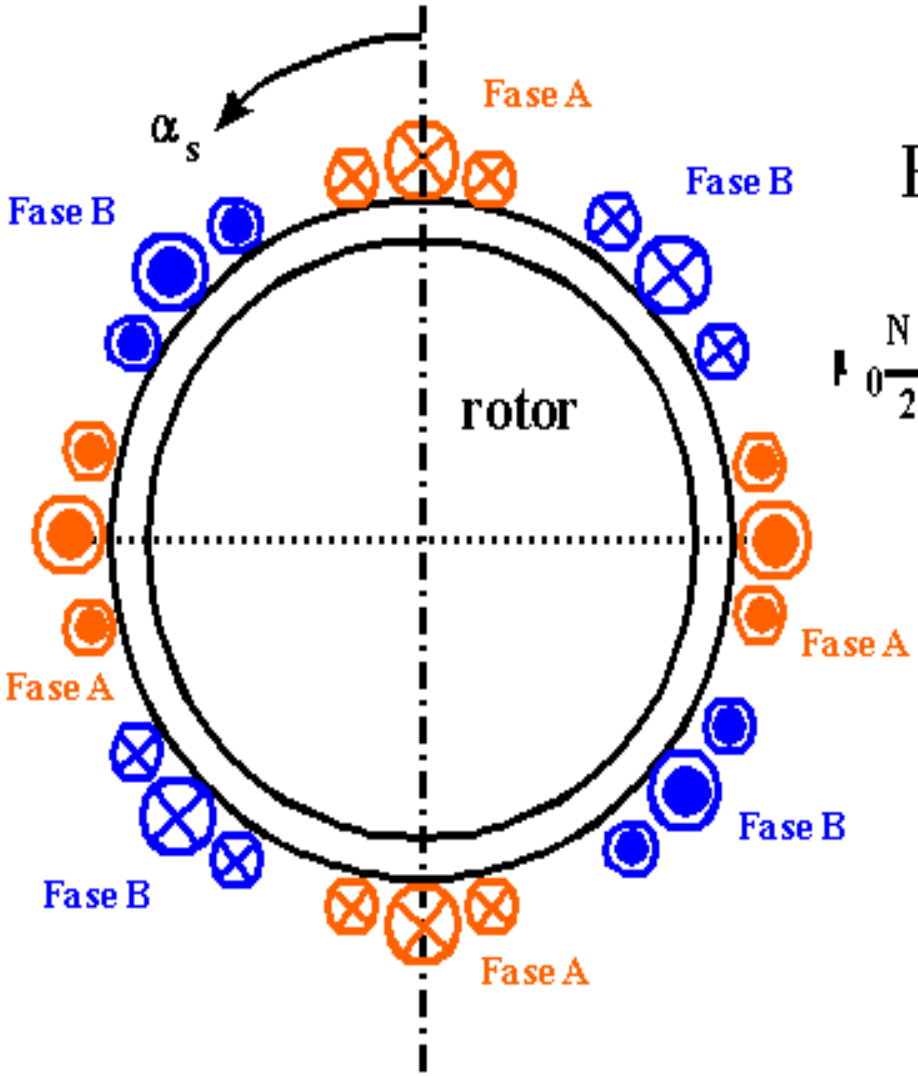


b. Veldverloop.

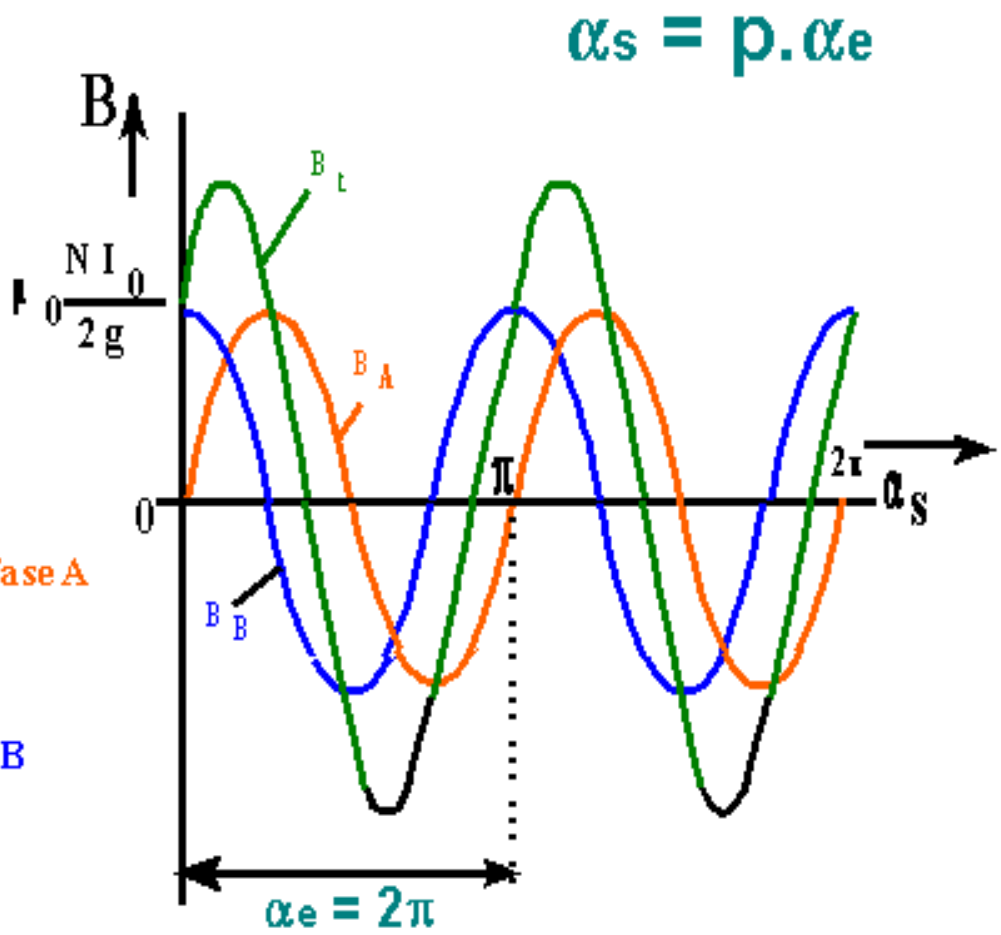


Vier-polig/2-fasig draaiveld

a. Configuratie.

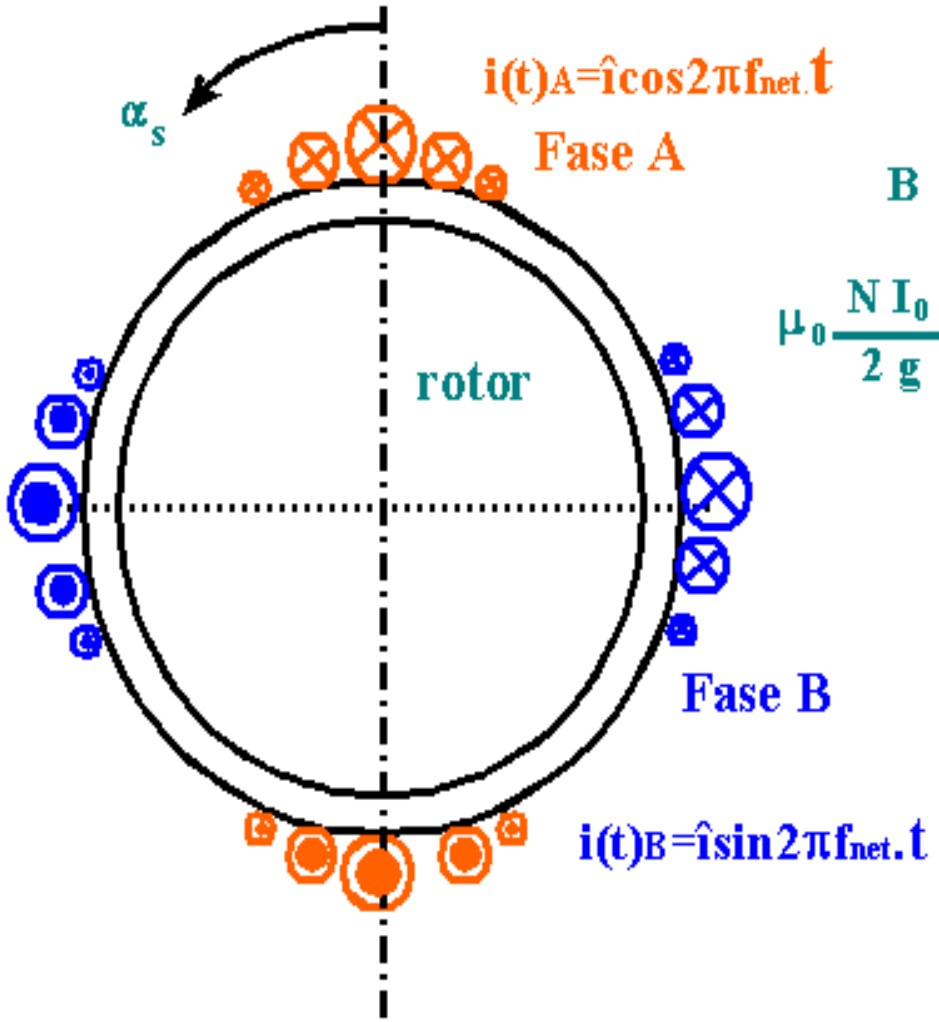


b. Veldverloop.

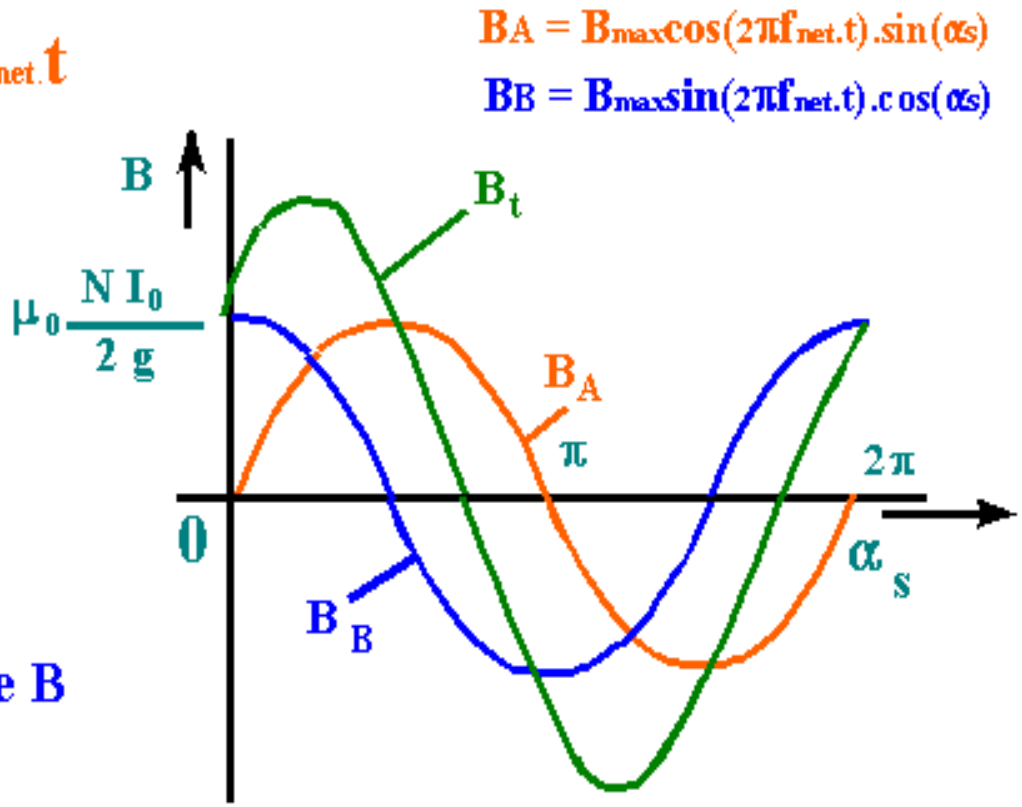


Twee-fasig draaiveld

a. Configuratie.



