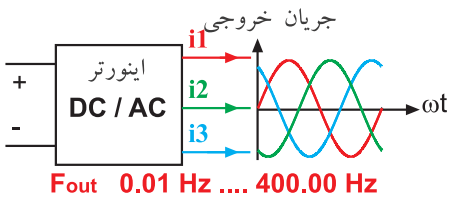
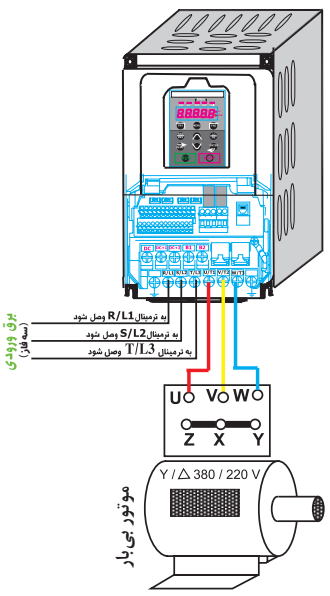
پودمان چهارم

کاربرد اتوماسیون صنعتی (اینورتر)





واحد یادگیری ۴

آیا می‌دانید

۱ـ نیمه‌هادی چیست و یکسوسازی در مدارهای الکتریکی چگونه انجام می‌شود؟
۲ـ بایاس کردن دیود چیست؟
۳ـ ترانزیستور و تریستور چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی دارند؟
۴ـ اینورتر چیست و چه کاربردهایی در صنعت دارد؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این پودمان هنرجویان قادر خواهند بود مفاهیم بایاس، یکسوسازی، سوئیچینگ را فراگرفته و با عملکرد قطعات نیمه‌هادی الکترونیکی و الکترونیک صنعتی آشنا شوند. آنها همچنین با اینورتر و مزایا و کاربرد آن در صنعت برق آشنا می‌شوند.

۱ـ۴ـ مقدمه

امروزه قطعات الکترونیکی در اکثر وسایل الکتریکی به‌کار برده می‌شوند. در بسیاری از وسایل الکتریکی صنعتی و خانگی از قطعات الکترونیکی جهت فرایند کنترل استفاده می‌شود. قطعات الکترونیکی باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی می‌شوند و راحتی، دقت و ایمنی بیشتر به هنگام کار با وسیله برقی را نیز فراهم می‌نمایند.

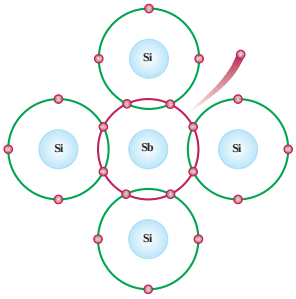
قطعات الکترونیکی بسیار زیادی با کاربردهای منحصر به‌فرد تولید شده‌اند. نمونه‌های قطعات الکترونیکی مانند دیود، ترانزیستور و تریستور و....است. قطعات الکترونیکی با نیمه‌هادی‌ها ساخته می‌شوند.

۲ـ۴ـ نیمه‌هادی‌ها

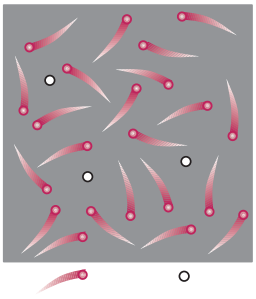
نیمه‌هادی‌ها عناصری هستند که در لایه والانس خود چهار الکترون دارند و هدایت الکتریکی آنها کمتر از هادی‌ها و بیشتر از عایق‌ها می‌باشد. نیمه‌هادی‌های سیلیسیوم وژرمانیوم در ساخت قطعات الکترونیکی استفاده می‌شوند. از نیمه‌هادی ژرمانیوم در ساخت قطعات الکترونیکی که در مدارات مخابراتی به کارمی‌روند استفاده می‌شود.

به‌منظور افزایش هدایت الکتریکی، نیمه‌هادی‌ها را ناخالص می‌کنند. برای ناخالص کردن نیمه‌هادی‌های سیلیسیوم وژرمانیوم از عناصر پنج ظرفیتی مانند آنتیموان (Sb) وآرسنیک (As) و فسفر (P) و عناصر سه ظرفیتی مانند بور (B) و آلومینیوم (Al) و ایندیم (In) استفاده می‌شود.

با ناخالص کردن نیمه‌هادی باعنصر پنج ظرفیتی پیوند کووالانسی بین الکترون‌های آنها ایجاد می‌شود. در این پیوند اتم‌های نیمه‌هادی و عنصر پنج ظرفیتی الکترون‌های لایه والانس خود را به‌اشتراک می‌گذارند و تعداد الکترون‌های لایه والانس اتم‌ها به هشت می‌رسد و پایدار می‌شوند و یک الکترون آزاد ایجاد می‌شود. الکترون آزاد به‌هیچ اتمی وابسته نمی‌باشد. با ناخالص کردن نیمه‌هادی توسط عنصر پنج ظرفیتی تعداد الکترون‌های آزاد افزایش می‌یابد در نتیجه هدایت الکتریکی زیاد می‌شود (شکل ۱).



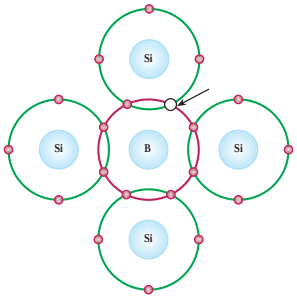
شکل ۱


شکل ۲

ترکیب اتم نیمه‌هادی با چهار عنصر پنج ظرفیتی از نظر الکتریکی خنثی است زیرا تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های این ترکیب برابر است. با آزاد شدن الکترون، این ترکیب به یون مثبت تبدیل می‌شود. در ناخالص کردن اتم نیمه‌هادی با عنصر پنج ظرفیتی، اتمی‌که یک الکترون آزاد می‌دهد و خود به یون مثبت در می‌آید را «اتم اهداکننده » گویند.

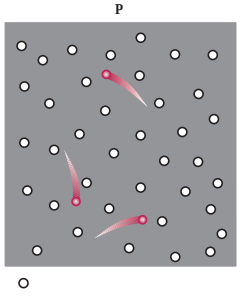
قطعه‌ای که با ناخالص کردن نیمه‌هادی با عنصر پنج ظرفیتی تولید می‌شود و دارای الکترون‌های آزاد می‌باشد را قطعه N گویند (شکل ۲).

قطعه N از نظر الکتریکی خنثی می‌باشد زیرا تعداد الکترون‌ها وپروتون‌های آن با هم برابر است.
با ناخالص کردن نیمه‌هادی باعنصر سه ظرفیتی پیوند کووالانسی بین الکترون‌های آنها ایجاد می‌شود. در این پیوند اتم‌های نیمه‌هادی وعنصر سه ظرفیتی الکترون‌های لایه والانس خود را به اشتراک می‌گذارند و تعداد الکترون‌های لایه والانس اتم‌ها به هفت می‌رسد و پایدار نمی‌شوند و جای یک الکترون در لایه والانس آنها خالی می‌باشد. به‌جای خالی الکترون در لایه والانس حفره گویند. با ناخالص کردن نیمه‌هادی توسط عنصر سه ظرفیتی تعداد حفره‌ها افزایش می‌یابد در نتیجه هدایت الکتریکی زیاد می‌شود (شکل۳).



شکل ۳

ترکیب اتم نیمه‌هادی با چهار عنصر سه ظرفیتی از نظر الکتریکی خنثی است زیرا تعداد پروتون‌ها و الکترون‌های این ترکیب برابر است. با ایجاد حفره و درصورت دریافت الکترون، این ترکیب به یون منفی تبدیل می‌شود.
در ناخالص کردن اتم نیمه‌هادی با عنصر سه ظرفیتی، اتمی‌که قادر است یک الکترون آزاد را جذب کند و خود به یون منفی درآید را «اتم پذیرنده » گویند.
قطعه‌ای که با ناخالص کردن نیمه‌هادی با عنصر سه ظرفیتی تولید می‌شود و دارای حفره می‌باشد را قطعهٔ P گویند (شکل ۴).

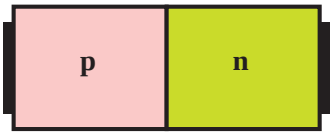


شکل ۴

قطعه P از نظر الکتریکی خنثی می‌باشد زیرا تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن با هم برابر است.

۳ـ۴ـ دیود (Diode)

دیود یک قطعه الکترونیکی است که از اتصال دولایه P و N ایجاد می‌شود و آن را اتصال PN نیز می‌گویند (شکل ۵).

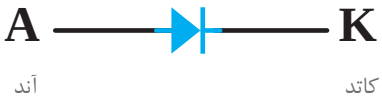


شکل۵ـ چند دیود

دیود دارای دو پایه می‌باشد. پایه‌ای که به لایه P دیود متصل می‌شود را آند و پایه‌ای که به لایه N دیود متصل می‌شود را کاتد می‌نامند.

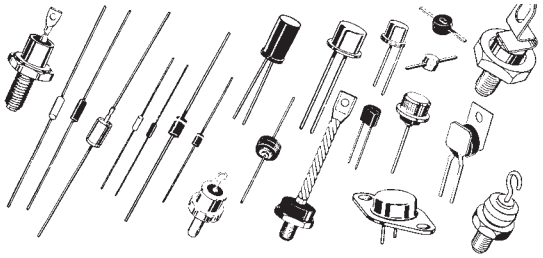
شکل ۶

نماد دیود درمدارهای الکتریکی و الکترونیکی در شکل۷ نشان داده شده است.



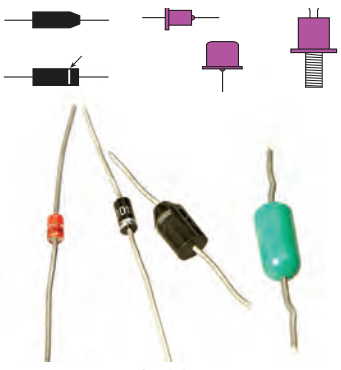
شکل۷ـ نماد دیود

دیود می‌تواند جریان الکتریکی را از سوی آند به‌سمت کاتد هدایت کند. نماد دیود بیانگر این واقعیت است. چند نمونه دیود در شکل۸ نشان داده شده است.



شکل ۸

به‌منظور تشخیص پایه‌های دیود معمولاً پایه کاتد برروی دیود علامت‌گذاری می‌شود. ویا روی بدنه دیود با حرف و یا حلقه رنگی کاتد را مشخص می‌کنند (شکل ۹).

