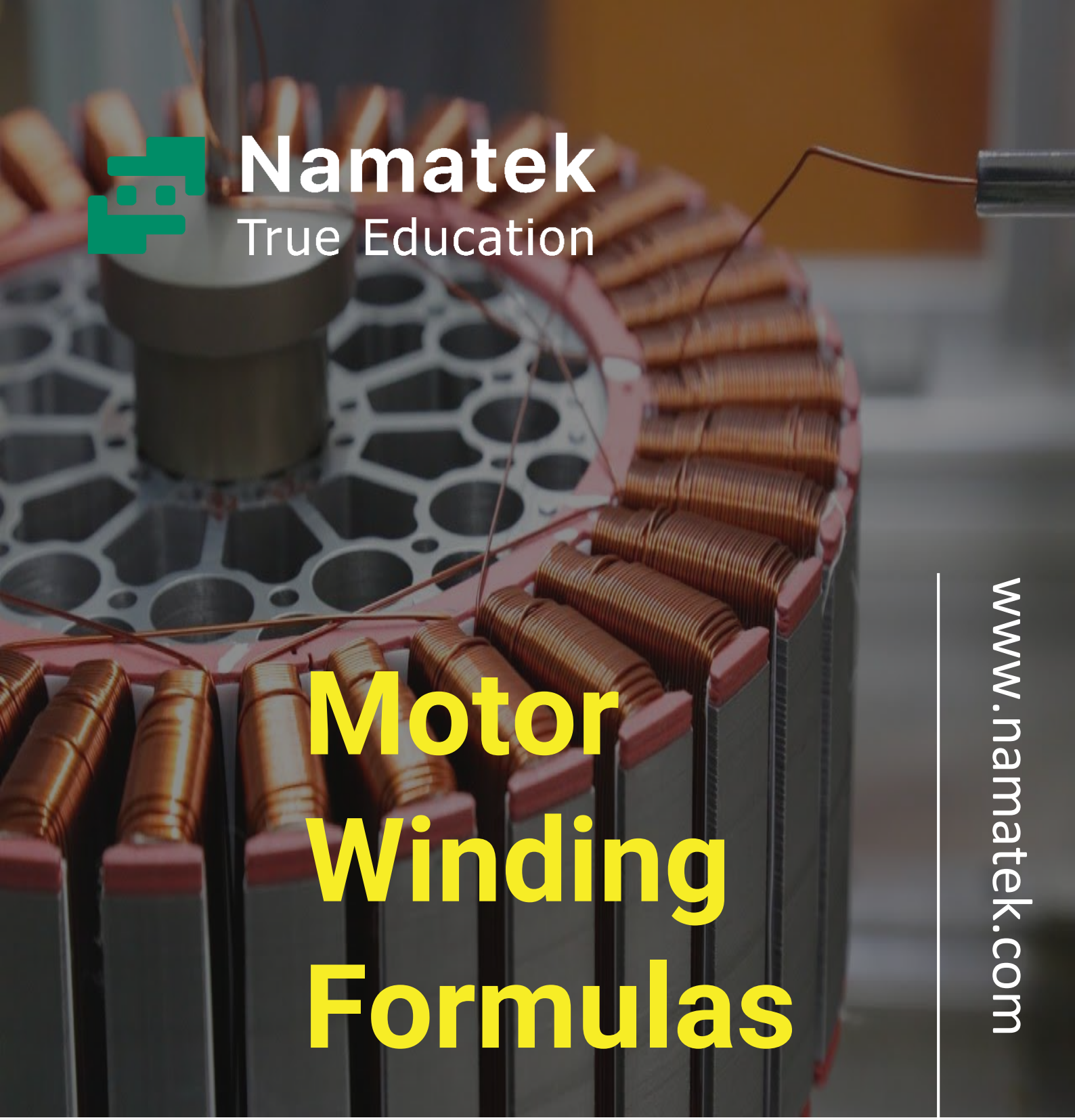


Namatek
True Education

Motor Winding Formulas

www.namatek.com

فرمول های سیم پیچی موتور

فهرست مطالب

1. موتور الکتریکی چیست؟
2. فرمول های محاسبه سرعت موتور
3. فرمول محاسبه ولتاژ القایی آرمیچر
4. فرمول های سیم پیچی موتور برای محاسبه گشتاور بار و تنظیم سرعت
5. فرمول های سیم پیچی موتور برای محاسبه EMF و توان ورودی و خروجی و راندمان
6. فرمول های سیم پیچی برای محاسبه لغزش موتور

