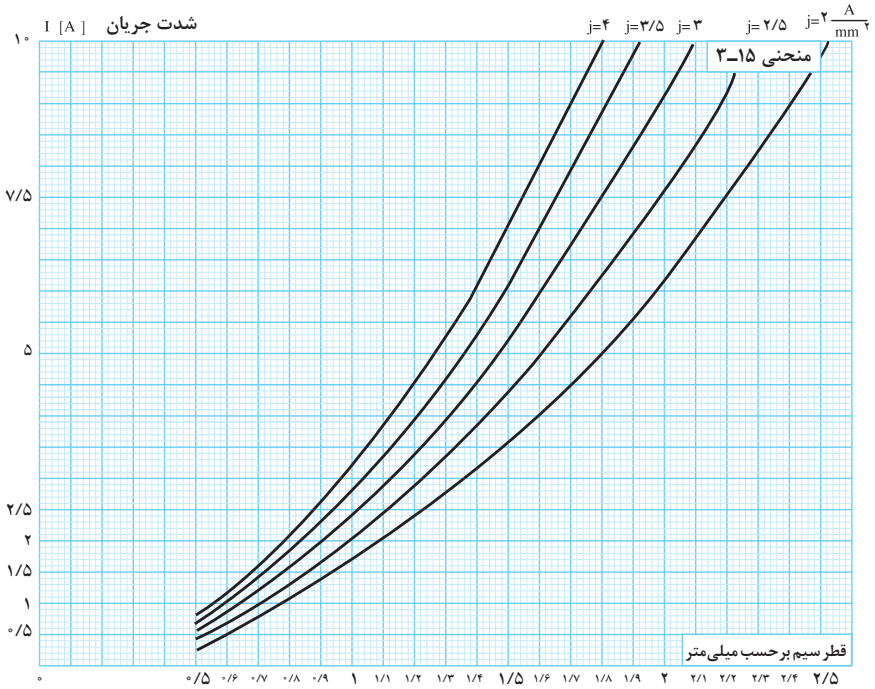
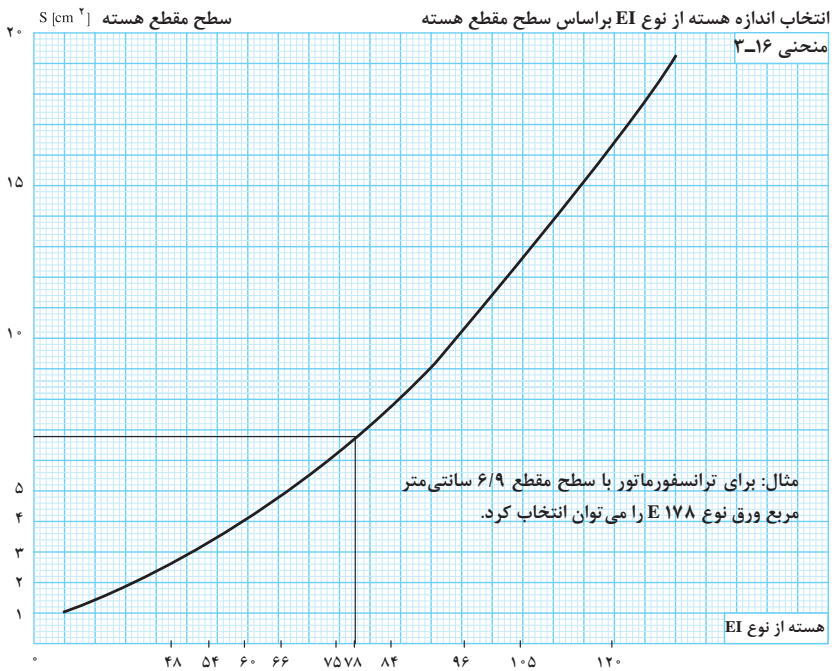


