

تاکوژنراتور چیست؟ و عملکرد آن به چه صورت می باشد؟

در این مقاله درباره تعریف اولیه تاکوژنراتور ها، تاریخچه به وجود آمدن آن ها، انواع تاکوژنراتور ها، نحوه محاسبه خروجی و ساختمان آن ها بحث خواهیم نمود.



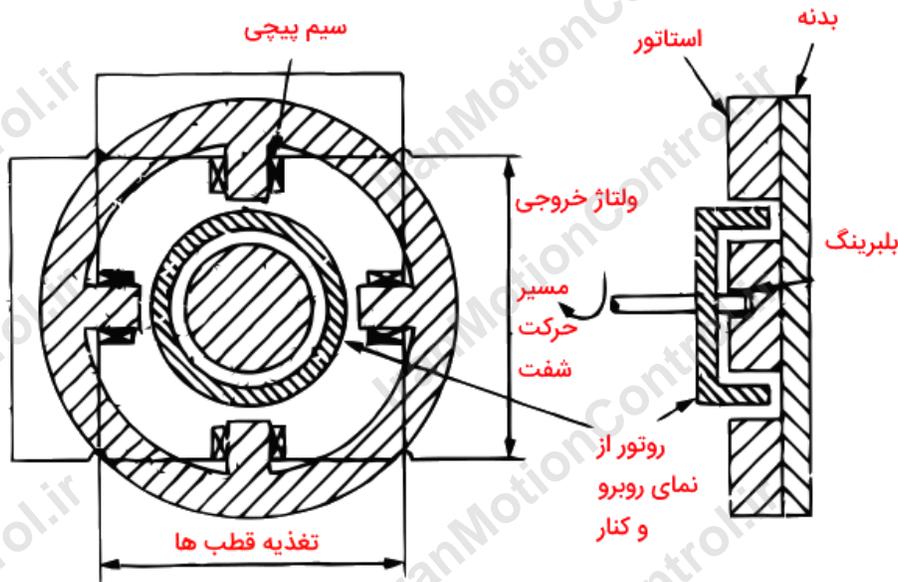
اگر در همین ابتدا بخواهیم تعریف کلی از این ادوات کنترلی ارائه دهیم، می توانیم بگوییم تاکوژنراتورها یا در زبان آلمانی تاخو ژنراتور ها (Tacho-Generator) که به نام تاکومتر نیز شناخته می شوند، ماشین های کسر اسب بخاری هستند که به صورت ژنراتور کار می کنند. این تجهیزات برای تبدیل سرعت دورانی به سیگنال الکتریکی از طریق گشتاور مکانیکی به کار می روند. زمان ساخت اولین تاکوژنراتور مشخص نیست ولی این تجهیز نزدیک به ۱۰۰ سال پیش وظیفه فیدبک دور را برای موتور ها ایفا می کرده اند.

در مقاله [تاکوژنراتور چیست؟ و عملکرد آن به چه صورت می باشد؟](#) به تمامی پرسش های شما پاسخ خواهیم داد.

تاکوژنراتور ها اولین نسل سیستم های کنترل حرکت قبل از انکودر ها بودند که خروجی آن ها به صورت آنالوگ می باشد. تاکوژنراتور ها برای اندازه گیری سرعت چرخش یا سرعت زاویه ای موتور ها و ادوات گردنده استفاده می شوند. در حال حاضر در سیستم هایی که دقت و سرعت بسیار بالا برای فیدبک خروجی مدنظر می باشد از تاکوژنراتور ها به ندرت استفاده می شود و به جای آن از انکودر که خروجی دیجیتالی دارد استفاده می شود. در واقع عملکرد این ادوات همانند یک ژنراتور (براساس تعریف کتاب ماشین های DC چاپمن) می باشد.

شاید اکنون از خود بپرسید که شباهت تاکوژنراتور با انکودر در چیست؟ ما در اینجا به تشابهات آن ها پرداخته ایم.

همانطور که در تصویر زیر مشاهده می کنید، ساختمان تاکو ها دارای پیچیدگی خاصی نمی باشد. این ادوات مشابه یک ژنراتور هستند که در ازای گردش روتور آن ها، در دو سر خروجی تولید ولتاژ می کنند و در نهایت از طریق زغال ها یا رینگ ها ولتاژ مورد نظر را در اختیار کنترلر قرار می دهند. بدنه یا فریم جزء بخش ثابت بوده و مجموعه سیم پیچی و کفشکهای روی آن، ایجاد قطب مغناطیسی می نماید. روتور نیز که بخش متحرک می باشد، دارای طول بلند و لختی بالایی است تا با کمترین اینرسی و گشتاور همراه با موتور به حرکت درآید.