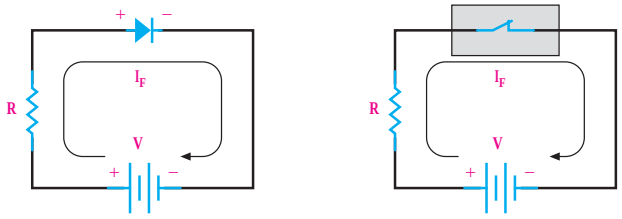


شکل ۹

۴ـ۴ـ بایاس دیود

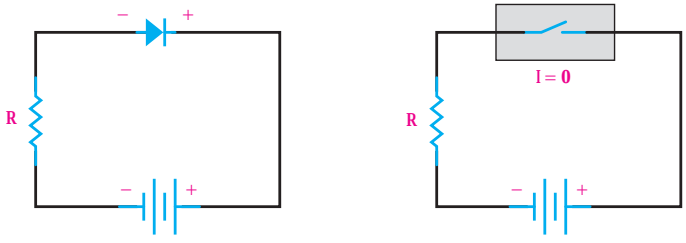
تغذیه پایه‌های دیود در مدارهای الکتریکی توسط منبع ولتاژ را بایاس دیود گویند. بایاس دیود به دوصورت بایاس موافق و بایاس مخالف در مدارهای الکتریکی انجام می‌شود.

هرگاه پتانسیل پایه آند دیود دریک مدار الکتریکی مثبت‌تر از پتانسیل پایه کاتد باشد، دیود در بایاس موافق است. در بایاس موافق به‌شرط اینکه پتانسیل الکتریکی آند در مدار به اندازه حدود ۰/۷ ولت از پتانسیل الکتریکی کاتد بیشتر شود، دیودهادی خواهد شد و مانند یک کلید بسته جریان الکتریکی را هدایت می‌نماید. (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

هرگاه پتانسیل پایه کاتد دیود در یک مدار الکتریکی مثبت‌تر از پتانسیل پایه آند باشد دیود در بایاس مخالف است. در بایاس مخالف دیود قطع می‌باشد و مانند یک کلید باز عمل می‌کند و جریان الکتریکی از آن عبور نمی‌کند. (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

مقدار جریان دیود در بایاس موافق و مخالف در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

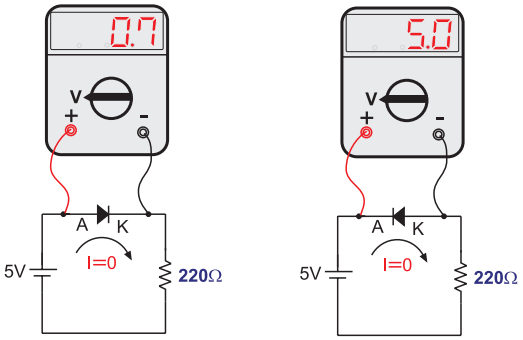
در این مدار جریان الکتریکی برقرار نمی‌شود. به این حالت قرار گرفتن دیود در مدار بایاس مخالف گفته می‌شود.

در این مدار جریان الکتریکی برقرار می‌شود. به این حالت قرار گرفتن دیود در مدار بایاس موافق گفته می‌شود.

شکل ۱۲ـ دیود در بایاس موافق ومخالف

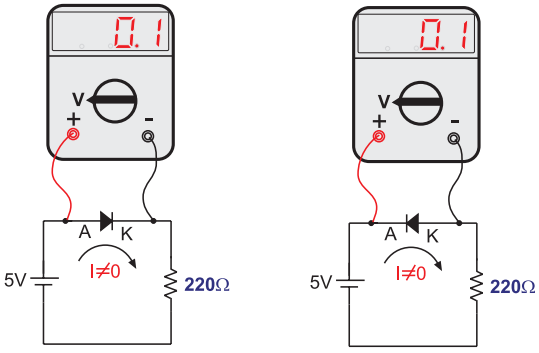
۵ـ۴ـ آزمایش دیود

آزمایش دیود به‌منظور اطمینان از سالم بودن دیود انجام می‌شود. افت ولتاژ دو سر دیود سالم در بایاس موافق حدود ۰/۷ ولت می‌باشد و افت ولتاژ دو سر دیود در بایاس مخالف حدود ولتاژ منبع تغذیه مدار است.بدین منظور توسط ولت‌متر با اندازه‌گیری افت ولتاژ دوسر دیود از صحت سلامت آن مطمئن می‌شوند (شکل ۱۳).



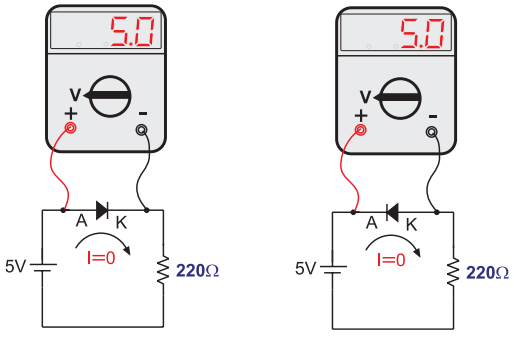
شکل ۱۳ـ دیود سالم

اگر در آزمایش افت ولتاژ دو سر دیود در بایاس موافق و مخالف برابر باشد، دیود معیوب است. درصورتی‌که افت ولتاژ دو سر دیود معیوب در بایاس موافق و مخالف حدود صفر ولت باشد، دیود اتصال کوتاه و خراب است (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ـ دیود معیوب که اتصال کوتاه شده است

در صورتی که افت ولتاژ دوسر دیود معیوب در بایاس موافق و مخالف حدود ولتاژ منبع باشد دیود قطع و خراب است (شکل ۱۵).



شکل۱۵ـ دیود معیوب که قطع شده است

۶ـ۴ـپارامترهای دیود

پارامترهای دیود شامل ولتاژ، جریان، فرکانس، دمای کار و مقاومت حرارتی و... می‌باشد. در انتخاب دیود توجه به پارامترهای آن بسیار مهم است. با رعایت مقدار مجاز پارامترهای دیود از آسیب رسیدن به دیود و معیوب شدن آن در مدارالکتریکی جلوگیری می‌شود. از مهم‌ترین پارامترهای دیود ولتاژ، جریان و فرکانس کار آن می‌باشد. بیشترین مقدار مجاز ولتاژ، جریان، فرکانس و دمای کار دیود را مقادیر حد دیود گویند.

الف) فرکانس کار

حداکثرتعداد دفعاتی که دیود در هرثانیه قطع و وصل می‌کند و معیوب نمی‌شود را فرکانس کار گویند.
دیودهایی که فرکانس کار آنها ۵۰ و یا۶۰ هرتز می‌باشد را دیود معمولی گویند. از دیودهای معمولی در فرکانس‌های بالاتر نمی‌توان استفاده کرد.

ب) حداکثر ولتاژمعکوس دیود

بیشترین ولتاژی که دیود در بایاس مخالف می‌تواند تحمل کند و معیوب نشود را حداکثر ولتاژ معکوس دیود می‌گویند و آن را با PIV (Peak Inverse Voltage) ویا با V_{RM} نشان می‌دهند.
حداکثر ولتاژ معکوس دیود به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در دیود است. حداکثر ولتاژ معکوس PIV دیود معمولی ۵۰ الی ۱۰۰۰ ولت است. برای تحمل ولتاژ بالاتر دو یا چند عدد دیود را با یکدیگر با شرایطی سری می‌کنند.

ج) حداکثر جریان دیود

بیشترین جریانی که دیود در بایاس موافق می‌تواند تحمل کند و معیوب نشود را حداکثر جریان دیود می‌گویند و آن را با I_{AVG} نشان می‌دهند.
مقدار جریان قابل تحمل دیود توسط کارخانه سازنده تعیین می‌شود. دیود معمولی از ۱A الی ۱۰۰۰۰A ساخته شده و به بازار عرضه شده‌اند.

د)دمای مجاز

حداکثر دمایی که دیود هنگام کار می‌تواند تحمل کند را دمای مجاز دیود می‌گویند. به‌طورمثال دیودی با دمای مجاز ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد می‌تواند عبور ۱۰۰A جریان را تحمل کند به شرط اینکه دمای بدنه آن از ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد تجاوز نکند و اگر به جای ۱۰۰A فقط ۳A جریان از دیود عبورکند و دمای بدنه آن از ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد بیشتر شود، احتمال معیوب شدن آن وجود دارد.
در صورتی که احتمال افزایش دمای دیود بیش از دمای مجاز وجود داشته باشد بایدبرای دیود گرماگیر (Heatsink) نصب شود تا دمای بدنه را از خود دفع کند به‌طوری که دمای بدنه آن همواره از ۴۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز نکند.

پرسش

۱ـ درستی یا نادرستی هر عبارت را تعیین کنید:

الف)هدایت الکتریکی نیمه‌هادی‌ها کمتر از هادی‌ها و بیشتر از عایق‌ها می‌باشد.

☐ صحیح ☐ غلط

ب) با ناخالص کردن نیمه‌هادی با عنصر پنج ظرفیتی تعداد الکترون‌های آزاد کاهش می‌یابد.

☐ صحیح ☐ غلط

ج) هرگاه پتانسیل پایه آند دیود در یک مدار الکتریکی مثبت‌تر از پتانسیل پایه کاتد باشد دیود دربایاس مخالف است.

☐ صحیح ☐ غلط

د)دیود در بایاس موافق مانند یک کلید بسته عمل می‌کند.

☐ صحیح ☐ غلط

۲ـ در جای خالی عبارت مناسب بنویسید.

الف) درصورتی‌که افت ولتاژ دو سر دیود در بایاس موافق حدود ۰/۷ ولت باشد دیود.....است.

ب) دیودهایی که فرکانس کار آنها ۵۰ یا ۶۰ هرتز باشد دیود..... گویند.

ج) قطعه ای که با ناخالص کردن نیمه‌هادی با عنصر پنج ظرفیتی تولید می‌شود نوع..... گویند.

د) جای خالی الکترون در لایه والانس..... نام دارد.

۳ـ نیمه‌هادی را تعریف کنید.

۴ـ علت ناخالص کردن نیمه‌هادی‌ها را توضیح دهید.

۵ـ طریقه تشکیل قطعه N و P را توضیح دهید.

۶ـ موارد زیر را تعریف کنید.

الف)قطعه N ب)قطعه P ج) اتم اهداکننده د) اتم پذیرنده

۷ـ دیود را تعریف کنید و نماد آن را رسم کنید.

۸ـ بایاس دیود راتعریف کنید و انواع بایاس دیود را نام ببرید.

۹ـ نحوه آزمایش دیود را بنویسید.

