sbargh.ir

موضوع مقاله : نحوه کارکرد کنترل دور موتور AC

گردآوری : کاوه حسینی – مدیر فنی بخش اتوماسیون صنعتی شرکت درنا صنعت مهر

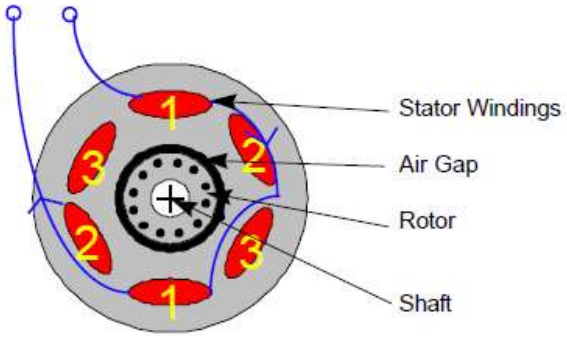
sbargh.ir

کنترل دور موتورچیست؟

کنترل کننده دور و گشتاور موتورالکتریکی برای انتقال انرژی از منبع آن به فرآیند تحت کنترل است .
کنترل دور در انواع DC و AC وجود دارد امابدلیل محدودیتهای موتورهای DC نظیر قیمت ، اندازه و مشکلات نگهداری امروزه از موتورهای القایی AC که از سادگی ، قیمت پایین و قابلیت مناسب برخوردار هستند استفاده می شود لذا کنترل دور AC علیرغم پیچیده تر بودن بتدریج جایگزین نوع DC خود شده است.
کنترل دور موتور AC به نام اینورتر و درایو AC نیز شناخته می شود.

موتورهای القایی AC یا موتورهای آسنکرون (Asynchronous) :

به منظور شناخت کارکرد اینورتر لازم است از کارکرد موتور القایی شناخت مناسبی بدست آورد.موتور القایی مانند یک ترانسفورماتور کارمیکند. هنگامی که استاتور (سیم پیچ بیرونی است که ثابت است)به یک منبع سه فاز متصل می شود یک میدان مغناطیسی دوار با فرکانس منبع تغذیه تولید می شود.



این میدان در فاصله هوایی بین روتور و استاتور عمل کرده و باعث القای جریان در سیم پیچ های روتور می شود . این پروسه تولید نیرو در اثر جریان روتور ، میدان مغناطیسی را تغییر می دهد و روتور را می چرخاند.

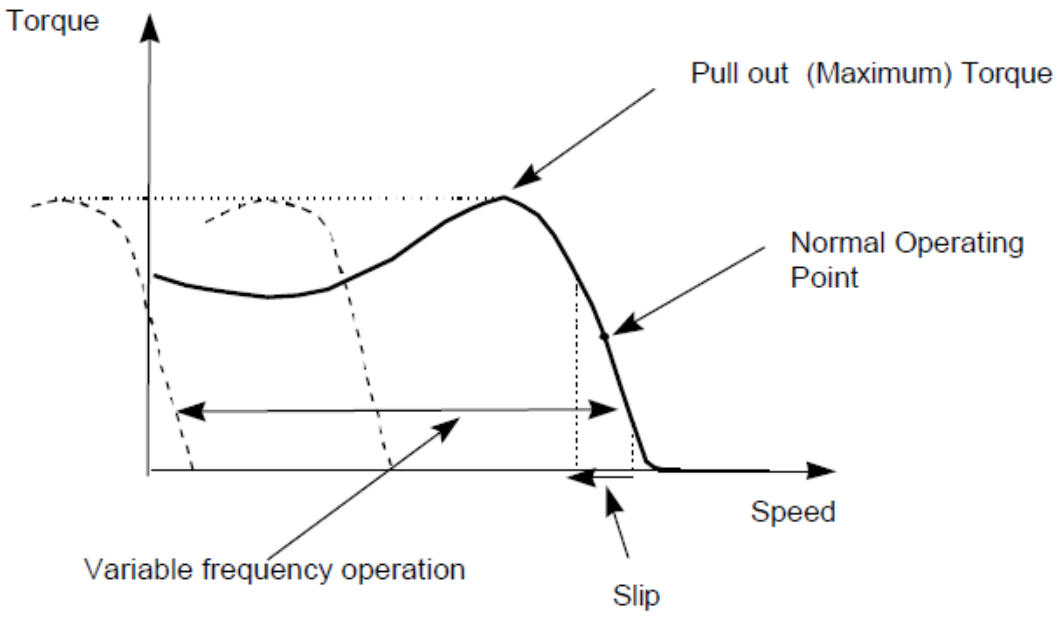
اگر سیم پیچ ها در چندین قطب مرتب شده باشند ، فرکانس چرخش میدان مغناطیسی کمی کوچکتر از فرکانس بکاربرده شده در منبع تغذیه موتور خواهد بود (برای موتور 2 Pole و فرکانس ورودی 50/60 Hz در حدود 3000/3600 دور و برای موتور 4 Pole فرکانس 50/60 Hz در حدود 1500/1800 Hz دور خواهد بود) .

