

جزوه‌ی کارگاه الکتروتکنیک

گروه مهندسی بیوسیستم

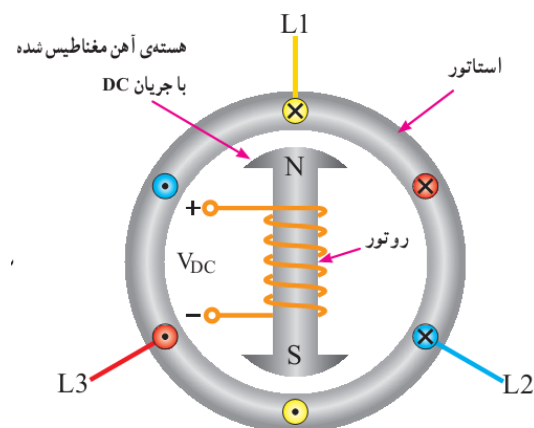
دانشگاه بوعلی سینا

نویسنده: محمد ربانی

۲- برق صنعتی

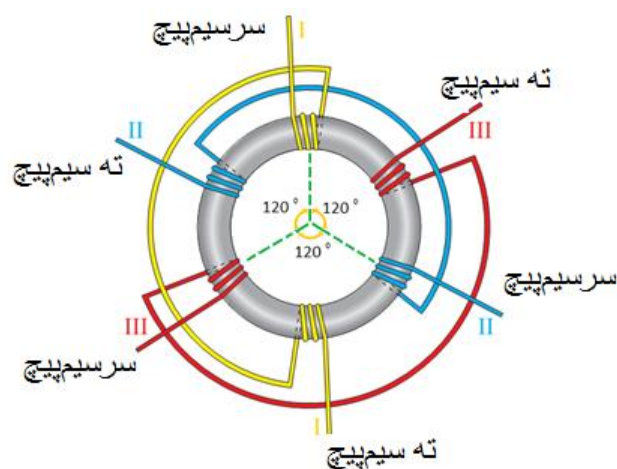
۱-۲- نحوه تولید برق سه فاز در نیروگاه :

برق سه فاز در نیروگاه توسط مولد (ژنراتور) تولید می شود. مولد از دو قسمت روتور و استاتور تشکیل شده است. روتور قسمت گردنده مولد است که از یک هسته آهنی شیاردار تشکیل شده و توسط یک سیم پیچ با جریان DC آهنربا می شود (شکل ۱-۲).



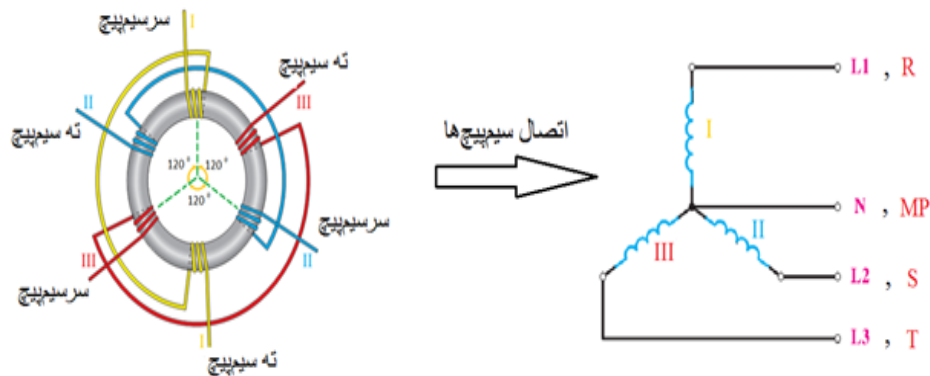
شکل ۱-۲- مولد

استاتور قسمت ثابت مولد است که از یک هسته آهنی شیاردار ثابت تشکیل شده و دور آن سه سیم پیچ به صورت شکل ۲-۲ پیچیده شده است.



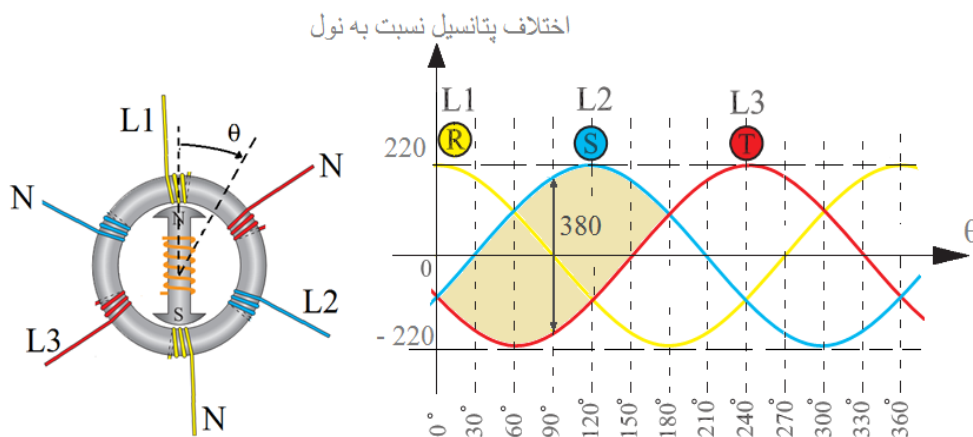
شکل ۲-۲- استاتور

انتهای سه سیم پیچ پیچیده شده به دور استاتور را به هم متصل می کنند و سیم نول را از آن می گیرند. سه سر باقیمانده از سه سیم پیچ را در استاندارد قدیم (VDE) به ترتیب R ، S و T می نامند و در استاندارد جدید (IEC) L1 ، L2 و L3 . به این نحوه ی اتصال سیم پیچ ها یعنی اتصال سه انتهای سیم پیچ ها به هم اتصال ستاره گویند. پس در مولد سیم پیچ های استاتور با اتصال ستاره به هم متصل هستند (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳- نحوه اتصال سیم پیچ های مولد

با گردش روتور درون استاتور بین دوسر سه سیم پیچ مولد اختلاف پتانسیل اعمال می شود. نمودار اختلاف پتانسیل نسبت به سیم نول در مقابل گردش θ درجه روتور از حالت قائم به صورت زیر است.

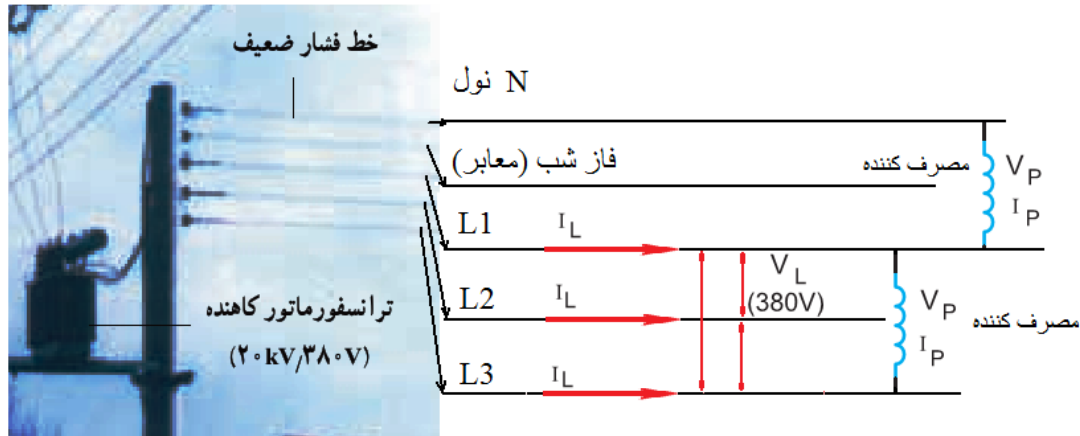


شکل ۲-۴- نمودار ولتاژ سیم های فاز نسبت به گردش روتور

مشاهده می شود که در شبکه فشار ضعیف برق کشور بیشترین اختلاف ولتاژ بین هر دو سیم فاز ۳۸۰ ولت و بین هر فاز و نول ۲۲۰ ولت است.

۲-۲- ولتاژ خطی، جریان خطی، ولتاژ فازی، جریان فازی

شکل ۲-۵ سیم‌های یک تیر برق (خط فشار ضعیف) را نشان می‌دهد.

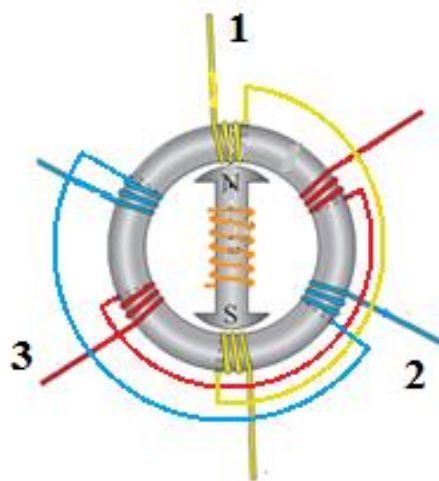


شکل ۲-۵- خط فشار ضعیف

ولتاژ خطی (V_L) : ولتاژ بین هر دو سیم فاز. جریان خطی (I_L) : جریان گذرنده از هر سیم فاز.
ولتاژ فازی (V_P) : ولتاژ دو سر هر مصرف کننده. جریان فازی (I_P) : جریان گذرنده از هر مصرف کننده.

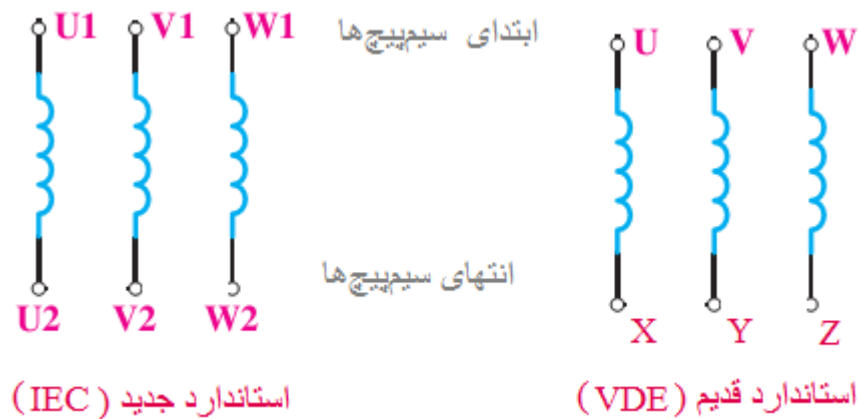
۲-۳- ساختمان موتور سه فاز:

ساختمان موتور سه فاز درست همانند مولد سه فاز است با این تفاوت که در موتور جریان DC نداریم و روتور توسط جریان استاتور و القاءهای ناشی از آن تبدیل به آهنربا می‌شود.



شکل ۲-۶- ساختمان موتور سه فاز

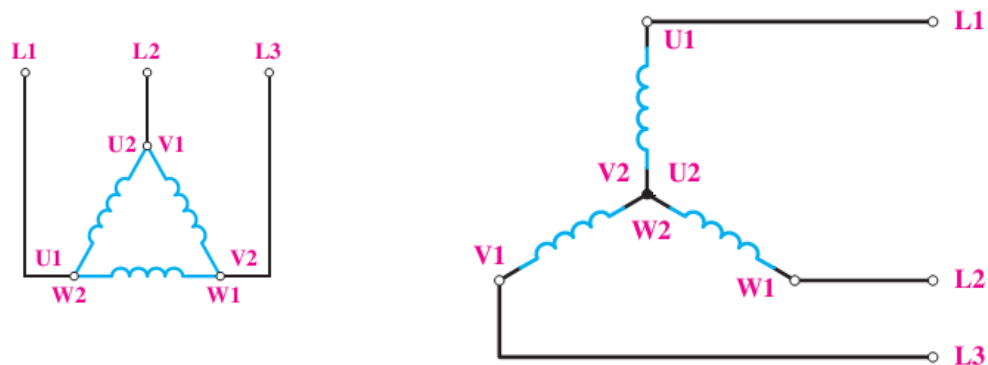
۴-۲- نامگذاری سر سیم‌های موتور سه فاز:



شکل ۲-۷- نامگذاری سر سیم‌های موتور سه فاز

۲-۵- راه‌اندازی موتور سه فاز (به صورت تئوری) :

با توجه به اینکه موتور سه فاز دارای ۶ محل اتصال (سر و انتهای سه سیم‌پیچ) است اما برق سه فاز دارای سه محل اتصال ($L1, L2, L3$)، پس باید به روش (ها) ی ۶ محل اتصال موتور را به سه محل اتصال تبدیل کرد تا با اتصال آنها به سه رشته سیم برق سه فاز موتور راه‌اندازی شود. دو روش استاندارد برای این کار (تبدیل ۶ محل اتصال به ۳ محل اتصال) بستن سه سیم‌پیچ موتور در حالت اتصال ستاره (λ) و حالت اتصال مثلث (Δ) است.



