

# فصل سوّم

## مدارهای کنترل و تنظیم اشعه ایکس

# قطعات الکترونیکی و مدارات اصلی مهم در کنترل

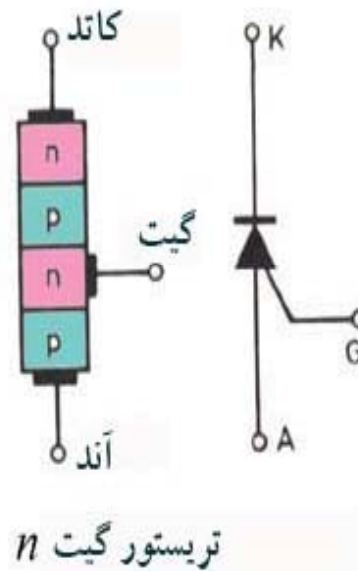
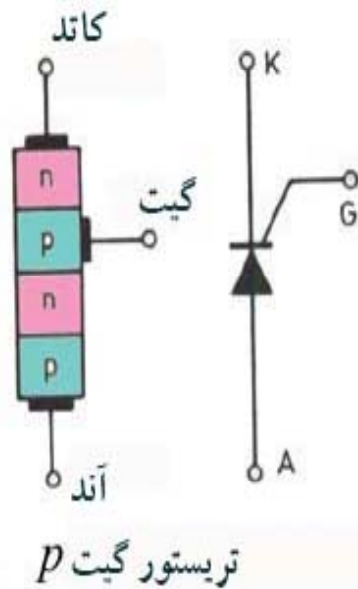
- دیود خلا
- دو کاربرد انتشار ترمویونیک عبارتست از:
  - 1) لامپ اشعه ایکس
  - 2) دیود خلا
- دیود خلا، جریان الکتریکی را در یک جهت عبور می دهد (مانند یکسوساز).
- دو نوع دیود خلا وجود دارد: کاتد گرم شده مستقیم و غیر مستقیم.
- در روش غیر مستقیم، فیلامان درون یک استوانه پر از پودر سیلیکون قرار می گیرد که پوشش خارجی این استوانه، با یک انتشار دهنده ترمویونیک مانند اکسید فلزی پوشانده می شود.

## تایروترون

- تایروترون یک تیوب پر شده از گاز است و دارای یک صفحه گرید می باشد که با اعمال ولتاژ به آن اجازه عبور جریان داده می شود.
- از تایروترون، بعنوان کلید الکترونیکی جهت قطع و وصل ولتاژ اولیه ترانسفورماتور ولتاژ بالا، در روش کلید زنی اولیه استفاده می شود.
- بدلیل حجم زیاد، قیمت و هزینه نگهداری بالا، دیگر از تایروترون ها به عنوان سوئیچ الکترونیکی استفاده نمی شود

## تریستور

- تریستور، عنصر نیمه‌هادی چهار لایه‌ای است که ساختار آن بصورت پیوند  $pnpn$  بوده و دارای سه پیوند  $pn$  است.
- سه سر دارد: آند، کاتد و گیت.
- هنگامی که ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت باشد، تریستور در وضعیت قطع قرار دارد
- اگر جریان الکتریکی به گیت اعمال شود حرکت آزادانه حامل‌ها در سه پیوند، منجر به برقراری جریان مستقیم قابل ملاحظه‌ای در آند می‌شود (حالت وصل)

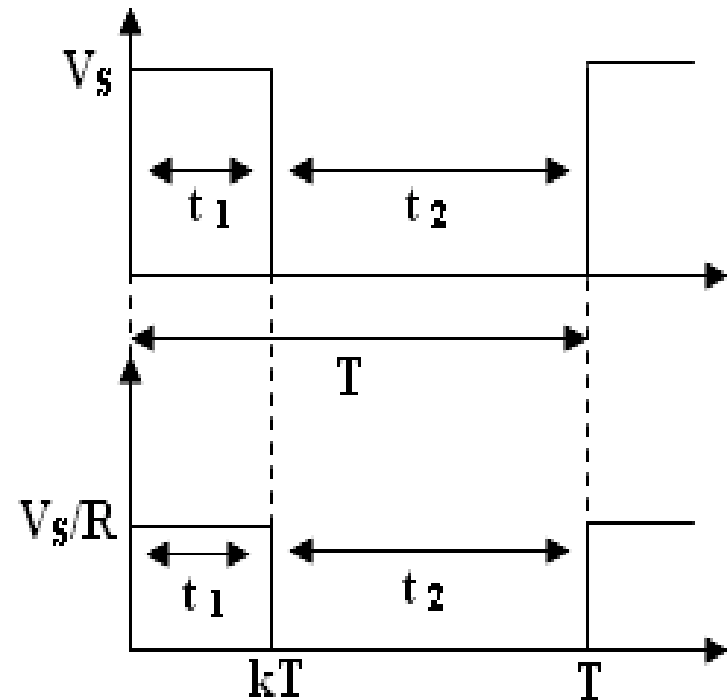
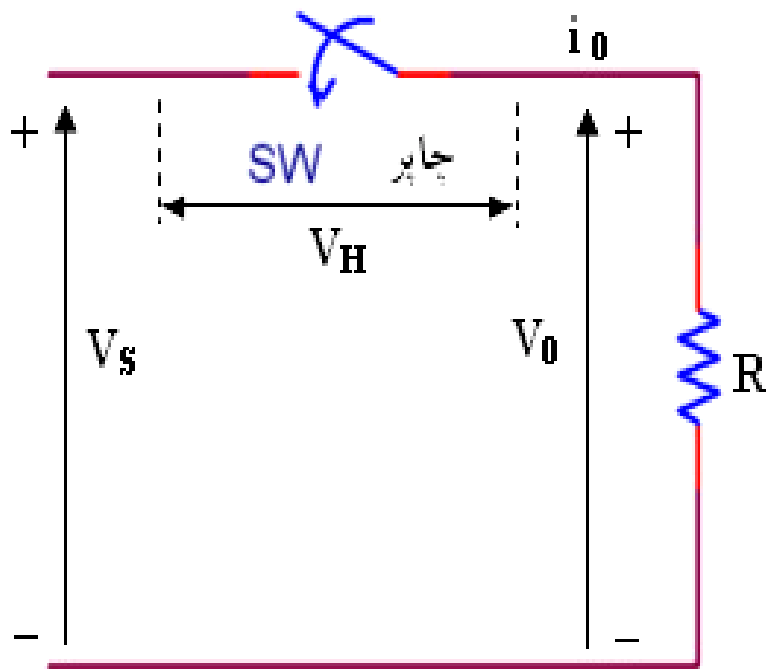