به هرحال اگر روتور با همان سرعت تغییر میدان مغناطیسی حرکت کند ، دیگر بر روی آن گشتاوری ایجاد نخواهد شد . بنابراین روتور همیشه با سرعتی کمی کوچکتر از چرخش میدان مغناطیسی می چرخد تا گشتاور تولید کند . این تفاوت در سرعت با نام فرکانس Slip یا لغزش شناخته می شود.

سرعت در این نوع موتور به سه عامل فرکانس ورودی ، نحوه سیم بندی و بار بستگی دارد. بنابر این برای کنترل دور موتور باید فرکانس منبع را کنترل کرد.

برای تغییر فرکانس ، تغییر ولتاژ نیز می بایست مورد توجه قرار گیرد زیرا با کاهش فرکانس ، امپدانس سیم پیچ های موتور عوض می شود و اگر قرار باشد سطح ولتاژ پایین نیاید شار مغناطیسی آنقدر بالا می رود که موتور را به حالت اشباع برده و به آن صدمه می زند . از طرفی اگر فرکانس بیش از حد نرمال افزایش یابد ، ولتاژ بالاتری برای حفظ ماکزیمم شار مورد نیاز است و این معمولا اتفاق نمی افتد زیرا با افزایش سرعت گشتاور (Torque) کاهش پیدا می کند. بنابراین برای کنترل دور ، علاوه بر فرکانس باید سطح ولتاژ نیز باید به خوبی کنترل شود.

در موتور های القایی نمودار سرعت و گشتاور مطابق شکل زیر است.



با مشاهده دقیقتر شکل بالا در می یابیم که با افزایش سرعت از حالت سکون به نقطه نرمال در ابتدا گشتاور بالا بوده و به تدریج با افزایش سرعت کاهش پیدا می کند و بعد از کمی افزایش سرعت این گشتاور دوباره شروع به افزایش می کند تا به نقطه Pull Out و ماکزیمم گشتاور برسد و از آنجا شروع به کاهش می کند تا به نقطه کار نرمال خود می رسد . بنابراین رفتار موتور از شروع حرکت تا رسیدن به سرعت نامی رفتاری کاملا غیر خطی است.

شایان ذکر است که در درایو موتور AC ، بدلیل اینکه این نمودار خطی نیست درایو نمی تواند از روی محاسبه مقدار جریان را حدس بزند که موتور در حال توقف یا سرعت گیری است بنابراین برای تشخیص رفتار موتور تکنولوژی Vector Control توسعه داده شده است که کار آن بررسی وضعیت سرعت موتور در حالت های

مختلف است و بر اساس آن اینورتر می تواند تشخیص دهد که موتور در حال قفل شدن است یا در حال افزایش سرعت.

روشهای کنترل در درایو AC :

به منظور تضمین عملکرد درایو در حالتهای پایدار و گذرا روشهای مختلفی بکار گرفته شده اند . این روشها به دو گروه کلی عددی Scalar و برداری Vector تقسیم می شوند. در روش عددی فقط مقدار پارامتر مورد نظر کنترل می شود اما در روش برداری مقدار و زاویه (بردار) پارامتر مورد نظر کنترل می شود.