۱. نحوه عملکرد و انواع تاکوژنراتور:

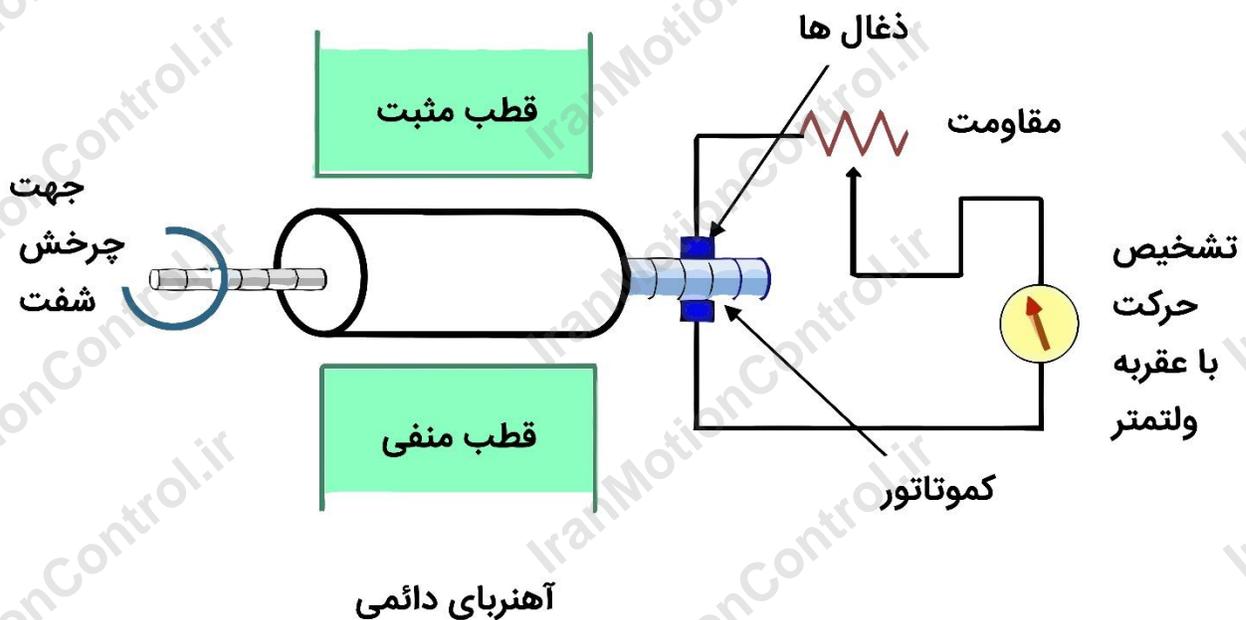
این تجهیزات همانند انکودر ها برای فیدبک گردش استفاده می شوند. به ازای گردش شفت آن ها در دور های متفاوت، ولتاژ های متناسبی را ایجاد می کنند که این سیگنال برای پردازش کنترلر ها یا حتی PLC ها استفاده می شود. همانطور که اشاره شد، خروجی همه تاکوژنراتور ها به صورت آنالوگ است و بر مبنای نوع طراحی، اصول کارکرد و همچنین نوع ولتاژ به دو دسته زیر تقسیم بندی می گردند:

- AC Tacho-Generator
- DC Tacho-Generator

انتظار می رود که هر یک از این دو مدل جدای از نوع ولتاژ خروجی، به ترتیب ولتاژی صاف و بدون ریبیل (Ripple) و یا ولتاژ سینوسی صاف با فرکانس و فاز ثابت داشته باشند. اکثرا در صنعت از تاکوژنراتور های DC استفاده می گردد.