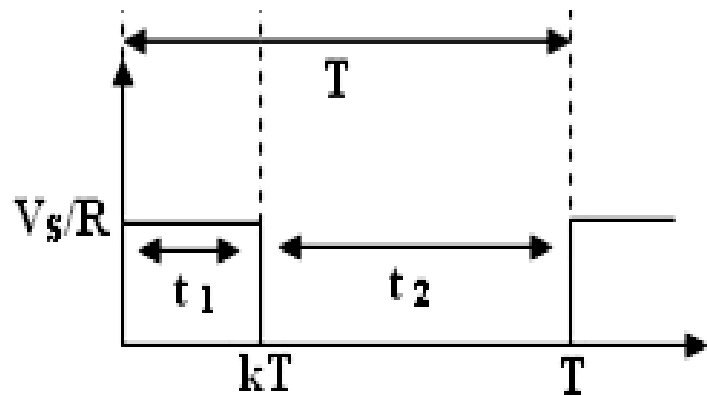
# چاپرهای DC

- در بسیاری از کاربردهای صنعتی، نیاز به تبدیل یک منبع DC با نام مبدل DC به DC نیز شناخته می‌شود.
- چاپر را می‌توان معادل DC یک ترانسفورماتور AC به نسبت حلقه‌های قابل تغییر بصورت پیوسته در نظر گرفت.
- مشابه ترانسفورماتور، چاپر می‌تواند جهت افزایش یا کاهش پله‌ای ولتاژ منبع DC بکار گرفته شود

## طرز کار کاهش پله‌ای توسط چاپر

- هنگامی که کلید  $SW$  به مدت  $t_1$  ثانیه بسته می‌شود ولتاژ ورودی  $V_S$  دو سر بار (مقاومت) می‌افتد. اگر کلید بمدت  $t_2$  ثانیه قطع بماند ولتاژ دو سر بار برابر صفر خواهد بود.





- مقدار متوسط ولتاژ خروجی از رابطه زیر بدست می-آید:

$$V_{ave} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} V_0 dt = \frac{t_1}{T} V_S = f \cdot t_1 \cdot V_S = K V_S$$

$T$  دوره تناوب چاپر،  $K = t_1/T$  سیکل کاری چاپر، و  $f$  فرکانس چاپر است

- سیکل کاری  $K$  با تغییر  $t_1$ ،  $T$ ،  $f$  می تواند از مقدار  $0$  تا  $1$  تغییر کند؛ بنابر این ولتاژ خروجی  $V_{ave}$  با کنترل  $K$  تغییر کند و انتقال توان کنترل خواهد شد.

- عملکرد فرکانس ثابت
- فرکانس چاپر (  $f$  ) ثابت نگه داشته می شود و زمان روشن بودن (  $t_1$  )
- (PWM) نام دارد.

- عملکرد فرکانس متغیر
- فرکانس چاپر  $f$  متغیر است زمان روشن بودن (  $t_1$  ) و یا زمان خاموش بودن (  $t_2$  ) ثابت نگه داشته می شود این روش مدولاسیون فرکانس نام دارد

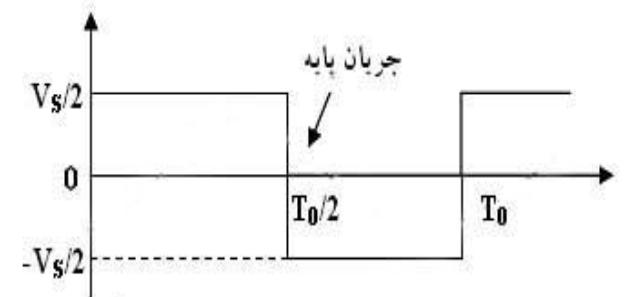
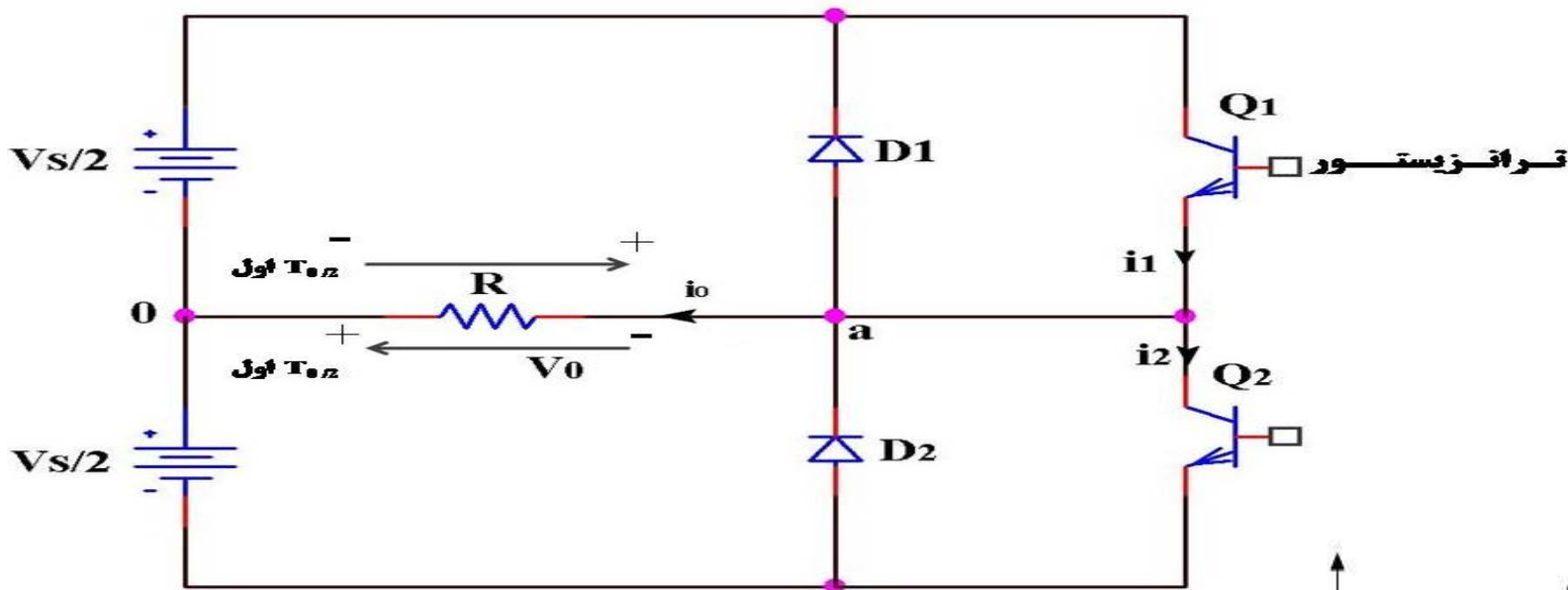