شکل ۲-۸- اتصال ستاره و اتصال مثلث در موتور سه فاز

دقت کنیم که در اتصال ستاره سه انتها یا سه ابتدای سیم‌پیچ‌ها به هم متصل می‌شوند و در اتصال مثلث ابتدای هر سیم پیچ به انتهای سیم‌پیچ بعدی.

۶-۲- برخی روابط در اتصال ستاره و مثلث:

الف) در اتصال ستاره :

$$V_L = \sqrt{3} V_P$$

$$I_L = I_P$$

ب) در اتصال مثلث :

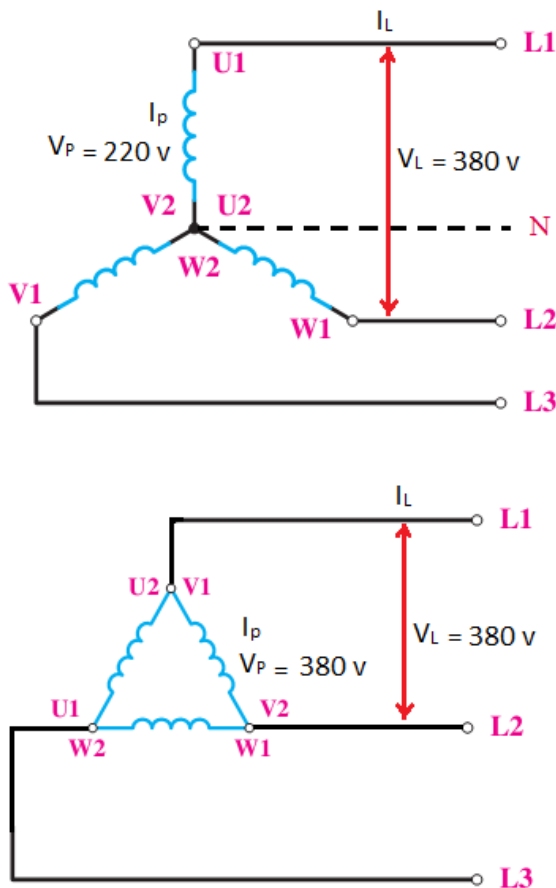
$$V_L = V_P$$

$$I_L = \sqrt{3} I_P$$

پ) توان حالت مثلث سه برابر حالت ستاره

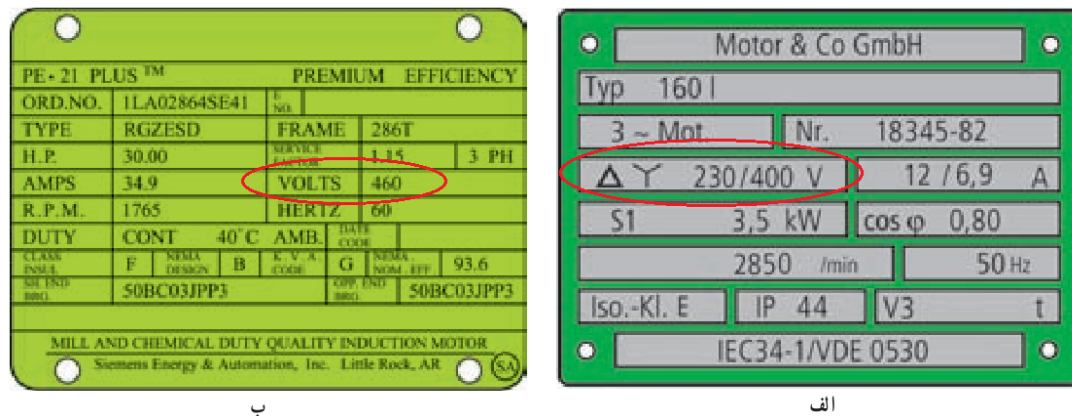
است.

$$P_{\Delta} = 3 P_{\lambda}$$



شکل ۹-۲

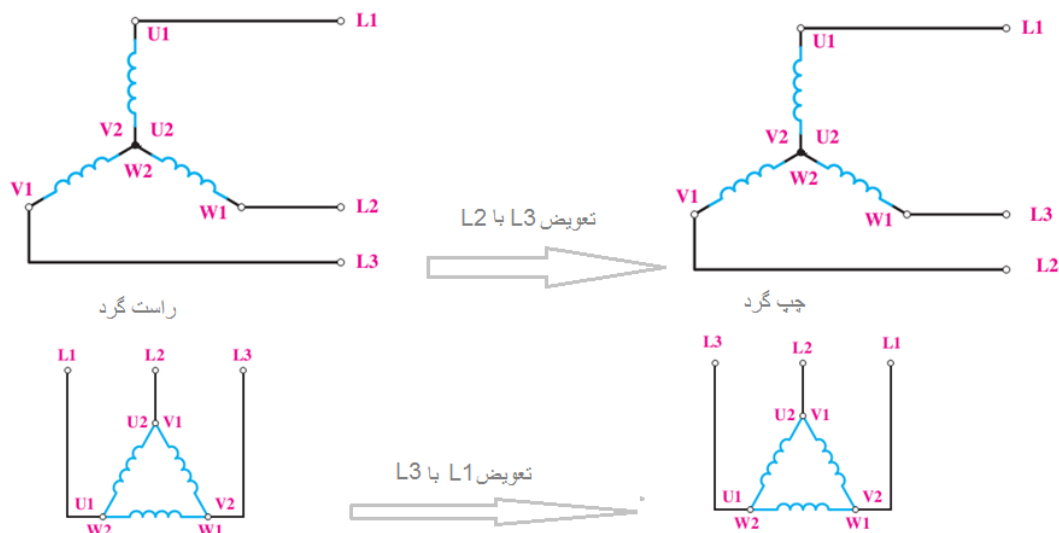
نکته : توان نامی (اسمی)، جریان نامی، دور نامی و ولتاژ نامی توان، جریان، دور و ولتاژی هستند که روی پلاک مشخصات موتور (و یا هر وسیله دیگر) ذکر می‌شوند. این مقادیر ماکزیمم مقادیر تحمیلی یا تحویلی آن موتور هستند. باید دقت کرد که ولتاژ نامی حک شده روی هر موتور برای حالت ستاره بیشتر از ۲۲۰ ولت و برای حالت مثلث بیشتر از ۳۸۰ ولت باشد. چون با توجه به شکل ۹-۲ در حالت مثلث به هر سیم‌پیچ موتور ۳۸۰ ولت اعمال می‌شود و باید موتور تحمل این ولتاژ را داشته باشد و نیز در حالت ستاره موتور باید تحمل ۲۲۰ ولت را داشته باشد. برای مثال در شکل ۱۰-۲ پلاک دو موتور آورده شده با توجه به آنها می‌توان دریافت که موتور الف را نمی‌توان در حالت مثلث بکار بست چون این موتور در حالت مثلث حداکثر ۲۳۰ ولت را تحمل می‌کند.



شکل ۲-۱۰

۲-۷- تغییر جهت گردش موتور سه فاز:

با اتصال موتور در حالت ستاره یا مثلث موتور در یک جهت گردش می کند. برای تغییر جهت گردش موتور تنها کافی است جای دو سیم فاز را با هم عوض کرد. مثلاً:

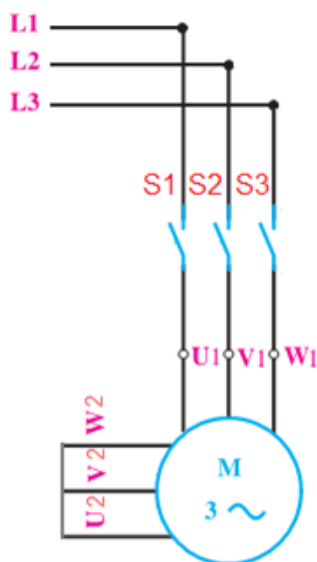


شکل ۲-۱۱- تغییر جهت گردش موتور سه فاز

۲-۸- چه موقع از اتصال ستاره و چه موقع از اتصال مثلث استفاده می شود؟

در صورتی که بتوان موتور را در هر دو حالت بست، با توجه به اینکه توان مثلث سه برابر توان حالت ستاره است، سعی بر این است که به صورت مثلث بسته شوند.

موتورهای با توان کمتر از 4KW را می توان مستقیماً در حالت مثلث وارد مدار کرد چون روتورشان سبکتر است و زودتر به دور نامی می رسند اما موتورهای با توان بالاتر مساوی 4KW چون روتور آنها سنگین است و دیرتر به دور نامی می رسند، اگر مستقیماً در حالت مثلث وارد مدار شوند تا زمانی که به دور نامی برسند ۴ الی ۷ برابر جریان نامیشان جریان می کشند و می سوزند یکی از راه های جلوگیری از این امر قرار دادن موتور ابتدا به صورت ستاره و بعد از رسیدن به دور نامی در حالت مثلث است.



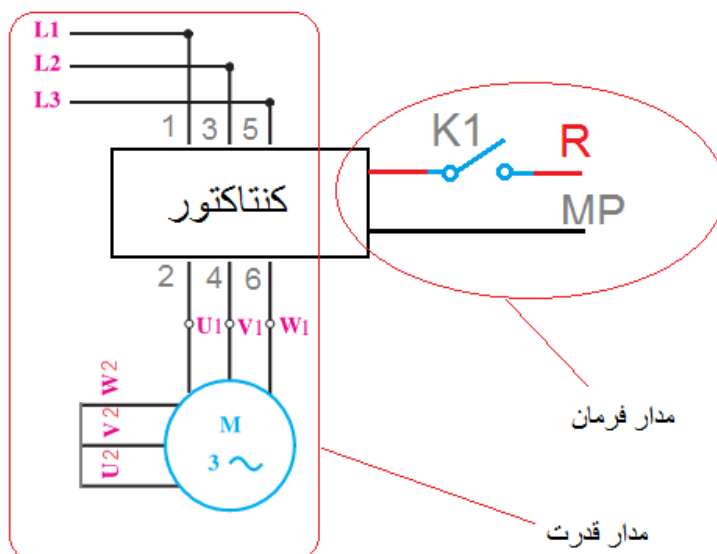
شکل ۱۵-۲

۲-۱۳- مدارهای قدرت و فرمان :

به شکل روبه‌رو (شکل ۲-۱۵) دقت کنیم چون $U2, V2, W2$ به هم متصل هستند موتور در حالت اتصال ستاره قرار دارد. با اتصال هم‌زمان کلیدهای $S1, S2, S3$ موتور روشن خواهد شد. برای این اتصال هم‌زمان علاوه بر استفاده از کلیدهای دستی روش اتصال اتوماتیک نیز وجود دارد. یکی از روشهای اتصال اتوماتیک استفاده از کنتاکتور است.

کنتاکتور قطعه‌ای است که با نیروی مغناطیسی تحریک می‌شود و مجموعه‌ای از کلیدهایی که در خود جای داده را وصل می‌کند. این نیروی مغناطیسی زمانی ایجاد می‌شود که کنتاکتور به برق تک‌فاز وصل شود.

پس اگر مانند شکل ۲-۱۶ جای کلیدهای $S1$ تا $S3$ را با یک کنتاکتور عوض کنیم با زدن کلید تک‌پل $K1$ کنتاکتور عمل کرده و هم‌زمان سیم‌شماره ۱ را به ۲، ۳ را به ۴ و ۵ را به ۶ وصل کرده موتور شروع به کار می‌کند.



شکل ۱۶-۲

حال باید دریافته باشیم که هنگام استفاده از کنتاکتور باید دو مدار متفاوت بسته شود یکی مدار تک‌فازی که کنتاکتور را تحریک کند (مدار فرمان) و دیگری مدار سه‌فازی که موتور را روشن کند (مدار قدرت).

۲-۱۴- آشنایی با برخی از اجزای مدار فرمان

۲-۱۴-۱- شستی استوپ، استارت، استوپ و استارت دوبل



شکل ۲-۱۷- شستی استاپ، استارت

تحریک این کلیدها با دست است. شستی استوپ پس از تحریک دو کنتاکت وصل را قطع می‌کند. شستی استارت پس از تحریک دو کنتاکت قطع را وصل می‌کند. شستی استوپ و استارت دوبل پس از تحریک دو کنتاکت وصل را قطع و دو کنتاکت قطع دیگر را وصل می‌کند.