www.namatek.com

اولین چیزی که در ساخت یک موتور الکتریکی نیاز دارید، فرمول های سیم پیچی موتور است.

موتورها جزء پرکاربردترین بخش هر دستگاهی هستند. از ساعت های ظریف و کوچک مچی گرفته تا دستگاه های بزرگ صنعتی در کارخانه ها، همگی به نوعی از موتور الکتریکی در ساختار داخلی خود بهره می برند.

بسته به کاربرد مورد نظر شما برای موتور، گزینه هایی برای انتخاب در پیش رو خواهید داشت.

در ادامه این مقاله همراه ما باشید تا با انواع فرمول هایی که در سیم پیچی موتور به آن ها نیاز پیدا خواهید کرد آشنا شوید.

#1 موتور الکتریکی چیست؟

موتور الکتریکی دستگاهی است که انرژی الکتریکی را به مکانیکی تبدیل می کند.

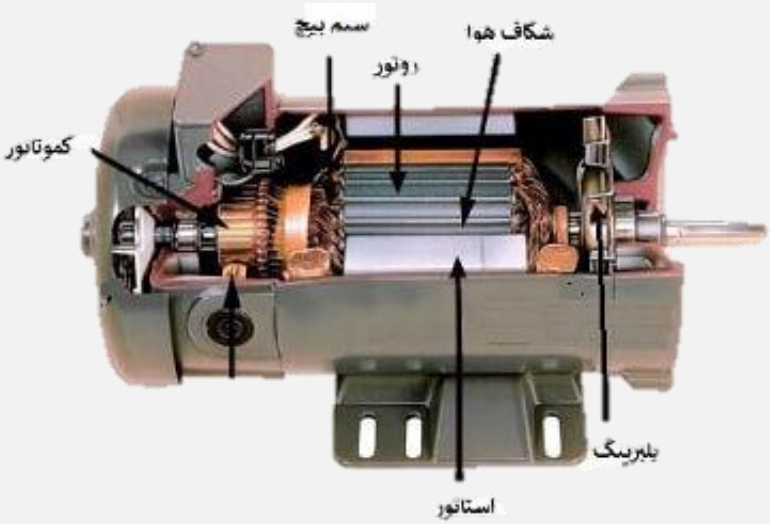
اکثر موتورها بر اساس اصل برهمکنش بین جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی درون سیم پیچ کار می کنند که این اتفاق باعث چرخش شفت موتور می شود.

موتورها دو نوع منبع تغذیه دارند:

- **DC (Direct Current)**: شامل باتری ها
- **AC (Alternating Current)**: شامل اینورترها، شبکه های برق و ژنراتورها

بخش های مختلف یک موتور الکتریکی عبارت اند از:

- روتور (Rotor)
- استاتور (Stator)
- شکاف هوا (Air Gap)
- سیم پیچ (Winging)
- بلبرینگ یا یاتاقان (Bearing)
- کموتاتور (Commutator)



حال اگر تصمیم به طراحی موتور الکتریکی داشته باشید باید به چند نکته توجه کنید.

پارامترهایی مانند نوع موتور، سرعت چرخش، گشتاور، لرزش، تعداد دور سیم پیچ و... مواردی هستند که باید برای هرکدام پاسخی در نظر داشته باشید.