## اینورترهای با مدولاسیون پهنای پالس

- مبدل های جریان مستقیم به متناوب، با نام اینورتر شناخته می شوند وظیفه یک اینورتر، تبدیل ولتاژ ورودی مستقیم به یک ولتاژ خروجی متناوب و متناسب با دامنه و فرکانس مورد نظر است.
- اگر ولتاژ ورودی مستقیم ثابت بوده و قابل کنترل نباشد (یعنی نتوان دامنه آن را تغییر داد) می توان با تغییر بهره اینورتر، یک ولتاژ متغیر در خروجی بدست آورد که این عمل معمولاً بوسیله کنترل مدولاسیون پهنای پالس (PWM) در اینورتر صورت می گیرد. بهره اینورتر، بصورت نسبت ولتاژ متناوب خروجی به ولتاژ مستقیم ورودی تعریف می شود

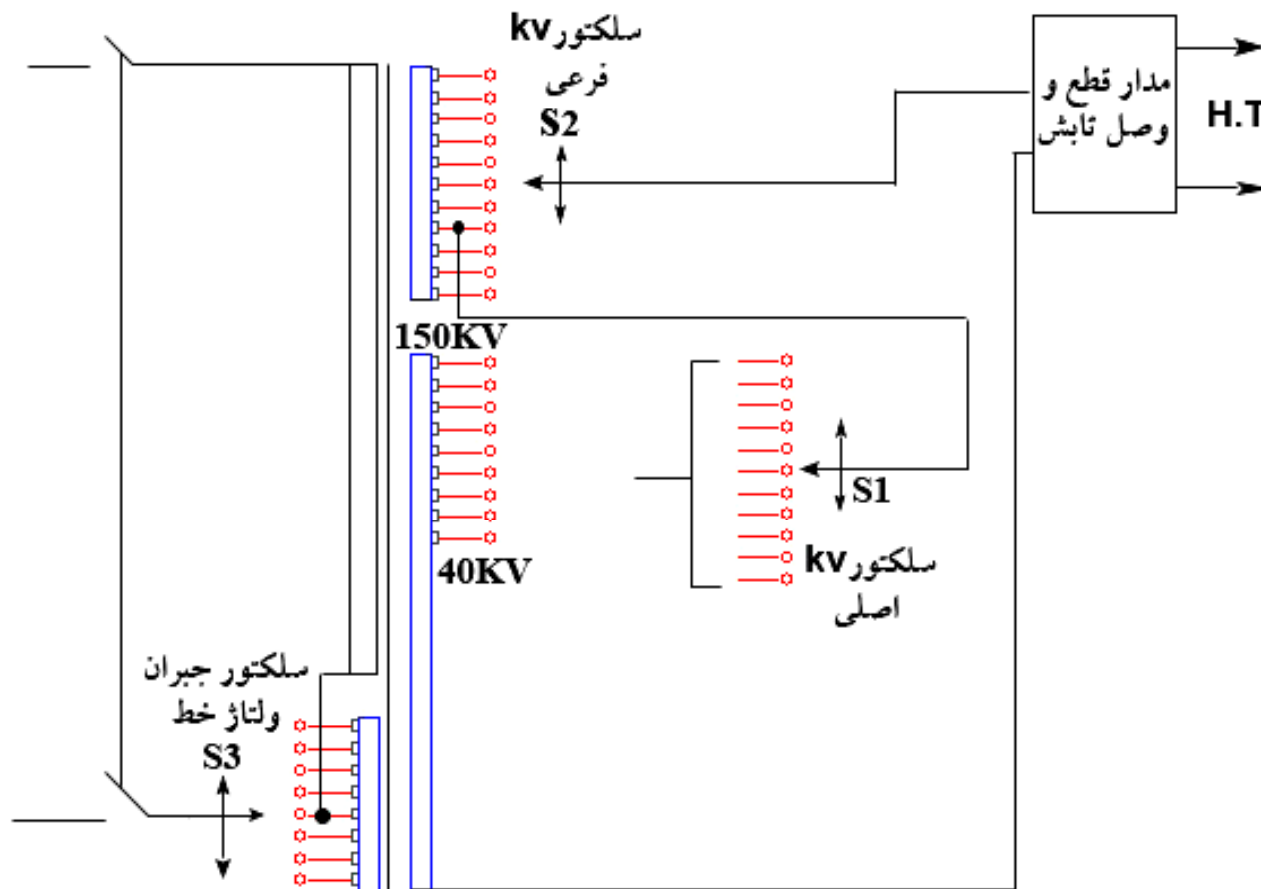
# اصول کار اینورتر نیمه موج

- مدار اینورتر، شامل دو چپراست. وقتی فقط ترانزیستور  $Q_1$  برای مدت  $T_0/2$  اول روشن می شود ولتاژ لحظه ای بار  $V_0$  برابر  $V_0/2$  می شود. اگر ترانزیستور  $Q_2$  به تنهایی برای مدت  $T_0/2$  دوم روشن شود ولتاژ  $-V_0/2$  در دو سر بار ظاهر می شود.