نمای فنی شستی استوپ، استارت، استوپ و استارت دوبل

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
شستی وصل (استارت)	$E - \text{---} \diagup$
شستی قطع (استوپ)	$E - \text{---} \diagdown$
شستی وصل و قطع (استوپ و استارت دوبل)	$E - \text{---} \diagup \text{---} \diagdown$

جدول ۲-۲- نمای فنی شستی‌ها

به نماد $E -$ که در همه نماد فنی شستی‌ها وجود دارد دقت کنیم این نماد نشان می‌دهد که این شستی‌ها با فشار دست تحریک می‌شوند. خط چین نماد تحریک به تمامی قطعاتی که با آن تحریک می‌شوند وصل می‌شود مثلاً در نماد استوپ و استارت دوبل خط چین به هر دو کلید وصل شده است.

نماد برخی از انواع محرک‌ها در جدول ۳-۲ آمده است.

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
محرک دستی	└ -
محرک فشاری (با دست)	⌈ -
محرک کششی	┐ - .
فعال‌شونده با بادامک و حسگرها	○ - -
محرک الکترومغناطیسی	□ - -

جدول ۳-۲- نماد برخی از انواع محرک‌ها

نکته: به کلیدهایی که قبل از تحریک باز هستند اصطلاحاً کلید باز یا NO مخفف Normally Open و به کلیدهایی که قبل از تحریک بسته هستند اصطلاحاً کلید بسته یا NC مخفف Normally Close گویند.

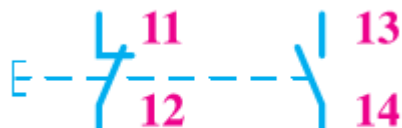
شماره‌گذاری کنتاکت شستی‌ها در مدارهای فرمان

تمامی کنتاکت‌های کلیدهای قطعات در مدار فرمان با یک عدد دو رقمی شماره‌گذاری می‌شوند که رقم یکان آن نشان دهنده نوع کلید (باز یا بسته NO or NC) (مطابق جدول ۴-۲) و رقم دهگان نشان دهنده چندمین کلید بودن در آن قطعه است با توجه به این نکته که کلیدهای باز و بسته جداگانه شماره‌گذاری می‌شوند.

ارقام کلید NO	ارقام کلید NC
	

جدول ۴-۲- ارقام کلیدهای NO و NC

مثلا در نقشه فنی مدار فرمان شستی استوپ و استارت دوبل که که خود حاوی دو کلید (یکی NO و یکی هم NC) است به صورت زیر نمایش و شماره گذاری می شود.



شکل ۲-۱۸- نمایش فنی شستی استوپ و استارت دوبل

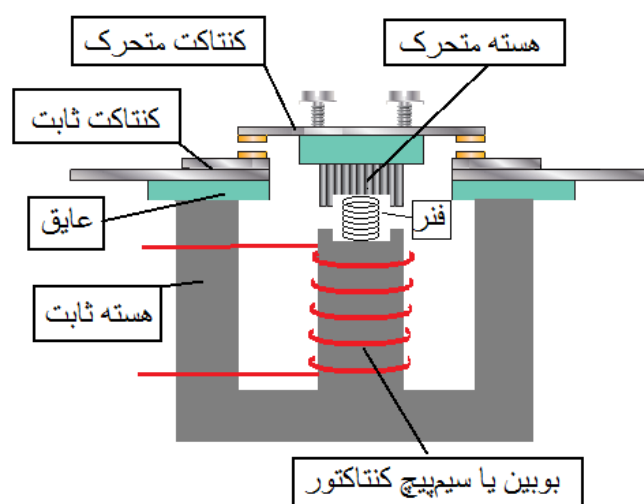
که اعداد ۱۱ و ۱۲ نشان دهنده ی کنتاکت های اولین کلید بسته (NC) و اعداد ۱۳ و ۱۴ نشان دهنده ی کنتاکت های اولین کلید باز (NO) هستند.

۲-۱۴-۲- کنتاکتور:



شکل ۲-۱۹- کنتاکتور

همانطور که قبلا ذکر شد کنتاکتور مجموعه ای از چندین کلید است که با دریافت جریان برق تک فاز وصل و یا قطع می شوند. ساختمان ساده شده یک کنتاکتور در شکل ۲-۲۰ نشان داده شده است. با توجه به شکل جریان برق تک فاز به بوبین (سیم پیچ) کنتاکتور اعمال می شود سپس هسته متحرک جذب هسته ثابت شده و کنتاکت متحرک را به کنتاکت ثابت متصل می کند.



شکل ۲-۲۰- ساختمان کنتاکتور

هر کنتاکتور به طور معمول حاوی ۴ کلید باز (NO) و دو کنتاکت به نام‌های A1 و A2 است. اولین کلید که کنتاکت‌های آن با شماره‌های ۱۳ و ۱۴ روی کنتاکتور مشخص شده (شکل ۲-۲۱) کنتاکت-های اولین کلید باز کنتاکتوراند که در مدار فرمان بکار می‌روند. سه کلید بعدی مربوط به مدار قدرت بوده و برای اتصال دادن سه سیم فاز R,S,T به مدار بکار می‌روند که کنتاکت‌های ابتدایی این سه کلید با نام‌های L1,L2,L3 و کنتاکت‌های انتهایی آنان با نام‌های T1,T2,T3 روی کنتاکتور مشخص شده است. نهایتاً دو کنتاکت A1 و A2 به بوبین کنتاکتور متصل هستند و در مدار فرمان برای راه‌اندازی کنتاکتور استفاده می‌شوند.



شکل ۲-۲۱- کنتاکت‌های کنتاکتور

نکته: کنتاکت‌های به شماره A1 و A2 و هر کنتاکتی که با یک عدد دورقمی شماره‌گذاری شده باشد مربوط به مدار فرمان بوده و مابقی کنتاکت‌ها به مدار قدرت مربوط می‌شود.

هر کنتاکتور توانایی این را دارد که یک مجموعه از چند کلیدروی آن سوار شود و با قطع و وصل کنتاکتور آنها هم تحریک شوند. این کلیدها مربوط به مدار فرمان هستند. کنتاکت‌های اولین کلید باز که به این ترتیب به کنتاکتور اضافه می‌گردند قطعا با نام‌های ۵۳ و ۵۴ (یعنی پنجمین کلید باز) و کنتاکت‌های اولین کلید بسته با نام‌های ۱۱ و ۱۲ مشخص خواهند شد.

نکته: کنتاکت‌های اولین کلید بسته در کنتاکتور ممکن است با نام‌های ۶۱ و ۶۲ مشخص شوند یعنی ششمین کلید بسته! آنچه مهم است رقم یکان است که نوع کلید (باز یا بسته) را مشخص می‌کند. اینگونه اینکه واقعا کنتاکتور دارای شش کلید بسته است و این کلید ششمین آن است.

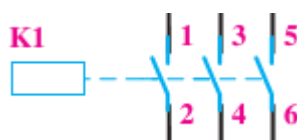
نمای فنی کنتاکتور

کلیدهایی از کنتاکتور که در مدار فرمان استفاده می‌شوند به صورت جدول ۲-۵ در مدار فرمان ترسیم می‌شوند.

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
بوبین کنتاکتور	
کنتاکت باز کنتاکتور	
کنتاکت بسته کنتاکتور	

جدول ۲-۵- کلیدهایی از کنتاکتور که در مدار فرمان استفاده می‌شوند

کلیدهای ۲، ۳ و ۴ کنتاکتور که در مدار قدرت استفاده می‌شوند به صورت شکل ۲-۲۲ در مدار قدرت ترسیم می‌شوند.



شکل ۲-۲۲- کلیدهایی از کنتاکتور که در مدار قدرت استفاده می‌شوند

نماد  نشان می‌دهد که این سه کلید باهم توسط یک محرک مغناطیسی (بوبین کنتاکتور) تحریک می‌شوند.

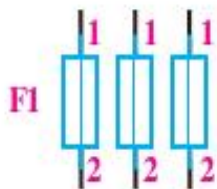
نکته: کنتاکت‌های هر قطعه در مدار قدرت با شماره یک رقمی مانند شکل ۲-۲۲ مشخص می‌شوند.

۲-۱۴-۳- فیوز:

برای حفاظت مدار در مقابل اضافه بار استفاده می شود. معمول ترین آن فیوز مینیاتوری (MCB) است. فیوزها از نظر زمان قطع (مدت زمان بین ایجاد اضافه بار و عمل فیوز) به دو نوع تندکار و کندکار تقسیم می شوند. فیوزهای کندکار دارای زمان قطع طولانی تری هستند. اگر اضافه باری در مدار ایجاد شود و قبل از مدت زمان قطع از بین برود فیوز عمل نمی کند به همین دلیل در مدارهای دارای موتور که بخاطر وجود سیم پیچ موتور در ابتدای راه اندازی اضافه باری در مدار دارند از فیوزهای کندکار و در مدارهای روشنایی از فیوزهای تندکار استفاده می شود.

در استاندارد قدیم (VDE) فیوز های کندکار را با حرف G و تندکار با حرف L مشخص می شوند و در استاندارد جدید (IEC) فیوز های کندکار را با حرف C و تندکار با حرف B.

این فیوزها در انواع تک فاز و سه فاز ساخته می شوند.



نمای فنی فیوز



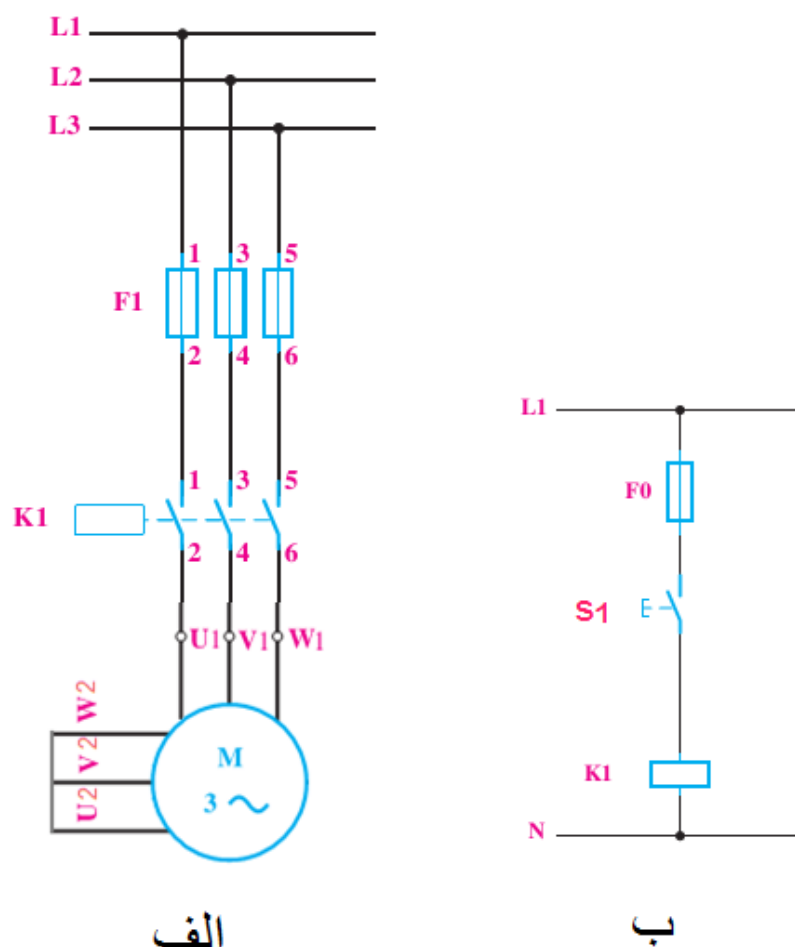
شکل ۲-۲۳- فیوز

۲-۱۵- مدارهای برق صنعتی:

۲-۱۵-۱- راهاندازی موتور به صورت اتصال لحظه‌ای

در این مدار می‌خواهیم با استفاده از یک شستی استارت موتور سه‌فاز را راه‌اندازی کنیم به این ترتیب که تا زمانی که شستی را می‌فشاریم موتور کار کند. بهتر است اول مدار قدرت و بعد مدار فرمان را ترسیم کنیم.

نکته: در این جزوه موتور با حرف M، کنتاکتور با حرف K، فیوز را با حرف F و شستی‌ها را با حرف S نام‌گذاری می‌کنیم. قطعا مدار قدرت این مسئله به صورت شکل ۲-۲۸ الف خواهد بود. در مدار فرمان شکل ۲-۲۸ ب هم مشخص است که با زدن شستی استارت S1 کنتاکتور K1 عمل کرده و مدار قدرت راه‌اندازی می‌شود.