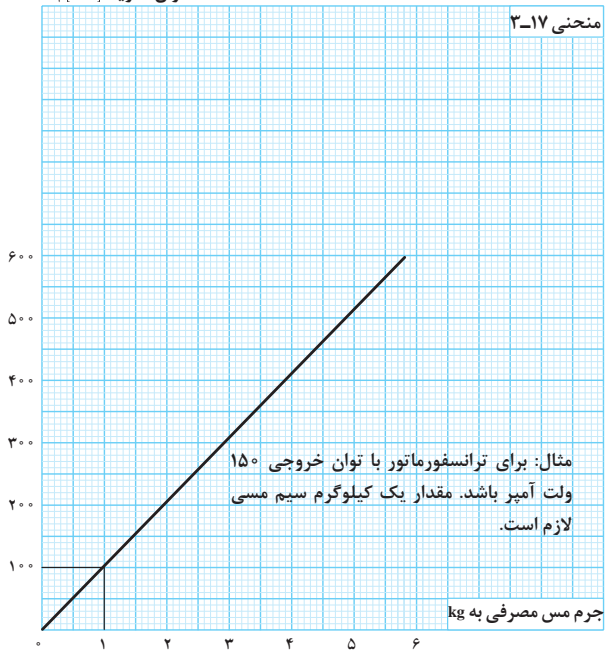
فصل دوم: بررسی محتوای کتاب درسی



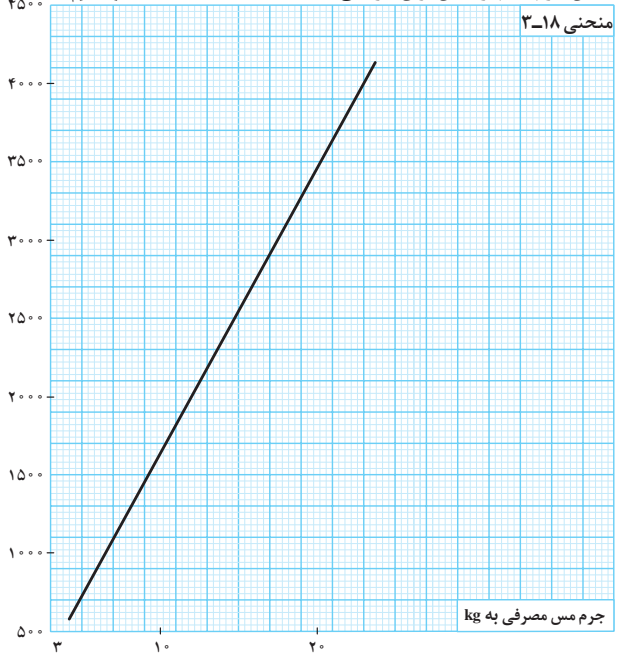
تعیین قطر سیم براساس جریان سیم و چگالی جریان



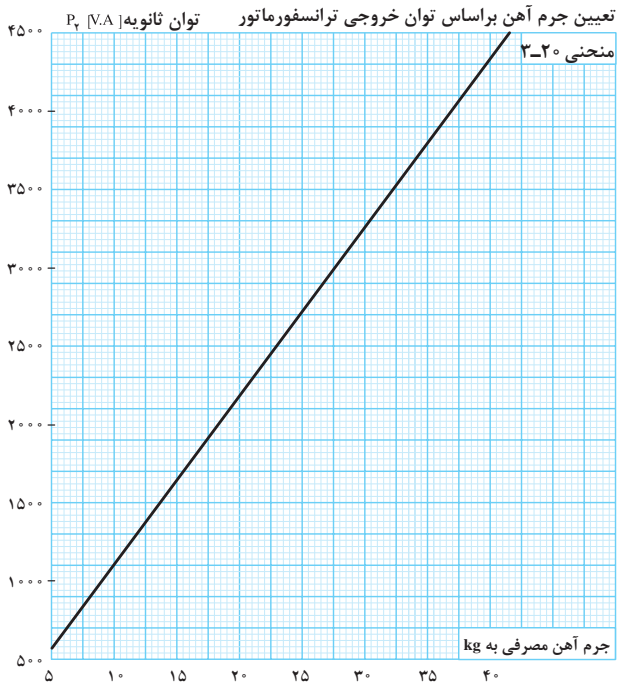
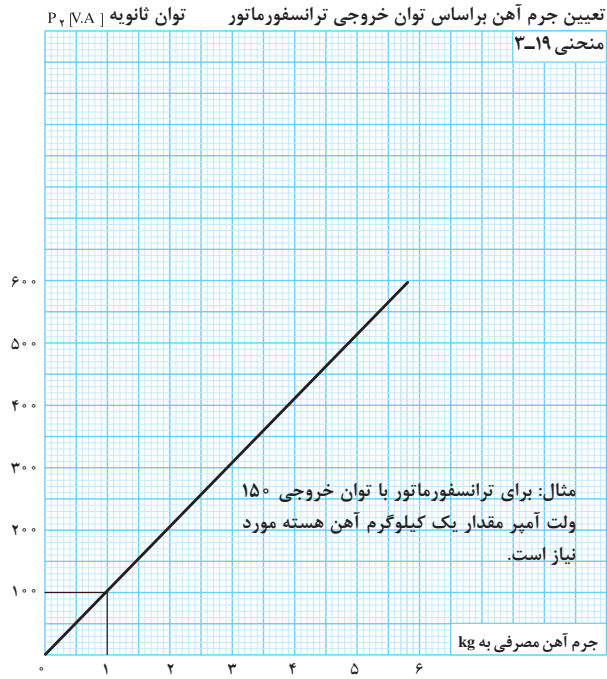
توان ثانویه $P_2 [V.A]$ تعیین جرم سیم براساس توان خروجی