# کنترل ولتاژ لامپ

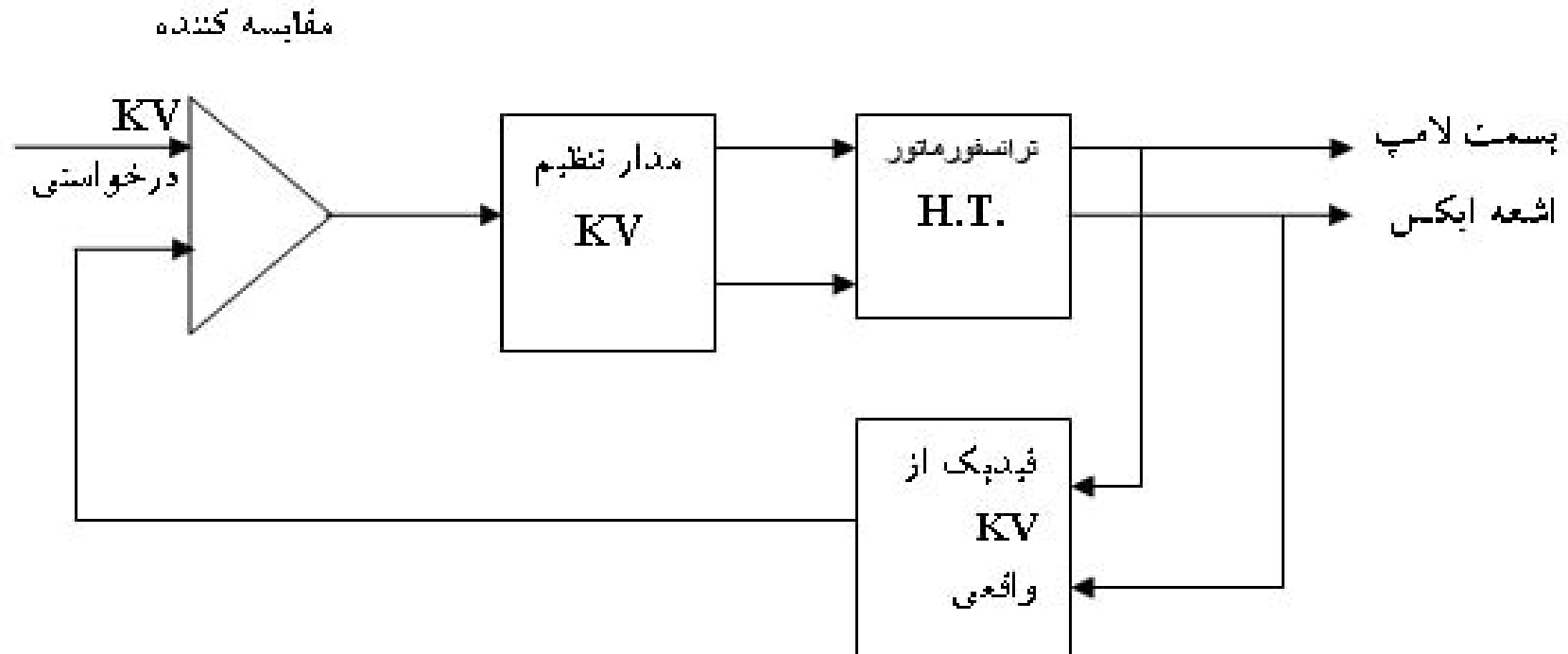
- الف- روش انتخاب دستی  $kV$ :
- در این روش، از سه سلکتور ( $S_1, S_2, S_3$ ) در یک ترانسفورماتور که بعد از ورودی برق شهر قرار دارد، استفاده می شود.



- ابتدا جبران سازی H.T. صورت می پذیرد و سپس با استفاده از سلکتور اصلی و سلکتور فرعی، کیلو ولتاژ مورد نظر انتخاب می شود.