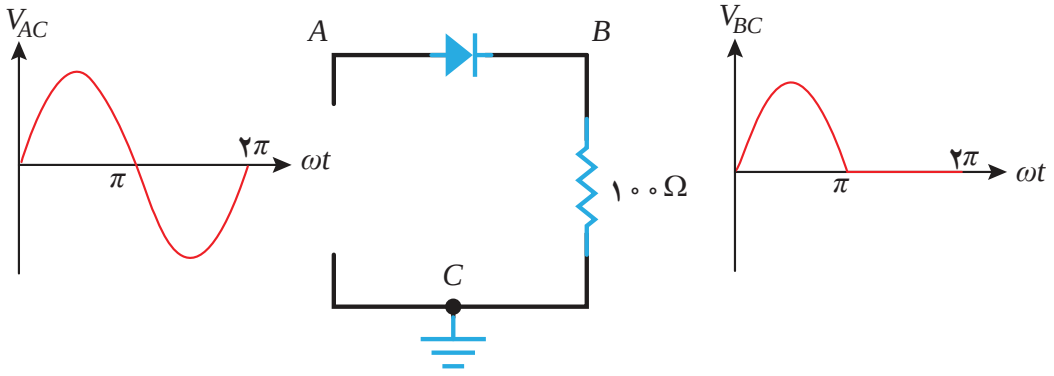
۱۰ـ مقادیر حد دیود را تعریف کنید و پارامترهای آن را نام ببرید.

۷ـ۴ـ یکسوسازی

تبدیل ولتاژ متناوب AC به ولتاژ مستقیم DC را یکسوسازی می‌گویند. از دیودهای معمولی برای یکسوسازی استفاده می‌شود. به مدارهای دیودی که برای یکسوسازی استفاده می‌شود مدار یکسوکننده گویند. انواع مدارهای یکسوکننده تک‌فاز وسه فاز به‌صورت نیم موج و تمام موج طراحی می‌شود.

الف) یکسوکننده نیم موج تک‌فاز

یکسوکننده‌ای که نیم سیکل از هر سیکل موج متناوب ورودی را به‌مصرف‌کننده می‌رساند، یکسوکننده نیم موج تک‌فاز می‌گویند. در مدار یکسوکننده نیم موج تک‌فاز از یک دیود استفاده می‌شود (شکل ۱۶).



یکسوکننده نیم‌موج یک‌فازه

ولتاژ خروجی یکسوکننده نیم‌موج یک‌فازه (دوسر مقاومت اهمی)

شکل ۱۶ـ یکسوکننده نیم موج

در شکل۱۶ در نیم سیکل مثبت (۰ تا π) دیود شرط هدایت را دارد. پس دیود در بایاس موافق می‌باشد و حالت اتصال کوتاه دارد (مقاومت اهمی فوق‌العاده کم) و ولتاژ ورودی تقریباً دو سربار (مقاومت ۱۰۰Ω) افت می‌کند و در نیم سیکل منفی، دیود در بایاس مخالف می‌باشد لذا شرط هدایت را ندارد و قطع است بنابراین ولتاژ ورودی به بار نمی‌رسد و ولتاژ دوسر بار برابر صفر ولت است.

مقدار ولتاژ یکسو شده توسط یکسوکننده نیم موج تک‌فاز از رابطه زیر به‌دست می‌آید

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi}$$

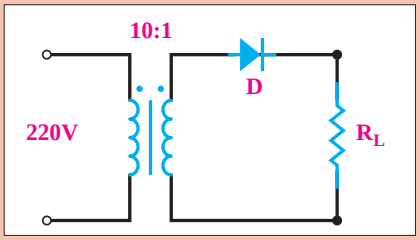
در این رابطه:

V_{dc} ولتاژیکسوشده

V_m ولتاژ ماکزیمم است.

مثال

در مدار شکل زیر ترانسفورماتور ایده‌آل می‌باشد. مقدار ولتاژ دو سر بار چند ولت است؟



شکل ۱۷

حل: ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور محاسبه می‌شود:

$$\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{N_۱}{N_۲}$$

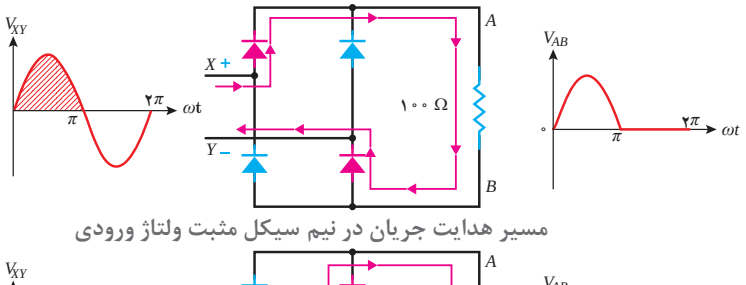
$$\frac{۲۲۰}{V_۲}=\frac{۱۰}{۱}\rightarrow V_۲=\frac{۱\times ۲۲۰}{۱۰}=۲۲\ [V]$$

$$V_m=V_۲\sqrt{۲}=۲۲\sqrt{۲}\ [V]$$

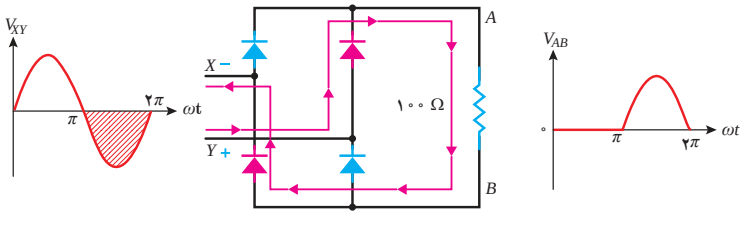
$$V_{dc}=\frac{V_m}{\pi}=\frac{۲۲\sqrt{۲}}{۳/۱۴}=۹/۸۷\ [V]$$

ب) یکسوکننده تمام موج تک‌فاز

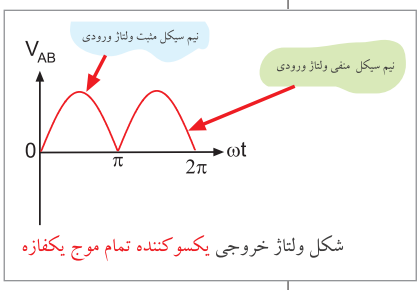
یکسوکننده‌ای که نیم سیکل‌های مثبت و منفی موج متناوب ورودی را به‌صورت نیم سیکل‌های یکسوشده به بار می‌رساند را یکسوکننده تمام موج تک‌فاز می‌گویند. به یکسوکننده تمام موج تک‌فاز پل دیودی نیز می‌گویند. مدار پل دیودی با چهار دیود ساخته می‌شود (شکل ۱۸).



مسیر هدایت جریان در نیم سیکل مثبت ولتاژ ورودی



مسیر هدایت جریان در نیم سیکل منفی ولتاژ ورودی



شکل ولتاژ خروجی یکسوکننده تمام موج یکفازه

شکل ۱۸ــ عملکرد یکسوکننده تمام موج یک‌فازه

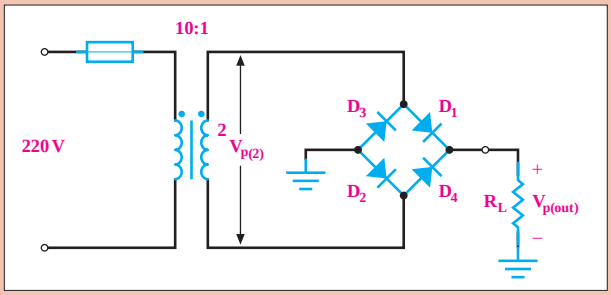
مقدار ولتاژ یکسو شده توسط یکسوکننده تمام موج تک‌فاز از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

در این رابطه:
V_{dc} ولتاژ یکسوشده
V_m ولتاژ ماکزیمم است.

مثال

در مدار شکل زیرترانسفورماتور ایده‌آل می‌باشد. مقدار ولتاژ دو سربار، چند ولت است؟



شکل ۱۹

حل: ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور محاسبه می‌شود:

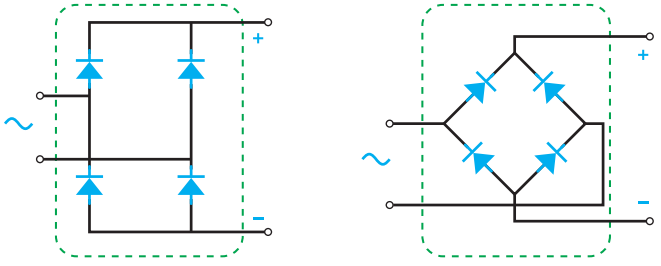
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{220}{V_2} = \frac{10}{1} \rightarrow V_2 = \frac{1 \times 220}{10} = 22\,[V]$$

$$V_m = V_2\sqrt{2} = 22\sqrt{2}\ [V]$$

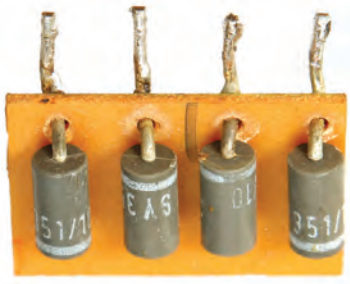
$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 \times 22\sqrt{2}}{3/14} = 19/75\ [V]$$

مدار الکتریکی پل دیودی در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۲۰ــ پل دیود یک‌فازه

پل دیودی با استفاده از چهار عدد دیود مطابق شکل ۲۱ ساخته می‌شود.



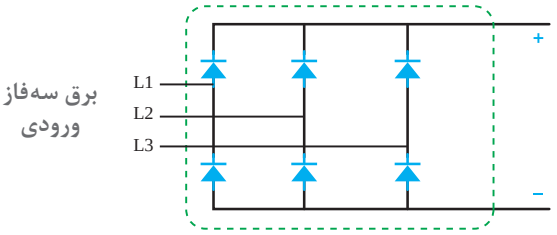
شکل ۲۱

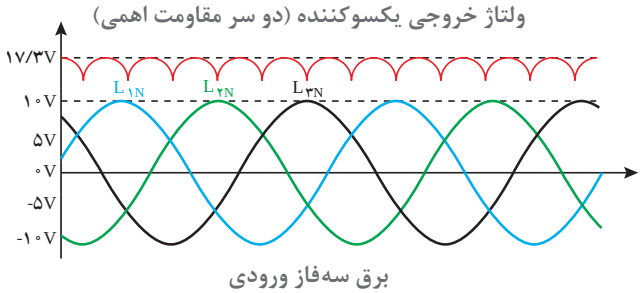
پل دیودی به‌صورت یکپارچه نیز ساخته شده است (شکل ۲۲).

شکل ۲۲

ج) یکسوکننده تمام موج سه فاز

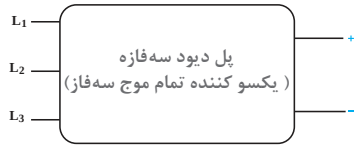
یکسوکننده‌ای که نیم سیکل‌های مثبت و منفی موج متناوب سه فاز ورودی را به‌صورت یکسوشده به بار می‌رساند، یکسوکننده تمام موج سه‌فاز می‌گویند. به یکسوکننده تمام موج سه فاز پل سه فاز دیودی نیز می‌گویند. مدار پل سه فاز دیودی با شش دیود ساخته می‌شود (شکل ۲۳).