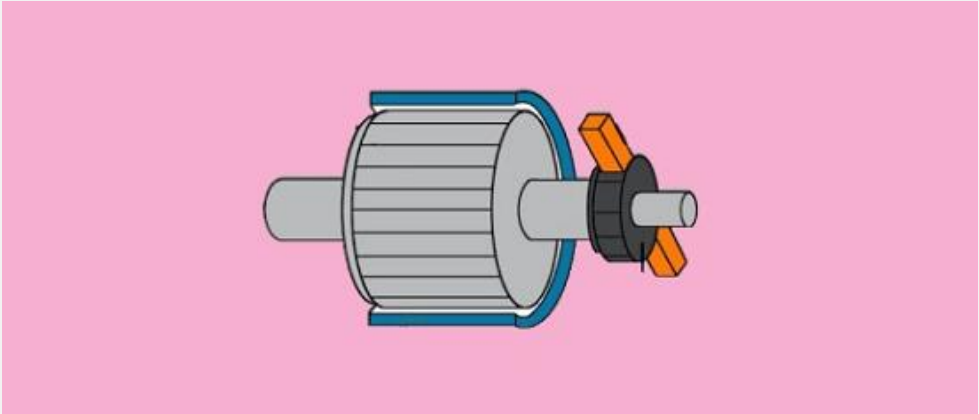
در بخش های بعد فرمول های **سیم پیچی موتور (Motor Winding)** را بیان خواهیم کرد که به کمک آن ها می توانید پارامترهای موتور الکتریکی را محاسبه کنید.

#2 فرمول های محاسبه سرعت موتور

یک میدان مغناطیسی دوار زمانی ایجاد می شود که منبع تغذیه 3 فاز به استاتور یک موتور متصل شود.

میدان مغناطیسی دوار دارای مقداری ثابت و چرخش دایره ای است. همین امر سبب پیدایش پارامتر سرعت چرخش می شود که ما به عنوان سرعت سنکرون موتور آن را می شناسیم.

فرمول های سرعت از مهم ترین فرمول های سیم پیچی موتور هستند که به کمک آن ها می توان پارامترهای دیگر را نیز محاسبه کرد.



سرعت سنکرون از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

که در این رابطه متغیرها به شرح زیر هستند:

- **N_s:** سرعت سنکرون برحسب rpm یا دور بر دقیقه
- **f:** فرکانس برحسب هرتز
- **P:** تعداد قطب ها

اما در موتورها سرعت دیگری نیز مطرح می شود که به **سرعت زاویه ای (Angular Speed)** معروف است و واحد آن رادیان بر ثانیه (Rad/s) است.

از فرمول زیر می توان این سرعت را محاسبه کرد:

$$\omega = N_s \times 2\pi/60$$

در این رابطه متغیرها عبارت اند از:

- **ω:** سرعت زاویه ای و برحسب رادیان بر ثانیه
- **N_s:** سرعت سنکرون بر حسب دور بر دقیقه(rpm)
- **π:** عدد ثابت پی

#3 فرمول محاسبه ولتاژ القایی آرمیچر

آرمیچر (Armature) بخشی از موتور الکتریکی است که به آن ولتاژ داده می شود. این بخش در ژنراتورها که عملکردی عکس موتورها دارند نیز دیده می شود.

هر کدام از بخش های روتور و استاتور را می توان به عنوان یک آرمیچر در نظر گرفت.

فرمول زیر از سری فرمول های سیم پیچی موتور، امکان محاسبه **ولتاژ** القایی آرمیچر را به ما می دهد:

$$E_0 = (ZNM)/60$$

که متغیرها عبارت اند از:

- **E_0:** ولتاژ القایی آرمیچر بر حسب ولت
- **Z:** تعداد کل هادی های روی آرمیچر
- **N:** سرعت چرخش آرمیچر برحسب دور در دقیقه یا rpm
- **M:** شار مغناطیسی هر قطب روی آرمیچر با واحد وبر (Weber)

#4 فرمول های سیم پیچی موتور برای محاسبه گشتاور بار و تنظیم سرعت

گشتاور (Torque) به عنوان نیروی چرخشی در یک فاصله مشخص از محور چرخش در نظر گرفته می شود که واحد آن نیوتن متر (N.m) است. گشتاور نشان دهنده ظرفیت انجام کار و در کل مجموع بارهای اصطکاک و گرانشی است.