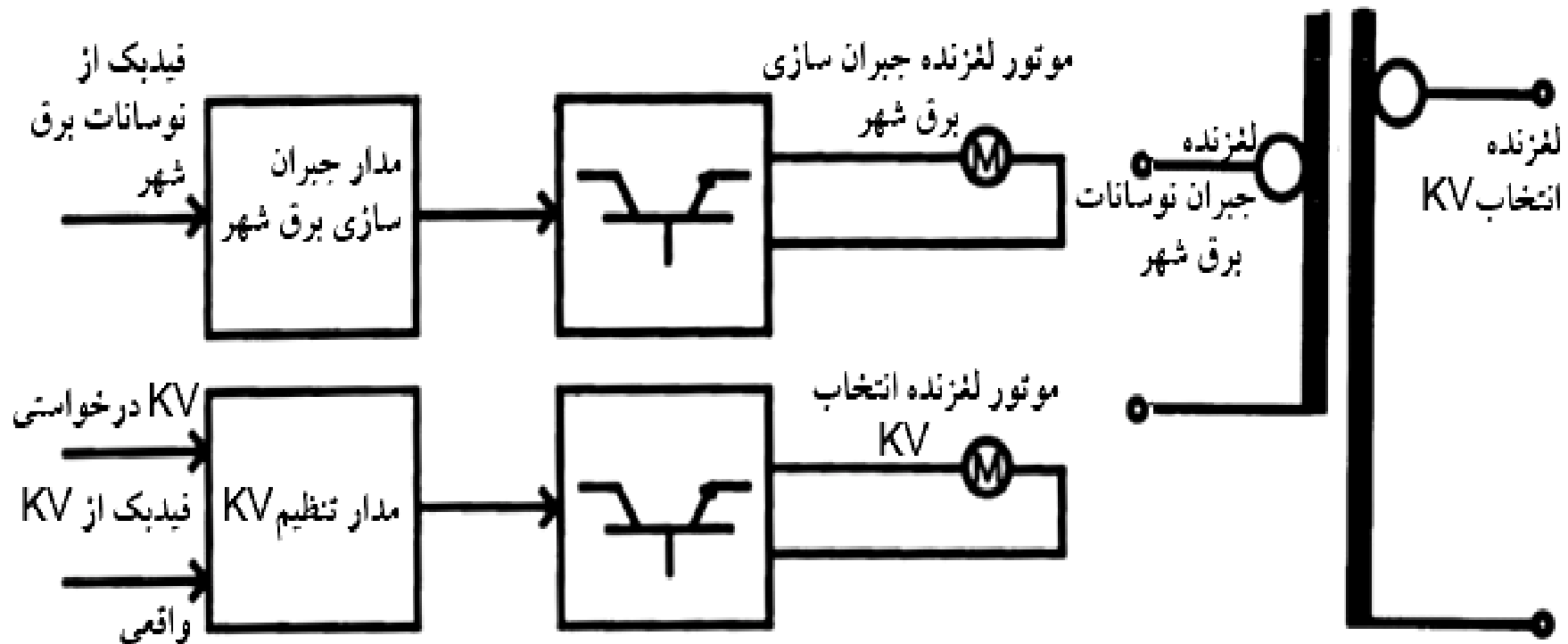
# کنترل ولتاژ لامپ

- ب- روش تنظیم خودکار:
- این روش به صورت سیستم کنترل حلقه بسته با استفاده از پسخورد یا فیدبک از kV واقعی عمل می کند.
- تنظیم کیلو ولت خروجی از یک ترانسفورماتور با موتور لغزنده به مدار اولیه ترانس ولتاژ بالا داده می شود



# بلوک دیاگرام کنترل حرکت موتورهای لغزنده

- تنظیم ولتاژ با استفاده از دو لغزنده‌ای که توسط موتور روی سیم پیچ اولیه و ثانویه یک ترانسفورماتور حرکت می‌کند صورت می‌گیرد.

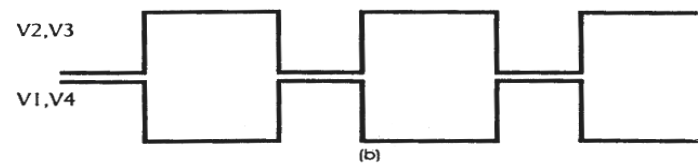
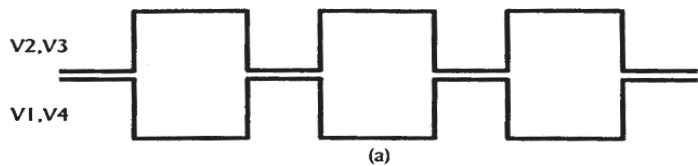
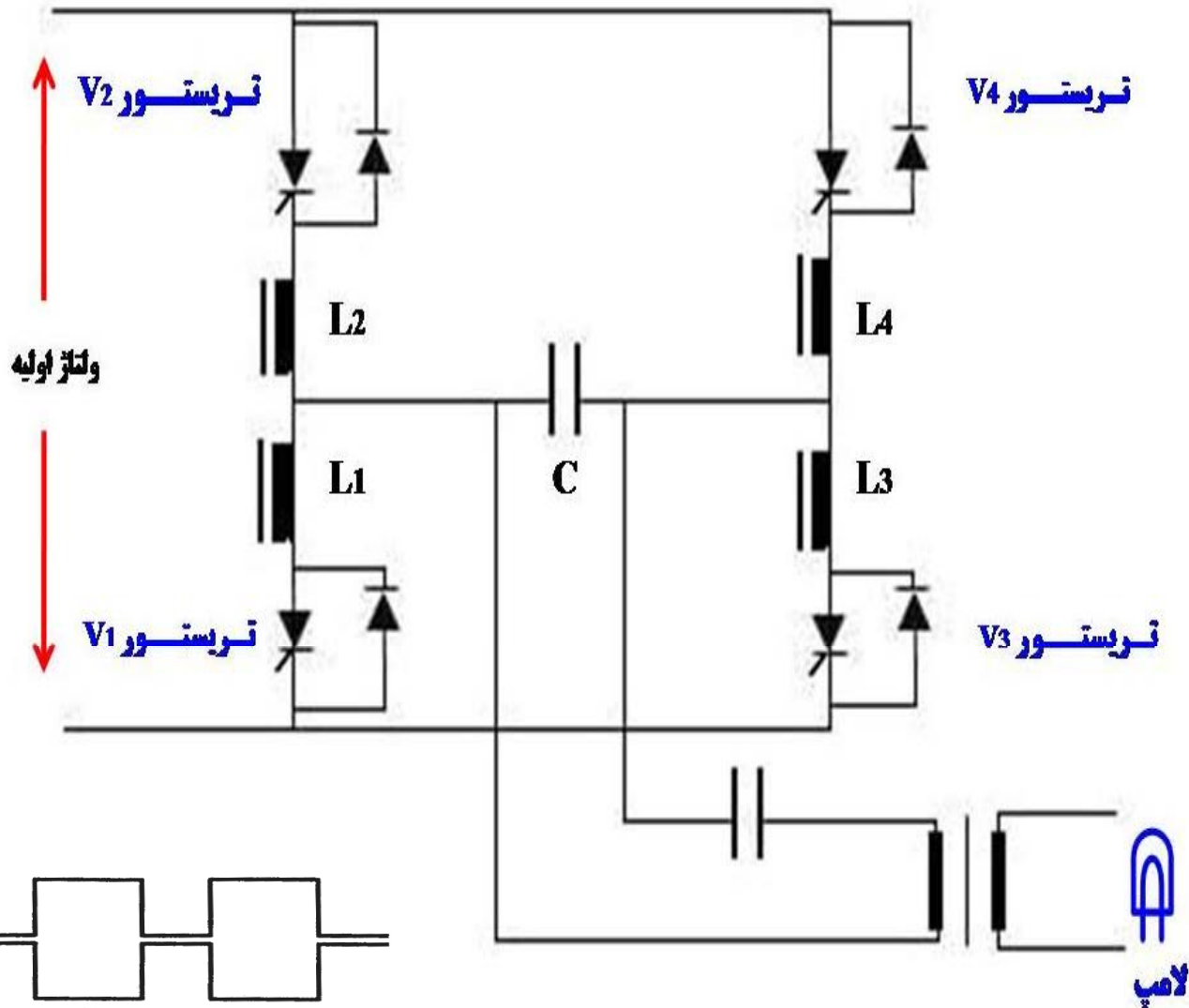