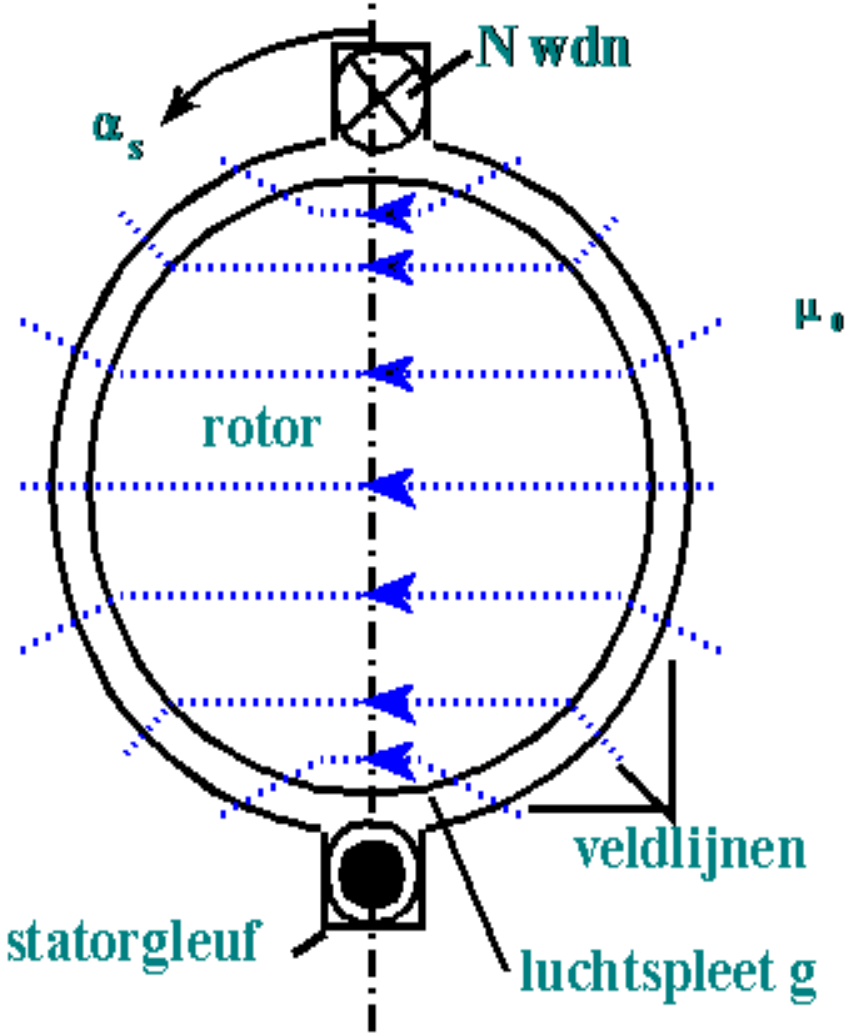
b. Veldverloop.



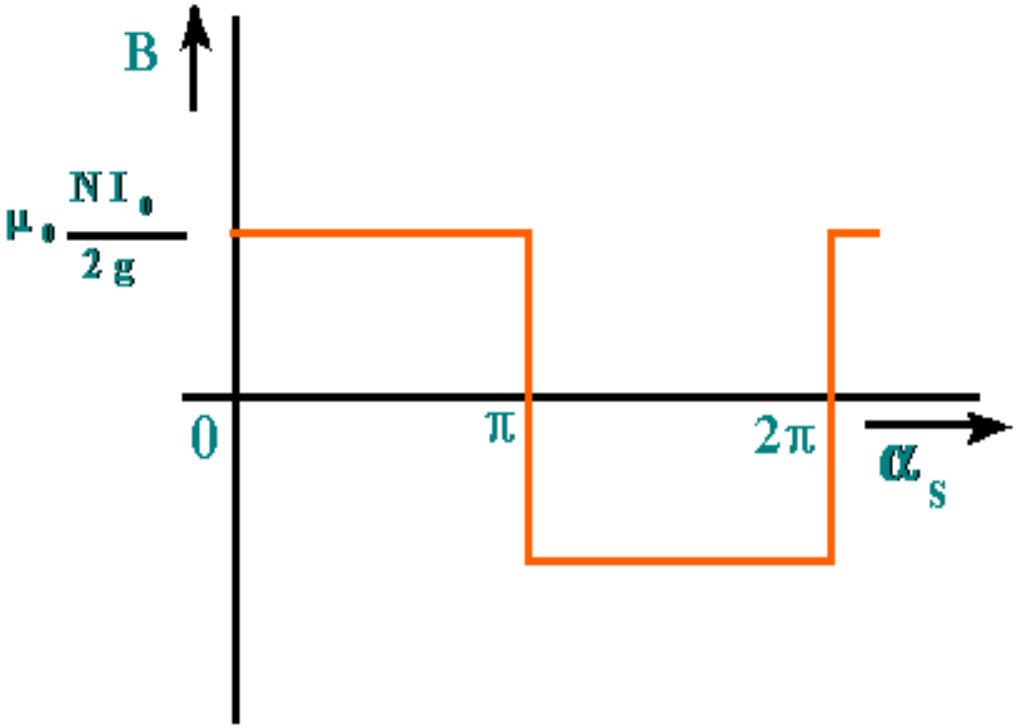
$$B_t = B_{max}\sin(2\pi f_{net}.t - \alpha s)$$

Geconcentreerde wikkeling

a. Configuratie.

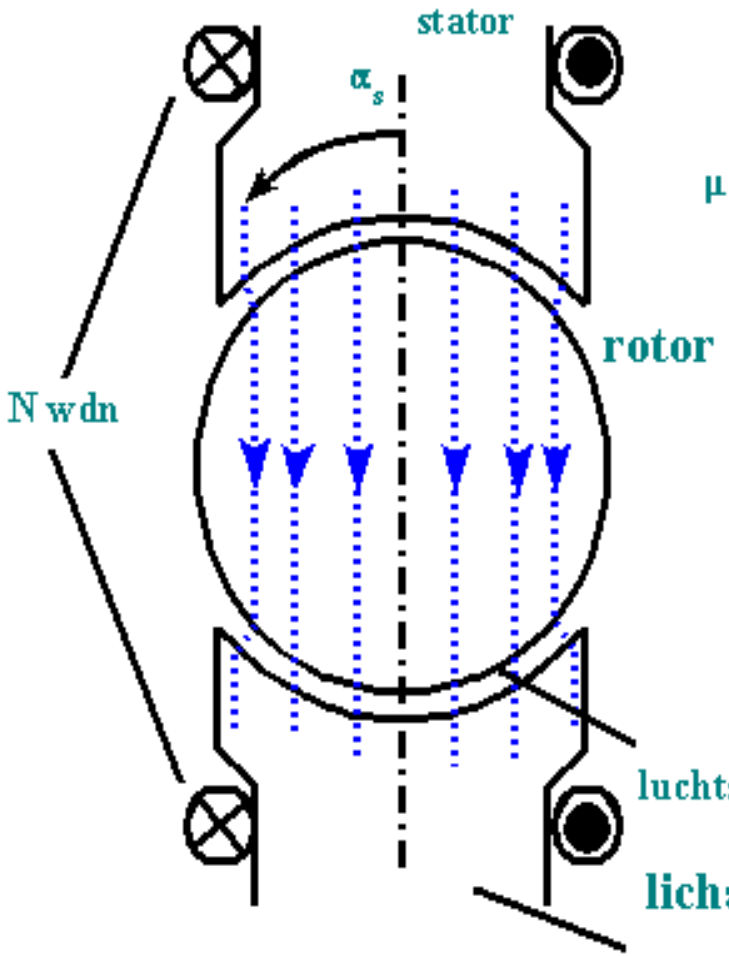


b. Veldverloop.

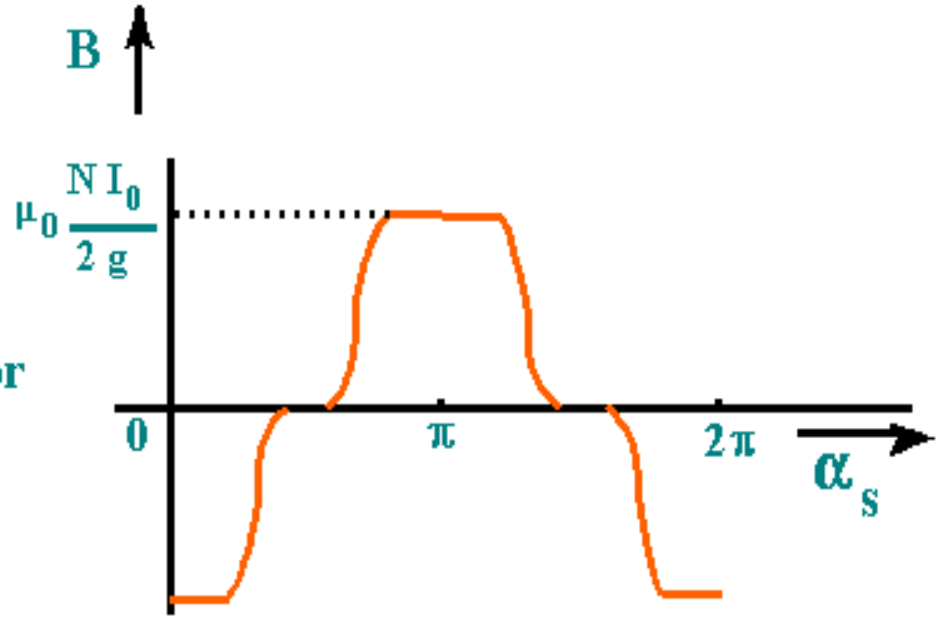


Poolwikkeling

a. Configuratie.

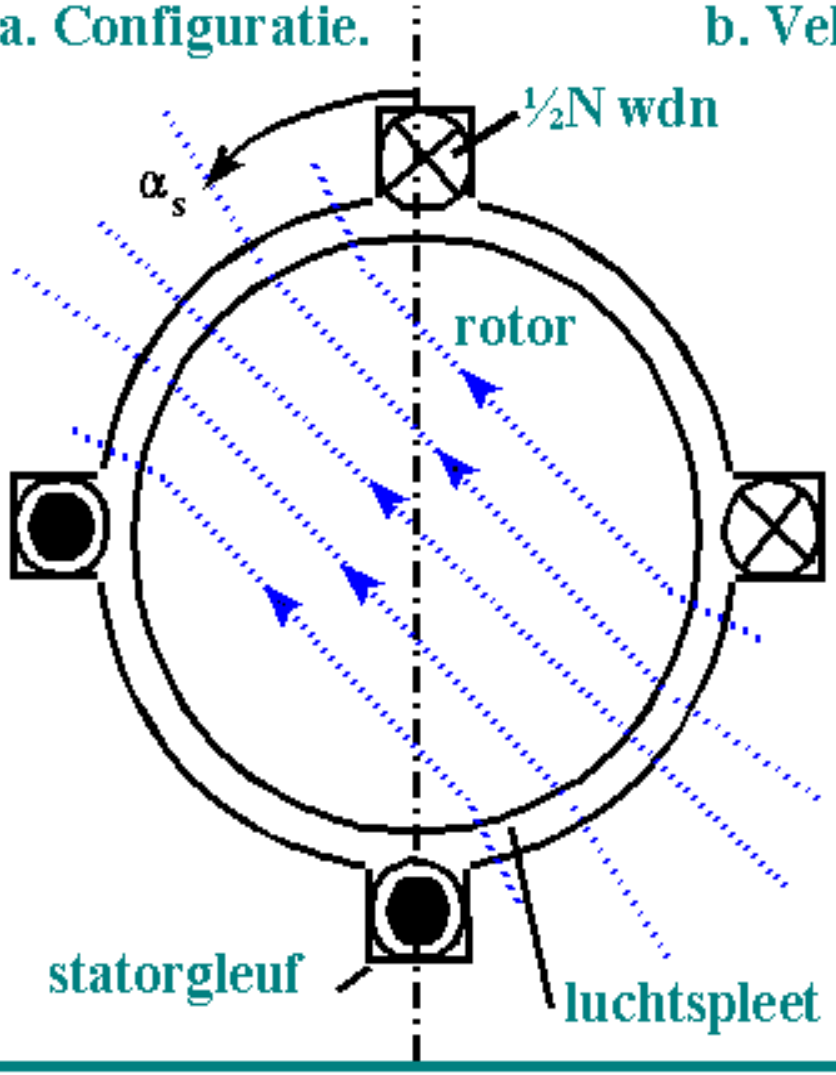


b. Veldverloop.