شکل ۲۳ــ یکسوکننده تمام موج سه فازه به همراه شکل ولتاژ خروجی آن

شش عدد دیود (پل دیود سه فازه) به‌صورت یکپارچه نیز ساخته شده و در بازار موجود است (شکل ۲۴).

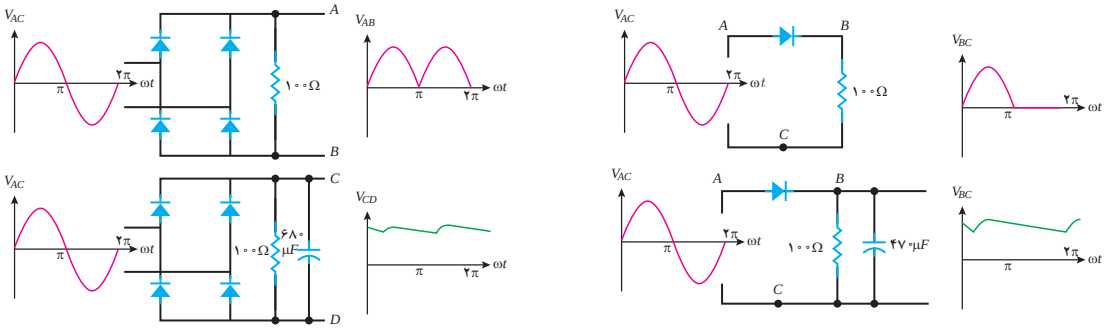


شکل ۲۴ــ پل دیود سه فازه

۸ـ۴ـ صافی یکسوساز

عناصر الکتریکی که برای کاهش تغییرات دامنه ولتاژ یا جریان یکسو شده به‌کار می‌رود را صافی (filter) می‌گویند. صافی‌ها دارای دو نوع صافی خازنی و صافی سلفی می‌باشند.

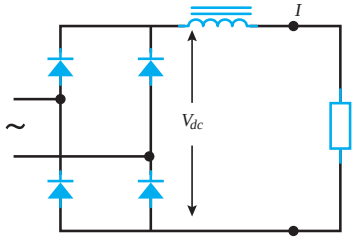
صافی خازنی دامنه تغییرات ولتاژ یکسو شده را کاهش می‌دهد. صافی خازنی با خروجی یکسوکننده به‌صورت موازی نصب می‌شود. با نصب صافی خازنی شکل ولتاژ موج یکسو شده به شکل موج ولتاژ ثابت (مانند ولتاژ دوسر باطری) نزدیک‌تر خواهد شد (شکل ۲۵).



شکل۲۵ـ با اضافه کردن یک خازن به خروجی یکسوکننده، ولتاژ دو سر بار به ولتاژ ثابت نزدیک‌تر می‌شود

در صافی، خازنی از خازن‌های الکترولیتی استفاده می‌شود. ظرفیت خازن الکترولیتی متناسب با توان یکسوساز انتخاب خواهد شد.

صافی سلفی دامنه تغییرات جریان یکسو شده را کاهش می‌دهد. صافی یکسوساز سلفی با خروجی یکسوکننده به‌صورت سری نصب می‌شود (شکل ۲۶).



شکل۲۶

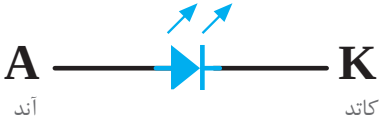
با نصب صافی سلفی، جریان بار تقریباً به‌صورت یک خط مستقیم (ثابت) درمی‌آید.

نکته

توجه داشته باشید که در عمل از صافی خازنی برای ولتاژ و از صافی‌های سلفی برای جریان استفاده می‌کنند.

۹ـ۴ـ دیود نوردهنده

دیود نور دهنده انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می‌کند. به دیود نوردهنده[۱]، LED می‌گویند. نماد دیود LED در شکل۲۷ نشان داده شده است.

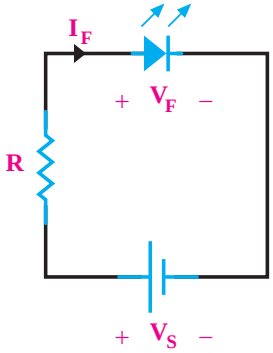


شکل۲۷ـ نماد LED در نقشه‌های الکتریکی و الکترونیکی

شدت نور LED به مقدار جریان عبوری از آن بستگی دارد. جریان عبوری از LED از چند میلی‌آمپر شروع و گاهی در LEDهای بزرگ‌تر به چند ده میلی‌آمپر نیز می‌رسد.
دیودهای نوردهنده LED با نور تولیدی به رنگ‌های آبی، سفید، قرمز، زرد و سبز با شکل‌های فیزیکی متنوع ساخته شده و به بازار عرضه می‌شوند (شکل ۲۸).

شکل ۲۸ـ دیودهای نوردهنده در انواع مختلف

لامپ‌های سیگنال در تمامی‌دستگاه‌ها تقریباً همگی از LED هستند چون می‌توان آنها را در ابعاد بسیار کوچک ساخت و ضمناً طول عمر آنها هم نسبتاً زیاد است. افت ولتاژ دو سر دیود نوردهنده LED حدود ۲/۷ ولت است و با سری کردن یک مقاومت در مدار الکتریکی LED جریان جاری می‌شود و با ایجاد افت ولتاژ دو سر مقاومت سری و با تأمین ولتاژ مورد نیاز، LED راه‌اندازی می‌شود (شکل ۲۹).



شکل۲۹ـ نحوه قرار گرفتن دیود نوردهنده در یک مدار الکتریکی

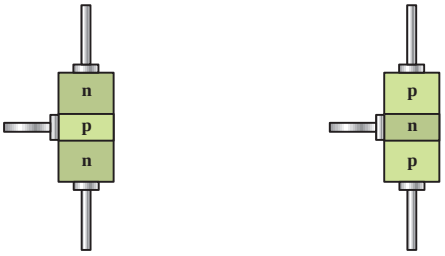
۱ـ Light Emitting Diode

پرسش

۱ـ یکسوسازی را تعریف کنید و انواع آن را نام ببرید.
۲ـ مدار یکسوساز تمام موج تک‌فاز را به همراه شکل موج ورودی و خروجی رسم کنید.
۳ـ صافی یکسوساز را تعریف کنید و انواع آن را نام ببرید.
۴ـ شکل موج خروجی یکسو ساز نیم‌موج به همراه صافی خازنی را رسم کنید.
۵ـ دیود نور دهنده را تعریف کنید و نماد آن را رسم کنید.
۶ـ وظیفه مقاومت سری در راه‌اندازی دیود نوردهنده را بنویسید.

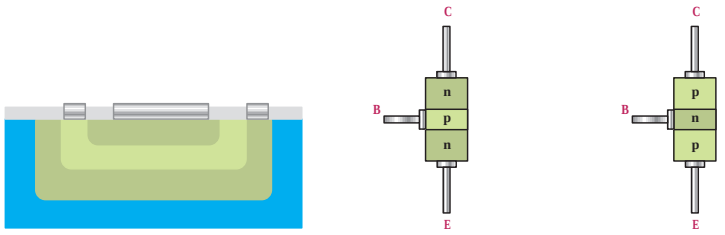
۱۰ـ۴ـ ترانزیستور

ترانزیستور[۱] یک قطعه الکترونیکی سه لایه می‌باشد.که از قطعات P و N تشکیل شده است. ترانزیستور در دو نوع PNP و NPN ساخته می‌شود (شکل ۳۰).



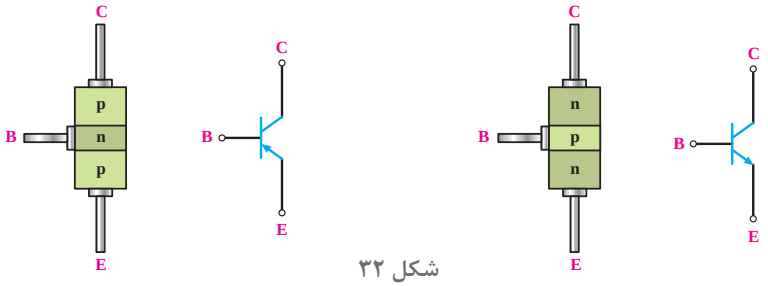
شکل ۳۰

ترانزیستور دارای سه پایه کلکتور، بیس و امیتر می‌باشد که به لایه‌های ترانزیستور وصل می‌شوند (شکل ۳۱).



شکل ۳۱

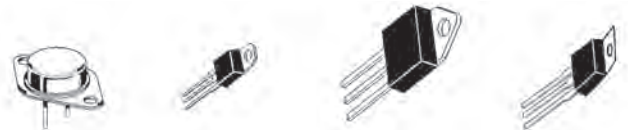
نماد ترانزیستورهای PNP و NPN در شکل۳۲ نشان داده شده است.



شکل ۳۲

۱ـ Transistor

ترانزیستورهای سه لایه دارای دو محل اتصال بین قطعات P و N می‌باشند و آنها را ترانزیستور BJT می‌نامند. چند نمونه ترانزیستور در شکل۳۳ نشان داده شده است.

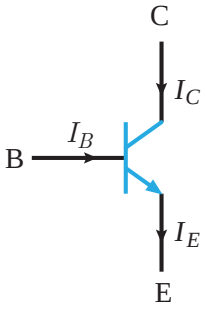


شکل ۳۳

ترانزیستورهای NPN و یا PNP در مدارهای الکترونیکی برای تقویت ویا قطع و وصل سیگنال ورودی استفاده می‌شوند. هنگامی که ترانزیستور در یک مدار الکترونیکی به‌عنوان تقویت‌کننده استفاده می‌شود آن مدار را آمپلی‌فایر گویند و هنگامی‌که ترانزیستور دریک مدار الکتریکی یا الکترونیکی به‌عنوان قطع و وصل‌کننده به‌کار می‌رود آن مدار را مدار سوئیچینگ می‌گویند.

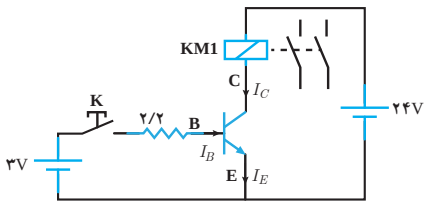
تغذیه پایه‌های ترانزیستور با منبع ولتاژ جریان مستقیم DC را بایاس ترانزیستور گویند. ترانزیستورهای PNP و NPN هر دو در عمل تقویت و سوئیچینگ سیگنال قابل استفاده هستند و تفاوت آنها در بایاس و جهت جریان پایه‌ها می‌باشد. کاربرد ترانزیستور NPN به مراتب بیشتر از PNP است.

عملکرد ترانزیستوری که به‌عنوان سوئیچ به‌کار می‌رود به این ترتیب است که پس از بایاس ترانزیستور و تزریق جریان به‌پایه بیس ترانزیستور، مقاومت اهمی بین کلکتور و امیتر کاهش می‌یابد. به این ترتیب جریان الکتریکی بین پایه‌های کلکتور و امیتر برقرار خواهد شد (شکل ۳۴).