# کنترل ولتاژ لامپ

• ج- روش انتخاب  $kV$  در ژنراتورهای فرکانس بالا:

- با سه روش، تنظیم ولتاژ در این ژنراتورها امکان پذیر است که تماماً توسط مدارات کنترل پالس و تریستورهای مربوطه در اینورتر صورت می پذیرد. این سه روش بطور خلاصه عبارتند از:
- ۱- تغییر در شکل و اندازه (پهنای) موج مربعی
- ۲- تغییر فرکانس موج مربعی ایجاد شده
- 3 استفاده از فرکانس یا قطع و وصل کردن مدار چاپر

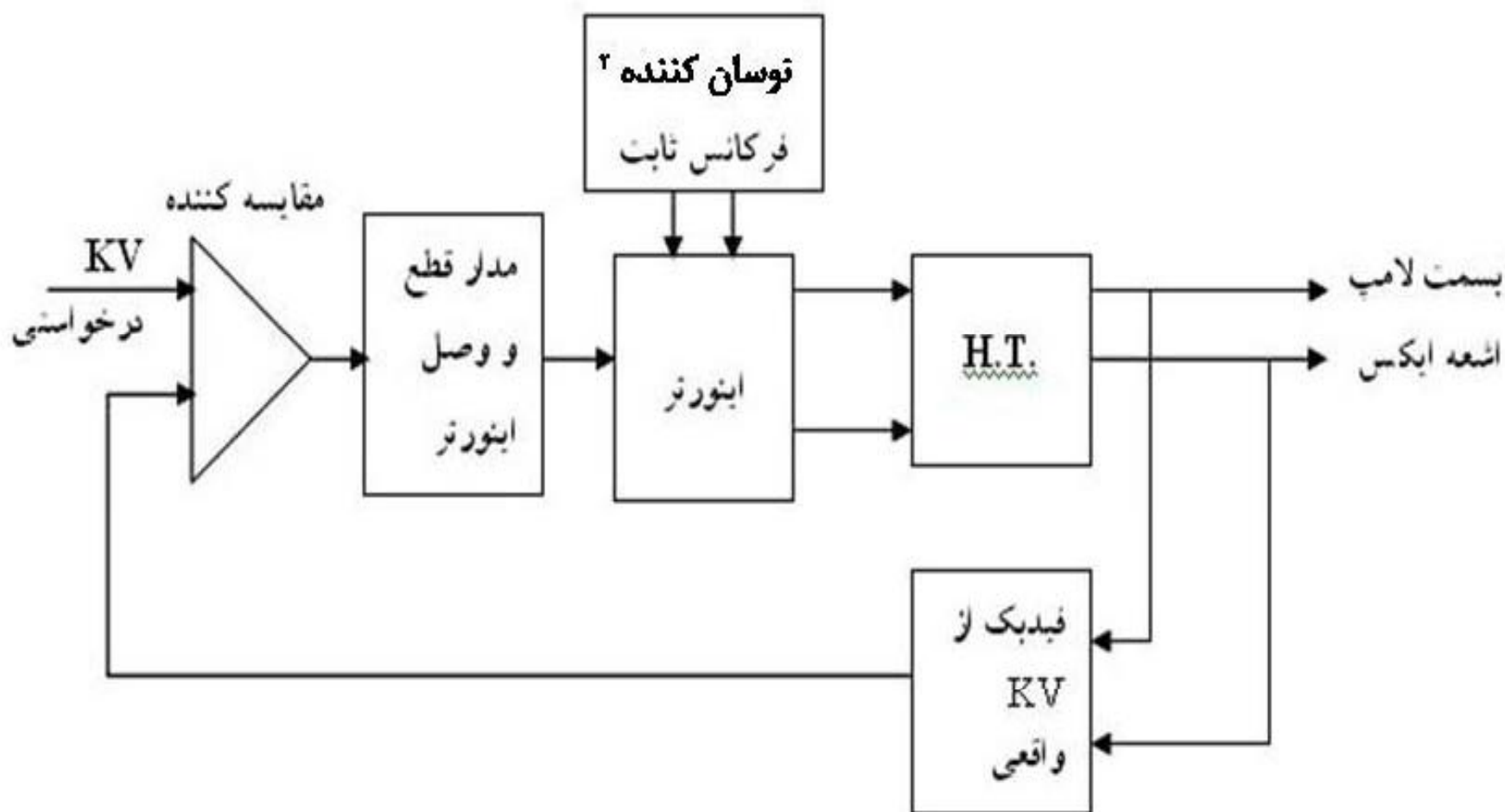
# مدار اینورتر تمام موج ساده برای کنترل kv