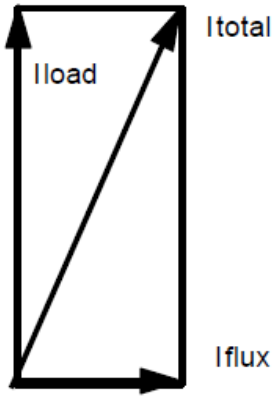
الف : روشهای عددی

۱- روش V/F:

در این روش ولتاژ و فرکانس خروجی با نسبتی خاص به خروجی اعمال می شود در این روش معمولا اینورتر یک ولتاژ Boost برای غلبه بر تلفات و رفتارغیر خطی موتور در فرکانس پایین به موتور اعمال می نماید. در این حالت ، ولتاژ به تدریج با افزایش فرکانس افزایش پیدا کرده و سطح میدان مغناطیسی موتور را در حد مورد نیاز نگهداشته می شود.

۲- Flux Current Control :

یکی از روش های کنترل در اینورتر است که بر اساس آن جریان خروجی با دقت اندازه گیری شده و با ولتاژ اعمالی مقایسه می شود . بدین ترتیب جریان خروجی حقیقی (Load) از جریان مجازی شار مغناطیسی جدا شده و درایو با کنترل جریان مجازی ، شار مغناطیسی موتور را برای شرایط مختلف کاری بهینه می کند .

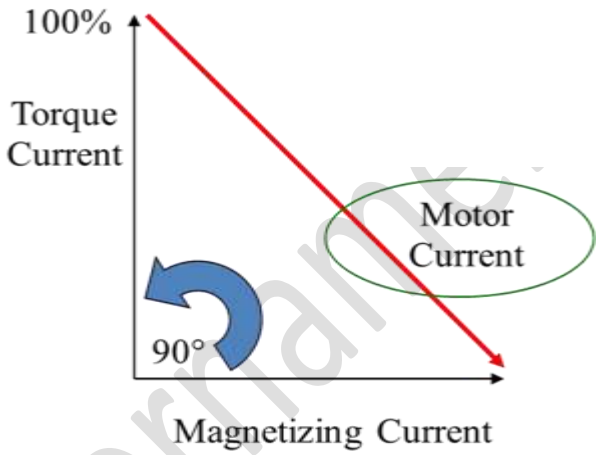


بکارگیری این روش باعث بهتر شدن کارائی موتور ، بهبود کنترل گشتاور و پاسخ سریعتر موتور به تغییرات خواهد شد اما کارایی آن از روشهای Vector کمتر است.

ب : روشهای برداری

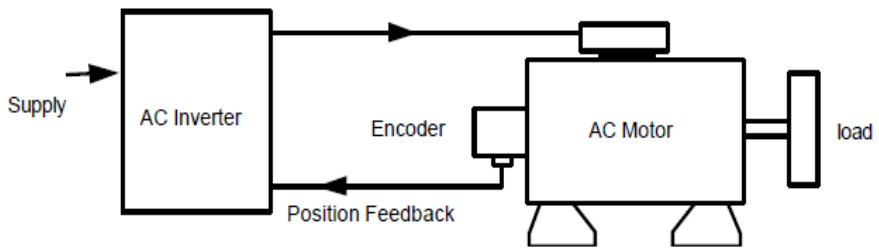
۱- Field Orientation Control

این روش بر اساس کارکرد موتور DC طراحی شده که در آن جریان میدان (تولید کننده شار میدان) و جریان آرمیچر (تولید کننده گشتاور) به صورت همزمان و مستقل کنترل می شود . کنترل مستقل این دو جریان سبب کارائی بهتر ، کنترل گشتاور در سرعت پایین و پاسخ سریع به تغییرات بار خواهد شد.



در موتور القایی جریان سیم پیچ استاتور تعیین کننده شار میدان و گشتاور موتور است. بنابراین برای کنترل مستقل گشتاور و شار میدان نیاز به کنترل اندازه و اختلاف فاز جریان و بعبارت دیگر **بردار جریان** می باشد. برای تشکیل بردارجریان نیر نیاز به داشتن **موقعیت روتور** می باشد.

ازآنجا که درایو مقادیر ولتاژ ، جریان و فرکانس را برای اعمال به مدولاتور عرض پالس تولید می نماید ، گشتاور موتور بصورت غیر مستقیم کنترل می شود.