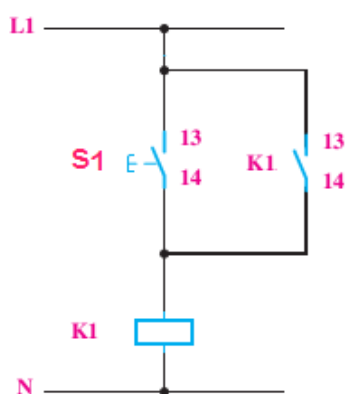


شکل ۲-۲۸- الف مدار قدرت و ب مدار فرمان اتصال لحظه‌ای

۲-۱۵-۲- راه اندازی موتور به صورت اتصال دائم

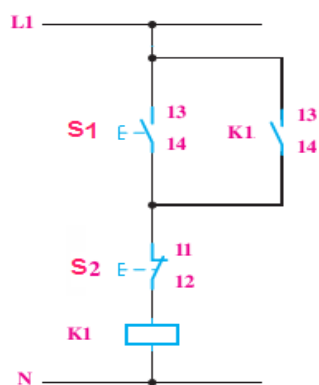
در این مدار می‌خواهیم با استفاده از یک شستی استارت و یک شستی استوپ موتور سه فاز را راه-اندازی کنیم به این ترتیب که موتور با شستی استارت کار کند و با شستی استوپ متوقف شود.

مدار قدرت مانند قبل است اما در مدار فرمان دقت کنیم که در مدار قبل با برداشتن دست از روی شستی استارت، موتور خاموش می‌شد یک ایده خوب برای خاموش نشدن موتور بعد از برداشتن دست این است که مانند شکل زیر (شکل ۲-۲۹) کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور (اولین کلید NO کنتاکتور) را با شستی استارت موازی کنیم



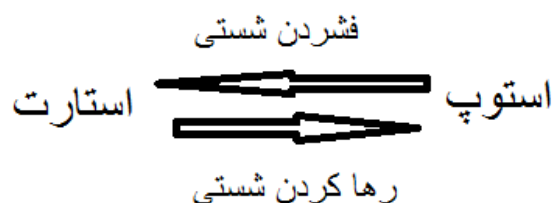
شکل ۲-۲۹

حال با توجه به شکل بالا اگر کلید S1 را فشار دهیم کنتاکتور K1 عمل کرده و کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور وصل می‌شوند الان اگر شستی را رها کنیم کنتاکتور K1 خاموش نمی‌شود چون جریان کنتاکتور از کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ خودش تامین می‌شود. کنتاکتور که روشن باشد قطعاً به طبع آن مدار قدرت هم روشن خواهد بود. الان این سوال مطرح می‌شود که برای خاموش شدن کنتاکتور چه کنیم ؟ در پاسخ باید گفت به سادگی و با قرار دادن یک شستی استوپ قبل از کنتاکتور به این مقصود می‌رسیم به شکل ۲-۳۰ نگاه کنیم اگر کنتاکتور روشن باشد با زدن شستی استوپ S2 جریان کنتاکتور قطع و کنتاکتور خاموش می‌شود کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور هم قطع می‌شوند حال با رها کردن دست چون کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور قطع اند کنتاکتور خاموش می‌ماند. شکل ۲-۳۰ همان مدار فرمان مورد نیازمان است.



شکل ۲-۳۰- مدار فرمان اتصال دائم

نکته : با فشار دادن شستی استوپ و استارت دوبل ابتدا کلید استوپ آن و بعد کلید استارت آن عمل می‌کند و در زمان برداشتن دست ابتدا کلید استارت آن و بعد کلید استوپ آن به حالت اول برمی‌گردد (شکل ۲-۳۲).

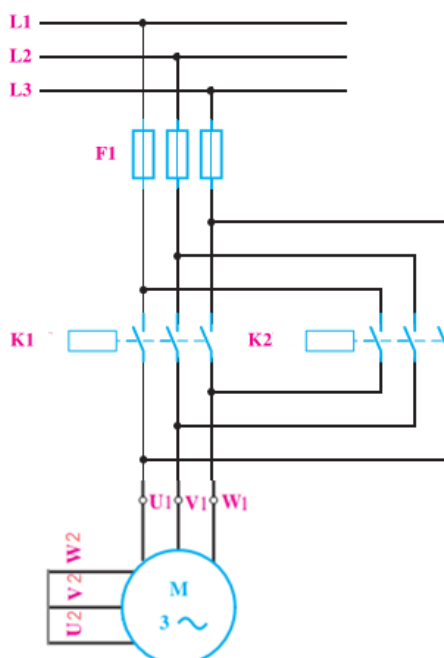


شکل ۲-۳۲

در مدار شکل ۲-۳۱ با زدن شستی S3 ابتدا کنتاکت‌های استوپ آن قطع شده و کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور را از مدار خارج می‌کند سپس کنتاکت‌های استارت شستی S3 به هم وصل می‌شوند و کنتاکتور روشن می‌شود و با برداشتن دست هم ابتدا کنتاکت‌های استارت آن به حالت اول برگشته و کنتاکتور خاموش می‌شود سپس کنتاکت‌های استوپ آن وصل می‌شوند.

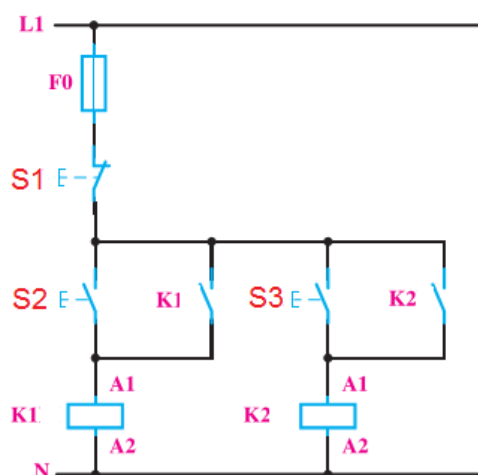
۲-۱۵-۴- چپ گرد - راست گرد

الف) مدار قدرت:



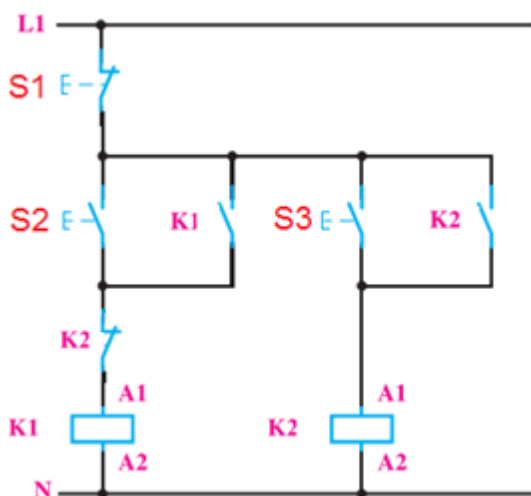
شکل ۲-۳۳- مدار قدرت چپ گرد راست گرد

مشاهده می‌شود که اگر کنتاکتور K1 عمل کند موتور راست‌گرد و اگر کنتاکتور K2 عمل کند موتور چپ‌گرد خواهد بود و این دو کنتاکتور هرگز نباید با هم روشن شوند. اگر مدار فرمان را به صورت شکل ۳۴-۲ ببندیم



شکل ۳۴-۲- مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد بدون ایمنی

با زدن شستی S2 کنتاکتور K1 عمل می‌کند و موتور راست‌گرد خواهد بود حال باید ابتدا شستی S1 را بزنیم تا کنتاکتور K1 خاموش شود سپس شستی S3 را بزنیم تا کنتاکتور K2 عمل کند این مدار ایمنی ندارد چون ممکن است کاربر قبل از زدن شستی S1 شستی S3 را بزند در این صورت هر دو کنتاکتور وصل خواهند شد و اتصال کوتاه خواهیم داشت. برای رفع این مشکل یک راه‌حل نه چندان خوب این است که یکی از کلیدهای بسته کنتاکتور K2 را قبل از کنتاکتور K1 قرار دهیم تا با عمل کردن کنتاکتور K2 کنتاکتور K1 قطع شود.



شکل ۳۵-۲- مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد با ایمنی ضعیف

برای اینکه بدانیم چرا ایمنی مدار ۳۵-۲ ضعیف است باید سه نکته زیر را بدانیم :

سه نکته برای لحاظ ایمنی در مدارهای فرمان:

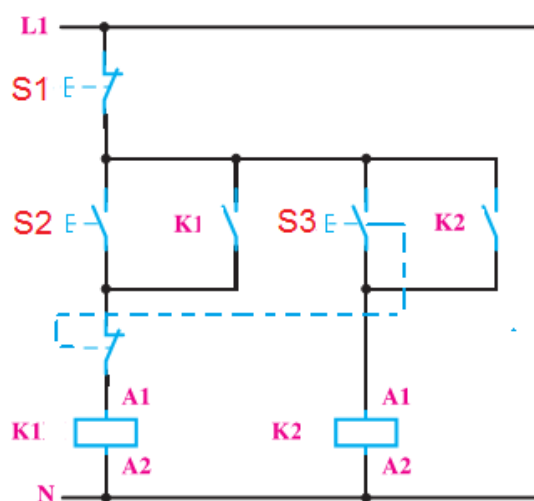
(۱) روشن شدن یک کنتاکتور اغلب چند میلی ثانیه سریعتر از خاموش شدن آن (برگشتن کنتاکتهای آن به حالت اولیه) طول می کشد.

(۲) در شستی های دابل که با تحریک دست عمل می کنند زمان بین قطع کلید استوپ و وصل کلید استارت حداقل چند صدم ثانیه است.

(۳) در برخی موارد خاموش شدن کنتاکتور (برگشتن کنتاکتهای آن به حالت اولیه) ممکن است چند دهم ثانیه یا بیشتر طول بکشد.

ایمنی مدار ۳۵-۲ ضعیف است چون با توجه به نکته ۱ با زدن شستی S2 کنتاکتور K2 سریعاً عمل می کند و کنتاکتور K1 را قطع می کند اما کنتاکت های کنتاکتور K1 چند میلی ثانیه بعد به حالت اول برمی گردد و در این مدت هر دو کنتاکتور K1 و K2 وصل هستند و اتصال کوتاه داریم.

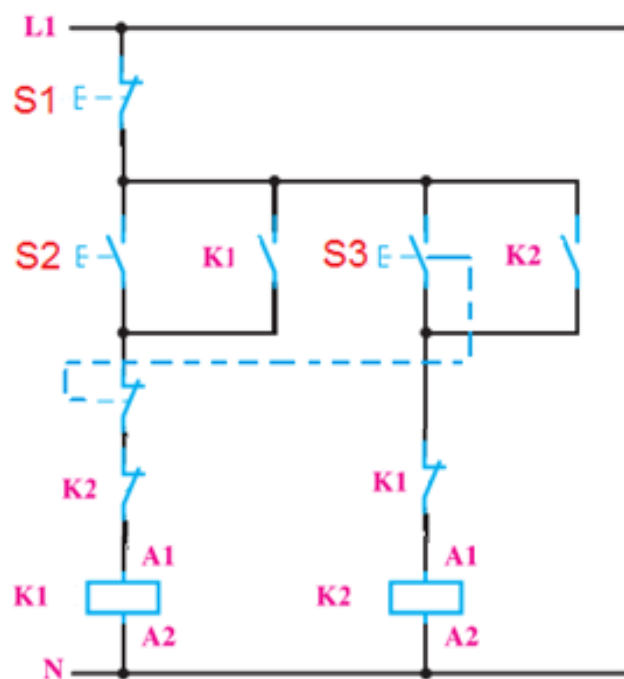
با توجه به نکته ۲ می توان شستی S3 و کلید بسته کنتاکتور K2 را با یک شستی استوپ استارت دابل عوض کنیم تا با زدن آن ابتدا کنتاکتور K1 به طور کامل قطع و بعد کنتاکتور K2 وصل شود (شکل ۳۶-۲).



شکل ۳۶-۲- مدار فرمان چپ گرد راست گرد با ایمنی متوسط

نکته : برای اضافه کردن شستی استوپ و استارت دوبل کافی است استوپ آن را قبل از قطعه‌ای که می‌خواهیم از مدار خارج شود و استارت آن را قبل از قطعه‌ای که می‌خواهیم روشن شود قرار داده با خط چین آنان را به هم وصل کنیم تا نشان دهد محرک این دو شستی یکی است.