- پالسهای فرمان مورد استفاده در اینورتر برای ایجاد فرکانس و ولتاژ بالا

## کنترل ولتاژ لامپ

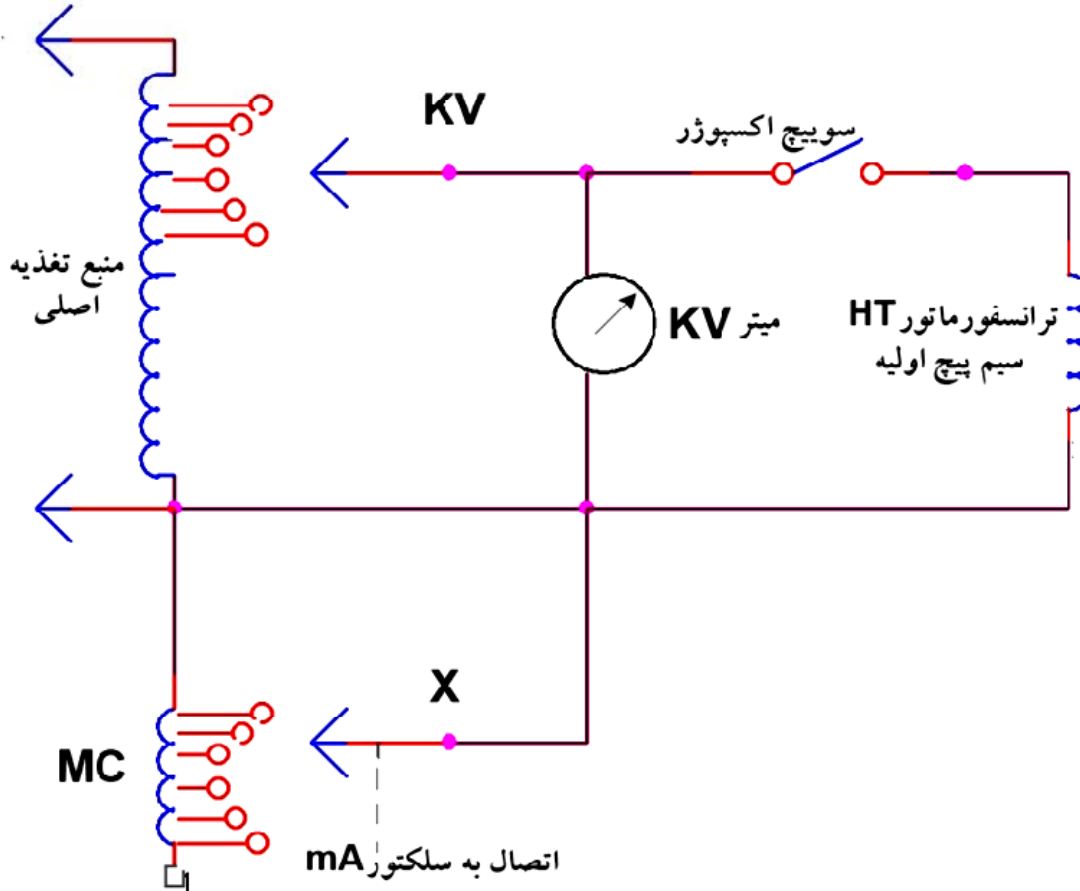
با استفاده از فرکانس و گردش کار ثابت و قطع و وصل مدار اینورتر





# جبران کیلو ولتاژ

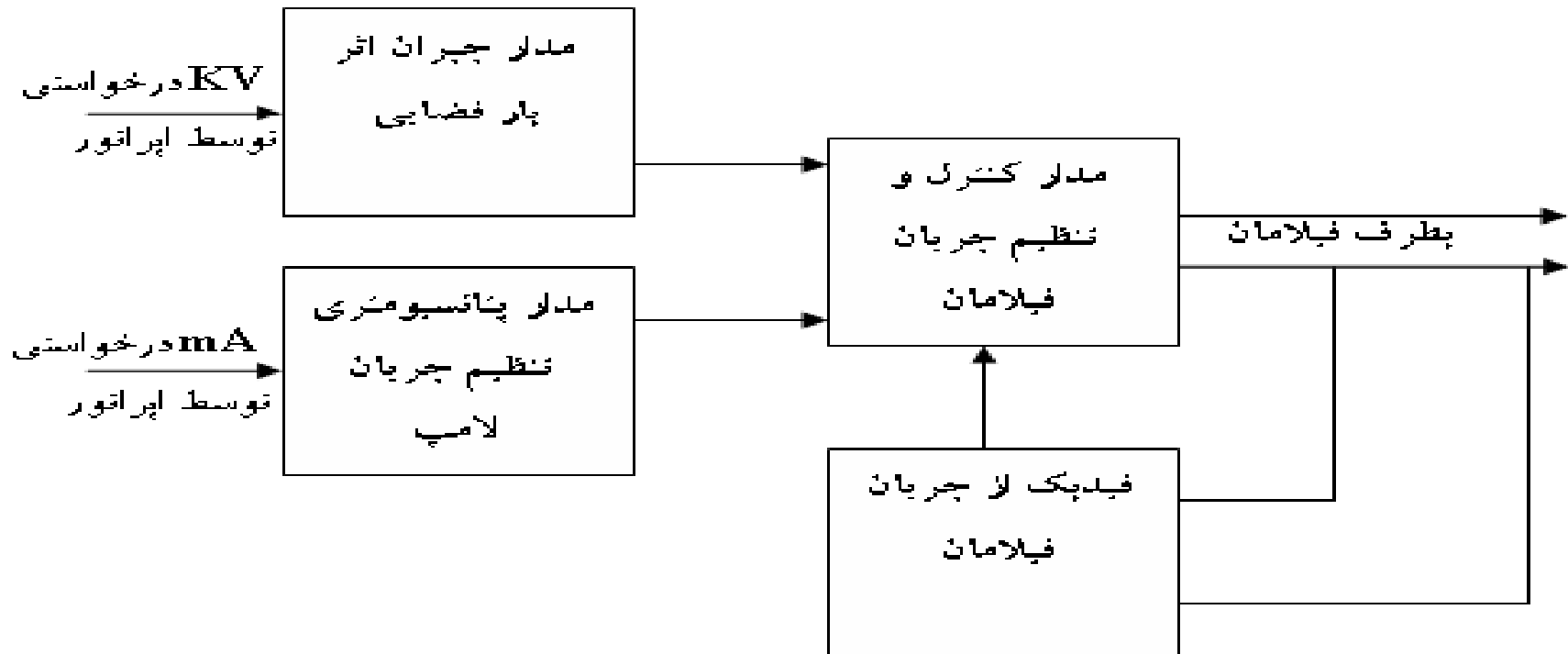
- حدود  $100\text{ A}$  جریان می تواند در مدت تابش از منبع کشیده شود. همچنین، رساناهای بین لامپ و ژنراتور موجب افت ولتاژ می گردد. علاوه بر این، هر چقدر که جریان کشیده شده از منبع افزایش یابد ( $\text{mA}$  بالاتر)، ولتاژ مطابق با آن افت می نماید.
- این کار می تواند بطور دستی یا نیمه خودکار صورت گیرد.