۲- Sensorless Field Orientation Control :

این شیوه بر اساس مدلField Orientation Control پیاده سازی شده است و تنها در نحوه گرفتن فیدبک با شیوه بالا متفاوت است . بدلیل هزینه اضافی و پیچیدگی استفاده از انکودر بعنوان فیدبک موقعیت ، در این شیوه که در چند سال اخیر ارائه شده است فیدبک موقعیت حذف شده و موقعیت واقعی روتور توسط یک مدل ریاضی محاسبه می شود. بدین منظوراینورتر باید :

- مقادیر ولتاژ و جریان خروجی را با دقت بالا اندازه گیری کند.
- اطلاعات دقیق از موتور شامل مقاومت استاتور و موتور داشته باشد.
- تاریخچه ای از عملکرد موتور برای پیش بینی رفتار موتور به لحاظ دمایی داشته باشد.
- قابلیت انجام محاسبات با سرعت بسیار بالا داشته باشد.

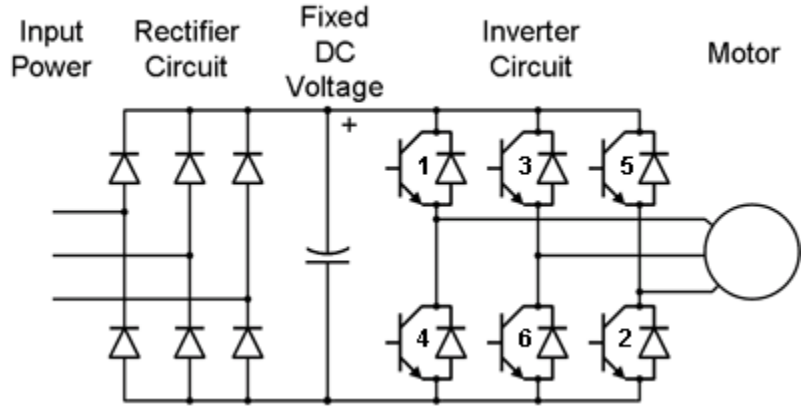
شایان ذکر است که قابلیت های Flux کنترل و V/F کنترل نیز در این روش وجود دارند .

اینورتر:

به مبدل الکترونیکی که جریان مستقیم را به جریان متناوب تبدیل می کند اینورتر گفته می شود. درایوهایی که موتورهای AC را کنترل می کنند نخست جریان متناوب را به کمک یکسوساز یکسو نموده سپس آن را توسط اینورتر به یک تغدیه متناوب با فرکانس و ولتاژ قابل تغییر تبدیل می کنند.

ساختار درایو :

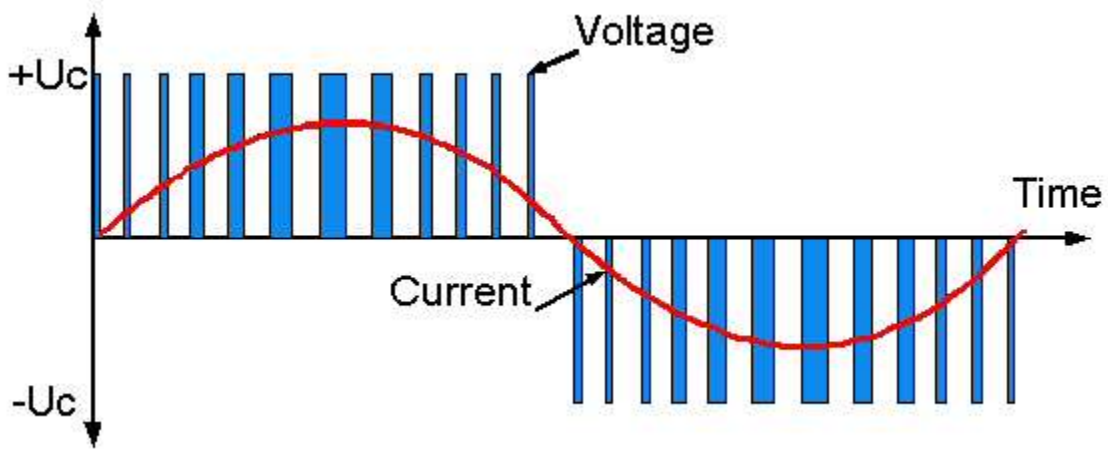
مطابق شکل زیر ، ساختار درایو شامل یکسو ساز ورودی، لینک DC (اتصال بین یکسوساز و اینورتر)و اینورتر می باشد.