۲. تاکوژنراتور های DC :

بخش های اصلی یک تاکوژنراتور DC شامل آهنربای قطب دائمی، آرمیچر، کموتاتور، ذغال ها، مقاومت متغیر و ولت متر می باشد. البته ولت متر بخش آنالوگ بوده و ولتاژ خروجی تاکوژنراتور را نمایش می داد که در حال حاضر استفاده نمی شود. عملکرد تاکوژنراتور DC بدین گونه است که وقتی هادی الکتریکی در میدان مغناطیسی حرکت می نماید، EMF باعث



ایجاد جریان در آن می گردد. مقدار EMF القایی وابسته به شار مغناطیسی قطب ها ، جنس هادی و سرعت حرکت می باشد. مشخصات و اجزاء تاکوژنراتور DC را می توانید در تصویر زیر مشاهده نمایید:

حرکت آرمیچر بین میدان آهنربایی بطور دائم باعث ایجاد میدان مغناطیسی می شود. جریان القایی از طریق ذغال ها در انتهای شفت تبدیل به ولتاژ DC می گردد که به این عمل کموتاسیون می گویند. رابطه ولتاژ القایی در تاکو ژنراتور DC به صورت زیر می باشد:

$$E = \frac{\Phi P N}{60} \times \frac{z}{a}$$

$$E \propto N$$

$$E = KN$$

$$K = \text{Constant} = \frac{\Phi P}{60} \times \frac{z}{a}$$

که در آن :

E ولتاژ تولید شده

Φ شار در هر قطب بر وبر

P تعداد قطب ها

N سرعت دور در دقیقه

Z تعداد هادی در سیم پیچ آرمیچر

a تعداد مسیر موازی در سیم پیچ آرمیچر

نحوه محاسبه ولتاژ خروجی تاکوژنراتور :

اصلی ترین پارامتر در تاکوژنراتور ها، سیگنال ولتاژ خروجی آن می باشد. فرمول محاسبه و پارامترهایی که در ولتاژ خروجی دخیل می باشد در زیر مشخص است:

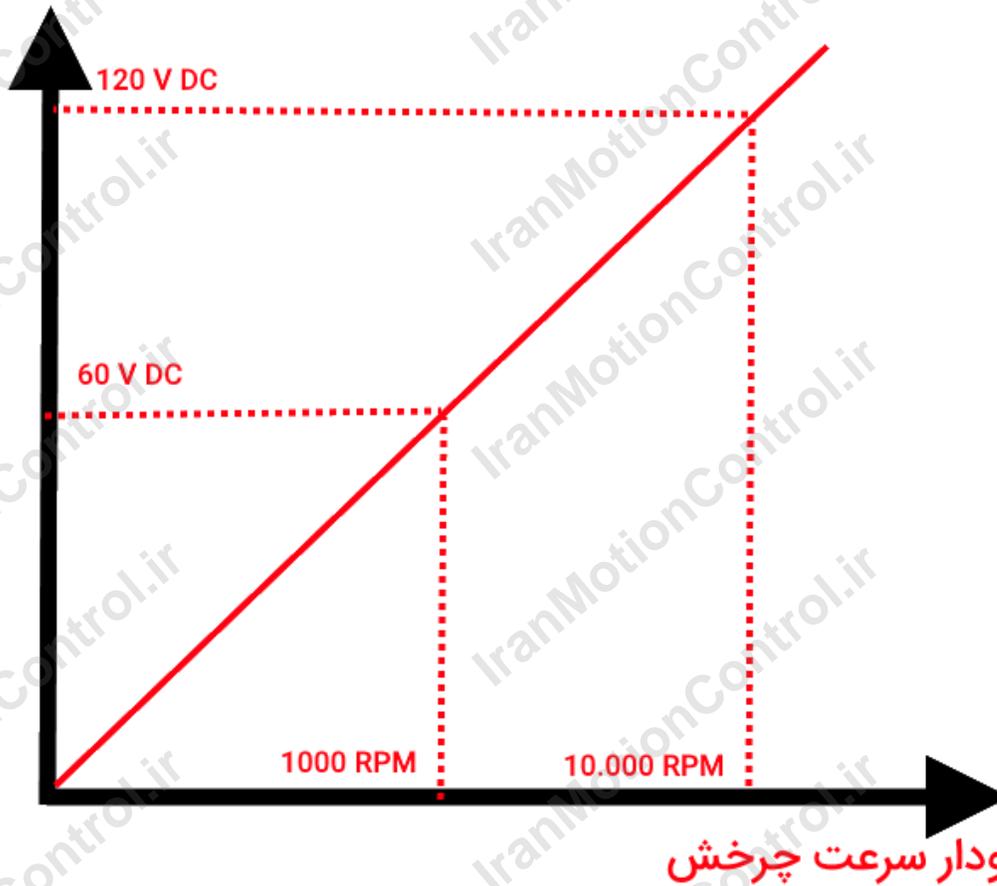
$$V_{out} = K_g w = K_g \frac{d\theta}{dt}$$

$\frac{d\theta}{dt}$ نرخ تغییرات زاویه چرخش موتور نسبت به زمان
 K_g ضریب تقویت حالت دائم معادله شیب مشخصه خروجی تاکوژنراتور

ولتاژ خروجی تاکوژنراتور ها از ضرب ضریب ثابت مشخصه شیب نوسانات در نرخ تغییرات زاویه در زمان محاسبه می گردد که در آن دلتا زاویه چرخش روتور و K_g ضریب تقویت حالت دائم معادله شیب مشخصه خروجی تاکوژنراتور می باشد. طبق معادله بالا اگر تغییرات مبنا باشد، از تاکوژنراتور می توان به عنوان یک مشتق گیر الکترومکانیکی نیز استفاده نمود.