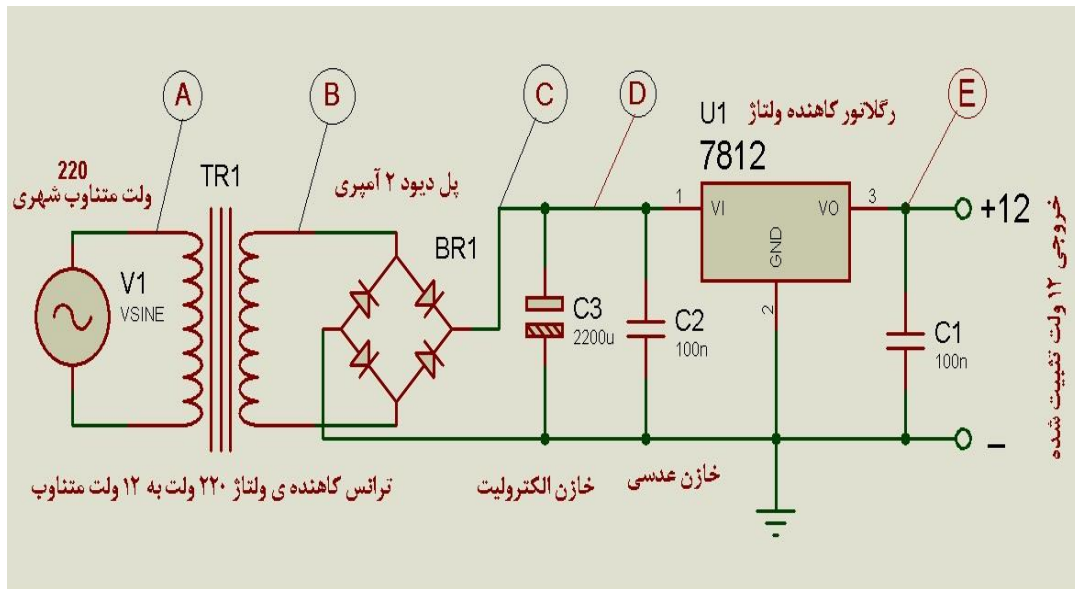
با توجه به نکته ۳ باز هم مدار ۲-۳۶ ایمنی کامل ندارد و ممکن است در برخی موارد اتصال کوتاه داشته باشیم. ایمنی کامل زمانی ایجاد می‌شود که علاوه بر استفاده از شستی دوبل یک کلید بسته کنتاکتور K2 را قبل از کنتاکتور K1 و یک کلید بسته کنتاکتور K1 را قبل از کنتاکتور K2 قرار دهیم این کار باعث می‌شود زمانی کنتاکتور K1 عمل کند که کنتاکتور K2 کاملاً قطع باشد و به عکس زمانی کنتاکتور K2 عمل کند که کنتاکتور K1 کاملاً قطع باشد (شکل ۲-۳۷).



شکل ۲-۳۷- مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد با ایمنی کامل

طراحی مدار تبدیل ۲۲۰ ولت شهری (متناوب به ۱۲ ولت تثبیت شده (منبع تغذیه ی ۱۲ ولت):

دو نوع منبع تغذیه وجود دارد سوئیچینگ و خطی. از این دو نوع، نوع خطی راحت تر تثبیت شده و در مقابل نویز مقاوم تر است اما نسبت به نوع سوئیچینگ دارای مصرف بالاتر، گرانتز، حجیم تر و سنگین تر است. اگر عامل نویز در مدار ما اهمیت داشته باشد بهتر است منبع تغذیه از نوع خطی باشد. در اینجا مدار یک منبع تغذیه ی خطی ۱۲ ولت با خروجی ۱ آمپر را بررسی می کنیم.



شکل (الف) مدار منبع تغذیه ۱۲ ولت تثبیت شده

در شکل (الف) در قسمت A ولتاژ ما یک نمودار سینوسی با مقدار موثر ۲۲۰ ولت نسبت به زمان دارد. در قسمت B ما یک ترانس ۲۲۰ به ۱۲ ولت AC ۳ آمپری به مدار اضافه می کنیم حال در این قسمت نمودار ولتاژ ما همان نمودار سینوسی است ولی مقدار موثر آن ۱۲ ولت AC است در ادامه و در قسمت C ما یک پل دیود ۲ آمپری به مدار اضافه می کنیم در این قسمت نمودار ولتاژ ما یک نمودار قدرمطلق سینوسی است یعنی قسمت منفی نمودار نسبت به محور X قرینه می شود و دیگر قسمت منفی نداریم با قرار دادن یک خازن الکترولیت ۲۲۰۰ uF به قسمت D می رسیم این خازن نمودار ما را به یک نمودار تقریباً خطی موازی با محور X تبدیل می کند در این قسمت ولتاژ ما دیگر متناوب (AC) نیست و تبدیل به ولتاژ مستقیم (DC) شده است اما مقدار آن حدوداً ۱۶ ولت است که از ضرب رادیکال ۲ در ۱۲ بدست آمده (وقتی ولتاژ AC به DC با استفاده از پل دیود و خازن تبدیل شود مقدار ولتاژ DC حاصل رادیکال ۲ برابر ولتاژ AC اولیه خواهد بود) حال برای اینکه این ۱۶ ولت DC به ۱۲ ولت DC تبدیل شود از رگلاتور استفاده می کنیم. (رگلاتورها برای تثبیت ولتاژ استفاده می شوند، رگلاتورهای مثبت به صورت ۷۸XX نام گذاری می شوند. که به جای XX عدد تثبیت ولتاژ قرار می گیرد. مثلاً ۷۸۰۵ یک رگلاتور تثبیت ولتاژ ۵ ولت است یعنی در ورودی هر ولتاژی بین ۳۰ تا ۷ ولت دریافت کند در خروجی ۵ ولت ثابت (تثبیت شده) خواهد داشت همچنین رگلاتورهای منفی به صورت ۷۹XX نام گذاری می شوند که به جای XX عدد تثبیت ولتاژ قرار می گیرد مثلاً ۷۹۱۲ رگلاتوری است که در ورودی هر ولتاژی بین ۳۰- تا ۱۴- بگیرد، ولتاژ تثبیت شده ی ۱۲- را در خروجی خواهد داشت.) در ورودی و خروجی رگلاتور طبق برگه مشخصات رگلاتورها باید یک خازن عدسی ۱۰۰ نانو فاراد قرار داد. حال در قسمت D ما یک ولتاژ تثبیت شده ی ۱۲ ولت DC داریم.

آشنایی با موتور DC و مدار کنترل سرعت آن

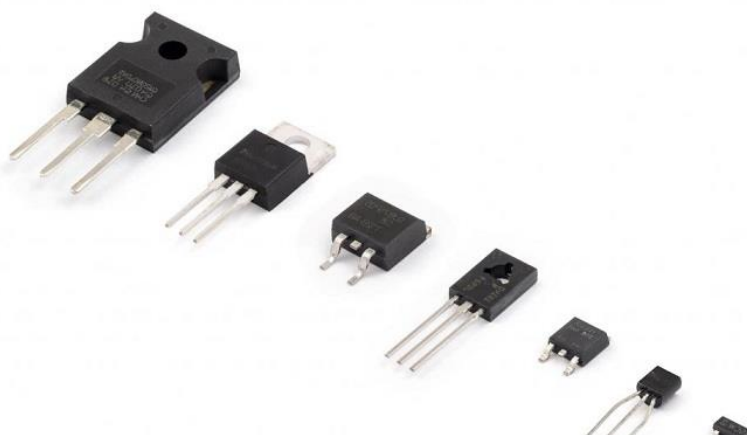
موتورهای dc موتورهایی هستند که با جریان مستقیم dc کار می‌کنند. نمونه‌ی کوچک آن همان آرمیچر است. موتورهای dc در دستگاه‌های آزمایشگاهی، فن‌های خودرو، شیشه‌بالابر خودرو، اسباب بازی‌ها و... کاربرد دارند.



شکل ۱ نمونه‌هایی از موتور dc

برای راه‌اندازی موتور dc کافی است دو سیم آن را به ولتاژ dc که مقدار آن در مشخصات موتور درج شده وصل نماییم. برای تغییر جهت گردش موتور هم میتوان جای سیم‌های موتور که به مثبت و منفی منبع وصل هستند را عوض کنیم.

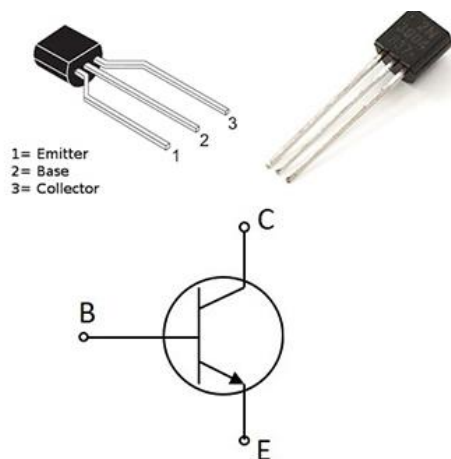
برای بستن مدار تنظیم دور موتورهای dc ابتدا باید با ترانزیستور آشنا شوید. ترانزیستور قطعه‌ای سه پایه به نام‌های C (کلکتور)، B (بیس) و E (امیتر) است که با استفاده از جریان بیس میتوان جریان امیتر را کنترل کرد.



شکل ۲ انواع ترانزیستور در بسته‌بندی‌های متفاوت

ترانزیستورها را معمولاً برای کاربردهای سوئیچینگ (کلید زنی) و یا تقویت سیگنال استفاده می‌کنند. دو نوع ترانزیستور وجود دارد نوع مثبت یا PNP و نوع منفی یا NPN.

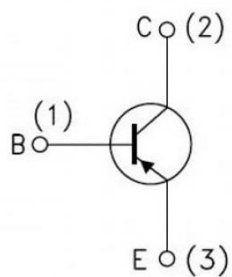
در شکل زیر نمونه‌ای از ترانزیستور منفی و مثبت به همراه نماد فنی آن مشخص است.



شکل ۳ نمونه ای از ترانزیستور منفی به همراه نماد فنی

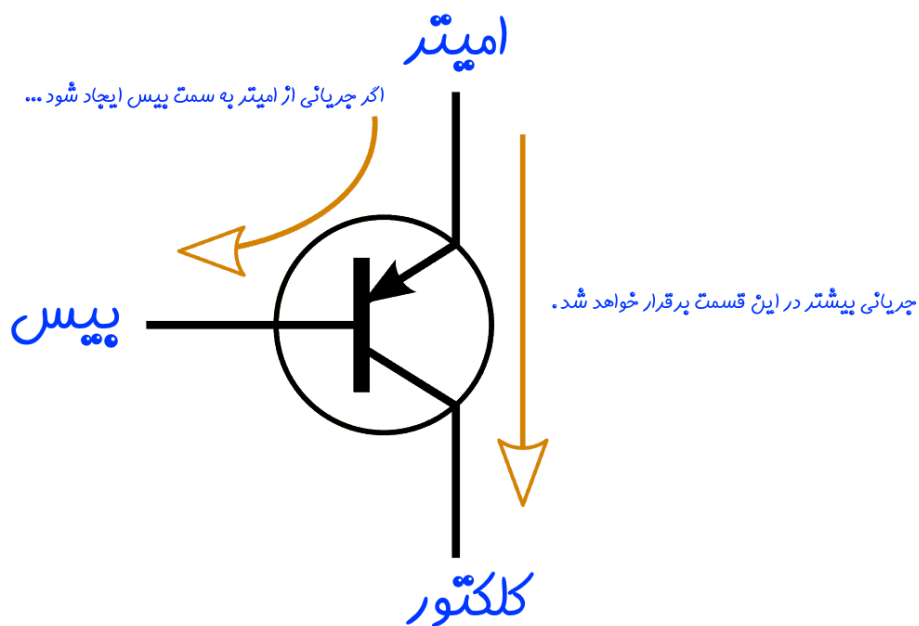


TIP42C

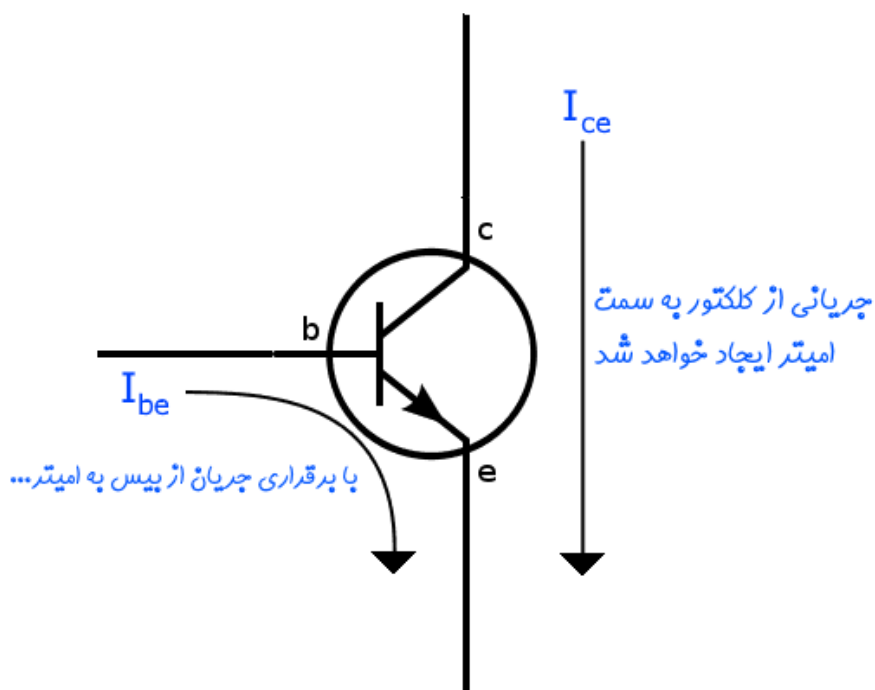


شکل ۴ نمونه ای از ترانزیستور مثبت به همراه نماد فنی

نحوه ی عملکرد و جهت جریان پایه های ترانزیستورهای + و - در شکل ۵ و ۶ مشخص است.