شکل ۳۴

برای اینکه از ترانزیستور بتوان استفاده کرد باید آن را بایاس کرد. بایاس ترانزیستور به‌عنوان سوئیچ الکترونیکی در شکل ۳۵ نشان داده شده است.

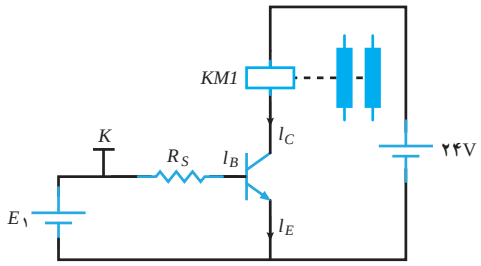


شکل۳۵ـ بایاس ترانزیستور

در شکل ۳۵ جریان بیس ترانزیستور صفر است و در نتیجه مقاومت اهمی بین کلکتور و امیتر بسیار زیاد

است به‌طوری که جریان کلکتور (I_C) فوق‌العاده کم و در حد میکروآمپر می‌باشد. از این رو از بوبین رله KM۱ که با کلکتور سری شده است جریانی عبور نمی‌کند (یا در حد میکروآمپر عبور می‌کند) بنابراین بوبین رله KM۱ تحریک نمی‌شود.

حال اگر کلید K بسته شود (شکل ۳۶) جریان در بیس تزریق می‌شود. مدار الکتریکی از طریق منبع ۳ ولتی، کلید K، مقاومت ۲/۲KΩ و مدار اتصال بیس امیتر بسته می‌شود و در این مدار جریان جاری می‌شود (اتصال بیس امیتر مانند یک دیود معمولی است)، با تزریق جریان به بیس، مقاومت اهمی بین کلکتور و امیتر ترانزیستور کم می‌شود و از مدار رله و کلکتور و امیتر و منبع ۲۴ ولتی جریان عبور می‌کند و باعث تحریک رله می‌شود و رله عمل می‌کند.

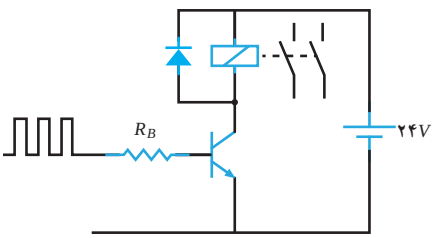


شکل ۳۶ـ بایاسینگ ترانزیستور

فرق ترانزیستور با یک کلید (سوئیچ معمولی) این است که به‌کمک ترانزیستور می‌توان در ثانیه میلیون‌ها بار عمل قطع و وصل را انجام داد، درصورتی‌که با یک کلید معمولی چنین چیزی امکان‌پذیر نیست و در ضمن ترانزیستور ابعاد کوچک‌تری نسبت به کلید مکانیکی مشابه خود دارد، جرقه نمی‌زند، نویز پخش نمی‌کند..

لازم به یادآوری است که از ترانزیستور(ها) در زمینه‌های مختلف مانند تقویت سیگنال، عمل سوئیچینگ استفاده فراوانی می‌شود. از این رو انواع مختلفی از ترانزیستور تاکنون ساخته شده‌اند که تفاوت اصلی و عمده آنها در تحمل جریان کلکتور و ولتاژ بین کلکتور و امیتر و فرکانس کار است.

اگر بخواهیم به کمک ترانزیستور، یک رله را قطع و وصل کنیم بهتر است یک دیود موازی و معکوس با رله ببندیم تا هنگام سوئیچ زنی، ترانزیستور آسیب نبیند (شکل ۳۷).



شکل ۳۷ـ دیود از سوختن ترانزیستور جلوگیری می‌کند

الف) پارامترهای ترانزیستور

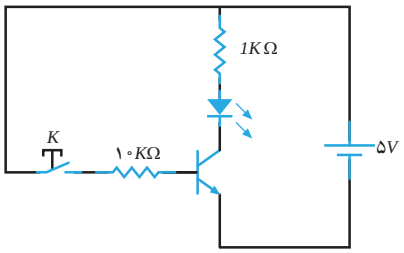
در کاربردهای صنعتی، سه پارامتر ترانزیستور اهمیت زیادی دارند:

۱ـ ماکزیمم جریان کلکتور قابل تحمل ترانزیستور (I_{Cmax})

۲ـ ماکزیمم ولتاژ کلکتور ـ امیتر (V_{CEmax})
۳ـ ماکزیمم توان قابل تحمل ترانزیستور (P_{max})

ب) آزمایش ترانزیستور

آزمایش ترانزیستور با روش‌های مختلفی انجام می‌شود. هدف از انجام آزمایش ترانزیستور تشخیص سالم بودن ترانزیستور است. مدار یکی از روش‌های آزمایش ترانزیستوردر شکل ۳۸ نشان داده شده است.

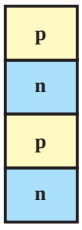


شکل۳۸ـ مدار آزمایش سالم بودن ترانزیستور

در شکل ۳۸ اگر با بسته شدن کلید k دیود نوردهنده روشن شود و با قطع آن کلید k دیود نوردهنده خاموش شود، ترانزیستور سالم است در غیر این صورت ترانزیستور معیوب می‌باشد.

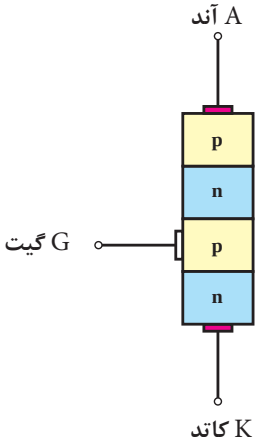
۱۱ـ۴ـ تریستور

تریستور یک قطعه الکترونیکی چهارلایه می‌باشد که از قطعات P و N تشکیل شده است (شکل ۳۹).



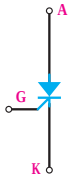
شکل ۳۹

تریستور دارای سه پایه آند، کاتد و گیت می‌باشد (شکل ۴۰).



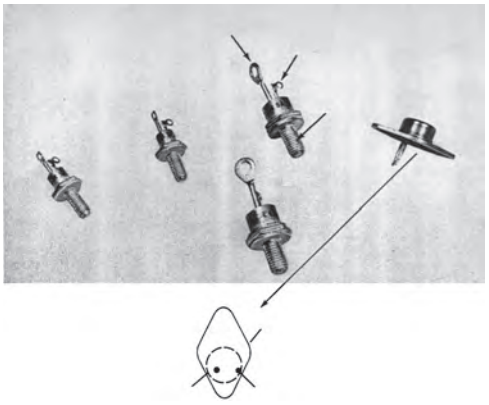
شکل ۴۰

نماد تریستور در شکل ۴۱ نشان داده شده است.



شکل ۴۱

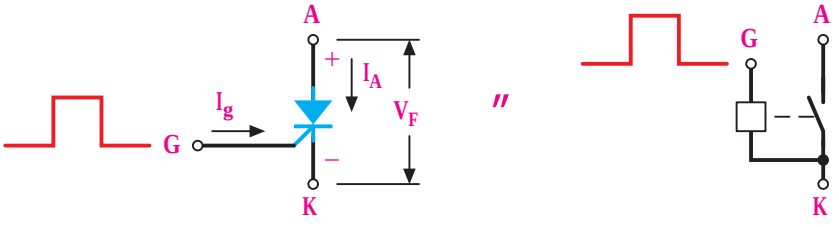
تریستور را SCR نیز می‌گویند. یک نمونه تریستور در شکل ۴۲ نشان داده شده است.



شکل ۴۲

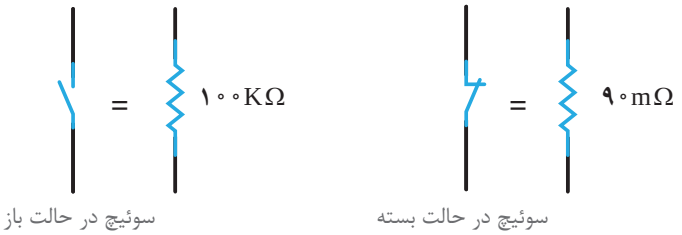
هرگاه پتانسیل پایه آند تریستور در یک مدار الکتریکی مثبت‌تر از پتانسیل پایه کاتد باشد تریستور در بایاس موافق است. در بایاس موافق با اعمال لحظه‌ای جریان به پایه گیت تریستور، مقاومت اهمی‌بین پایه‌های آند و کاتد به‌شدت کاهش می‌یابد و ارتباط الکتریکی بین آنها برقرار می‌شود و مانند یک سوئیچ بسته،هادی می‌باشند و اصطلاحاً تریستور سوئیچ می‌کند. هنگامی که تریستورسوئیچ می‌کند آند و کاتد باید تحمل جریانی را که از آنها عبور می‌کند داشته باشند.

اعمال لحظه‌ای جریان به پایه گیت تریستور را «تحریک گیت » گویند. در واقع تریستور مشابه کلیدی است که کنترل آن از طریق گیت امکان‌پذیر است (شکل ۴۳).



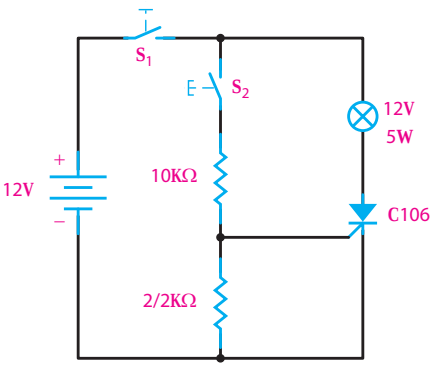
شکل ۴۳

در بایاس موافق با تحریک گیت، تریستورهادی خواهد شد پس ازهادی شدن تریستور دیگر نیازی به باقی ماندن تحریک گیت نیست و مادامی که تریستور در بایاس موافق باشد هادی خواهد ماند.
هرگاه پتانسیل پایه کاتد تریستور در یک مدار الکتریکی مثبت‌تر از پتانسیل پایه آند باشد تریستور در بایاس مخالف است. در بایاس مخالف مقاومت اهمی‌بین پایه‌های آند و کاتد بسیار زیاد است و ارتباط الکتریکی بین آند و کاتد قطع می‌باشد (مانند یک سوئیچ باز، قطع می‌باشند) و اصطلاحاً تریستور قطع می‌شود. هنگامی که تریستور قطع است آند و کاتد باید تحمل ولتاژی را که بر روی آنها قرار می‌گیرد داشته باشند.
در بایاس مخالف، حتی با تحریک گیت، تریستور سوئیچ نخواهد شد و همانند یک سوئیچ باز، قطع خواهد بود و از آند و کاتد جریان عبور نمی‌کند.
از تریستور SCR به عنوان سوئیچ‌های الکترونیکی در مدارهای تبدیل AC به DC استفاده می‌شود.
در واقع سوئیچ الکترونیکی یک مقاومت اهمی‌است که هنگامی که مقاومت آن زیاد است مانند یک سوئیچ باز می‌باشد و مدار را قطع می‌کند. و هنگامی که مقاومت اهمی‌آن بسیار کم است مانند یک سوئیچ بسته می‌باشد و مدار را وصل می‌کند (شکل ۴۴).