عملکرد بدین گونه می باشد که حرکت شفت تاکوژنراتور بین میدان یا شار مغناطیسی، باعث القای (Electro-EMF motive force) در سیم پیچی می گردد که در نتیجه در دو سر خروجی تاکوژنراتور ایجاد ولتاژ می نماید. مقدار EMF تولید شده با سرعت چرخش شفت روتور رابطه مستقیم دارد. یعنی هرچه سرعت افزایش یابد، مقدار ولتاژ خروجی نیز به صورت خطی افزایش می یابد. نمودار سرعت به چرخش یک تاکوژنراتور به شکل زیر می باشد:

(V) نمودار ولتاژ خروجی



اما استفاده از این تجهیز در صنعت دارای مزایا و معایبی می باشد:

۲-۱ مزایای استفاده از تاکوژنراتور های DC

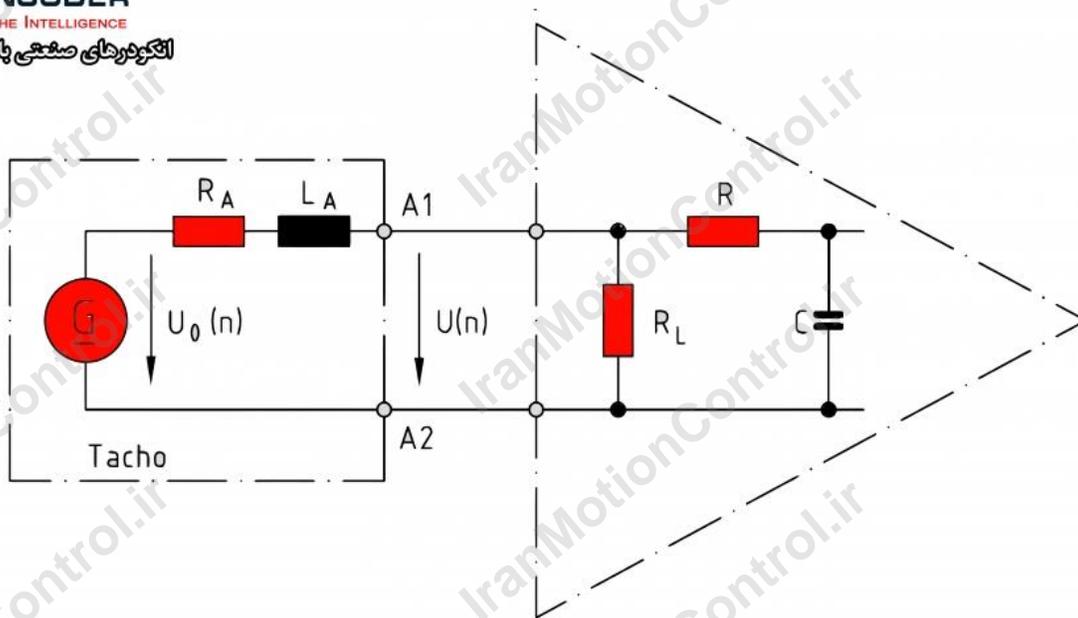
۱. ثابت ماندن ولتاژ به واسطه کموتاسیون و بودن مرجعی معتبر برای کنترلر
۲. ارزان قیمت بودن
۳. ساختار ساده

۲-۲ معایب استفاده از تاکوژنراتور های DC

۱. کموتاتور و ذغال ها نیاز به بازدید دوره ای دارند که خرابی آن ها باعث صرف زمان و هزینه می باشد.
۲. مقاومت خروجی نسبت به مقاومت ورودی مقدار بالایی دارد. اگر جریان زیادی از سیم پیچی ها عبور نماید ممکن است به خاطر قانون لenz، در طولانی مدت به قطب ها آسیب وارد نماید.