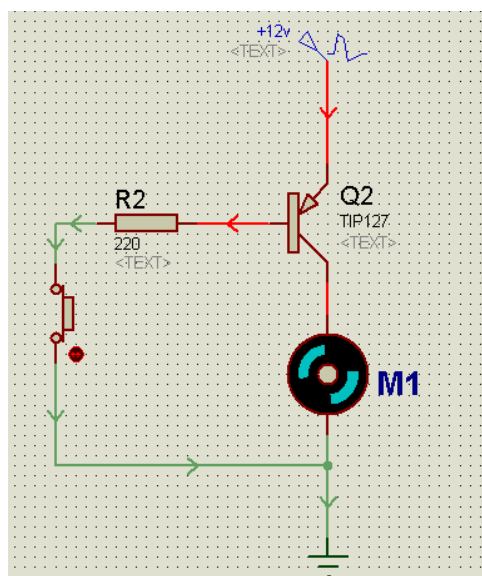


شکل ۵ جهت جریانها در ترانزیستور مثبت (PNP)

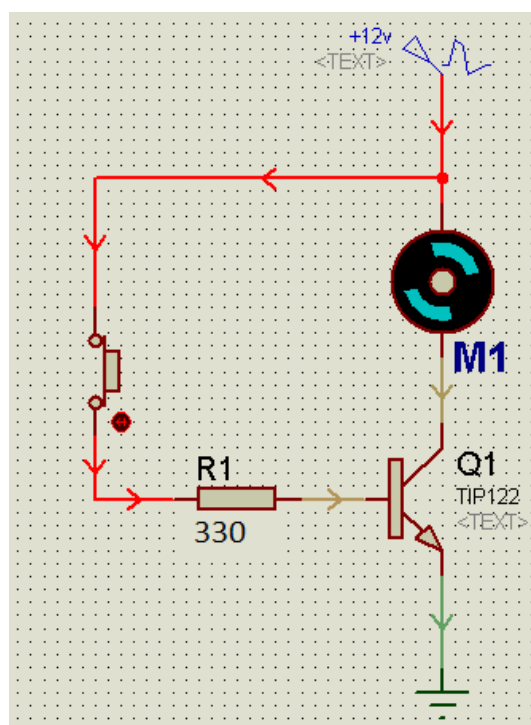


شکل ۶ جهت جریانها در ترانزیستور منفی (NPN)

نحوه ی بستن مدار راه اندازی موتور DC با استفاده از ترانزیستور + و منفی در شکل های ۷ و ۸ مشخص است. به جهت جریان ها در دو ترانزیستور دقت کنید.



شکل ۷ راه اندازی موتور DC با استفاده از ترانزیستور مثبت



شکل ۸ راه اندازی موتور DC با استفاده از ترانزیستور منفی

انتخاب ترانزیستور مناسب برای کاربرد سوئیچینگ: پایه های هر ترانزیستوری ولتاژ و جریان قابل تحمل محدودی دارد به همین خاطر برای هر مداری باید ترانزیستور مناسبی را انتخاب کرد که تحمل جریان ها و ولتاژهای آن مدار را داشته باشد. حداکثر ولتاژها و جریان های قابل تحمل هر ترانزیستوری در برگه ی مشخصات آن درج می شود. فرض کنید یک موتور DC داریم که طبق مشخصات آن برای راه اندازی آن نیاز به ۱۲ ولت و ۲ آمپر جریان باشد می خواهیم مدار شکل ۸ را برای آن ببندیم. لیستی از ترانزیستورها با برگه مشخصات در دست داریم و می خواهیم ترانزیستور مناسب برای مدارمان انتخاب کنیم. برای این کار ترانزیستوری مناسب است که حداکثر ولتاژ قابل تحمل بین E و C برای آن بیش از ۴ برابر ولتاژ مدار یعنی

۴۸=۴×۱۲ باشد (عدد ۴ ضریب ایمنی است که به صورت تجربی بدست می‌آید) همچنین حداکثر جریان قابل تحمل پایه ی C آن بیش از دو برابر جریان موتور باشد (عدد ۲ ضریب ایمنی است) یعنی $I_{C\max}$ بالای ۴ آمپر باشد. شکل ۹ از برگه مشخصات (data sheet) ترانزیستور TIP122 استخراج شده مطابق آن حداکثر ولتاژ قابل تحمل بین C و E برای این ترانزیستور، ۱۰۰ ولت، $I_{C\max}$ برابر ۵ آمپر است پس برای مثال ما این ترانزیستور مناسب است. همچنین مطابق برگه مشخصات این ترانزیستور جریان بیس نباید بیش از ۱۲۰ میلی آمپر شود مقاومت R1 در مدار شکل ۸ وظیفه ی محدود سازی جریان بیس را دارد این مقاومت را مطابق رابطه ی زیر طوری حساب می کنیم که جریان بیس نزدیک یک سوم حداکثر جریان قابل تحمل آن باشد.

$$R1 = \frac{V_B}{I_{B\max}} \times 3$$

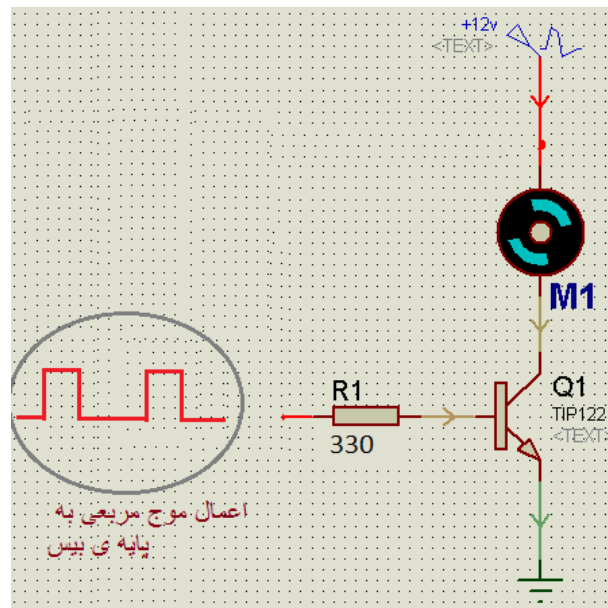
در این رابطه V_B ولتاژ متصل به پایه ی B در مدار بوده و $I_{B\max}$ حداکثر جریان قابل تحمل بیس است که از برگه مشخصات بدست می‌آید. برای مدار ما $R1 = 12 / 0.12 \times 3 = 300$ اما مقاومت ۳۰۰ اهم چون رنج استاندارد نیست در بازار موجود نیست نزدیک ترین مقاومت موجود در بازار ۳۳۰ اهم است که از آن استفاده می کنیم.

Table 2. Absolute maximum rating⁽¹⁾

Symbol	Parameter	Value	Unit
		TIP122	
V_{CBO}	Collector-base voltage ($I_E = 0$)	100	V
V_{CEO}	Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	100	V
V_{EBO}	Emitter-base voltage ($I_C = 0$)	5	V
I_C	Collector current	5	A
I_{CM}	Collector peak current	8	A
I_B	Base current	0.12	A
P_{TOT}	Total dissipation at $T_c \leq 25^\circ C$	65	W
	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	2	
T_{stg}	Storage temperature	-65 to 150	$^\circ C$
T_J	Max. operating junction temperature	150	

شکل ۹ جدول برگرفته از برگه مشخصات ترانزیستور TIP122

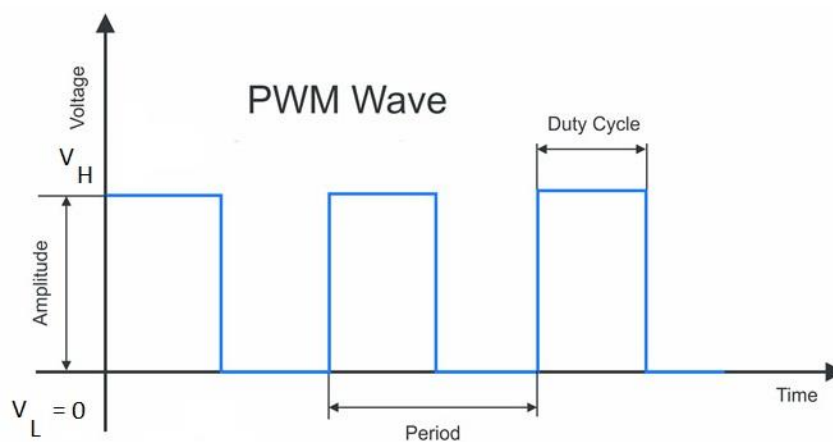
کنترل سرعت موتور DC: برای این کار مدار شکل ۸ را می بندیم با این تفاوت که یک موج مربعی به پایه ی بیس متصل می کنیم که می توانیم با استفاده از تغییر مشخصات این موج مربعی (با استفاده از تکنیک PWM) به سرعت های مختلفی دست یابیم.



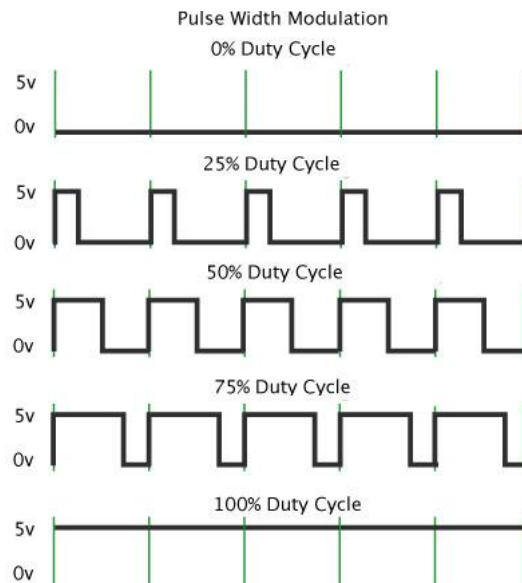
شکل ۱۰ اعمال موج مربعی به پایه ی بیس برای کنترل سرعت موتور

Pwm یا مدولاسیون پهنای پالس (Pulse Width Modulation):

روشی برای تنظیم توان الکتریکی داده شده به بار، با تغییر دادن زمان قطع و وصل شدن منبع توان به بار (در هر سیکل) است.



در اصل PWM موجی مربعی است که در برخی زمان ها ۰ و برخی زمان ها V_H است و این ۰ و V_H شدن ها با فرکانس مرتبی تکرار می شود. همانگونه که در شکل بالا مشاهده می کنید PWM مانند سایر امواج، دارای دامنه یا Amplitude، دور تناوب یا Period و فرکانس است معمولاً فرکانس موج PWM ثابت و برابر یک کیلو هرتز است. عبارت دیگری که در PWM مورد استفاده قرار می گیرد Duty Cycle است. دیوتی سیکل مدت زمان V_H (ولتاژ وصل) بودن به مدت زمان کل پریود در هر سیکل موج است که معمولاً بر حسب درصد (٪) نمایش داده می شود (شکل ۱۲ را ببینید). به فرض مثال اگر Duty Cycle یک موج PWM برابر با ۴۰٪ باشد بدان معنی است که در هر سیکل ۴۰٪ ولتاژ برابر V_H و در ۶۰٪ اوقات ولتاژ برابر ۰ است. همانگونه که می دانید در چنین حالتی ولتاژ متوسط برابر با ۴۰٪ V_H خواهد بود.