فرمول محاسبه گشتاور از سری فرمول های سیم پیچی موتور در زیر آمده است:

$$T = (I \times V \times E \times 60) / (N_s \times 2\pi)$$

که متغیرهای آن عبارت اند از:

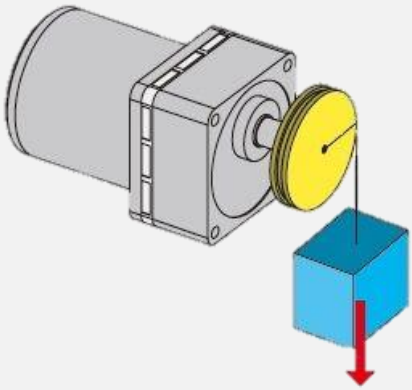
- **T:** گشتاور با واحد نیوتن متر
- **E:** بازده
- **I:** جریان برحسب آمپر
- **V:** ولتاژ برحسب ولت
- **N_s:** سرعت چرخشی برحسب دور بر دقیقه

تنظیم سرعت (Speed Regulation) که همواره به صورت درصد بیان می شود و بدون واحد است، تغییرات سرعت موتور را به هنگام تغییر بار نشان می دهد و می توان آن را به کمک فرمول زیر محاسبه کرد:

$$Speed\ Regulation = \left(\frac{N_{nl} - N_{fl}}{N_{fl}}\right) \times 100\%$$

که متغیرهای آن به شرح زیر هستند:

- **N_{nl}:** سرعت موتور در حالت بی باری
- **N_{fl}:** سرعت موتور در حالت بار کامل



#5 فرمول های سیم پیچی موتور برای محاسبه EMF و توان ورودی و خروجی و راندمان

برای محاسبه **نیروی محرکه الکتریکی** یا **EMF** (مخفف **Electromotive Force**) موتور DC از فرمول زیر استفاده می کنیم:

$$E_b = PØNZ / 60A$$

که در آن متغیرها به شرح زیر هستند:

- **E_b:** EMF برحسب ولت
- **P:** تعداد قطب ها
- **Ø:** شار هر قطب برحسب وبر
- **N:** سرعت موتور در واحدrpm
- **Z:** تعداد هادی ها
- **A:** تعداد مسیرهای موازی

البته اگر به جای مقادیر بالا جریان، ولتاژ و مقاومت آرمیچر را در اختیار داشته باشیم، می توانیم از فرمول زیر برای محاسبه EMF استفاده کنیم:

$$E_b = V - I_aR_a$$

که در آن متغیرها به شرح زیر هستند:

- **V:** ولتاژ تغذیه برحسب ولت
- **I_a:** جریان آرمیچر بر حسب آمپر
- **R_a:** مقاومت آرمیچر برحسب اهم

برای محاسبه **توان ورودی و خروجی** موتور برحسب وات می توان از فرمول های مربوط به سیم پیچی زیر استفاده کرد:

توان ورودی:

$$P_{in} = VI_a$$

توان خروجی:

$$P_{out} = T\omega$$

که در آن ها متغیرها به شرح زیر هستند:

- **V:** ولتاژ ترمینال برحسب ولت
- **I_a:** جریان آرمیچر برحسب آمپر
- **T:** گشتاور موتور برحسب نیوتون متر
- **ω:** سرعت موتور برحسب رادیان بر ثانیه