توان ثانویه $P_2 [V.A]$ تعیین جرم سیم براساس توان خروجی



فصل دوم: بررسی محتوای کتاب درسی



برای کاربرد منحنی‌های گفته شده در طراحی ترانسفورماتور جدول ۳-۱ تشکیل می‌دهیم و آن را کامل می‌کنیم.

جدول ۳-۱ استفاده از منحنی طراحی ترانسفورماتور

ولتاژ اولیه $U_1 = V$		ضخامت ورق $d' = \text{mm}$		$P_r = P_{r1} + P_{r2} + P_{r3} + \dots V.A$	
$U_{r1}=V, U_{r2}=U_{r3}=V, I_{r1}=A_1, I_{r2}=A, I_{r3}=A$					
$P_{r1} = I_{r1} \times U_{r1} =$		$V.A \quad P_{r2} = I_{r2} \times U_{r2} =$		$V.A \quad P_{r3} = I_{r3} \times U_{r3} = \quad V.A$	
خواسته‌ها	منحنی	فرمول	محاسبات	نتیجه	
S	۱				
P_1	۲				
N_r	۳	$N_1 = U_1 \times N_r$			
N_1					
ΔU_{r1}	۴	$N_{r1} = U_{r1} \times N_r (1 + \Delta U_{r1})$			
ΔU_{r2}	۴	$N_{r2} = U_{r2} \times N_r (1 + \Delta U_{r2})$			
ΔU_{r3}	۴	$N_{r3} = U_{r3} \times N_r (1 + \Delta U_{r3})$			
N_{r1}					
N_{r2}		$I_1 = P_1 / V_1$			
N_{r3}					
J	۵				
I_1	۶				
d_{r1}	۷				
d_{r2}	۷				
d_{r3}	۷				
d_{r3}	۷				
نوع EI	۸				
تعداد ورق‌های EI		$n = (1/1 \times S) / (f \times d')$			
وزن مس مصرفی	۹				
وزن آهن مصرفی	۱۰				
ابعاد قرقره			a b L $h = \frac{1/1 \times S}{f}$		

فصل دوم: بررسی محتوای کتاب درسی

مثال: ترانسفورماتوری به مشخصات $V_p=24V$ ، $V_s=220V$ ، $I_p=1/5A$ ، $d_p=0/5mm$ را از طریق منحنی‌ها طرح کنید.