شکل ۱۲

رابطه‌ی مقدار متوسط ولتاژ در یک پالس PWM می‌شود

$$V_A = D \times V_H$$

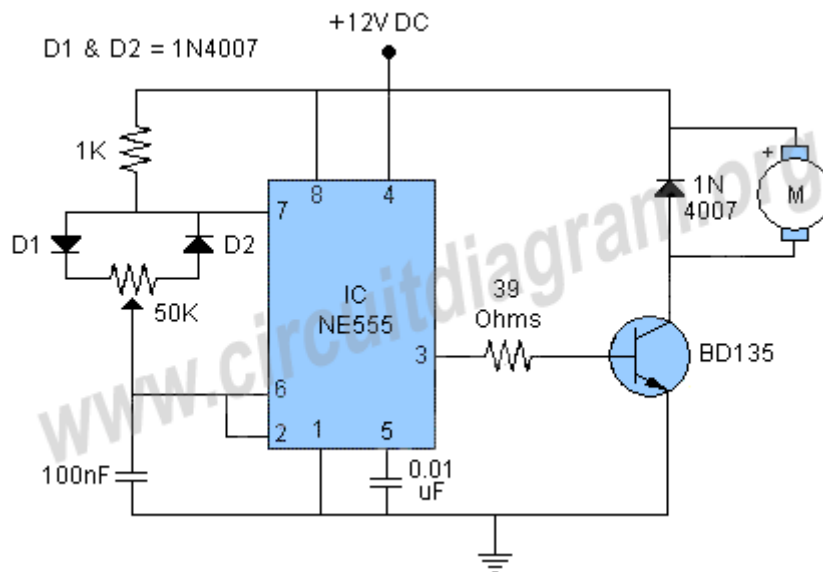
که در آن V_A برابر مقدار متوسط ولتاژ، D برابر دیوتی سایکل و V_H برابر مقدار ولتاژ وصل. رابطه‌ی دیوتی سایکل هم همانطور که گفته شد می‌شود:

$$D = \frac{t_H}{t_L + t_H}$$

که در آن t_H برابر مدت زمان وصل بودن و t_L برابر مدت زمان قطع بودن است.

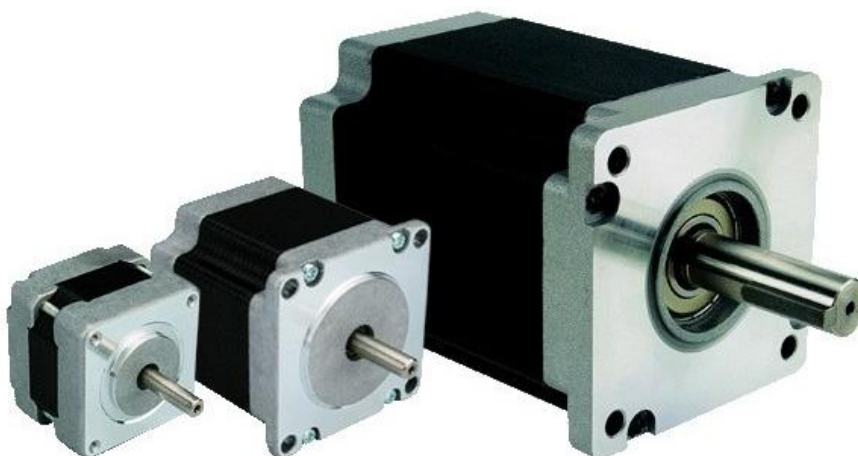
در شکل ۱۰ برای کنترل سرعت موتور اگر دیوتی سایکل موج اعمالی به پایه‌ی بیس برابر ۱۰۰ در صد باشد موتور با حداکثر سرعت دوران می‌کند و اگر دیوتی سایکل موج برابر ۵۰ در صد باشد سرعت موتور نصف می‌شود و به همین ترتیب در حالت صفر درصد موتور خاموش می‌شود. پس با تکنیک PWM می‌توان سرعت موتور DC را کنترل کرد. PWM کاربردهای زیادی در الکترونیک دارد.

موج مربعی با قابلیت PWM را می‌توان با استفاده از IC شماره ۵۵۵ و یا با استفاده از میکروکنترلرها مانند برد آردینو تولید کرد. مثلاً در شکل ۱۳ مدار تولید موج با قابلیت PWM با استفاده از IC شماره ۵۵۵ نشان داده شده است. (نیازی به حفظ این مدار برای امتحان نیست.)



شکل ۱۳ مدار تولید موج با قابلیت PWM با استفاده از IC شماره ۵۵۵ (با چرخاندن پتانسیومتر دیوتی سایکل موج تغییر می کند)

آشنایی با استپ موتور و نحوه ی راه اندازی اولیه ی آنها :



شکل ۱۴ استپ موتور

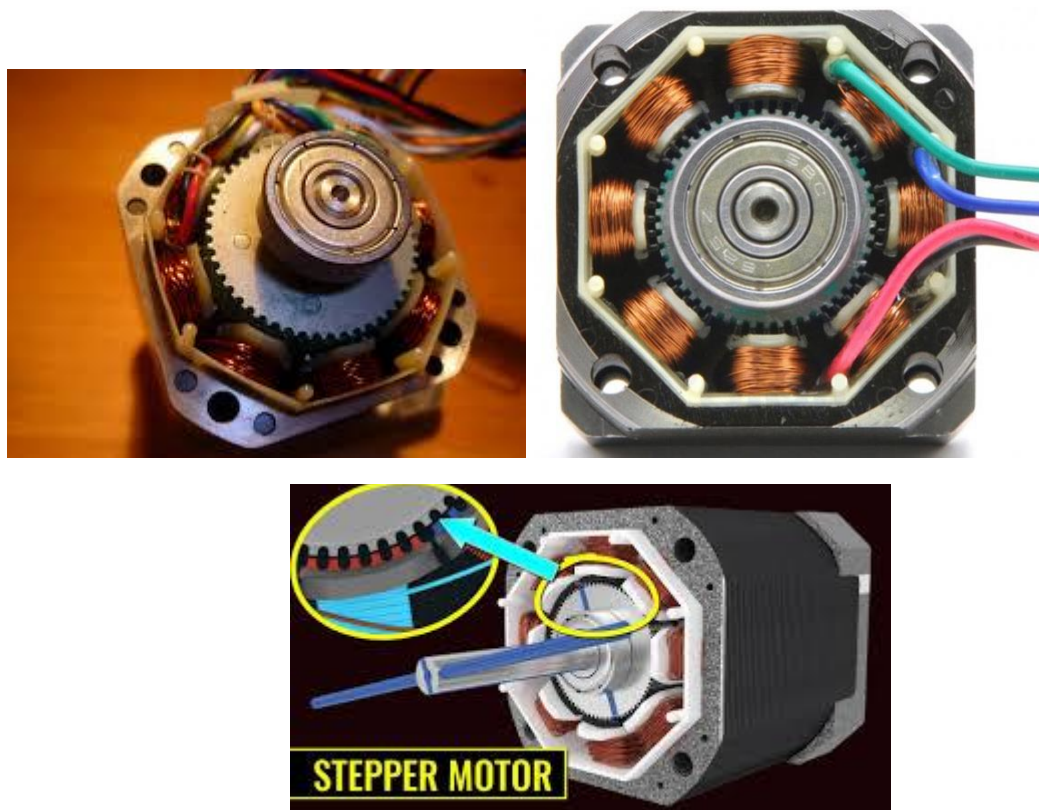
استپر موتور (stepper motor) یا استپ موتور (step motor) یا موتور پله ای یک موتور براشلس (Brushless) الکتریکی DC است که چرخش زاویه ای گسسته یا پله ای دارد و یک دور کامل (۳۶۰ درجه) را به تعدادی پله یا استپ مساوی تقسیم می نماید. این موتور با اتصال به ضربان هایی در فرکانسی خاص کار می کند. هر ضربان فرستاده شده به موتور سبب حرکت محور موتور زاویه ای تا زاویه ای معین می گردد که این زاویه را، زاویه استپینگ (stepping angle) می گویند. اصلی ترین ویژگی موتور پله ای که آن را از سایر موتور ها متمایز می کند این است که، می توان شفت این گونه از موتور ها را با اعمال پالس های مناسب الکترونیکی به صورت گسسته به حرکت درآورد و در محل مورد نیاز قرار داد. نکته قابل توجه این است که در این گونه موتور ها نیازی به گرفتن فیدبک از موقعیت محور نیست و این نشانه دقت بالای این موتور ها است. بر خلاف موتورهای پله ای، در سرو موتور ها (servo)

(motors) و موتورهای DC که عملکرد پیوسته ای در چرخش محور موتور از خود نشان می دهند، اطلاع لحظه به لحظه از موقعیت محور موتور برای قرار دادن آن در موقعیت خاص لازم است که این عمل نیازمند صرف هزینه و انجام عملیات کنترلی ویژه ای است. استپ موتور ها بسیار ارزانتر از سرو موتور ها هستند اما از نظر سرعت کند تر از سرو موتور ها هستند. استپ موتور ها به دلیل دقت بالا در حرکت کاربردهای گسترده ای در ربات ها ، دستگاه های CNC ، انواع پرینترها، خودرو ها (کنترل دریچه ی گاز) و ... دارند.

مهمترین اجزاء تشکیل دهنده استپ موتور

الف) روتور : روتور همان شفت مرکزی موتور می باشد. در موتورهای dc معمولی سیم پیچها بر روی روتور قرار دارند و با چرخش روتور می چرخند و آهن ربای دائم ثابت است. ولی در موتورهای پله ای آهن ربای دائم بر روی روتور قرار می گیرد و سیم پیچ ثابت می باشد .

ب) استاتور : استاتور در موتورهای dc معمولی از یک آهنربای دائمی تشکیل شده است که گرداگرد شفت روتور قرار گرفته است. در موتورهای پله ای سیم پیچها در این بخش قرار دارند. برخی موتور ها مخصوصاً موتورهای بزرگتر از یک آهنربای الکتریکی به عنوان استاتور استفاده می کنند. پیش از اینکه آهنرباهای دائمی با قدرت های متنوع امروزی ساخته شوند، استاتورها از آهنرباهای الکتریکی تشکیل شده بودند .



شکل ۱۵ اجزا استپ موتور

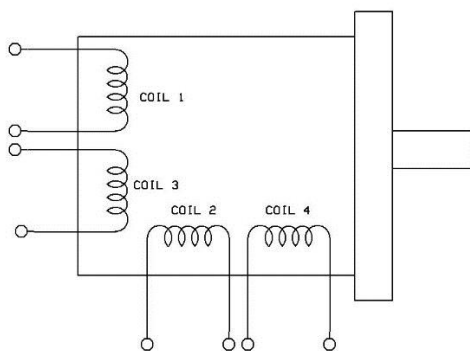
پله و زاویه پله : کوچکترین چرخش قابل کنترل در محور موتور پله ای را پله می گوئیم. این گونه موتورها بسته به نوع کاربرد با دقت های متفاوتی ساخته می شوند. دقت موتور با زاویه پله مشخص می گردد. زاویه پله زاویه ای است که به ازای حرکت محورموتور به اندازه یک پله طی می شود؛ پس میتوان گفت موتوری که دارای زاویه پله کوچکتر است، دقیق تر می باشد. به عبارتی زاویه پله مینیمم زاویه چرخش در ارتباط با یک پله است . باید توجه داشت که برخلاف برداشت اولیه ای که به ذهن می رسد یک موتور پله ای برای رسیدن به پله های کوچکتر نیاز به تعداد سیم های بیشتری در استاتور ندارد. بیشتر موتورها ۴ سیم برای سیم پیچ استاتور (A,B,C,D) و دو سیم مشترک برای سر و سطر دارند. برخی از تولید کنندگان به جای دو سیم فقط از یک سیم برای سیگنال مشترک استفاده می کنند .

استپ موتوری که زاویه ی پله ی آن ۱,۸ درجه است یعنی روتور آن در هر گام (استپ) ۱,۸ درجه طی می کند پس برای یک دور کامل نیاز به ۲۰۰ استپ است.