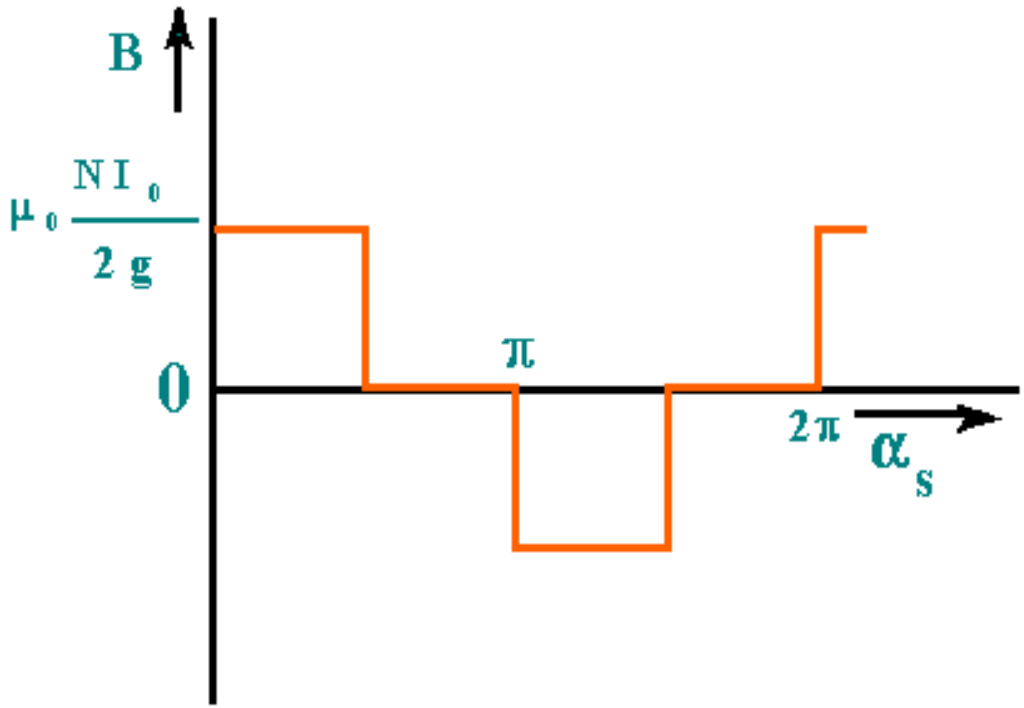


Verdeelde wikkeling (4 gleuven)

a. Configuratie.

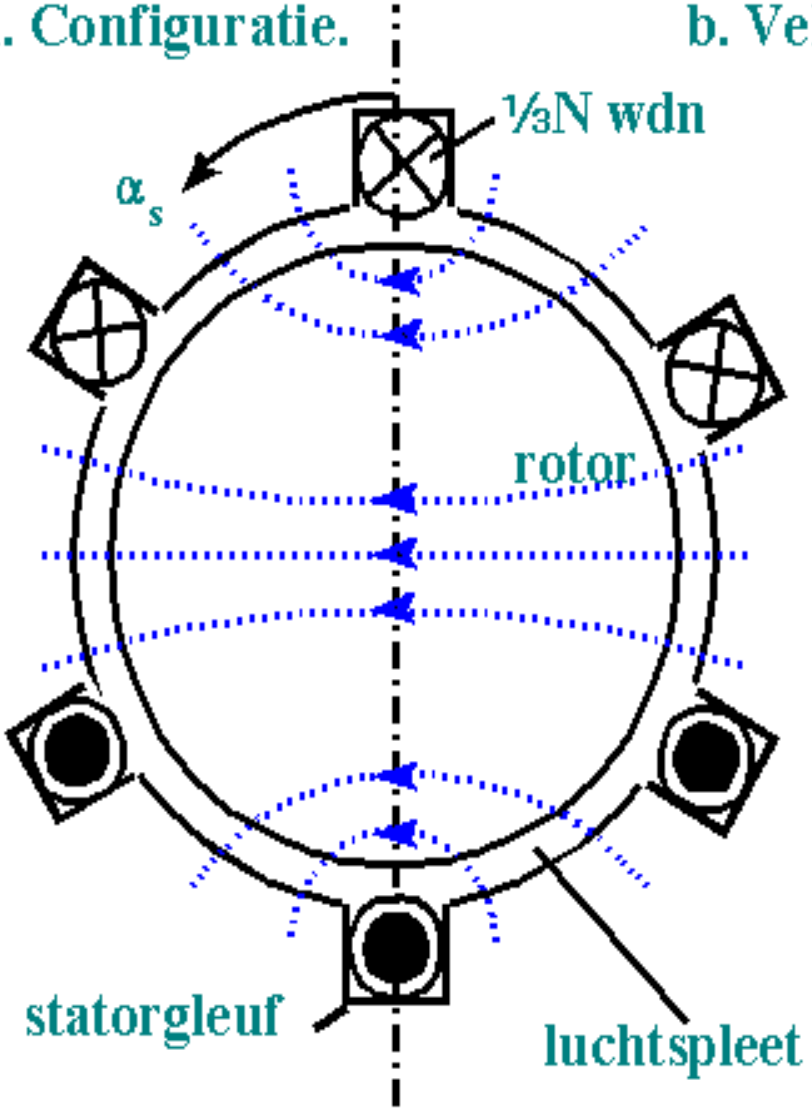


b. Veldverloop.

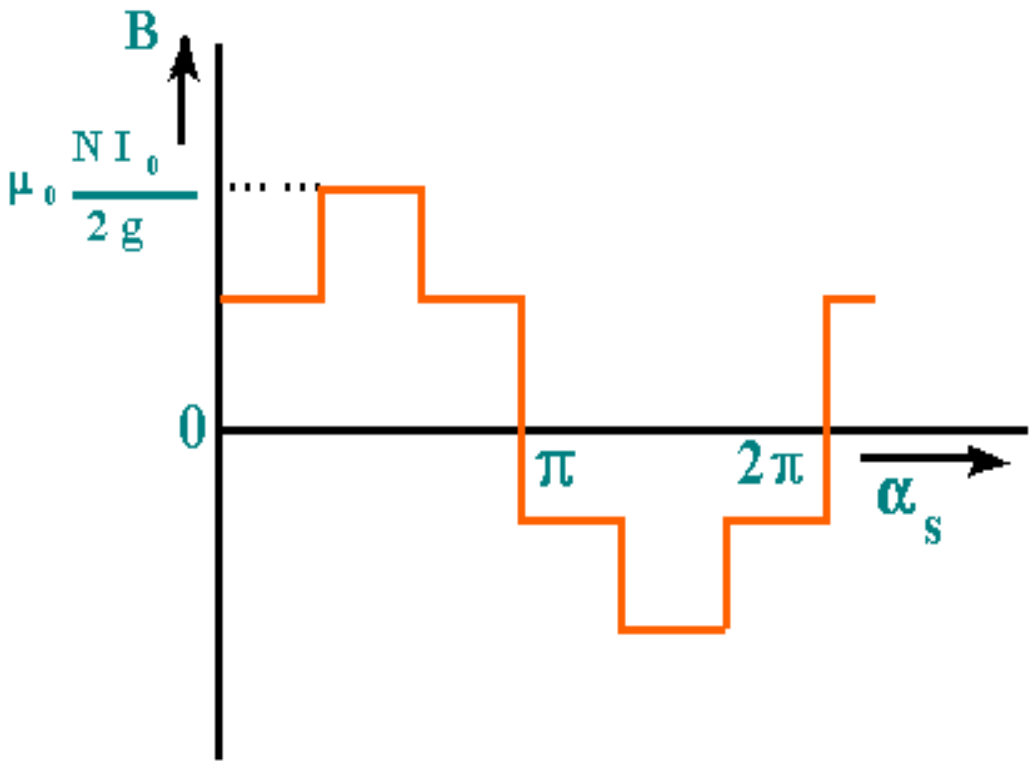


Verdeelde wikkeling (6 gleuven)

a. Configuratie.

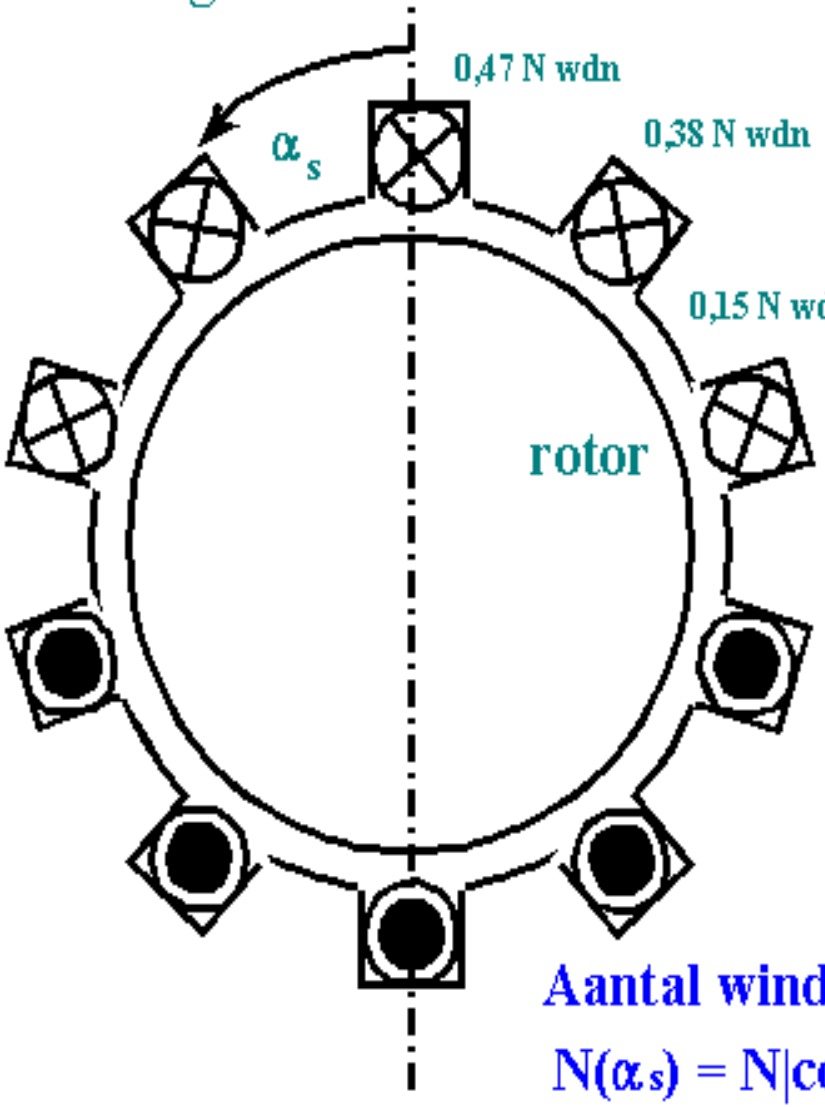


b. Veldverloop.