خواسته‌ها		منحنی	فرمول	محاسبات	نتیجه
S		۱			$5/9cm^2$
P _۱		۲			$42/5VA$
N _r		۳	$N_1 = U_1 \times N_r$	$220 \times 6/4$	$6/4$
N _۱					1480
ΔU_{r1}		۴	$N_{r1} = U_{r1} \times N_r (1 + \Delta U_{r1})$		$12/5$
ΔU_{rr}		۴	$N_{rr} = U_{rr} \times N_r (1 + \Delta U_{rr})$		–
ΔU_{rr}		۴	$N_{rr} = U_{rr} \times N_r (1 + \Delta U_{rr})$		–
N _{r1}				$12 \times 6/4 \times (100/145)$	175
N _{rr}			$I_1 = P_1 / V_1$		–
N _{rr}			326		–
J		۵			4
I _۱		۶			$0/195$
d _{۱۱}		۷			$0/23$
d _{r1}		۷			$0/20$
d _{r2}		۷			–
d _{r3}		۷			–
EI نوع		۸			66
تعداد ورق‌های EI			$n = (1/1 \times S) / (f \times d')$		59
وزن مس مصرفی		۹			$250g$
وزن آهن مصرفی		۱۰			$250g$
ابعاد قرقره				$a = 13/1$ $b = 12/6$ $L = 28$ $h = \frac{1/1 \times S}{f} = \frac{1/1 \times 5/9 \times 100}{22}$	$h = 29/5mm$

علی عراقی متولد ۱۳۳۰ شمسی شهرستان مرند است. وی تحصیلات ابتدایی را در دبستان جاماسب یکان کهریز مرند و دوره متوسطه را در ارومیه گذراند و سپس وارد دانشکده پلی تکنیک تهران شد. عراقی در ادامه مدرک فوق لیسانس از دانشگاه تربیت مدرس تهران در رشته برق قدرت دریافت کرد. او فعالیت‌های آموزشی خود را از آموزش و پرورش ارومیه در سال ۱۳۴۹ شروع کرد و پس از آن در هنرستان‌های تهران و همچنین دانشگاه شهید رجایی به تدریس پرداخت. علاوه بر تدریس در مراکز علمی دولتی با صنعت ارتباط داشته و در دوره‌های کوتاه‌مدت، آموزش‌هایی برای ارتقای سطح علمی تکنسین‌ها و مهندسی شرکت‌های مختلف مانند، ذوب آهن، مجتمع فولاد مبارکه، مس سرچشمه کرمان و ... داشته است. در دوران دفاع مقدس و شرایط دشوار تأمین تجهیزات کارخانه‌ها وی با تعمیر و بازپچی موتورهای الکتریکی، آنها را به‌چرخه تولید باز می‌گرداند. مهندس عراقی در سال‌های متمادی بعد از انقلاب اسلامی در طی ۲۰ سال موفق به تربیت تعداد بی‌شماری از دبیران فنی برق شده است که بسیاری از آنها امروز سرآمد آموزش‌های فنی و حرفه‌ای کشور و بازار کار هستند. تجارب ارزنده این معلم فرهیخته و دلسوز، تألیف چندین جلد کتاب درسی تخصصی در نظام‌های آموزش فنی می‌باشد که برگ زرینی از تلاش‌های ارزنده او در این راه است. مهندس عراقی در سال‌های ۷۲ و ۸۰ به‌عنوان مدرس نمونه کشوری انتخاب شد.



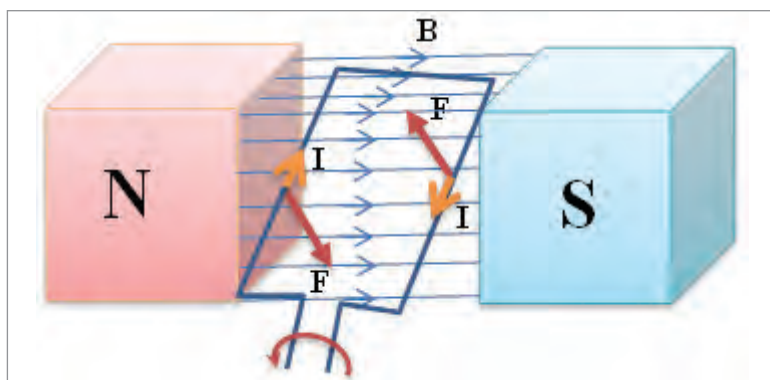
سیم‌پیچی الکتروموتورهای سه فاز

مقدمه

اهمیت الکتروموتورهای الکتریکی در تأمین اهداف صنعتی و خانگی و توسعه آنها با رشد تکنولوژی ایجاب می‌کند این بخش را نیز در حد وسیع‌تر مورد مطالعه قرار دهیم و تا حدودی خواسته آموزشی را برآورده کنیم این امر میسر نخواهد شد که دانش و مهارت همکاران عزیز در حد مطلوب ارتقا داده شود مطمئن هستیم ارائه این راهنما با ترکیب تجارب همکاران ما را به اهداف مطلوب آموزش این پودمان سوق خواهد داد.