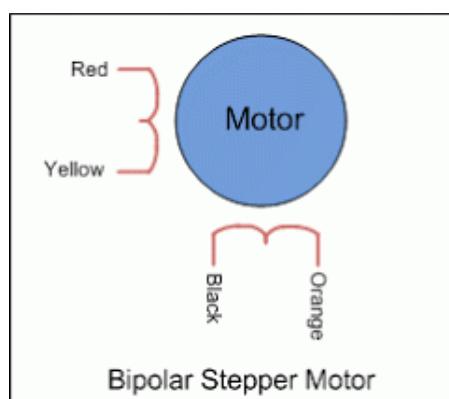
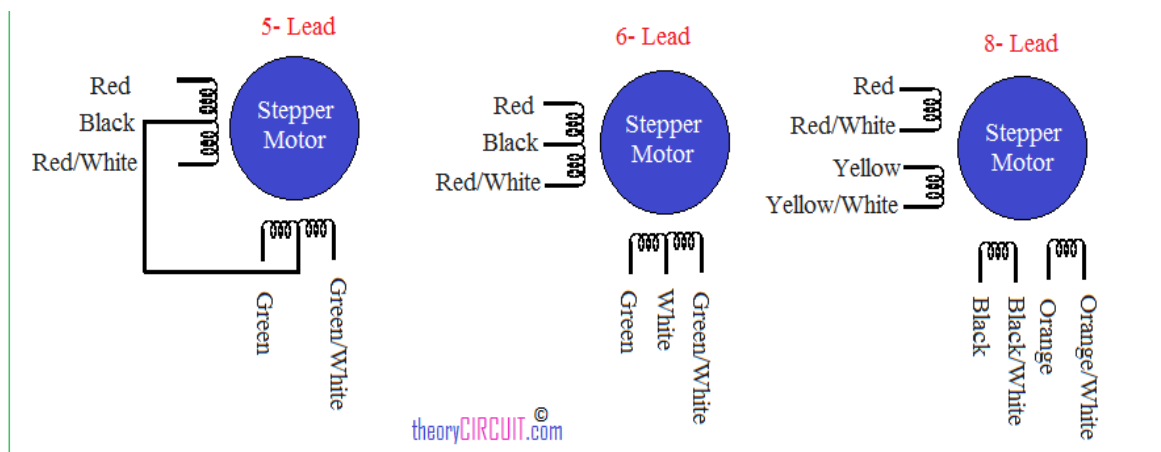
انواع استپ موتور از نظر نحوه ی راه اندازی :

الف) تک قطبی (unipolar) ب) دو قطبی (bipolar)

در روش تک قطبی به سیم پیچ های موتور در یک جهت جریان داده می شود به همین علت به آن تک قطبی می گوئیم متقابلا در روش دو قطبی به سیم پیچ های موتور در هر دو جهت جریان داده می شود مثلا در یک گام در جهت مثبت و در گام بعدی در جهت منفی . هر کدام از دو روش خود به سه حالت تمام پله، نیم پله و ریز پله تقسیم می شوند. در حالت کلی یک استپ موتور دارای چهار سیم پیچ است و ۸ سر سیم دارد (شکل ۱۶)، البته اگر مانند شکل ۱۵ در عمل به داخل استپ موتور نگاه کنید ۸ سیم پیچ خواهید دید این بدان خاطر است که در عمل نصف هر سیم پیچ در یک قسمت و نصف آن درست در قسمت مقابل سیم پیچی می شود). سرهای این چهار سیم پیچ را مطابق شکل ۱۷ می توان طوری به هم وصل کرد که موتور ما تبدیل به ۶ سیمه، ۵ سیمه و ۴ سیمه شود. در برخی موتورها این اتصال سر سیم پیچ ها در کارخانه و داخل موتور انجام می شود و کلا ۶ یا ۵ یا ۴ سیم از موتور خارج شده و قابل دسترس است و در برخی هم هر هشت سیم از موتور خارج شده و قابل دسترس است. موتورهای ۴ سیمه را تنها می توان به روش دو قطبی راه انداخت. اما سایر انواع ۵ و ۶ و ۸ سیمه به هر دو روش قابل راه اندازی است.



شکل ۱۶ سیم پیچ های استپ موتور

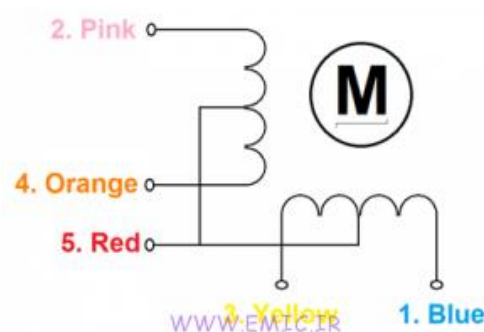


شکل ۱۷ نحوه اتصال و تشخیص سر سیم پیچ ها در استپ موتورهای ۵، ۶ و ۸ سیمه

راه اندازی استپ موتورها :

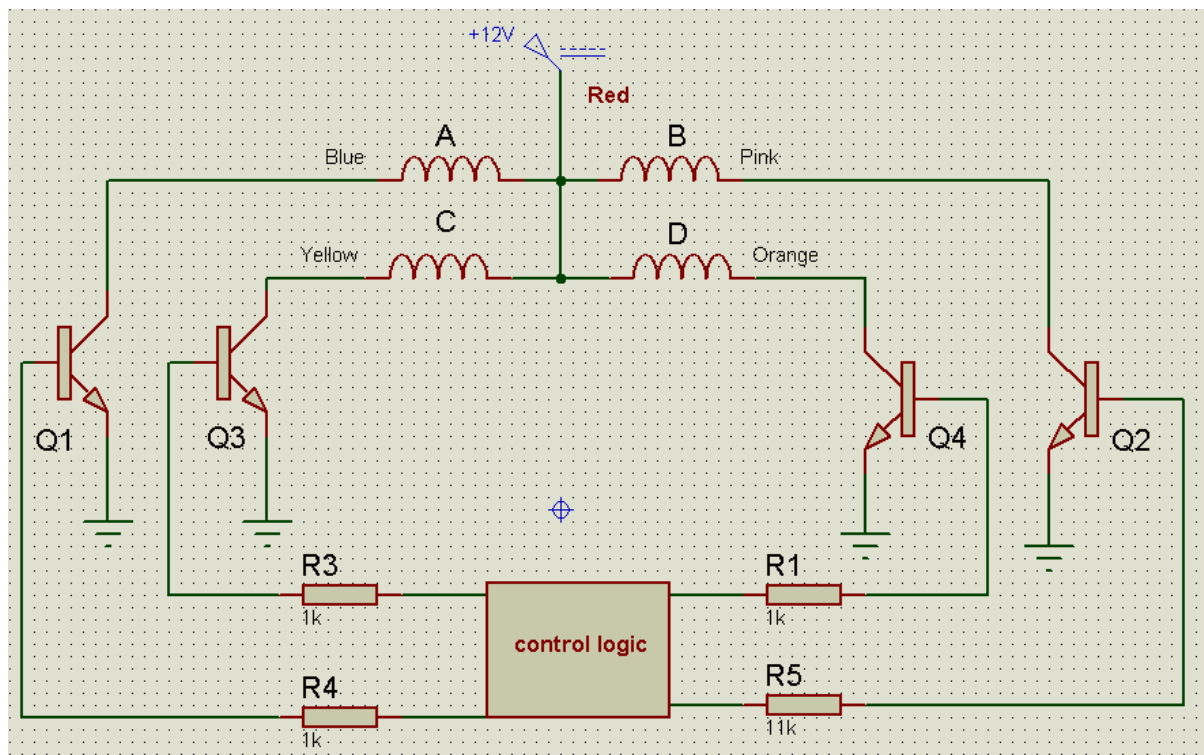
در حالت کلی در راه اندازی استپ موتورها ۶ حالت داریم (۱) روش تک قطبی حالت تمام پله (۲) روش تک قطبی حالت نیم پله (۳) روش تک قطبی حالت ریز پله (۴) روش دو قطبی حالت تمام پله (۵) روش دو قطبی حالت نیم پله (۶) حالت دو قطبی حالت ریز پله

ما دو حالت از این روش ها را بررسی می کنیم حالت تمام پله و نیم پله برای یک موتور پنج سیمه. در شکل ۱۸ نحوه ی اتصال سر سیم پیچ های موتور ۵ سیمه نشان داده شده است.



شکل ۱۸ نحوه ی اتصال سر سیم پیچ های موتور ۵ سیمه

برای راه اندازی ابتدا مدار شکل ۱۹ را می‌بندیم. در این مدار فرض بر این است که استپ موتور ۱۲ ولتی باشد.



شکل ۱۹ مدار ساده برای راه اندازی استپ موتور ۵ سیمه

در این مدار به جای **control logic** می‌توان از یک میکروکنترلر استفاده نمود. جدول ۱ نحوه‌ی راه اندازی تمام پله را نشان می‌دهد معنی آن این است که برای حرکت استپ موتور در پله ی اول باید به سیم پیچ A جریان بدهیم و مابقی سیم پیچ ها بدون جریان باشد یعنی در مدار ۱۹ تنها ترانزیستور Q1 روشن باشد در این صورت موتور از حالت اولیه به اندازه ی یک پله یا گام حرکت کرده و می ایستد همینطور برای پله ی دوم تنها باید سیم پیچ B جریان داشته باشد یعنی در شکل ۱۹ تنها ترانزیستور Q2 روشن باشد در این حالت موتور از حالت قبل یک گام در جهت ساعت حرکت کرده و می ایستد و ... زمانی که به پله ی ۴ رسیدیم برای حرکت به پله ی پنجم باید دوباره پله ی اول را تکرار کنیم و همینطور پله های بعدی.

در جهت ساعت	# پله	سیم پیچ A	سیم پیچ B	سیم پیچ C	سیم پیچ D	خلاف جهت ساعت
↓	1	1	0	0	0	↑
	2	0	1	0	0	
	3	0	0	1	0	
	4	0	0	0	1	

جدول ۱ نحوه ی راه اندازی تمام پله استپ موتور

در شکل ۱۹ اگر برنامه ی میکروکنترلر را طوری بنویسیم که ابتدا ترانزیستور ۱ را روشن کند بعد از یک وقفه ی زمانی آن را خاموش کرده ترانزیستور ۲ را روشن کند همینطور بعد از یک وقفه ی زمانی آن را خاموش کرده ترانزیستور ۳ را روشن کند و بلاخره بعد از یک وقفه ی زمانی آن را خاموش کرده ترانزیستور ۴ را روشن کند و این کارها را درون یک حلقه قرار دهیم موتور در جهت ساعت گرد به صورت پله به پله دوران می کند و هرچه آن وقفه ی زمانی را کوتاه تر کنیم سرعت موتور بیشتر می شود.

راه اندازی نیم پله:

در این نوع راه اندازی موتور در هر فرمان نصف پله را طی خواهد کرد و حرکت موتور با دقت بیشتری انجام خواهد شد. نحوه ی راه اندازی به این شیوه در جدول ۲ نشان داده شده .

خلاف جهت ساعت	سیم پیچ D	سیم پیچ C	سیم پیچ B	سیم پیچ A	# پله	در جهت ساعت
	0	0	0	1	1	
	0	0	1	1	2	
	0	0	1	0	3	
	0	1	1	0	4	
	0	1	0	0	5	
	1	1	0	0	6	
	1	0	0	0	7	
	1	0	0	1	8	

جدول ۲ نحوه ی راه اندازی نیم پله استپ موتور

چند نمونه سوال:

- زاویه ی سیم پیچ ها در مولد نیروگاه و موتور سه فاز نسبت به هم چند درجه است؟
- مدار فرمان چپ گرد راست گرد موتور سه فاز با ایمنی متوسط را رسم علت اینکه ایمنی متوسط است را توضیح دهید؟
- چه موقع از اتصال ستاره و چه موقع از اتصال مثلث استفاده می شود؟
- مدار قدرت اتصال لحظه ای و دائم برای موتور سه فاز را رسم کنید.
- نامگذاری فیوزهای تند کار و کند کار در استانداردهای جدید و قدیم چیست کاربرد هر کدام در چه بخشی است؟
- مدار یک مبدل ولتاژ ۲۲۰ ولت متناوب به ۱۲ ولت تثبیت شده ی خطی را رسم کنید و توضیح دهید نمودار ولتاژ به زمان در هر قسمت چگونه است؟
- مفهوم رگلاتور با شماره ی ۷۸۰۹ چیست؟

- ۸) جدول راه اندازی استپ موتور به صورت نیم پله را رسم کنید.
- ۹) اگر در یک موج مربعی با کنترل PWM، $D=15\%$ درصد و ولتاژ وصل ۱۲ ولت باشد متوسط ولتاژ چقدر است؟
- ۱۰) با در نظر گرفتن شکل ۸ و شکل ۹ مقدار مقاومت $R1$ که به بیس ترانزیستور وصل می شود برای راه اندازی یک موتور DC، ۲۴ ولت ۲ آمپر را حساب کنید.
- ۱۱) مدار راه اندازی موتور DC با یک ترانزیستور PNP را رسم کنید.

موفق باشید

محمد ربانی

پاییز ۹۸