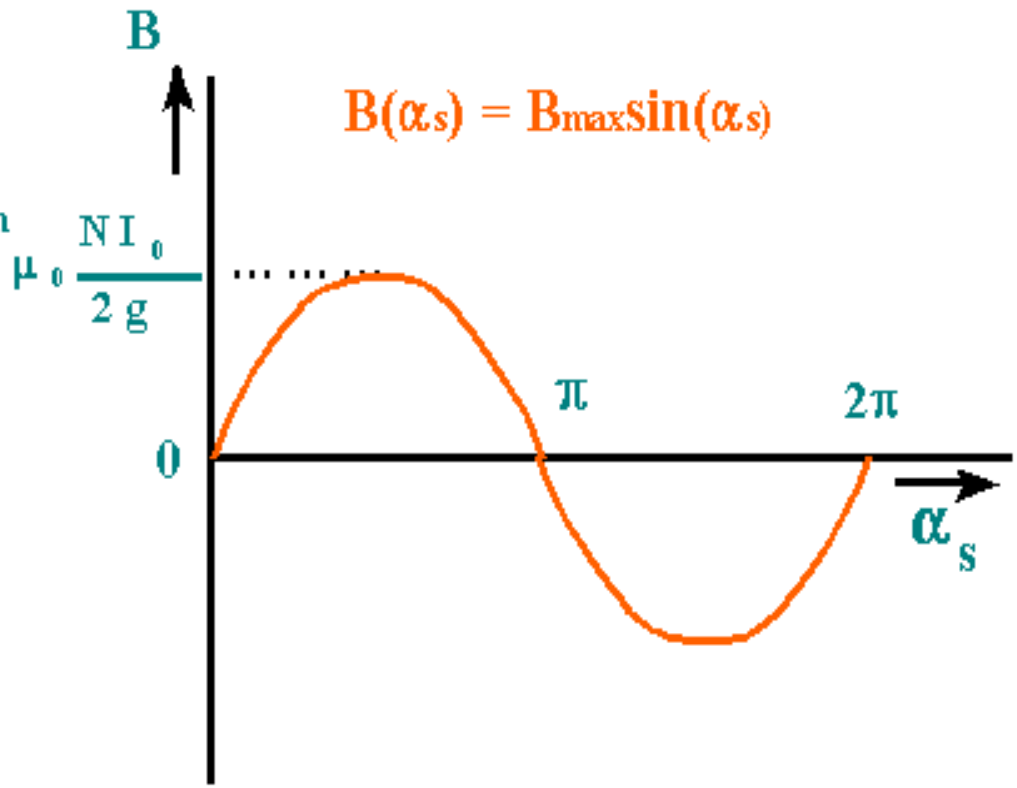


Sinusvormig verdeelde wikkeling

a. Configuratie.



b. Veldverloop.

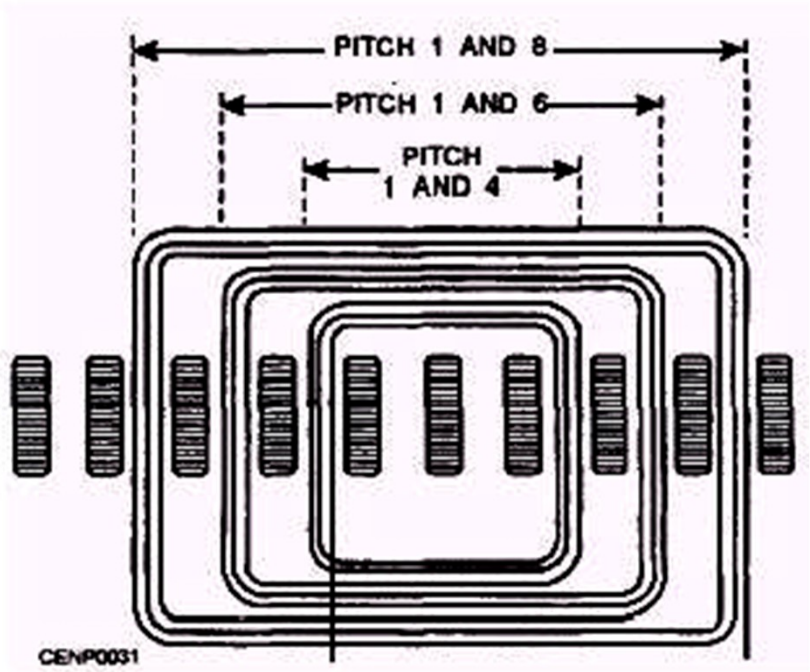


Aantal windingen

$N(\alpha_s) = N|\cos(\alpha_s)|$

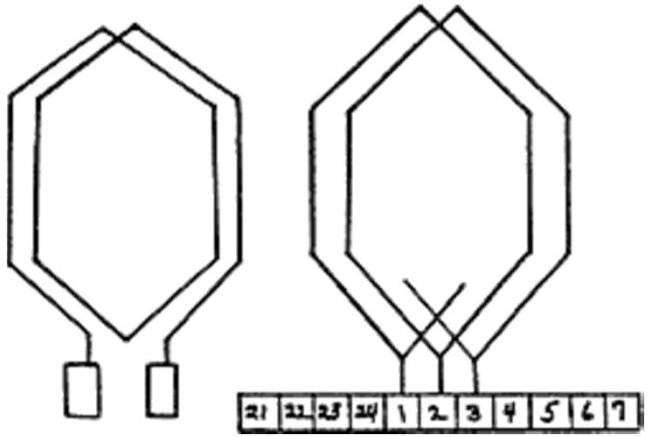
برای داشتن شکل موج سینوسی

متحدالمرکز:

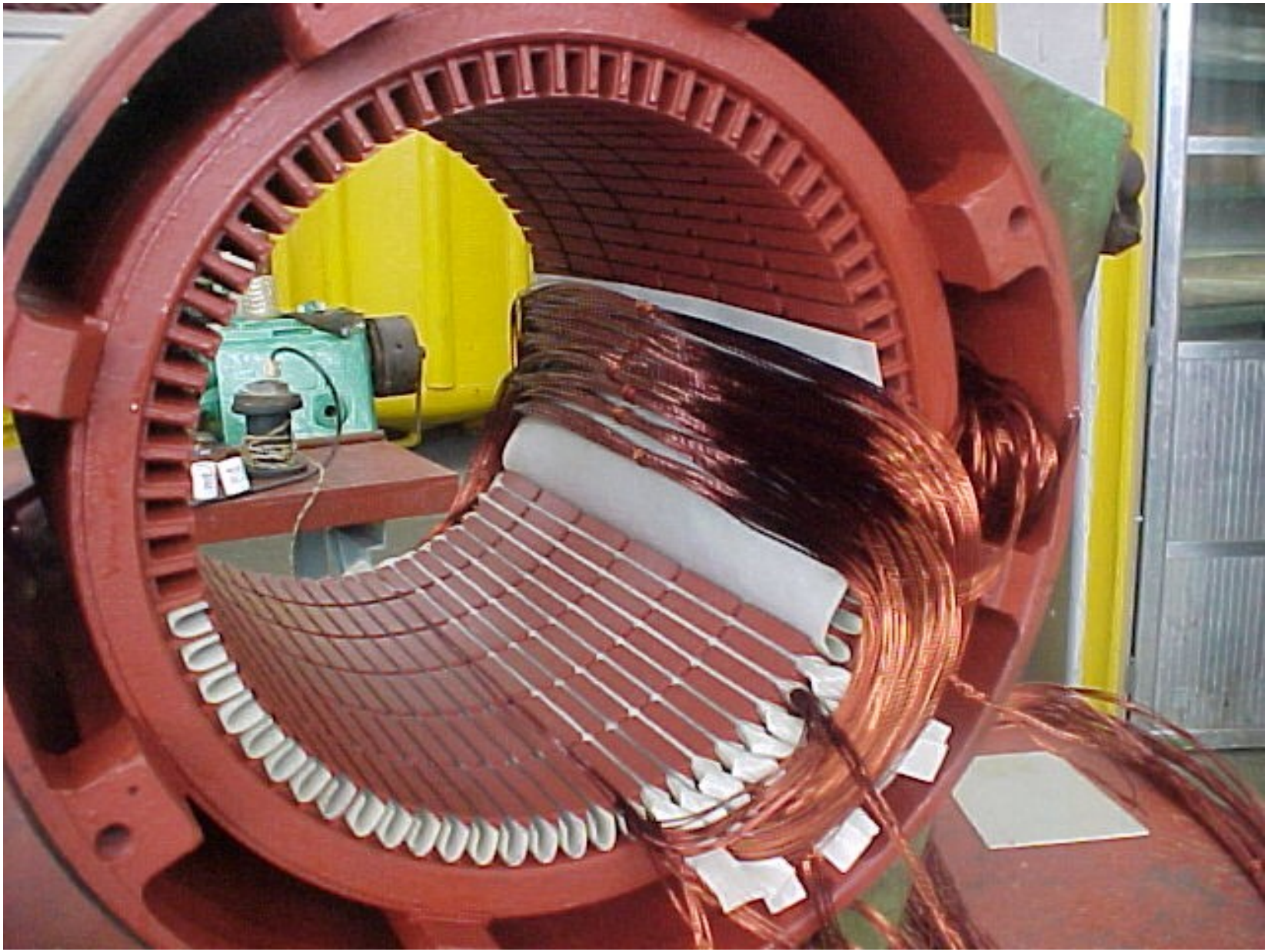


دامنه ولتاژها وفازها نا برابر

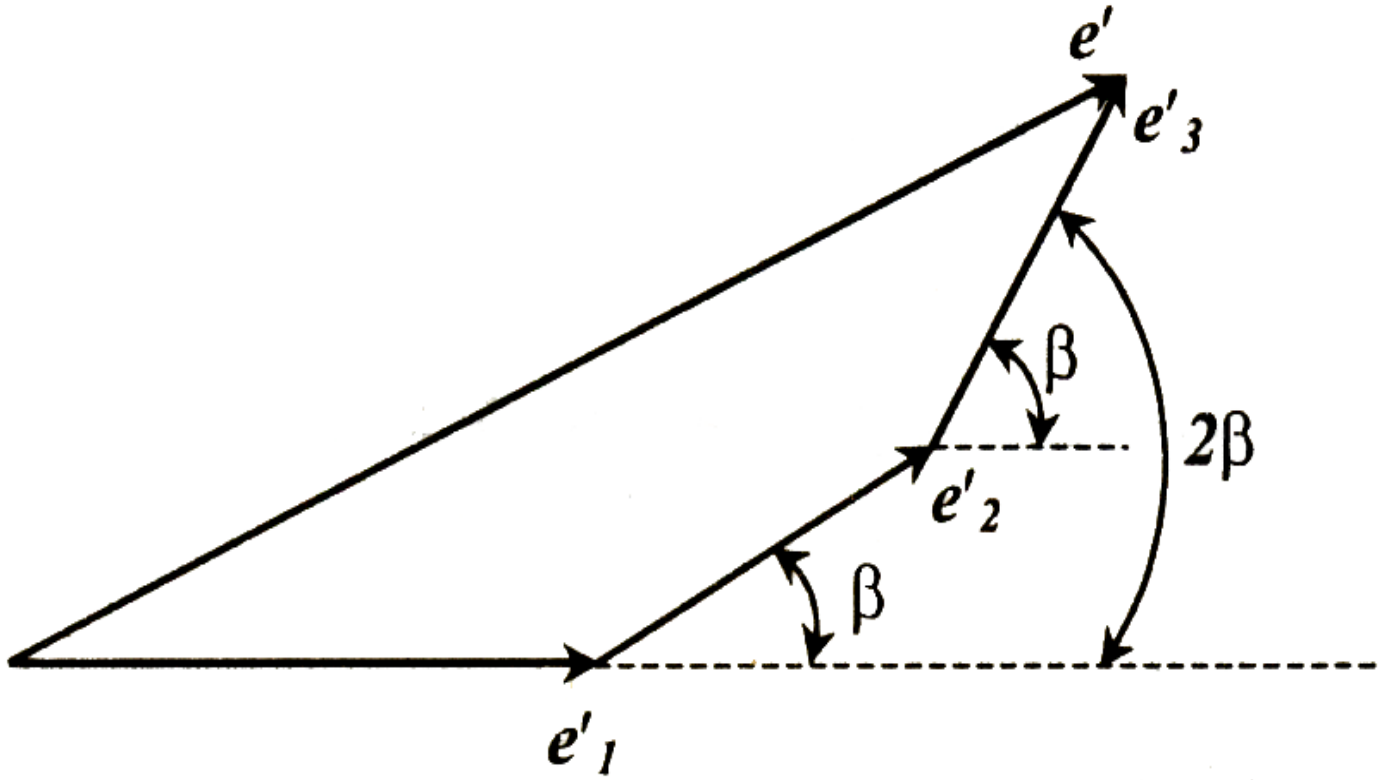
زنجیره ای:

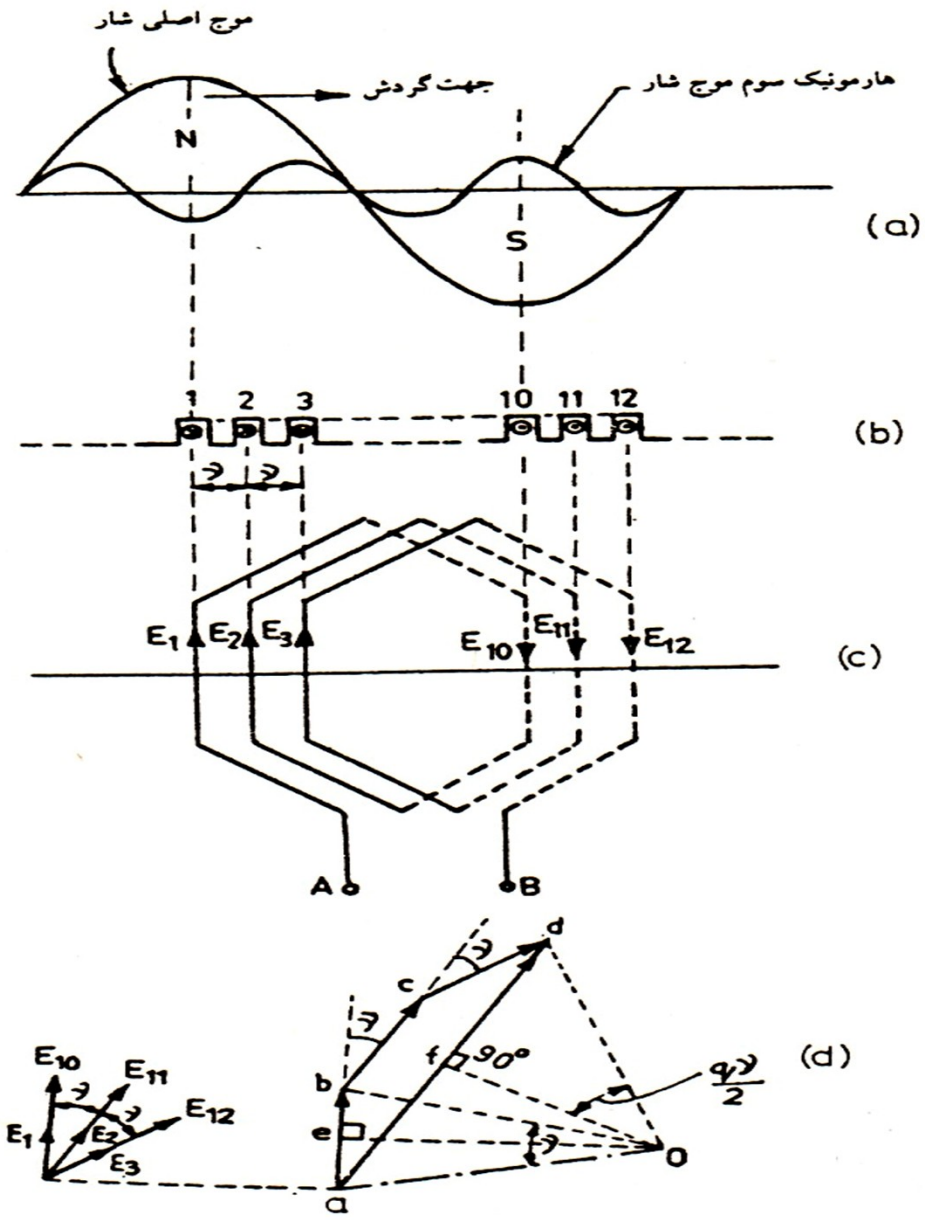


دامنه ولتاژها برابروفازها نابرابر

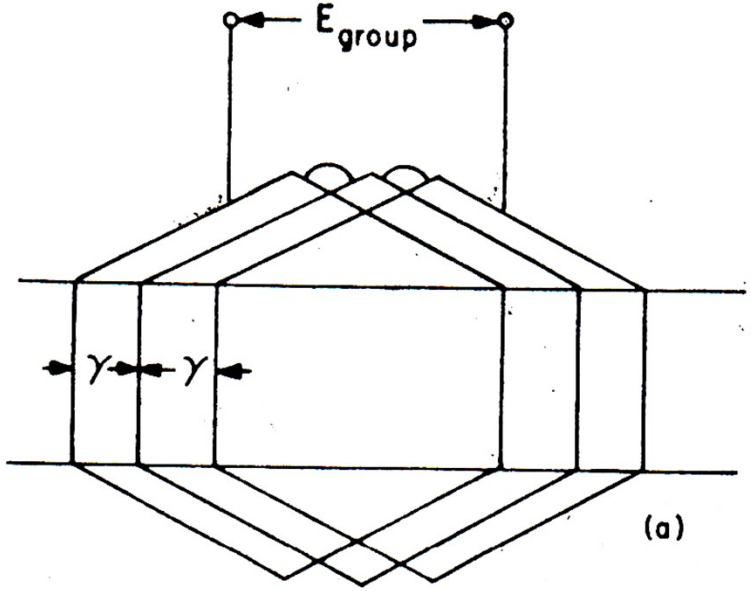


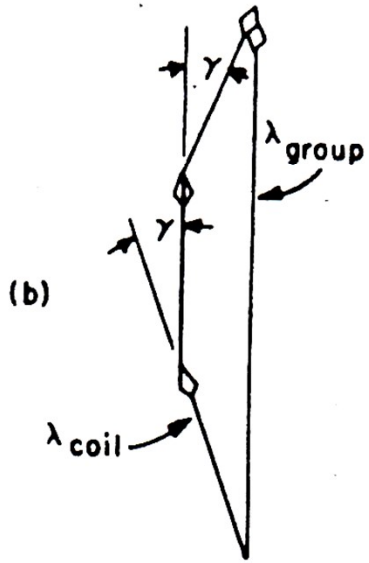
ولتاژخروجی به دلیل پخش سیم پیچ ها کاهش می یابد.

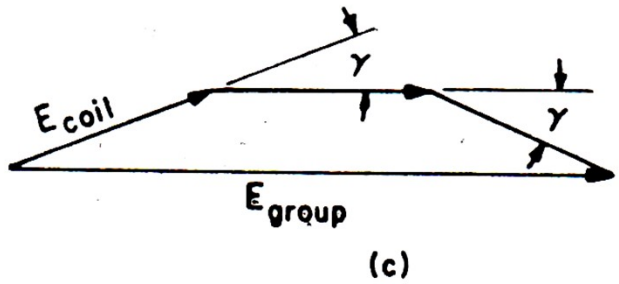


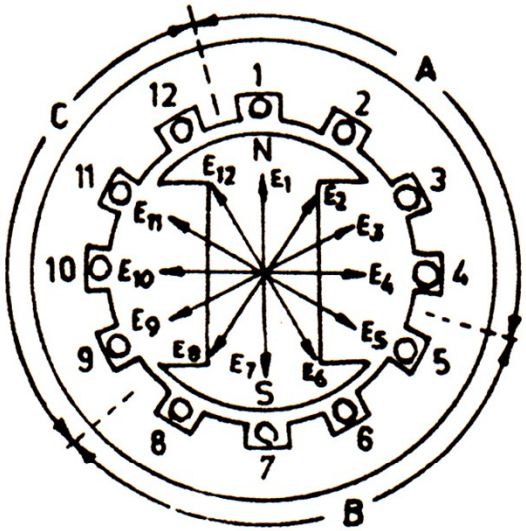


شکل ۱۹-۳ استخراج ضریب توزیع

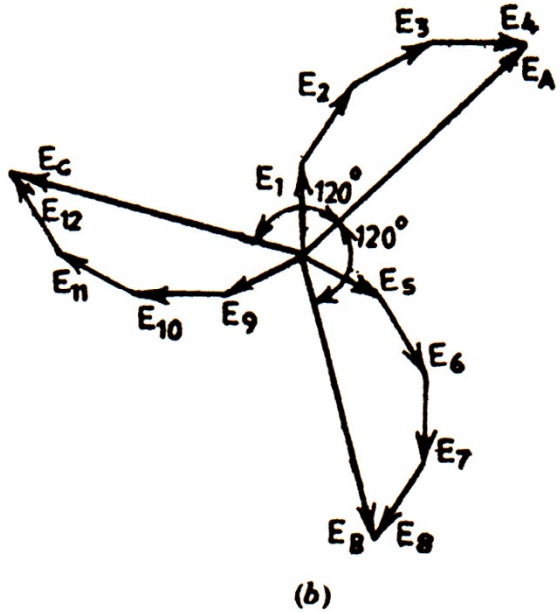

E group
γ
γ
(a)


γ
λ group
γ
(b)
λ coil


γ
γ
E coil
E group
(c)



(a)



(b)

نکته :

پخش سیم پیچی شکل موج راسینوسی می کند و به دلیل اختلاف فاز ولتاژ در نهایت با کاهش ولتاژمواجه می شویم.

شکل ۲۱-۷: سیم‌پیچی سه‌فاز (a) پهنه فاز ۱۲۰° (b) اختلاف فاززمانی بین E_A و E_B و E_C ۱۲۰° است .

زاویه الکتریکی بین دو شیارمجاور(α_{ez}):

$$\alpha_{ez} = \frac{360\,p}{z}$$

مثال:

یک ماشین ۳۶شیارچهارقطب داریم مطلوبست مقدار k_d **و** α_{ez}

حل:

$$\alpha_{ez} = \frac{360\,p}{z} = \frac{360 \times 2}{36} = 20^\circ$$

$$\boxed{\alpha_{ez} = 20^\circ}$$

$$E_{t'} = E + E\cos\alpha_{ez} + E\cos\alpha_{ez} \rightarrow E_t = E + 2E\cos\alpha_{ez}$$

گام کسری $= E + 2E\cos 20 = 2.88E$

گام کامل $E_t = E + E + E = 3E$

$$K_d = \frac{E_{t'}}{E_t} = \frac{2.88E}{3E} = 0.96$$

ولتاژ گام کسری

ولتاژ گام اصلی

$$K_d = 0.96$$

ضریب پخش سیم بندی برای هارمونیک شماره n :

$$K_{dn} = \frac{\sin(\frac{n\,q\,\alpha_{ez}}{2})}{q\,\sin(\frac{n\,\alpha_{ez}}{2})}$$

q تعداد شیارزیرهرقطب مربوط به یک فاز $= \frac{z}{2Pm}$

ضریب سیم بندی (kw):

ضریب کوتاهی گام وضریب پخش سیم رادرهم ادغام می کنیم

$$K_w = K_p . K_d$$

نکته :

پخش سیم پیچی شکل موج راسینوسی می کند و به دلیل اختلاف فاز ولتاژ در نهایت با کاهش ولتاژمواجه می شویم.