۴-۱- عملکرد الکتروموتورها:

اساس کار موتورهای الکتریکی در واقع اعمال نیرو بر هادی جریان‌دار در میدان مغناطیسی است اگر هادی به شکل قاب درآید و از آن جریان الکتریکی عبور کند و در میدان مغناطیسی متقارن قرار گیرد در بازوی این قاب دو نیروی مساوی موازی و مختلف‌الجهت (زوج نیرو یا کوپل نیرو) ایجاد می‌شود و خاصیت زوج نیرو ایجاد گشتاور است. بدین طریق قاب حول محور خود قادر خواهد بود به گردش درآید. مقدار گشتاور ایجاد شده به بزرگی میدان مغناطیسی، شعاع بازوها، طول مؤثر هادی‌ها در میدان مغناطیسی و جریان عبوری از هادی‌ها بستگی دارد. گشتاور یک کمیت برداری است که عامل مؤثر گشتن یک جسم حول محورش می‌باشد و واحد آن نیوتن متر است از نظر معادله ابعادی از جنس انرژی جهت‌دار می‌باشد (شکل ۱).

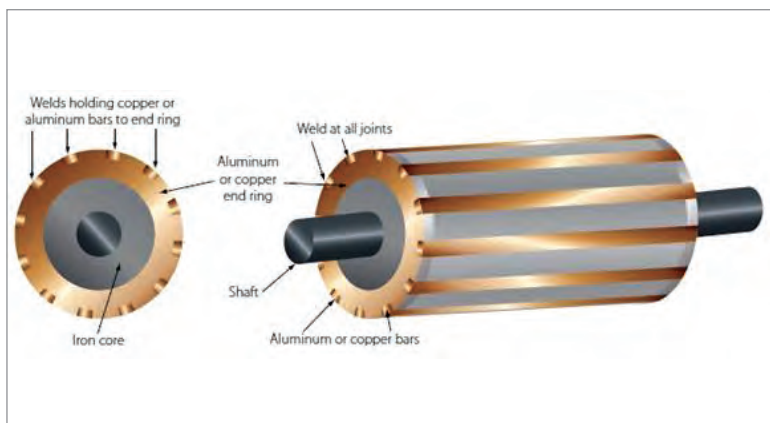


شکل ۱- ایجاد گشتاور الکتروموتور

ارتباط بردارهای B, F, I را قاعده دست چپ تعیین می کند براین اساس اگر کف دست چپ در ورودی خطوط میدان از قطب N به قطب S قرار گیرد چهار انگشت جهت جریان و انگشت شست جهت نیروی F را نشان خواهد داد.

در ساختن هسته رتور واستاتور از ورقه‌ها دیناموبلش استفاده می شود، به هر کدام از ورقه‌های دیناموبلش یک لمینت می گویند یک طرف آنها عایق است با کنار هم چیدن این لمینت‌ها شیارهایی پیدا می شوند. ورقه‌ها را به گونه‌ای کنار هم قرار می دهند که طرف عایق آنها به طرف هادی ورق دیگر باشد که در مجموع ورقه‌های چیده شده روی هم نسبت به هم عایق باشند در داخل شیارهای ورقه‌های رتور را با مفتول‌های آلومینیومی یا مسی قرار می دهند و دوسر آنها با صفحات یا رینگ به همدیگر اتصال می دهند و در داخل شیارهای استاتور باتوجه به سرعت و قطب‌ها کلاف‌هایی تهیه شده و سیم پیچی می شوند. مفتول‌های رتور، با پر کردن شیارها توسط مس مذاب یا آلومینیوم مذاب ایجاد می شود.

اکثراً سؤال می شود در رتور هسته که آهنی و رسانا می باشد چرا جریان از مسیرهای مفتول آلومینیومی یا مسی عبور می کند و از مسیر هسته آهنی نمی گذرد. همان طور که در بالا گفته شد ورقه‌های هسته نسبت به هم عایق هستند و جریان الکتریکی را هدایت نمی کنند مگر جریان‌های فوکو که ناچیز هستند از ورقه‌های آهنی عبور کنند. علاوه بر آن آلومینیوم و مس از هدایت بهتری نسبت به آهن برخوردار می باشند و الکترون‌ها رساناترین مسیر را انتخاب می کنند. در شکل ۲ طرز قرار گرفتن مفتول‌های مسی یا آلومینیومی در داخل هسته آهنی را نشان می دهد.