مدار داخلی تاکوژنراتور DC

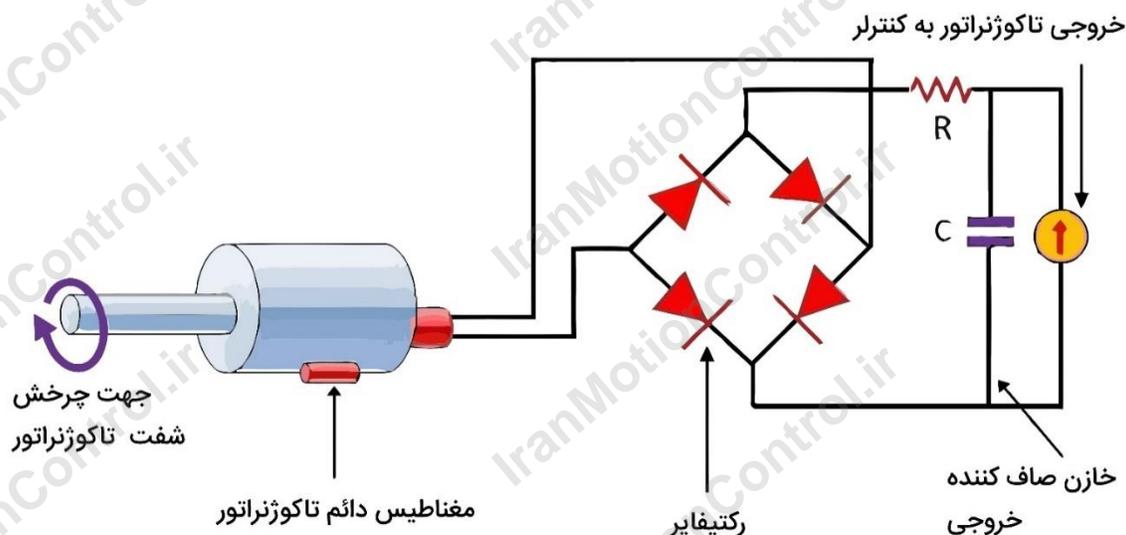
در تصویر زیر مدار داخلی الکتریکی یک تاکوژنراتور را می بینید که دارای مقاوت، سلف و خازن می باشد. معادلات این ادوات الکتریکی به همراه مقدار ثابت زمانی خروجی تاکوژنراتور به شرح ذیل می باشد :



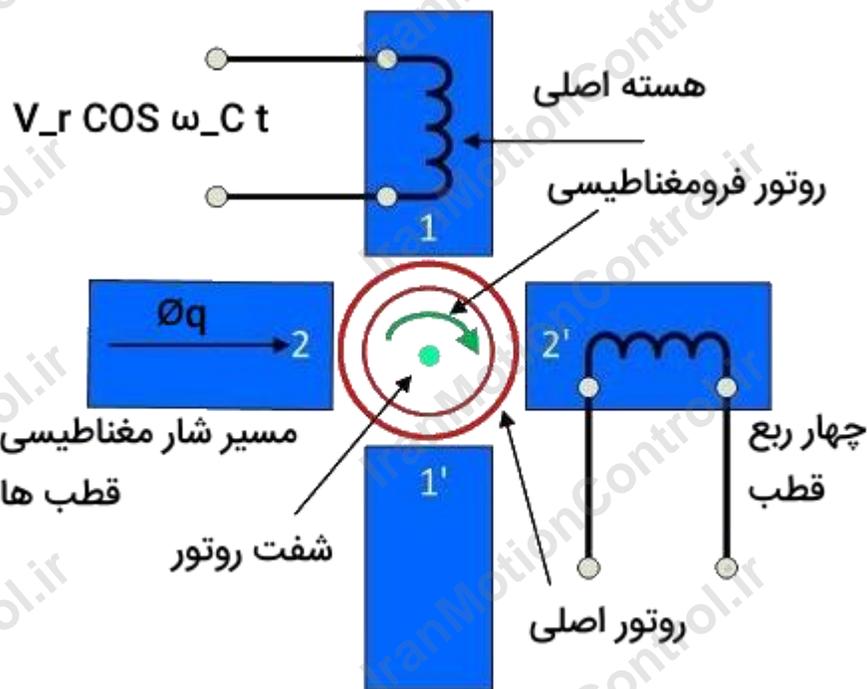
$$R > R_L \gg R_A \rightsquigarrow U(n) = U_0(n) \frac{R_L}{R_A + R_L} \approx U_0(n) \quad \tau_{RC} \approx R \cdot C \quad \tau_A \approx \frac{L_A}{R_L}$$