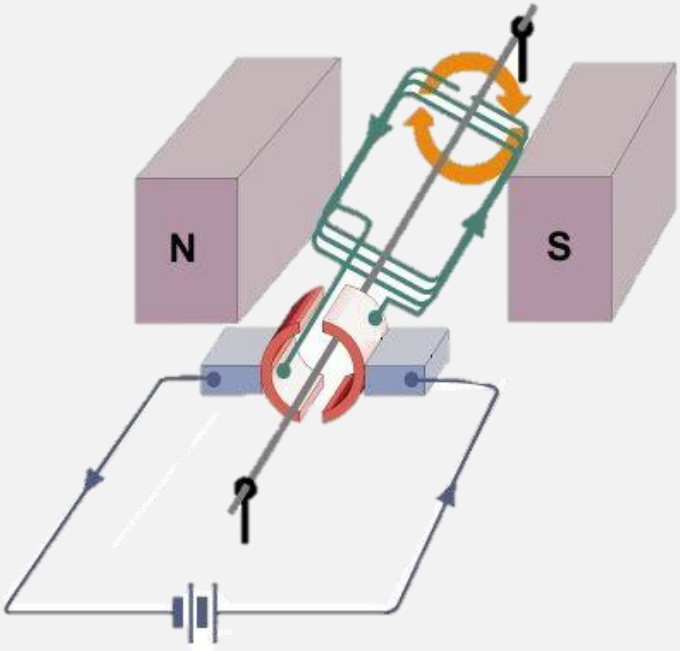
راندمان موتور نشان دهنده میزان تبدیل انرژی اولیه در موتور به انرژی خروجی است. هر چه این مقدار بیشتر باشد میزان تلفات موتور پایین تر است.

راندمان را می توان از فرمول زیر محاسبه کرد که عددی بدون واحد است:

$$E = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

متغیرها عبارت اند از:

- **P_{out}:** توان مکانیکی خروجی برحسب وات
- **P_{in}:** توان الکتریکی ورودی برحسب وات



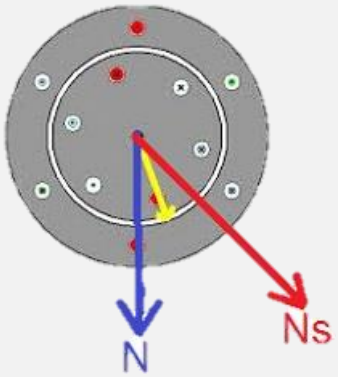
#6 فرمول های سیم پیچی برای محاسبه لغزش موتور

تأخیر سرعت واقعی موتور نسبت به سرعت سنکرون موتور **لغزش (Slip)** نامیده می شود که آن را با **S** نشان می دهیم و به صورت زیر محاسبه می شود:

$$S = N_s - N$$

در این فرمول پارامترها به شرح زیر هستند:

- **S:** لغزش برحسب دور بر دقیقه
- **N_s:** سرعت سنکرون برحسب دور بر دقیقه
- **N:** سرعت واقعی موتور برحسب دور بر دقیقه



به یاد داشته باشید که همیشه سرعت واقعی موتور از سرعت سنکرون آن کمتر است.

گاهی مواقع لرزش برحسب درصد نیز بیان می شود که در آن صورت از رابطه زیر به دست می آید:

$$S(\%) = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100$$

برای یک **موتور القایی** محاسبه **لغزش** را می توان از طریق سرعت زاویه ای نیز به دست آورد:

$$S = \frac{\omega_s - \omega}{\omega}$$

متغیرها عبارت اند از:

- ω_s: سرعت زاویه ای سنکرون شده برحسب رادیان بر ثانیه
- ω: سرعت زاویه ای واقعی و برحسب رادیان بر ثانیه

کلام آخر

در این مقاله با انواع فرمول های سیم پیچی موتور الکتریکی و پارامترهای آن ها آشنا شدیم.

در وهله اول برای طراحی و ساخت و حتی خریداری یک موتور الکتریکی متناسب با هدفتان نیازمند محاسبه پارامترهای اساسی موتور هستید. چرا که انتخاب موتور نادرست می تواند باعث شکست پروژه ای باشد که موتور را برای آن در نظر گرفته بودید.