شکل ۲- رتور قفسی



تحقیق کنید فرایند ساخت روتور قفسی چگونه است؟

جواب: ابتدا توسط دستگاه‌های پانچ، سوراخ‌های مورد نیاز که برابر تعداد مفتول‌ها و متناسب با تعداد قطب‌ها می‌باشد در روی صفحات ایجاد می‌کنند و یک طرف ورق‌ها را عایق می‌کنند با روی هم قرار دادن این ورقه‌ها روی شفت یا محور رتور، مسیره‌های مفتول‌ها به دست می‌آید این مسیره‌ها را با آلومینیوم مذاب یا مس مذاب پرمی‌کنند که پس از سرد شدن مواد مذاب مفتول در داخل شیارها تشکیل و تثبیت می‌شوند مفتول‌ها را از دو طرف توسط صفحات یا رینگ‌ها به هم اتصال می‌دهند تا مسیر جریان الکتریکی آنها کامل شود.

۴-۲ محاسبات سیم پیچی استاتور موتورهای الکتریکی

مطالب ارائه شده در این قسمت صرفاً برای تسلط همکاران به محاسبات سیم‌پیچی استاتور می‌باشد و انتقال محاسبات به هنرجویان هدف نمی‌باشد. برای آنکه پوسته‌های موجود در کارگاه متنوع و در توان‌های مختلف می‌باشند لذا همکاران با مراجعه به این مطالب می‌توانند مشخصات سیم‌پیچی را استخراج نموده، آنها را جهت بازپیچی در اختیار هنرجویان قرار دهند.

۴-۲-۱ برآورد تعداد دور هر کلاف استاتور

در بحث ترانسفورماتورها نیروی محرکه القایی را براساس رابطه ۴-۱ تعیین کردیم.

$$E = 4/44 \times f \times B \times A \times N_{Ph} \quad (4-1)$$

در این رابطه B چگالی متوسط میدان در سطح استاتور، A سطح یک قطب که شارمغناطیسی را تولید می‌کنند، f فرکانس و N_{Ph} تعداد دور هرفاز می‌باشد و E نیروی محرکه القایی در هرفاز است. از رابطه ۴-۱ مقدار N_{Ph} را براساس رابطه ۴-۲ به دست می‌آوریم.

$$N_{Ph} = \frac{E}{4/44 \times f \times B \times A} \quad (4-2)$$

تعداد کلاف‌ها در هرفاز را با γ نشان می‌دهند و از رابطه ۴-۳ محاسبه می‌شود.

$$\gamma = \frac{Z \times t}{2} \quad (4-3)$$

Z تعداد شیارها و t تعداد طبقات سیم پیچی می‌باشد.

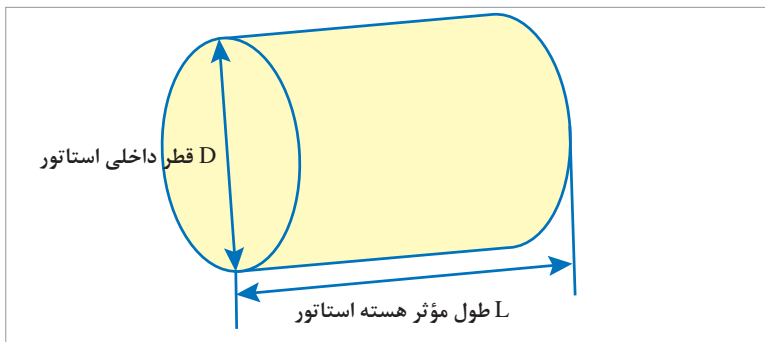
B مقدار متوسط چگالی میدان در سطح استاتور است و اگر شار تولیدی توسط جریان متناوب سینوسی یا کسینوسی باشد می توان آن را به صورت زیر به دست آورد.