یکسو ساز تمام موج توسط یک منبع متناوب تکفاز یا سه فاز تغذیه شده و خروجی آن خازن های اتصال DC را تغذیه می نماید. وظیفه خازنها تثبیت ولتاژ ورودی اینورتر ، کاهش رایپل یکسوساز و تامین انرژی درایو در وقفه های کوتاه تغذیه است.

به کمک مدولاتور عرض پالس PWM ولتاژ DC دوباره به AC تبدیل می شود. شکل موج دلخواه توسط خاموش و روشن کردن ترانزیستورهای خروجی (IGBT) با فرکانس ثابت تولید می شود. جریان نیز به کمک تغییر زمان خاموش و روشن شدن

IGBT هاتنظیم می شود در حالی که ولتاژ خروجی به صورت قطاری از پالسهای موج مربعی خواهد بود. مدولاسیون عرض پالس در نمودار زیر به نمایش در آمده است:



اصطلاحات رایج :

Braking Modules and Braking Resistors :

زمانی که باری بر روی موتور قرار دارد و این بار می خواهد رفتاری را خارج از محدوده عملکرد اینورتر به موتور اعمال کند (مثلا برای توقف یک بار سنگین یا حرکت یک لنگ بزرگ) پدیده ای با نام Regeneration اتفاق می افتد و اینورتر برای دفع این انرژی اضافی نیاز به مقاومت خارجی یا مقاومت ترمز دارد که در اصطلاح به آن ها Braking Resistors می گویند.

: RFI Suppression Filters

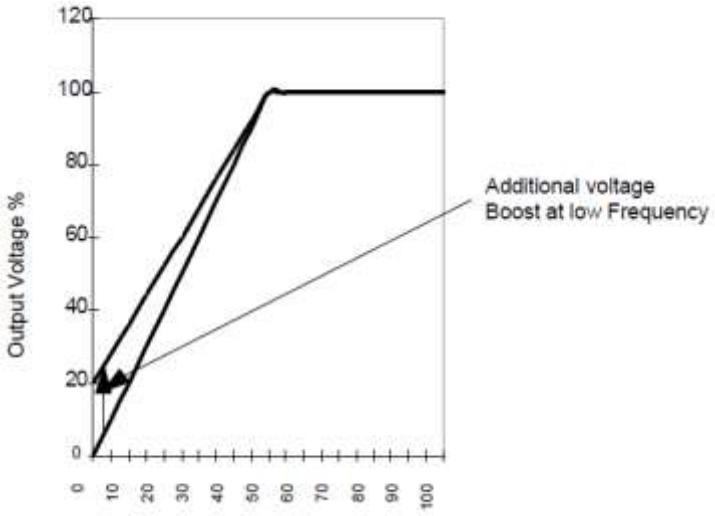
اینورترها به عنوان منابع تغذیه الکترونیکی مقدار زیادی امواج الکترومغناطیسی تولید می کنند و برای اینکه از تاثیرگذاری این امواج بر روی منبع تغذیه اینورتر جلوگیری نمایند طراحی شده اند.

این فیلترها می بایست در ورودی اینورتر نصب گردند .

: Boost Voltage

در فرکانس های پایین ، ممکن است ولتاژ خروجی برای ایجاد یک میدان ثابت مغناطیسی (Flux) کافی نباشد و یا ممکن است برای غلبه به تلفات سیستم به اندازه کافی بزرگ نباشد و از اینرو می بایست آنرا با یک سطح ولتاژ اولیه تقویت کرد و این تقویت ولتاژ منجر به ایجاد یک گشتاور اولیه مناسب در موتور خواهد شد که موتور توسط آن بتواند گشتاور اولیه را برای استارت بدست آورد.

به شکل زیر دقت فرمائید



sbargh.ir

DC Brake :

هنگامی که دیگر ولتاژی برای تغذیه موتور وجود نداشته باشد و اینورتر خروجی خود را بر روی موتور قطع کند اگر روتور بزرگ باشد یا باری که بر روی آن قرار گرفته است اینقدر بزرگ باشد که از توقف شافت جلوگیری به عمل آورد ، برای تسریع در توقف سریع موتور از DC Brake استفاده می شود و نحوه عملکرد آن در اینورتر بدین گونه است که در حالت DC Brake ، اینورتر فقط یک فاز را نیم موج می کند و دو فاز دیگر را بدون تغییر باقی می گذارد و بدین صورت تعادل بردار برآیند را بهم می ریزد و شفت را قفل می کند.