شکل ۴۴

آزمایش تریستور: آزمایش تریستور به‌منظور اطمینان از سالم بودن تریستور انجام می‌شود. آزمایش تریستور با مدار شکل ۴۵ انجام می‌شود.

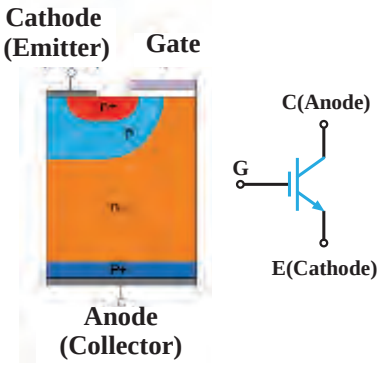


شکل ۴۵

در این مدار با وصل کلید S_1 تریستور در بایاس موافق قرار می‌گیرد چون گیت آن تحریک نشده است. هادی نمی‌شود و جریانی از تریستور عبور نمی‌کند لذا لامپ روشن نمی‌شود. در این لحظه با وصل کلید S_2 گیت تریستور تحریک می‌شود و با تحریک گیت تریستور هادی می‌شود و با عبور جریان از تریستور، لامپ روشن می‌شود. اکنون باقطع کلید S_2، تریستور همچنان‌هادی خواهد ماند. درستی نتایج این آزمایش نشان می‌دهد تریستور سالم است.

۱۲ـ۴ـ ترانزیستور دوقطبی با گیت عایق شده

ترانزیستور دوقطبی با گیت عایق شده جزو نیمه‌هادی‌های قدرت می‌باشد. ترانزیستور دوقطبی با گیت عایق شده را IGBT نیز گویند. ترانزیستور دوقطبی با گیت عایق شده IGBT یک قطعه الکترونیکی چهار لایه با شرایط ویژه از قطعات P و N است و دارای سه پایه گیت، امیتر و کلکتور است (شکل ۴۶).

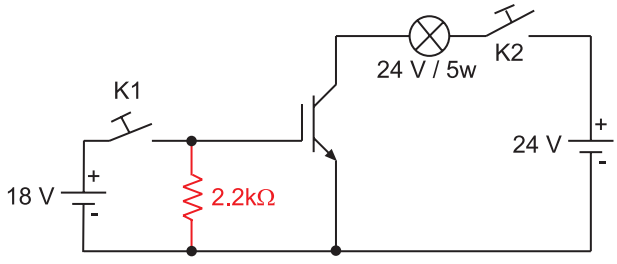


شکل ۴۶ـ نمایش لایه‌های نیمه‌هادی مرتبط با IGBT و نماد الکتریکی IGBT

طرز کار IGBT

IGBT یک سوئیچ الکترونیکی است. پس از بایاس IGBT مادامی که ولتاژ گیت نسبت به امیتر، صفر باشد، مقاومت اهمی‌بین پایه‌های کلکتور و امیتر زیاد است و ارتباط الکتریکی بین آنها قطع می‌باشد. در این حالت کلکتور و امیتر مانند یک سوئیچ باز می‌باشند و IGBT قطع است .

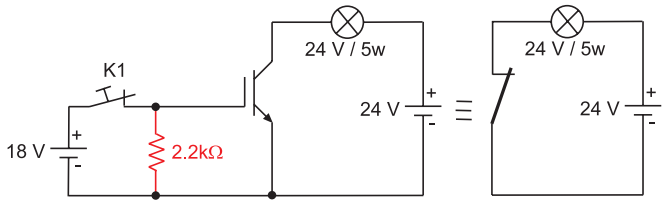
هنگامی که IGBT قطع است کلکتور و امیتر باید تحمل ولتاژی که برروی آنها قرار می‌گیرد را داشته باشند (شکل ۴۷).



شکل ۴۷

با اعمال ولتاژ مثبت به پایه گیت نسبت به پایه امیتر، مقاومت اهمی بین پایه‌های کلکتور و امیتر به شدت کاهش می‌یابد و ارتباط الکتریکی بین آنها برقرار می‌شود. در این حالت کلکتور و امیتر مانند یک سوئیچ بسته، هادی می‌باشند و IGBT سوئیچ می‌کند.

هنگامی که IGBT سوئیچ می‌کند کلکتور و امیتر باید تحمل جریانی را که از آنها عبور می‌کند را داشته باشند (شکل ۴۸).



شکل ۴۸

مادامی که ولتاژ به گیت اعمال می‌شود، IGBT سوئیچ می‌ماند اما با صفر شدن ولتاژ گیت، IGBT قطع خواهد شد. از ترانزیستور IGBT به عنوان سوییچ الکترونیکی در مدارهای تبدیل DC به AC استفاده می‌شود.

مزایای IGBT عبارت است از :

۱ـ مقاومت ورودی زیاد

۲ـ جریان و توان راه‌اندازی کم

۳ـ افت ولتاژ در حالت وصل کم

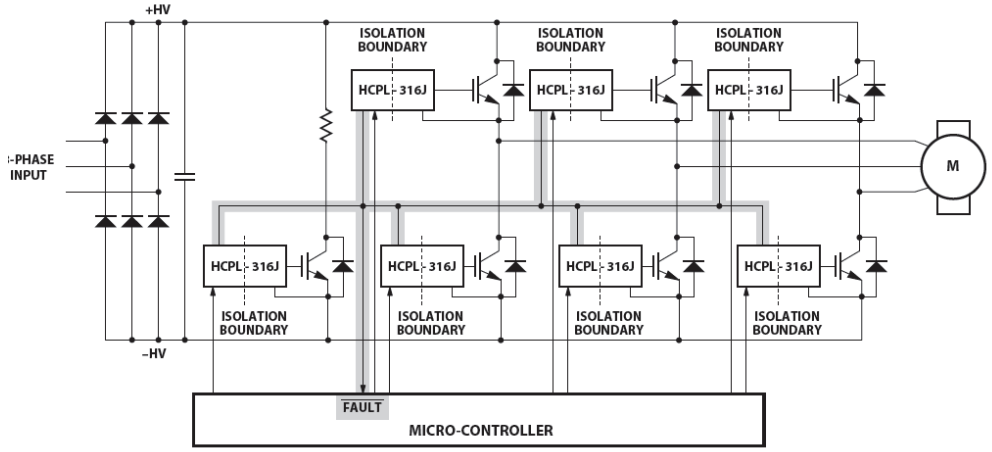
۴ـ تلفات کم

سرعت سوئیچ IGBT تا ۵۰KHz است یعنی در هر ثانیه می‌تواند مدار الکتریکی را تا ۵۰۰۰۰ بار قطع و وصل نمایید که در مقایسه با سرعت قطع و وصل کلیدهای دستی و یا کنتاکتورها بسیار زیاد است. IGBT ها با جریان قابل تحمل حالت سوئیچ تا ۱۲۰۰ آمپر و ولتاژ قابل تحمل حالت قطع ۱۷۰۰ ولت ساخته شده‌اند. از IGBT به‌عنوان سوئیچ الکترونیکی در مدارهای تبدیل DC به AC مانند مدارهای الکتریکی یخچال‌ها، دستگاه‌های تهویه مطبوع، خودروهای برقی، منابع تغذیه سوئیچینگ UPS به‌عنوان سوئیچ الکترونیکی استفاده می‌شود.

مدار راه‌اندازی گیت IGBT

IGBT نیازمند ولتاژ گیت ـ امیتر برای کنترل میزان هدایت میان کلکتور و امیتر است. ولتاژ گیت‌ـ امیتر توسط مدارهای راه‌اندازی گیت تأمین می‌شود. مدارهای راه‌اندازی گیت تأثیر زیادی بر عملکرد IGBT از نظر تلفات سوئیچ، توانایی حفاظت اتصال کوتاه و زمان سوئیچینگ دارد. در مدار راه‌انداز از مدارات مجتمع آماده برای راه‌اندازی استفاده می‌شود که از آن جمله می‌توان IC راه‌انداز HCP1316j را نام برد.

نحوه اتصال IC راه‌انداز HCP1316j به IGBT در مدار کنترل دور موتور القایی به کمک اینورتر در شکل۴۹ نشان داده شده است.

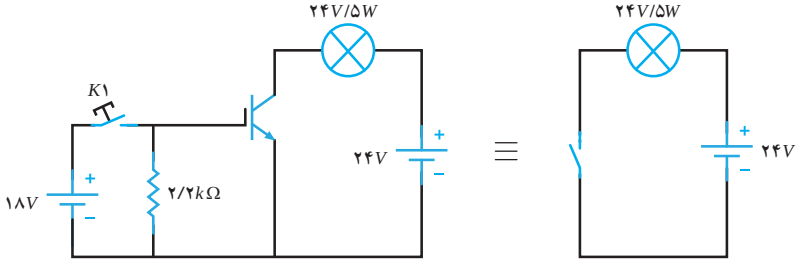


شکل۴۹ـ مدار اتصال آی سی راه‌انداز IGBT به آن در مدار کنترل دور موتور القایی به کمک اینورتر

آزمایش IGBT

برای آزمایش IGBT ، به مدار آزمایش نیاز می‌باشد. با قرار دادن IGBT در مدار آزمایش به سالم بودن آن پی می‌برند.

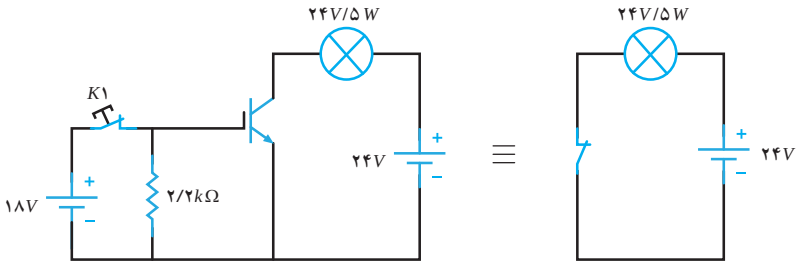
ولتاژ گیت امیتر IGBTها معمولاً بین ۱۵ تا ۲۰ ولت می‌باشد و جریان مجاز کلکتور به امیتر از کاتالوگ IGBT به‌دست می‌آید. با توجه به مقدار ولتاژ گیت امیتر و جریان مجاز امیتر به کلکتور مدار آزمایش مطابق (شکل ۵۰) آماده می‌شود.