بادرنظرگرفتن ضریب سیم بندی روابط ولتاژالقایی فازی به صورت زیردرمی آ ید

$$e_{ind} = K_d.K_p N\varphi\omega \sin \omega t$$

$$e_{ind} = K_w N\varphi\omega \sin \omega t$$

برای هارمونیک شماره n :

$$E_{rms_n} = 4.44 K_{W_n} N\varphi f_n$$

مثال:

یک استاتور ۱۲ شیار ۲ قطب مربوط به یک ماشین سنکرون سه فازبااتصال ستاره برای ساخت یک مولد به کاررفته است. هرفاز استاتورداراى ۴ پیچک ۱۰ دوری می باشد وگام سیم پیچی $\frac{5}{6}$ کامل است. وروتور با سرعت ۳۰۰۰ rpm می چرخد وفوران هرقطب ۰/۰۱۹ wb است مطلوبست:

الف)گام سیم پیچی استاتور برحسب درجه الکتریکی و مکانیکی
ب) دامنه ولتاژهرفازاستاتور این ماشین
ج) ولتاژترمینال این ماشین
د) سیم پیچی گام کسری اجرا شده به چه میزان مولفه هارمونیک پنجم رانسبت به مولفه اصلی کاهش می دهد؟

الف) به خاطردوقطب بودن

$$\theta_m = \theta_e = \frac{5}{6} \times \frac{360^\circ}{2p} = 150^\circ$$

$$\boxed{\theta_m = \theta_e = 150^\circ}$$

ب)

$$q=\frac{z}{2pm}=\frac{12}{2\times1\times3}=2 \qquad \alpha_{ez}=\frac{360\,p}{z}=\frac{360^{\circ}}{12}=30^{\circ}$$

$$K_{p_1}=\sin(\frac{n\cdot p\cdot\theta_m}{2})=\sin(\frac{1\times1\times150^{\circ}}{2})=0.965$$

$$\boxed{K_{p_1}=0.965}$$

$$K_{d_1}=\frac{\sin(\frac{n\cdot q\cdot\alpha_{ez}}{2})}{q\sin(\frac{n\cdot\alpha_{ez}}{2})}=\frac{\sin(\frac{2\times1\times30^{\circ}}{2})}{2\sin(\frac{30^{\circ}}{2})}=0.965$$

$$\boxed{K_{d_1}=0.965}$$

$$f = \frac{p.n}{60} = \frac{1 \times 3000}{60} = 50HZ$$

$$K_{w1} = k_{p_1} \times k_{d_1} = 0.965 \times 0.965 = 0.932$$

$$E_{a_1} = 4.44.K_{w_1}.N.\varphi.f$$

$$E_{a_1} = 4.44 \times 0.932 \times 4 \times 10 \times 0.019 \times 50$$

دامنه موج سینوسی یک فاز $E_{a_1} = 157.2v$

ج)

$$V_T = \sqrt{3}\, E_A = \sqrt{3} \times 157.2 = 272.2V$$

$$\boxed{V_T = 272.2V}$$

(د

$$q=\frac{z}{2pm}=\frac{12}{2\times1\times3}=2 \qquad \alpha_{ez}=\frac{360\,p}{z}=\frac{360\times1}{12}=30^{\circ}$$

$$K_{p_5}=\sin(\frac{n\ .p.\theta_m}{2})=\sin(\frac{5\times1\times150}{2})=0.258$$

$$K_{d5}=\frac{\sin(\frac{n.q.\alpha_{ez}}{2})}{q.\sin(\frac{n.\alpha_{ez}}{2})}=\frac{\sin(\frac{5\times2\times30}{2})}{2\sin(\frac{5\times30}{2})}=0.259$$

$$K_{w5}=K_{d5}.K_{p_5}=0.259\times0.258$$

$$\boxed{K_{w_5}=0.067}$$

$$\boxed{E_{a5}=4.44\times0.067\times4\times10\times0.019\times50\cong10\,V}$$

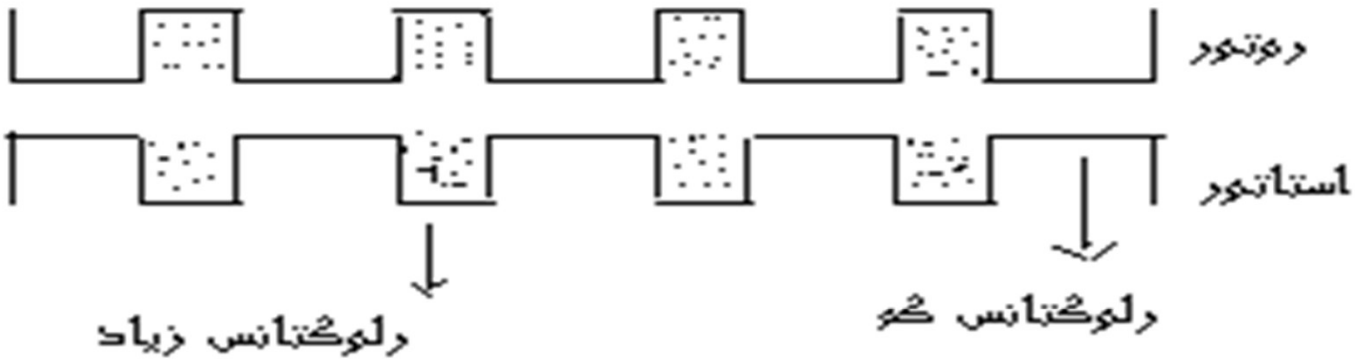
تمرین :

برای ساختن یک مولد، یک استاتور ماشین سنکرون ساده دوقطبی با اتصال Y به کاررفته است. استاتوردارای سیم پیچی دوطبقه با چهار پیچک به ازای هرفازاست تعداد کل شیارها ۱۲ عدد است و هر پیچک ۱۵ حلقه دارد و گام الکتریکی سیم پیچ ها ۱۵۰درجه است . روتوربا سرعت rpm ۳۰۰۰ می چرخد و شار هر قطب ماشین0/019 wb است دراین صورت مطلوبست:

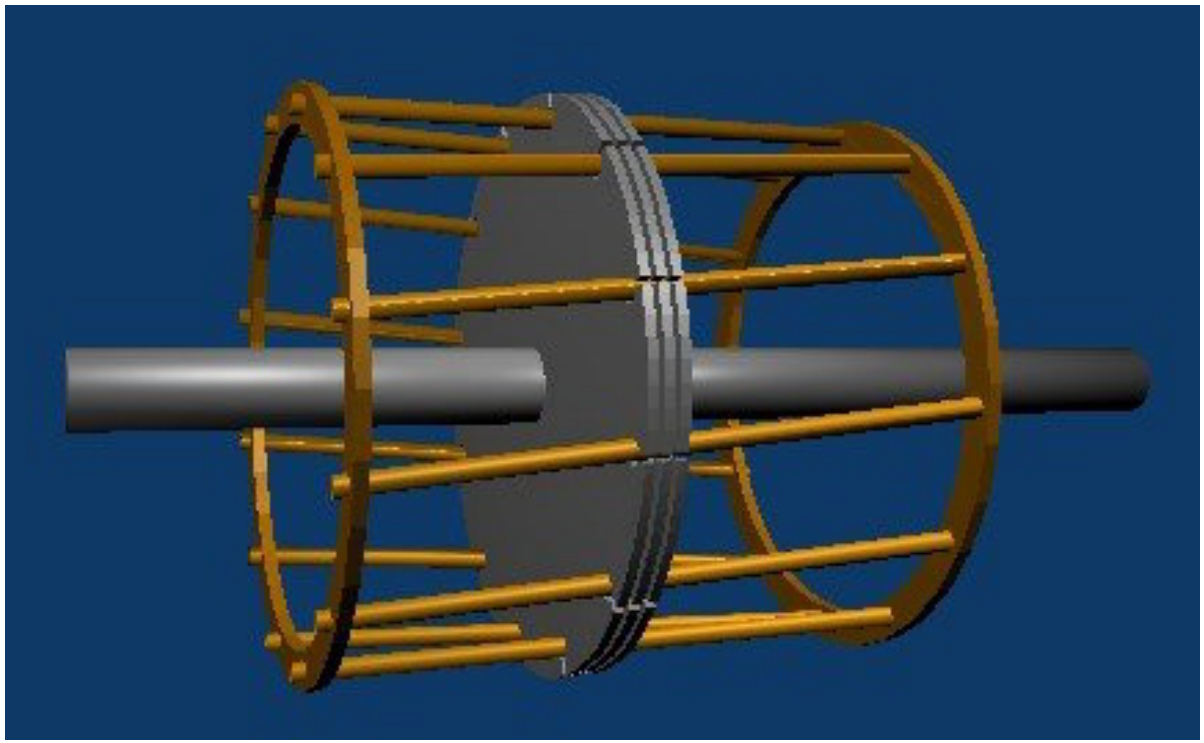
الف) گام شیاربه درجه مکانیکی والکتریکی
ب) پیچک های استاتورچند شیارامتداد دارند
ج) دامنه ولتاژفازدریک فازاستاتور
د) ولتاژ پایانه های ماشین
ه) کوتاه بودن گام سیم پیچی مولفه هارمونیک پنجم ولتاژرا درمقایسه بامولفه اصلی اش چقدر بیشترتضعیف می کند؟

هارمونیک های شیاری (دندانه ای):

وجود شیارهای مشابه دراطراف سطح داخلی استاتورباعث تغییرمستمردررلوکتانس می گردند که هارمونیک های شیاری راموجب می شوند.



شکل هارمونیک های شیاری بامورب کردن شیارهای روتور که تغییرات مقاومت مغناطیسی رایکنواخت می کند برطرف می شود.



شماره هارمونیک شیاری(γ_{slot}):

شیار

$$\gamma_{slot} = \frac{MZ}{P} \pm 1$$

مثال:

استاتور یک ماشین ۶ قطب ، ۷۲ شیارمفروض است. دوهارمونیک اولیه شیاری آنرا محاسبه کنید.

$$\gamma_{slot} = \frac{1 \times 72}{3} \pm 1 = 25 \quad , \quad 23$$

$$\gamma_{slot} = \frac{2 \times 72}{3} \pm 1 = 49 \quad , \quad 47$$

مثال:

یک ماشین سنکرون سه فازچهارقطب دارای ۸۴ شیار استاتوراست. هریک ازشیارها حاوی یک سیم پیچی دولایه هستند (دوکویل درهرشیار) ودرهرکویل چهاردوروجود دارد گام کویل $\frac{19}{24}$ است.

الف) گام شیاروکویل رابرحسب درجه الکتریکی پیداکنید.

ب) ضریب کوتاهی گام، ضریب پخش ،ضریب سیم پیچی رابدست آورید.

الف)گام سیم پیچی (کویل) بر حسب درجه الکتریکی:

$$\theta_e = p.\theta_m = p.(1-\frac{1}{n})y_p = p(1-\frac{1}{n})\times\frac{360}{2p} = 2\times\frac{19}{24}\times 90 = 142.5$$

گام شیار برحسب درجه الکتریکی(فاصله الکتریکی دو شیار مجاور):

$$\alpha_{ez} = \frac{360\,p}{z} = \frac{360\times 2}{84} = 8.57^{\circ}$$

$$\alpha_{ez} = \frac{toole\ mohite\ stator\ bar\ hasbe\ darajeye\ electeriki}{tedade\ kolle\ shiar}$$

ب)- ضریب کوتاهی گام(ضریب گام):

برای از بین بردن هارمونیک 5 و 7

$$K_{p_n} = \sin(\frac{n \cdot \theta_e}{2}) = \sin(\frac{n \cdot p \cdot \theta_m}{2})$$

هارمونیک اصلی $K_{p_1} = \sin(\frac{\theta_e}{2}) = \sin(\frac{142.5}{2}) = 0.947$

-ضریب پخش(ضریب توزیع):

پخش سیم پیچ ها برای بوجود آوردن ولتاژ سینوسی

$$K_{dn} = \frac{\sin(\frac{nq\alpha_{ez}}{2})}{q\sin(\frac{n\alpha_{ez}}{2})} \qquad q = \frac{z}{2p \times m} = \frac{84}{4 \times 3} = 7$$

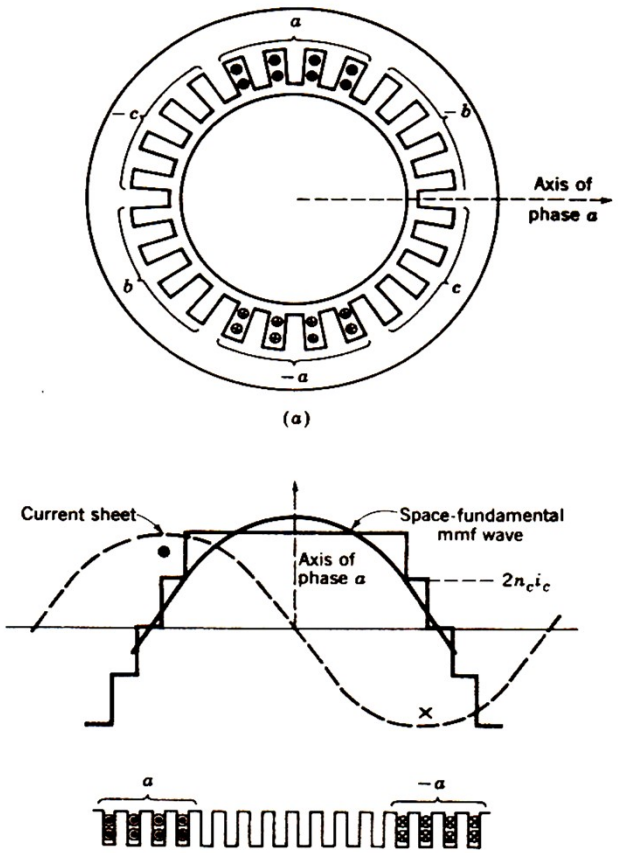
$$K_{d1} = \frac{\sin(\frac{7 \times 8.57}{2})}{7\sin(\frac{8.57}{2})} = 0.956$$

$$\boxed{K_{d1} = 0.956}$$

-ضریب سیم بندی(سیم پیچی):

$$K_{w1} = K_{p1} \cdot K_{d1} = 0.947 \times 0.956 = 0.905$$

$$\boxed{K_{w1} = 0.905}$$



شکل ۲۲-۳. mmf یك فاز ازسیم‌پیچی توزیع شده ۴ قطب ۳ فاز دارای پیچکهای باگام‌کامل.