Slip Frequency :

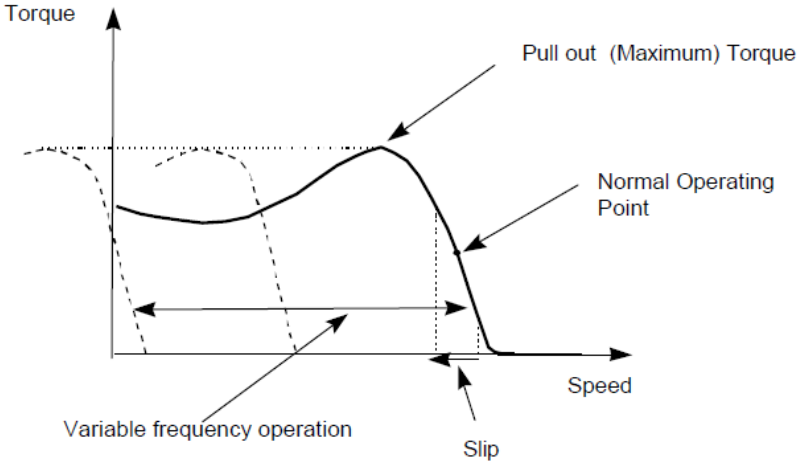
وقتی موتور به دور نامی خود می رسد ، این دور با سرعت سنکرون شبکه یعنی 50Hz ، دارای یک اختلاف کوچک است (اگر موتور به سرعت شبکه برسد دیگر گشتاوری بر روی آن القاء نخواهد شد که محرک موتور باشد) و این اختلاف کوچک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شده و در پارامتر مربوط به Slip Frequency قرار داده می شود .

سرعت سنکرون شبکه = A

سرعت نهایی موتور = B

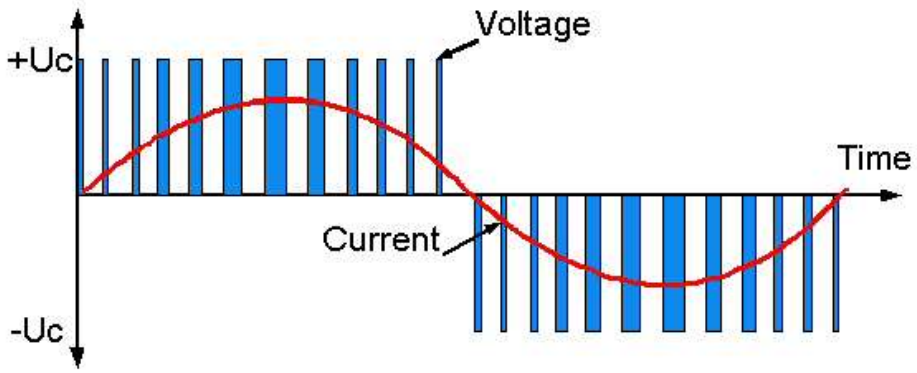
Slip Frequency =(A-B)/A × 100

این فرکانس در شکل زیر به نمایش درآمده است و مفهوم آن ، این است که اگر قرار باشد دور موتور از دور نرمال زیادتر شود به تدریج گشتاور صفر شده و دیگر توانی برای چرخاندن موتور باقی نمی ماند



Carrier Frequency یا Chopper Frequency یا PWM Frequency :

همانطور که می دانیم در یک اینورتر در ابتدا برق ورودی DC شده و سپس به صورت پالس هایی با عرض متفاوت در خروجی ظاهر می شود و این پالس ها در نهایت و در کنار یکدیگر متناظر با یک شکل موج AC خواهد بود که به موتور اعمال می شود به شکل زیر دقت فرمائید.



به فرکانس پالس های ایجاد شده توسط اینورتر Carrier Frequency یا PWM Frequency می گویند.

توجه فرمائید که اگر این پارامتر عدد بزرگی باشد فرکانس سوئیچینگ IGBT زیاد خواهد بود و بر اساس آن تلفات زیاد خواهد شد.

Skip Frequency :

فرکانس هایی هستند که کاربر تعریف می کند و اینورتر آنها را به عنوان فرکانس تنظیمی نمی پذیرد و موتور را با این فرکانس ها به حرکت در نخواهد آورد.

sbargh.ir