شکل ۵۰

در شکل ۵۰ کلید K۱ باز است و ولتاژی به گیت امیتر IGBT اعمال نمی‌شود IGBT خاموش است (مقاومت اهمی بین کلکتور و امیتر بسیار زیاد و در حد مگا اهم است) ارتباط الکتریکی کلکتور و امیتر مانند یک کلید باز می‌باشد و جریان در مدار آنها جاری نخواهد شد لذا لامپ خاموش می‌باشد.

با بستن کلید K۱ ولتاژ ۱۸ ولت بین گیت و امیتر IGBT اعمال می‌شود. IGBT سوئیچ می‌کند (مقاومت اهمی بین کلکتور و امیتر به شدت کاهش می‌یابد ـ در حد میلی اهم) ارتباط الکتریکی کلکتور مانند یک کلید بسته می‌باشد و جریان در مدار آنها جای خواهد شد لذا لامپ روشن می‌شود (شکل ۵۱).



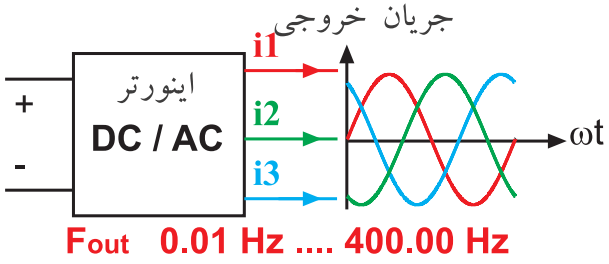
شکل ۵۱

پرسش

۱ـ انواع ترانزیستور را نام ببرید و نماد آنها را رسم کنید.
۲ـ بایاس ترانزیستور را تعریف کنید و عملکرد آن به‌عنوان سوئیچ را شرح دهید.
۳ـ کاربردهای ترانزیستور را بنویسید.
۴ـ آزمایش تشخیص سالم بودن ترانزیستور را با رسم مدار توضیح دهید.
۵ـ بایاس موافق تریستور را تعریف کنید و نحوه سوئیچ کردن آن را شرح دهید.
۶ـ رفتار تریستور در بایاس مخالف پس از تحریک گیت را شرح دهید.
۷ـ آزمایش تشخیص سالم بودن تریستور را بارسم مدار توضیح دهید.
۸ـ IGBT را تعریف کنید و نماد آن را رسم کنید.
۹ـ طرز کار IGBT را توضیح دهید.
۱۰ـ مزایای IGBT را بنویسید.
۱۱ـ وظیفه مدار راه اندازی گیت و تأثیر آن بر عملکرد IGBT را بنویسید.

۱۳ـ۴ـ درایو فرکانس متغیر

درایو فرکانس متغیر VFD[1] دستگاهی است که ولتاژ مستقیم DC را به ولتاژ متناوب AC با فرکانس متغیر تبدیل می‌کند. درایو فرکانس متغیر را اینورترفرکانس متغیر نیز می‌نامند. در واقع اینورتر فرکانس متغیر یک مبدل DC به AC است که فرکانس ولتاژ متناوب خروجی آن قابل کنترل می‌باشد. خروجی اینورترها می‌تواند به‌صورت تک‌فاز و یا سه فاز باشد. فرکانس ولتاژ متناوب خروجی اینورترهای تک‌فاز و سه فاز معمولاً بین ۰/۰۱ هرتز تا ۴۰۰ هرتز قابل کنترل است. اما ولتاژ متناوب خروجی در اینورتر تک‌فاز تا ۲۳۰ ولت و در اینورتر سه فاز تا ۴۰۰ ولت قابل کنترل می‌باشد (شکل ۵۲).



شکل ۵۲

ولتاژ مستقیم DC ورودی اینورتر از یکسو کردن ولتاژ متناوب AC برق شهر تأمین می‌شود. برای یکسو کردن ولتاژ متناوب AC برق شهر از یکسوکننده‌های دیودی تمام موج استفاده می‌شود. در اینورترهای تک‌فاز یکسوکننده تمام موج تک‌فاز و در اینورترهای سه فاز یکسو کننده‌های تمام موج سه فاز استفاده می‌شود (شکل ۵۳).

شکل ۵۳ـ اینورتر تکفاز و سه فاز

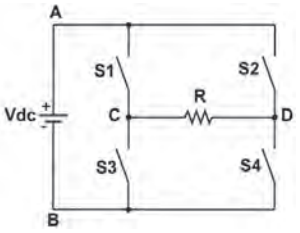
اینورترهای تک‌فاز با ولتاژ متناوب ورودی ۲۳۰ ولت در توان‌های تا حدود ۳/۷ Kw ساخته شده‌اند. اما اینورترهای سه فاز با ولتاژ متناوب ورودی ۴۰۰ ولت از توان ۱۰۰ وات الی ۱۰ MW (ده مگاوات) ساخته می‌شوند. البته ولتاژ ورودی اینورترهای سه فاز در توان‌های بالا می‌تواند بیش از ۴۰۰ ولت باشد.

اینورتر معمولاً ولتاژ ورودی را افزایش نمی‌دهد یعنی در خروجی اینورتر حداکثر دامنه ولتاژ خروجی، برابر دامنه ولتاژ ورودی است. اگر ولتاژ ورودی اینورتر ۲۲۰ ولت باشد در خروجی آن برق سه فاز با فرکانس متغیر و با دامنه صفر ولت الی حداکثر ۲۲۰ ولت برق خواهیم داشت. اگر ولتاژ ورودی اینورتر سه فاز ۳۸۰ ولت باشد در خروجی آن برق سه فاز با فرکانس متغیر با دامنه صفر ولت الی حداکثر ۳۸۰ ولت خواهیم داشت.

۱ـ Varibale Frequency Drive

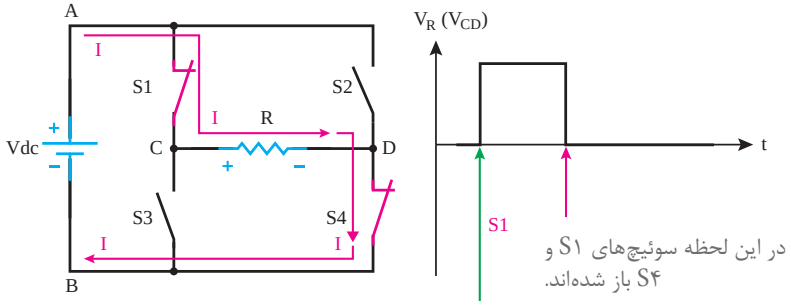
۱۴ـ۴ـ اصول کار اینورتر

اصول کار اینورتر بر مبنای تبدیل ولتاژ DC به ولتاژ AC استوار است. نحوه تبدیل ولتاژ DC به ولتاژ AC در مدار شکل ۵۴ نشان داده شده است.



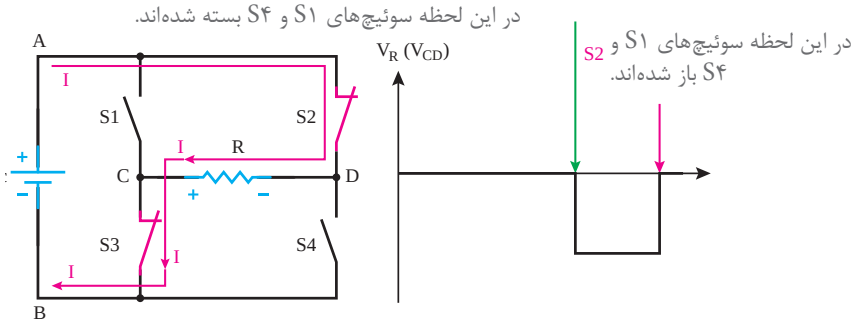
شکل۵۴ـ نحوه تبدیل ولتاژ DC به AC

اگر سوئیچ‌های S۱ و S۴ شکل۵۴ بسته شوند، ولتاژ DC بین نقاط B و A، در دو سر مقاومت قرار می‌گیرد در حقیقت مقاومت با منبع موازی می‌شود (شکل ۵۵).



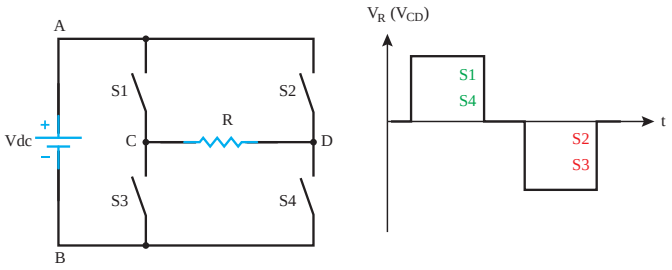
شکل۵۵ـ ولتاژ دو سربار

حال اگر در حالی‌که کلیدهای S۱ و S۴ باز هستند کلیدهای S۲ و S۳ را ببندیم شکل ولتاژ دو سر مقاومت اهمی‌به صورت شکل۵۶ خواهد شد.



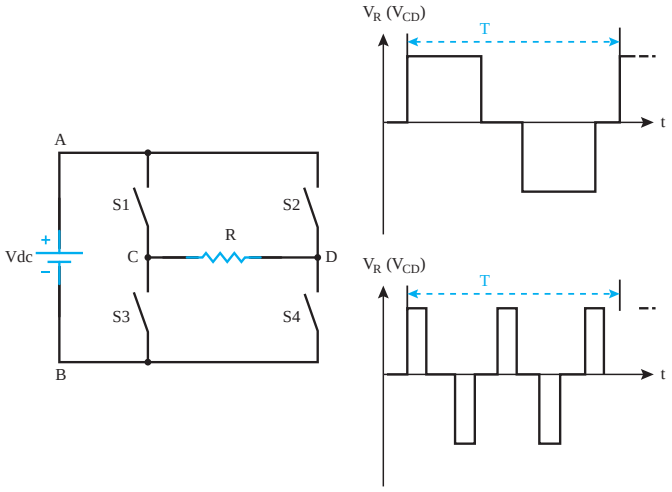
شکل۵۶ـ ولتاژ دو سربار

حال اگر به تناوب کلیدهای S۱ و S۴ و همچنین کلیدهای S۲ و S۳ را باز و بسته کنیم، شکل ولتاژ دو سر مقاومت اهمی‌به‌صورت شکل ۵۷ خواهد شد.



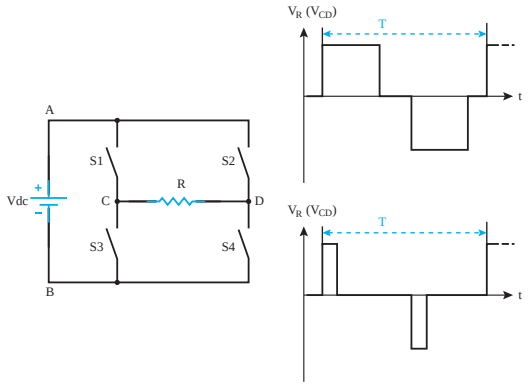
شکل ۵۷ـ نحوه تولید ولتاژ AC

با تغییر تعداد وصل و قطع کلیدهای S۱ تا S۴ در مدت یک ثانیه، فرکانس شکل موج خروجی تنظیم می‌شود (شکل ۵۸).