Motor-CAD DEMO (C:\Motor-CAD\DEV\bpmor_web_motor.mot)

File Options Defaults Results Help

Motor Type: BPMOR Title: Default Motor

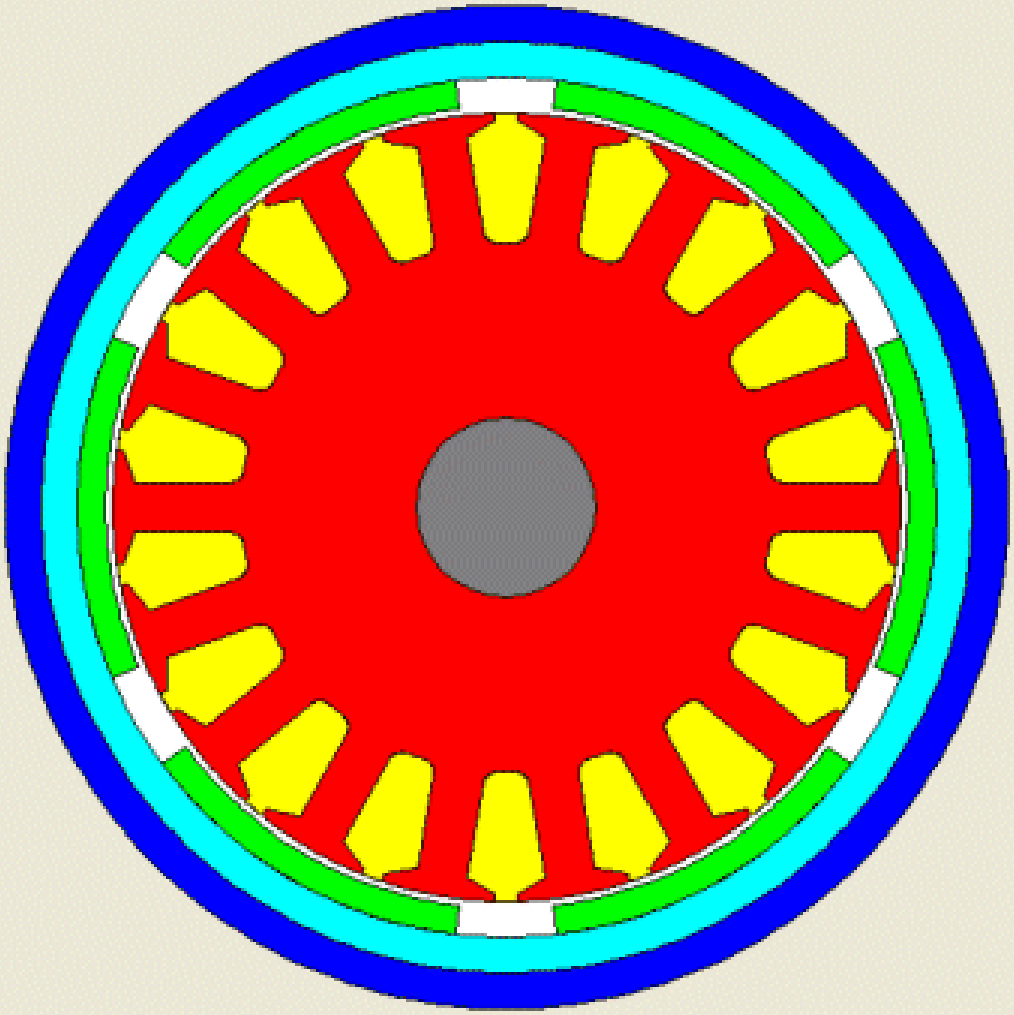
Radial Cross-Section | Axial Cross-Section | Winding Editor | Input Data | Schematic | Output Data | Transient Graph

Housing: Round Mounting: Flange

Rotor Ducts: None

Rotor Dims.	Data
Pole Number	6
Back Iron Thickness	5
Housing Thickness	5
Magnet Thickness	4
Magnet Arc [ED]	140
Sleeve Thickness	0
Plate Height	0
Plate Width	2
Stator Ducts	0
Stator Duct Ratio	10
Stator Duct Gap	10

Stator Dims.	Data
Slot Number	18
Armature Diameter	110
Tooth Width	6
Slot Depth	18
Slot Corner Radius	2
Slot Opening	3
Tooth Tip Depth	1
Tooth Tip Angle	30
Airgap	1
Banding Thickness	0
Shaft Dia	25
Shaft Hole Diameter	0



Redraw

Draw plate

Draw base

Tooth width (parallel teeth) [mm] mm 18 October 2004 www.motor-design.com

Motor-CAD DEMO (C:\Motor-CAD\DEV\bpm_web_motor.mot)

File Options Defaults Results Help

Motor Type: BPM Title: Default Motor

Radial Cross-Section | Axial Cross-Section | Stator Winding | Rotor Winding | Input Data | Schematic | Output Data | Transient Graph

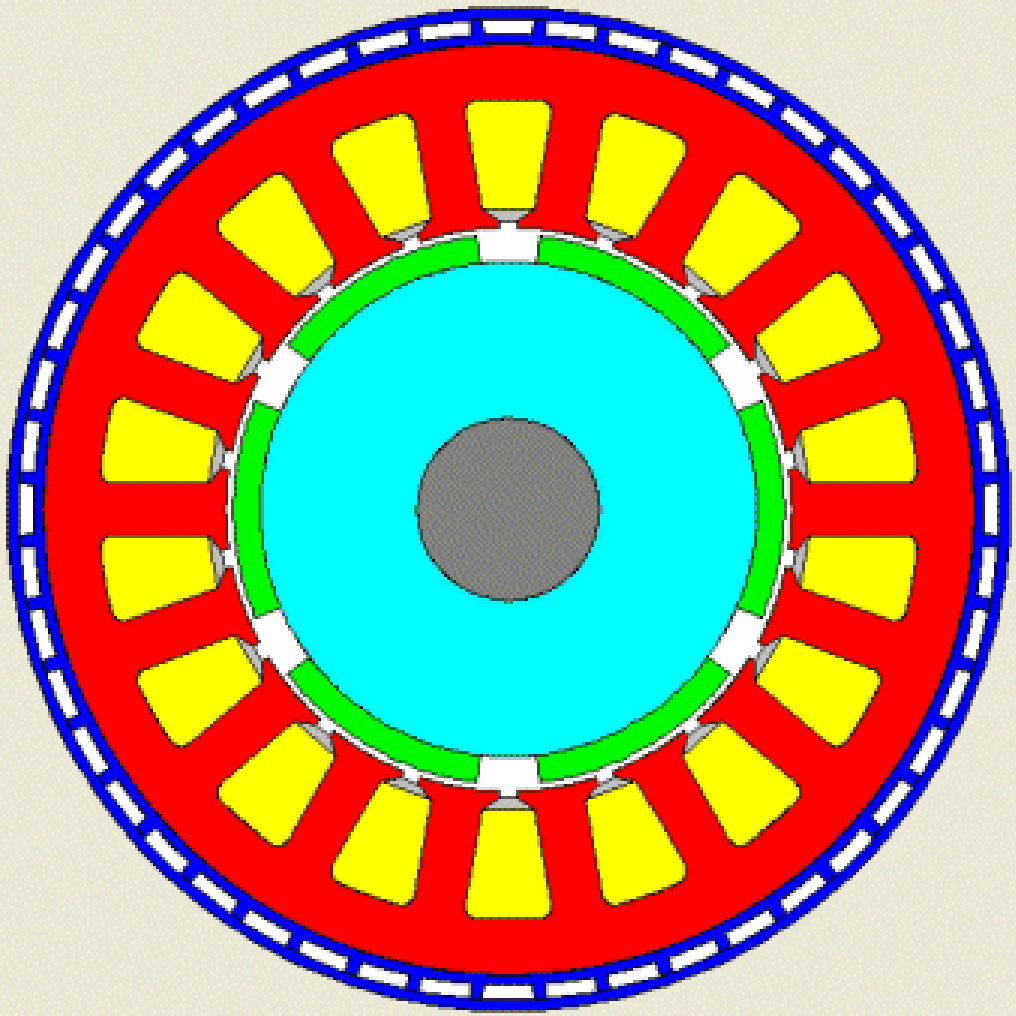
Housing: Axial Fins [Cyl] Mounting: Flange

Slot Type: Parallel Tooth Rotor Ducts: None

BPM Rotor: Surface Radial

Stator Dims.	Data
Slot Number	18
Stator Lam Dia	5.1
Housing Dia	5.5
Stator Bore	3.1
Tooth Width	0.28
Slot Depth	0.7
Slot Corner Radius	0.07
Slot Opening	0.1
Tooth Tip Depth	0.04
Tooth Tip Angle	30
Sleeve Thickness	0
Fin Thickness	0.07
Fin Pitch/Thick	5
Fin Pitch [Calc]	0.35
Fin Base Thickness	0.059055
Fin Cover Thickness	0.059055
Plate Height	13.78
Plate Width	13.78
Stator Ducts	0
Stator Duct Ratio	0.027559
Stator Duct Gap	0.098425

Rotor Dims.	Data
Pole Number	6
Magnet Thickness	0.15
Magnet Arc [ED]	140
Airgap	0.04
Banding Thickness	0
Shaft Dia	1
Shaft Hole Diameter	0



Redraw

Draw plate

Draw base

inch | 18 October 2004 | www.motor-design.com

Motor-CAD DEMO (C:\Motor-CAD\DEV\tvent_im1.mot)

File Options Defaults Results Help

Motor Type: IM Title: through ventilated motor

Radial Cross-Section | Axial Cross-Section | Stator Winding | Rotor Winding | Input Data | Schematic | Output Data | Transient Graph