$$B(t) = B_m \sin(\omega t)$$

$$B = \frac{1}{n} \int_0^\pi B_m \sin(\omega t) d\omega t = \frac{B_m}{\pi} [-\cos \omega t]_0^\pi = \frac{B_m}{\pi} [-\cos(\pi) - (-\cos(0))] \\ = \frac{B_m}{\pi} [1 + 1]$$

$$B = \frac{2}{\pi} B_m \quad (4-4)$$

B_m ماکزیمم چگالی میدان می باشد که به قطر استاتور و تعداد قطبها بستگی دارد و به علت آنکه یک کمیت غیرخطی است آن را از منحنی شماره ۱ تعیین می کنیم. A سطح مقطع زیر هر قطب از تقسیم سطح جانبی استاتور که یک استوانه است بر تعداد قطبها به دست می آید.



شکل ۳- سطح مقطع جانبی داخلی استاتور

اگر سطح جانبی استاتور را به تعداد قطبها تقسیم کنیم A ، سطح اشغال توسط هر قطب به دست می آید (رابطه ۴-۵).

$$S = \pi \times D \times L$$

$$A = \frac{S}{2P} = \frac{\pi \times D \times L}{2P} \quad (4-5)$$

از جایگزینی روابط ۴-۵، ۴-۴، ۳-۴ در رابطه ۴-۲ می‌توان نوشت:
دور هر کلاف را با N_V نشان خواهیم داد که از تقسیم N_{Ph} بر γ به دست می‌آید.

$$N_V = \frac{N_{Ph}}{\gamma} = \frac{E}{\frac{4}{44} \times f \times \frac{2 \times B_m}{\pi} \times \frac{\pi \times D \times L}{2P} \times \gamma}$$

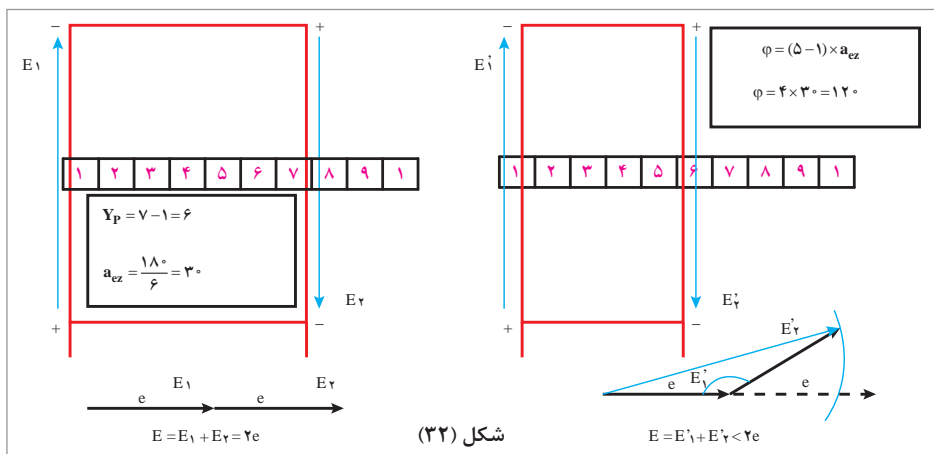
$$N_V = \frac{E \times 2P}{\frac{4}{44} \times f \times 2 \times B_m \times D \times L \times \gamma} = \frac{V_{Ph}(1 - \% \Delta V) \times 2P}{\frac{4}{44} \times f \times 2 \times B_m \times D \times L \times \gamma}$$

$$N_V = \frac{V_{Ph}(1 - \% \Delta V) \times 2P}{\frac{4}{44} \times f \times 2 \times B_m \times D \times L \times \gamma} \quad (4-6)$$

رابطه ۴-۶ زمانی صادق است که هسته یک پارچه و گام سیم‌پیچی کامل و همه سیم‌ها در دوشیار قرارداد شده‌اند. این شرایط در عمل امکان‌پذیر نمی‌باشد چون همه سیم‌ها در دوشیار جا نمی‌گیرند و باید بین شیار مربوط به فاز توزیع شوند هسته به خاطر جلوگیری از تلفات فوکو ورق ورق می‌سازند و برای حذف هارمونی‌های مزاحم و سایر مزایا از گام کسری استفاده می‌شود در تورق هسته، حجم مؤثر کمتر از حجم ظاهری می‌شود و در محاسبات باید حجم مؤثر در نظر گرفته شود لذا سیم‌پیچی نسبت به سطح ظاهری یک ضریب تورق پیدا می‌کند که آن را با K نشان خواهیم داد معمولاً K را حدوداً ۰/۹۵ منظور می‌کنند.