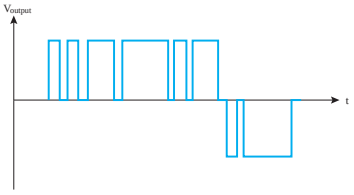
شکل ۵۸ـ تغییرفرکانس

همچنین با تغییر مدت زمان وصل و قطع کلیدهای S۱ الی S۴ در مدت زمان تناوب مقدار ولتاژ مؤثر خروجی تنظیم خواهد شد (شکل ۵۹).

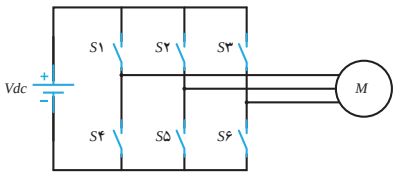


شکل ۵۹ـ نحوه تغییر ولتاژ مؤثرخروجی اینورتر

شکل موج ولتاژ خروجی اینورتر (VFD) مربعی است. فقط یک تفاوت خیلی کوچک با شکل‌های نشان داده شده دارد و آن اینکه عرض مربع‌ها با یکدیگر ممکن است متفاوت باشد (شکل ۶۰).



شکل ۶۰ ـ ولتاژ خروجی اینورتر



شکل ۶۱ـ تولید ولتاژ سه فاز در اینورتر

دلیل این امر این است که اگر ولتاژ شکل فوق را به‌یک بار اهمی‌القایی اعمال کنیم، شکل جریان گذرنده از بار اهمی ـ القایی (مثلاً موتور) تقریباً سینوسی خواهد بود.

برای تولید ولتاژ سه فاز در خروجی اینورتر، از ۶ کلید به صورت شکل ۶۱ استفاده می‌کنند

در خروجی اینورتر علی‌رغم داشتن ولتاژ سه فاز شکل ولتاژ همچنان به‌صورت پالس‌های مربعی است. با ولت متر معمولی نمی‌توان ولتاژ خروجی اینورتر را اندازه گرفت، زیرا ولت مترهای معمولی برای شکل ولتاژ سینوسی ساخته شده‌اند.

فرکانس سوئیچ‌زنی در اینورترها معمولاً بین ۱/۵ کیلوهرتز الی ۱۶ کیلوهرتز است و در اکثر اینورترهای ساخته شده کاربر می‌تواند آن را تغییر دهد.

مزایای اینورتر

مزایای اینورتر در فرایندهای صنعتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در فرایندهای صنعتی با استفاده از تکنولوژی اینورتر سرعت تولید افزایش خواهد یافت و از سوی دیگر تکنولوژی اینورتر باحفاظت دقیق از موتورهایی که چرخ صنعت را به‌گردش در می‌آورند مانع از آسیب دیدن آنها به‌هنگام کار خواهد شد. بدین ترتیب چرخ صنعت از حرکت نمی‌ایستد و بهره‌وری افزایش خواهد یافت. لذا متخصصان حوزه استفاده از تکنولوژی اینورتر صاحبان صنایع را به استفاده از اینورتر جهت کنترل موتورهای الکتریکی تشویق می‌کنند.

برای اینورتر مزایای بسیار زیادی قائل شده‌اند که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است :
۱ـ صرفه‌جویی در مصرف انرژی به‌طوری که ظرف مدت یک الی یک و نیم سال، هزینه خود اینورتر از بابت صرفه‌جویی در مصرف انرژی جبران می‌شود.
۲ـ کاهش توان راکتیو (به‌دلیل داشتن بانک خازنی در اینورتر)
۳ـ کاهش جریان راه‌اندازی
۴ـ کاهش تنش‌های مکانیکی موتور رفع ناهنجاری‌های مکانیکی (عدم ایجاد ضربه و به تبع آن عدم خرابی فونداسیون و...)
۵ـ عدم خرابی تکیه‌گاه‌ها (مانند یاتاقان‌ها، بیرینگ‌ها، بلبرینگ‌ها و...)
۶ـ عدم خرابی سیستم انتقال نیرو از موتور به بار مکانیکی (مانند تسمه‌ها، چرخ زنجیرها و...)
۷ـ عدم خرابی گیربکس‌های تبدیل دور
۸ـ محدود کردن جریان راه‌اندازی
۹ـ عدم نیاز به خازن‌های اصلاح ضریب توان مؤثر
۱۰ـ عدم نیاز به راه‌اندازی ستاره مثلث موتور
۱۱ـ امکان قطع و وصل اضطراری از راه دور
۱۲ـ عدم نیاز به کلیدهای قطع و وصل قدرت
۱۳ـ امکان افزایش تعداد دفعات قطع و وصل در زمان کوتاه
۱۴ـ امکان داشتن دور ثابت و مستقل از بار (مانند موتور سنکرون)
۱۵ـ امکان تغییر جهت گردش موتور الکتریکی بدون نیاز به تجهیزات دیگر
۱۶ـ امکان غیر فعال یک جهت گردش موتور توسط اینورتر
۱۷ـ سرعت قطع و وصل بالا در آمپرهای زیاد
۱۸ـ هنگام قطع و وصل ایجاد جرقه نمی‌کنند.
۱۹ـ طول عمر بسیار بالا به‌دلیل نداشتن قطعه مکانیکی متحرک

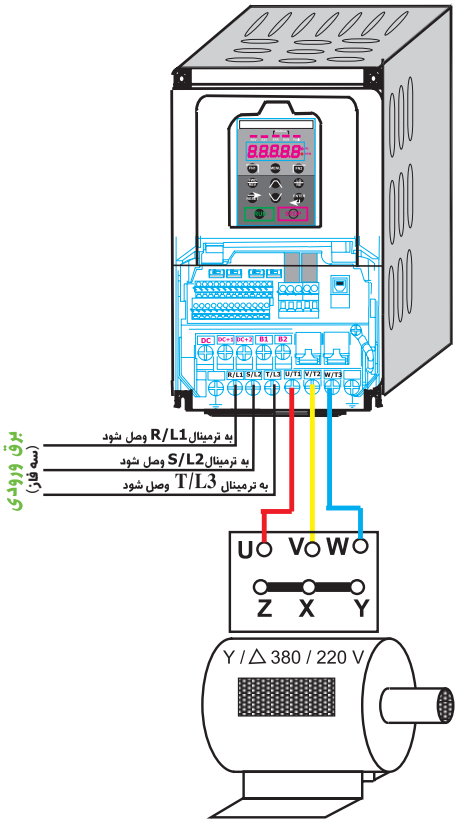
اینورتر هنگام کار موتور، به طور مستمر تمامی پارامترهای موتور را کنترل می‌کند و آنها را با نامی و واقعی آنها مقایسه می‌کند. فرض کنید در اینورتر جریان نامی موتور را ۲۰A تعریف می‌کنیم و همچنین در اینورتر مشخص می‌شود که اگر جریان موتور از مقدار تعریف شده ۳۰٪ بیشتر شد و این اضافه جریان بیش از ۶۰ ثانیه طول کشید اینورتر موتور را خاموش کند. و یا اگر به هردلیلی یکی از فازهای موتور قطع شود موتور را خاموش کند و یا اگر اختلاف جریان‌های سه فاز موتور از مقدار مشخصی بیشتر شد موتور را خاموش کند.

نکته

به‌طورکلی می‌توان گفت:
وقتی یک موتور از طریق اینورتر راه‌اندازی می‌شود اگر پارامترهای اینورتر درست تنظیم شده باشند، سیم‌پیچ‌های موتور هرگز نمی‌سوزد.
یعنی اینورتر ضمن داشتن مزایای زیاد در راه‌اندازی و توقف موتور و سایر موارد ذکر شده، محافظ بسیار خوب و مطمئن موتور الکتریکی است. ضمن اینکه اینورتر تا حدود زیادی خودش نیز مواظب خودش

است مثلاً اگر از خروجی اینورتر جریانی بیش ازحد تحمل اینورتر عبور کند بلافاصله اینورتر انتقال توان به موتور را قطع می‌کند و پیغام جریان اضافی اینورتر را صادر می‌کند.

برای استفاده بهتر از برتری‌های اینورتر در راه‌اندازی موتورهای الکتریکی لازم است شناخت دقیقی از پارامترهای اینورتر داشت. تعداد پارامترهای یک اینورتر، در بعضی از آنها بیش از ۲۰۰ مورد است.
نحوه اتصال یک موتور الکتریکی به یک اینورتر و شبکه برق در شکل ۶۲ نشان داده شده است.



شکل ۶۲ـ نحوه اتصال اینورتر به یک موتور الکتریکی و شبکه برق سه فاز

پرسش‌های پایانی پودمان ۴

۱ـ درایور فرکانس متغیر را تعریف کنید و محدوده ولتاژ و فرکانس خروجی آن را بنویسید.
۲ـ اصول کار اینورتر را با رسم شکل توضیح دهید.
۳ـ مزایای اینورتر را بنویسید. (چهار مورد)

ارزشیابی مبتنی بر شایستگی پودمان کاربرد اتوماسیون صنعتی

استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی درس دانش فنی تخصصی الکتروتکنیک					
عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقیق	نمره
پودمان ۴	کاربرد اتوماسیون صنعتی (اینورتر)	محاسبه کمیت‌های الکتریکی یکسوکننده نیم موج ـ محاسبه کمیت‌های یکسوکننده تمام موج ـ تشریح عملکرد اینورتر و مزایای آن	بالاتر از حد انتظار	از کل سؤالات به هفت تا ده سؤال به‌طور کامل پاسخ دهد.	۳
			در حد انتظار	از کل سؤالات به شش سؤال به‌طور کامل پاسخ دهد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	از کل سؤالات به یک تا پنج سؤال به‌طور کامل پاسخ دهد.	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان				
	نمره پودمان از ۲۰				

هدف‌گذاری و سنجش:

برای کسب شایستگی در این پودمان اگر هنرجو:

از کل سؤالات به یک تا پنج سؤال به‌طور کامل پاسخ دهد شایستگی پایین‌تر از حد انتظار خواهد بود.

از کل سؤالات به شش سؤال به‌طور کامل پاسخ دهد شایستگی در حد انتظار خواهد بود.

از کل سؤالات به هفت تا ده سؤال به‌طور کامل پاسخ دهد شایستگی بالاتر از حد انتظار خواهد بود.

توجه: سؤالات ارائه شده همگی هم‌ارزش بوده و در سطح یادگیری در حد انتظار است. معیار ارزشیابی نتیجه‌محور است.

سؤال ۱ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۲ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۳ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۴ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۵ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۶ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۷ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۸ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۹ـ ..... (۲ نمره)

سؤال ۱۰ـ ..... (۲ نمره)