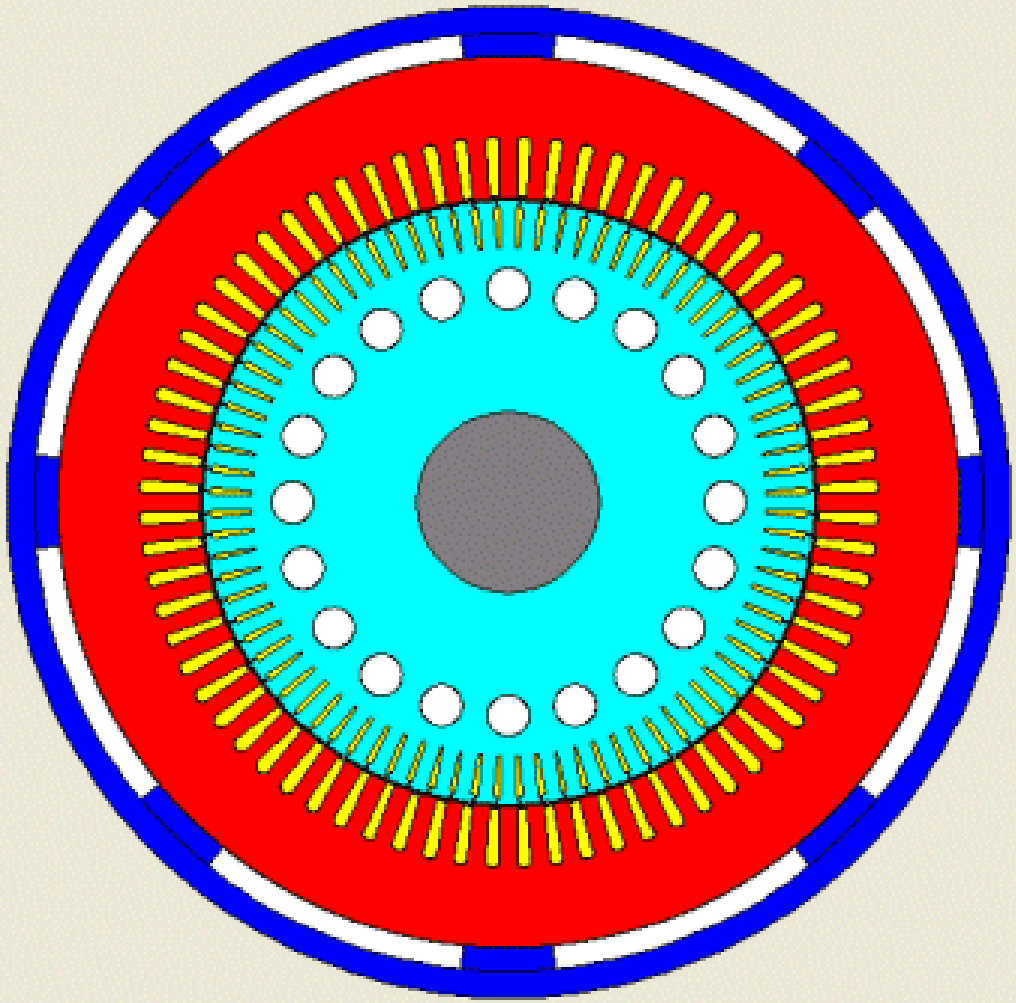
Housing: Round Mounting: Not Mounted

Slot Type: Parallel Tooth Rotor Ducts: Single Layer

Top Bar: Parallel Tooth

Stator Dims.	Data
Slot Number	72
Stator Lam Dia	751
Housing Dia	835
Stator Bore	512
Tooth Width	15
Slot Depth	52
Slot Corner Radius	5
Slot Opening	3
Tooth Tip Depth	1
Tooth Tip Angle	20
Sleeve Thickness	0
Stator Ducts	8
Stator Duct Ratio	0.75
Stator Duct Gap	20

Rotor Dims.	Data
Rotor Bars	84
Rotor Tooth Width	13
Bar Opening [T]	1.5
Bar Opening Depth [T]	6
Bar Depth [T]	40
Bar Tip Angle [T]	15
Bar Corner Radius	0
Airgap	1.6
Banding Thickness	0
Shaft Dia	152
Shaft Hole Diameter	0
Number Rotor Ducts	20
Rotor Duct Dia [L1]	35
Rotor Duct Radius [L1]	180

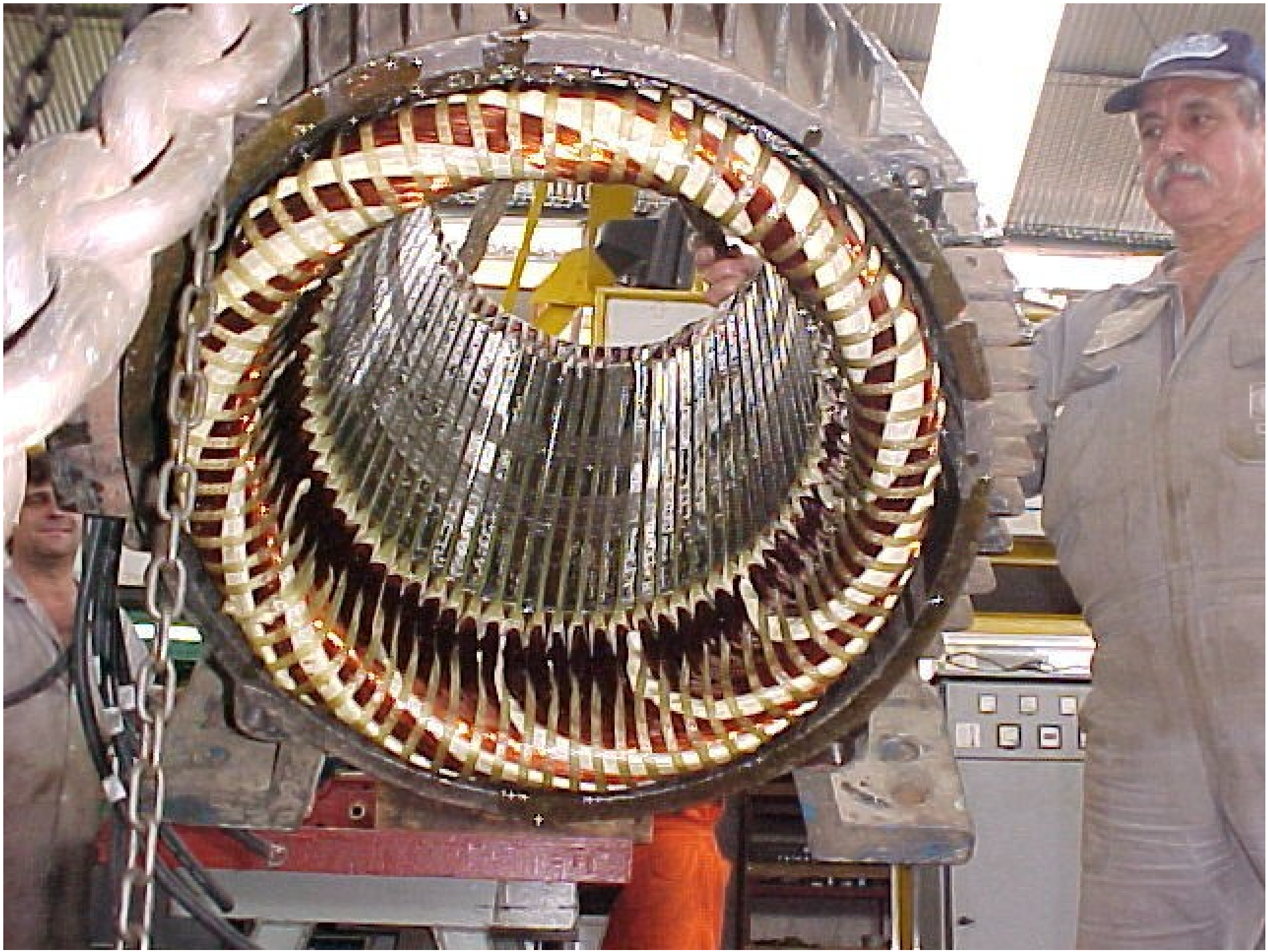


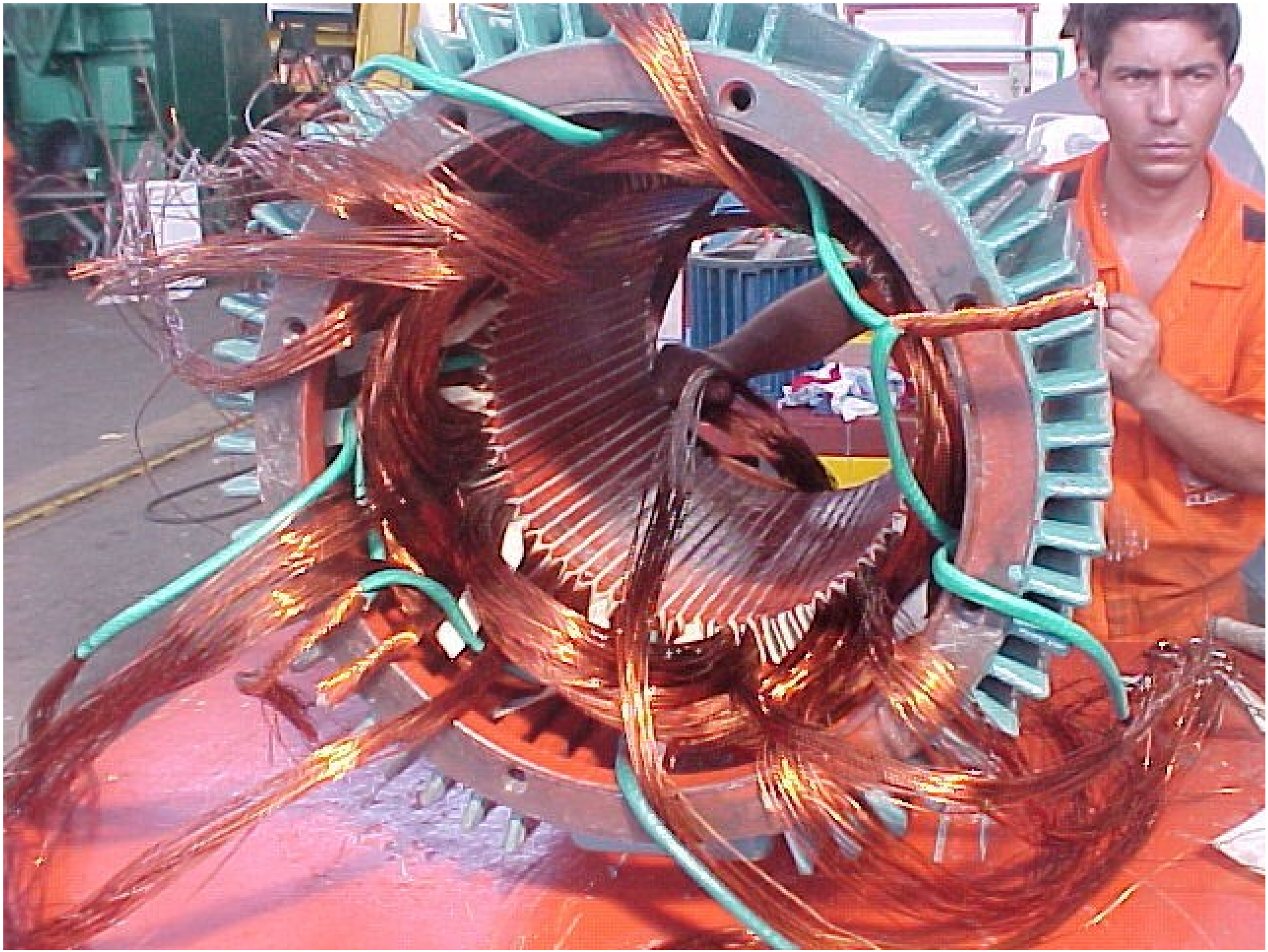
Redraw

Draw plate

Draw base

Induction Motor Rotor Bar Opening Angle [Single Cage Design] | mm | 18 October 2004 | www.motor-design.com





تمرین های فصل اول:

۱- یک آلترناتور ۲۴ شیار ۴ قطب ,گام به اندازه یک شیارکوتاه شود ضریب گام و ضریب توزیع را بدست آورد؟
۲- ژنراتور ۱۶ قطب با اتصال ستاره دارای ۱۹۲ شیار ۸ هادی در هر شیار بوده و هادیهای هر فاز بصورت سری متصل شده اند . دهانه کلاف ۱۵۰درجه الکتریکی است.اگر فوران 64mwb و توزیع آن سینوسی باشد.ماشین با سرعت 375r.p.m به گردش در می آید .ولتاژخط و فاز را محاسبه کنید؟
۳- مطلوبست محاسبه ضریب سیم پیچی موتور سه فاز ۲۴ شیار ۴ قطب یک طبقه با حذف هارمونیک ۵ ؟
4- یک ماشین ۲۴ شیار ۴ قطب سه فاز با فوران ماکزیمم هر قطب 20mwb و با سرعت 1500r.p.m می چرخد تعداد دور هر کلاف ۵۰ دور در هر شیار و به صورت یک طبقه سیم بندی شده است مطلوبست معادله ولتاژ القایی هر فاز؟

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.