۴-۲-۲ ضریب کوتاهی گام یا ضریب وتر

در گام کامل بین دو بازوی یک کلاف اختلاف فاز 180° درجه می‌باشد بنابراین ولتاژهای القایی در این دو بازو جمع جبری می‌شوند و با گام کسری اختلاف فاز کمتر از 180° درجه می‌شود در این حالت ولتاژ بازوهای یک کلاف از جمع برداری به دست می‌آید که کمتر از مقدار جمع جبری می‌باشد که باعث کاهش ولتاژ شده و مشخصات نامی موتور را تغییر می‌دهد و برای آنکه در مشخصات موتور تغییراتی حاصل نشود تعداد دور هر کلاف را به اندازه ضریب کوتاهی گام یا ضریب وتر تقویت می‌کنیم (شکل ۴).



شکل ۴ - کوتاهی گام

ضریب کوتاهی گام را با K_P نشان می‌دهند از رابطه ۴-۷ محاسبه می‌شود.

$$K_P = \sin\left(\frac{y_Z \times \alpha_{eZ}}{\gamma}\right) \quad (4-7)$$

$$y_Z = y_P \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

$$y_P = \frac{Z}{\gamma P}$$

$$\alpha_{eZ} = \frac{P \times 36^\circ}{Z}$$

n شماره هارمونی است که در کسری گام هدف، حذف این هارمونی است.

۴-۲-۳- ضریب توزیع

در توزیع سیم‌ها در سطح شیارها مانند کسری گام ولتاژ القایی جمع برداری می‌شوند و کاهش ولتاژ اتفاق می‌افتد و برای جبران کاهش ولتاژ، ولتاژ به اندازه ضریب توزیع تقویت می‌شود. ضریب توزیع را با K_Z نشان می‌دهند و از رابطه ۴-۸ به دست می‌آید.

$$K_Z = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{\gamma m}\right)}{q \sin\left(\frac{\pi}{\gamma m q}\right)} \quad (4-8)$$

$$q = \frac{Z}{\gamma P \times m}$$

۴-۲-۴- ضریب سیم پیچی

به حاصلضرب ضریب توزیع و ضریب کوتاهی گام ضریب سیم پیچی می گویند و آن را با K_W نشان داده و رابطه ۴-۹ حاصل می شود.

$$K_W = K_P \times K_Z \quad (4-9)$$

بدین طریق فرمول نهایی محاسبه تعداد دور هر کلاف سیم پیچی استاتور به صورت رابطه ۴-۱۰ بیان می شود.

$$N_V = \frac{V_{Ph} (1 - \% \Delta V) 2P}{4 / 44 \times f \times 2 \times B_m \times D \times L \times \gamma \times K \times K_W} t \quad (4-10)$$

V_{Ph} ولتاژ فازی است اگر موتور به صورت ستاره کار کند در استاندارد ایران اندازه آن ۲۳۰ ولت است و اگر در کار نامی مثلث کار کند مقدار آن ۴۰۰ ولت منظور می گردد. ΔV مقدار افت ولتاژ است براساس تعداد قطب از جدول ۱ انتخاب می شود.

جدول ۱- تعیین افت ولتاژ براساس تعداد قطبها

۲P تعداد قطبها	۲	۴	۶	۸
ΔV افت ولتاژ به درصد	۲	۲/۵	۳	۳/۵

۲P تعداد قطبها است. D قطر داخلی استاتور برحسب متر و L طول مؤثر هسته برحسب متر می باشد. B_m چگالی میدان از منحنی شماره ۱ به دست می آید. γ تعداد کلافهای به کار رفته در هر فاز است که از رابطه ۴-۳ به دست می آید. K ضریب تورق است که تقریباً برابر ۰/۹۵ می باشد. K_W ضریب سیم پیچی می باشد که از رابطه ۴-۹ به دست می آید.