۳. تاکوژنراتور های AC :

همانطور که در بالا ذکر شد، خرابی تاکوژنراتور های DC به دلیل وجود کموتاتور و ذغال بسیار زیاد می باشد. حتی اگر تاکوژنراتور با کیفیتی خریداری کنید حداکثر بعد از چند سال نیاز به بازبینی و یا تعویض این تجهیزات است. تاکوژنراتور های AC برای کاهش این مشکلات طراحی گردیده اند. این تجهیزات دارای یک آرمیچر و میدان مغناطیسی چرخشی ثابت می باشند. همانطور که در تصویر می بینید، میدان مغناطیسی گردان باعث القای EMF در سیم پیچ ثابت استاتور می شود. دامنه و فرکانس EMF القایی متناسب با سرعت حرکت شفت تاکوژنراتور می باشد. بنابراین ولتاژ خروجی بعد از فیلتر های صاف کننده موج سینوسی (فیلتر خازنی) به صورت AC ظاهر می گردد.



نقشه سیم بندی روتور یک تاکو ژنراتور AC نیز به صورت زیر می باشد:



استاتور تاکوژنراتور AC دارای دو سیم پیچ اصلی و فرعی (چهار ربعی) می باشد. هر دو سیم پیچ با فاصله ۹۰ درجه ای از یکدیگر نصب شده اند. روتور تاکوژنراتور از بدنه آلومینیومی نازک ساخته شده و در فاصله هوایی بین آن و سیم پیچ، میدان مغناطیسی قرار گرفته است. طراحی روتور به گونه است که دارای کمترین اینرسی می باشد. چرخش روتور بین میدان مغناطیسی باعث ایجاد ولتاژ در سیم پیچ های استاتور می گردد. ولتاژ القایی با سرعت چرخش رابطه مستقیم دارد.

این تاکوژنراتور نیز همانند همتای خود دارای مزایا و معایبی است که عبارتند از:

۳-۱ مزایای استفاده از تاکوژنراتور های AC

۱. همانند تاکوژنراتور های DC لازم به حذف ریپل نمی باشد و خروجی به خودی خود به صورت AC است.
۲. هزینه نگه داری این تاکوژنراتور ها بسیار کم می باشد.

۳-۲ معایب استفاده از تاکوژنراتور های AC

۱. هنگامی که روتور تاکوژنراتور با سرعت بالایی می چرخد رابطه غیر خطی بین ولتاژ خروجی و سرعت ورودی ایجاد می گردد که برای کنترلر ایجاد سردرگمی می نماید.
۲. قیمت خرید اولیه آن بالا می باشد.

۴. نحوه تست عملکرد تاکو ژنراتور های DC و AC : برای تست یک تاکو جهت حصول اطمینان از عملکرد و

متناسب با DC یا AC بودن آن، دو سر خروجی را به یک ولت متر دیجیتال یا آنالوگ متصل نموده و با دور ثابتی آن را می چرخانیم. اگر در آن دور، ولتاژ ثابتی را ارائه دهد صحت عملکرد دستگاه تایید می شود. معمولا ولتاژ خروجی تاکو ها براساس گردش در دور 1000 RPM سنجیده می شود. لذا برای این تست بهتر است با دریل یا هر وسیله ای که دارای چرخش ۱۰۰۰ دور بر دقیقه می باشد آن را بچرخانیم. برای مثال اگر یک تاکوژنراتور DC از برند Baumer Hubner آلمان با پارت نامبر TDP0.2 LT-4 یا تاکوژنراتور DC از برند RADIO-Energie فرانسه با پارت نامبر REO 444R1B0.6CA داشته باشیم، بدین معنی است که این تاکو در دور ۱۰۰۰ ، ولتاژ ۶۰ ولت به ما ارائه خواهد داد. پس معیار صحت تاکوژنراتور ولتاژ ۶۰ ولت روی ولتمتر DC می باشد. لطفا به عکس زیر توجه نمایید:



گردش شفت تاکوژنراتور در دور
1000 RPM

در انتها امیدواریم که از مقاله بالا اطلاعات لازم را کسب نموده باشید. لازم به ذکر است در حال حاضر تاکوژنراتورهای بیشماری طراحی و ساخته می شود. این شرکت قابلیت معادل سازی و ارائه تمامی تاکوژنراتور ها به شما مشتریان عزیز را دارا می باشد. در صورت لزوم از [تماس](#) با ما دریغ نفرمایید.

گردآورنده و نویسنده :

مهندس پدram