به منظور آزمون جبران صحیح کیلو ولتاژ، از یک گوه پله ای آلومنیومی استفاده می شود که در چندین مرحله با  $\text{mA}$  متفاوت در  $\text{mAS}$  یکسان و  $\text{kV}$  ثابت مورد تابش واقع می شود

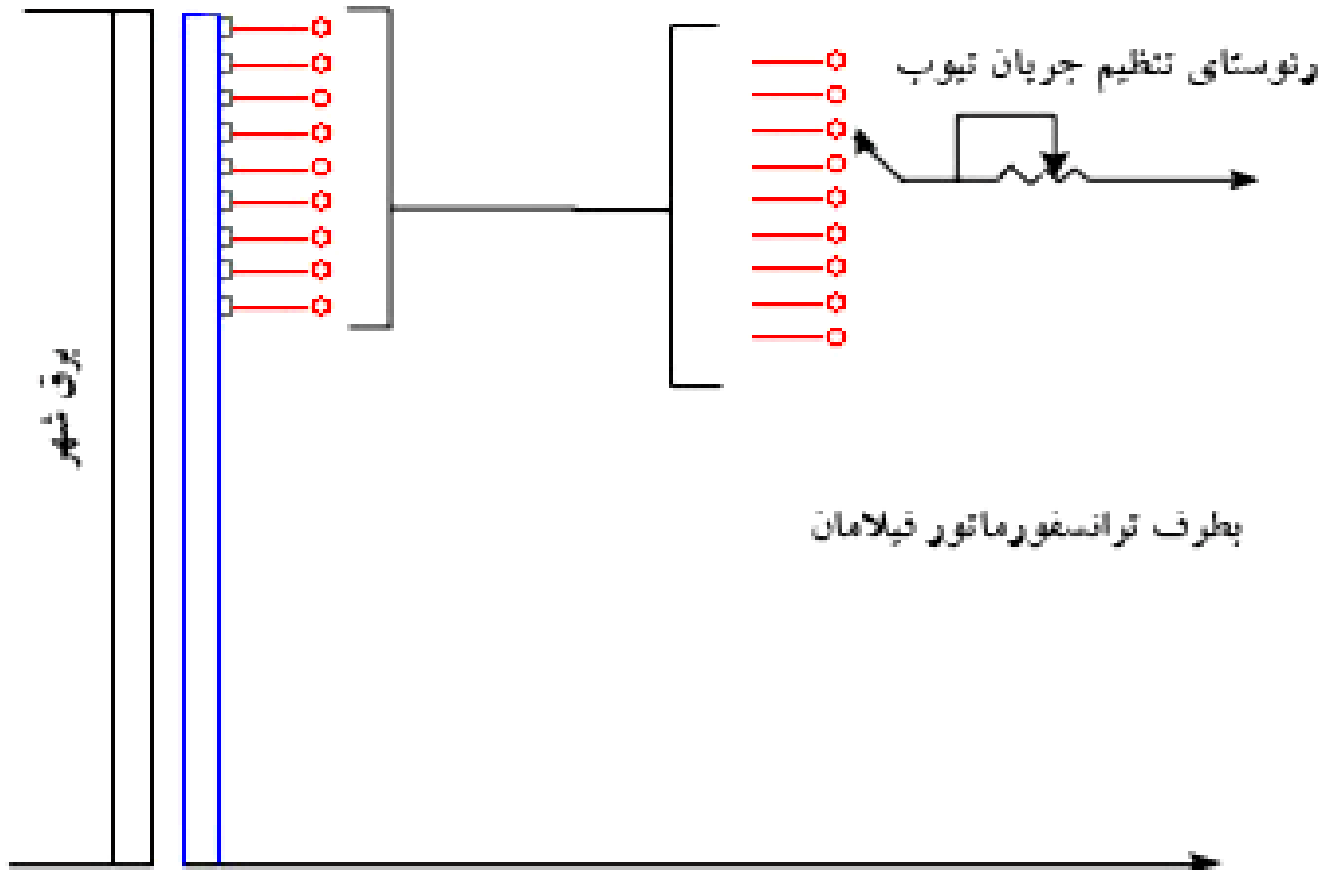
# کنترل جریان لامپ اشعه ایکس

- مدار کنترل جریان تیوب از سه قسمت ذیل تشکیل می شود:
- ۱- مدار جبران کننده اثر جریان تیوب در KVهای پایین (جبران کننده اثر بار فضائی)
- ۲- مدار پتانسیومتری تنظیم دستی جریان تیوب (mA در خواستی)
- ۳- مدار تنظیم و کنترل جریان فیلامان (مدار اصلی)



# کنترل جریان فیلامان

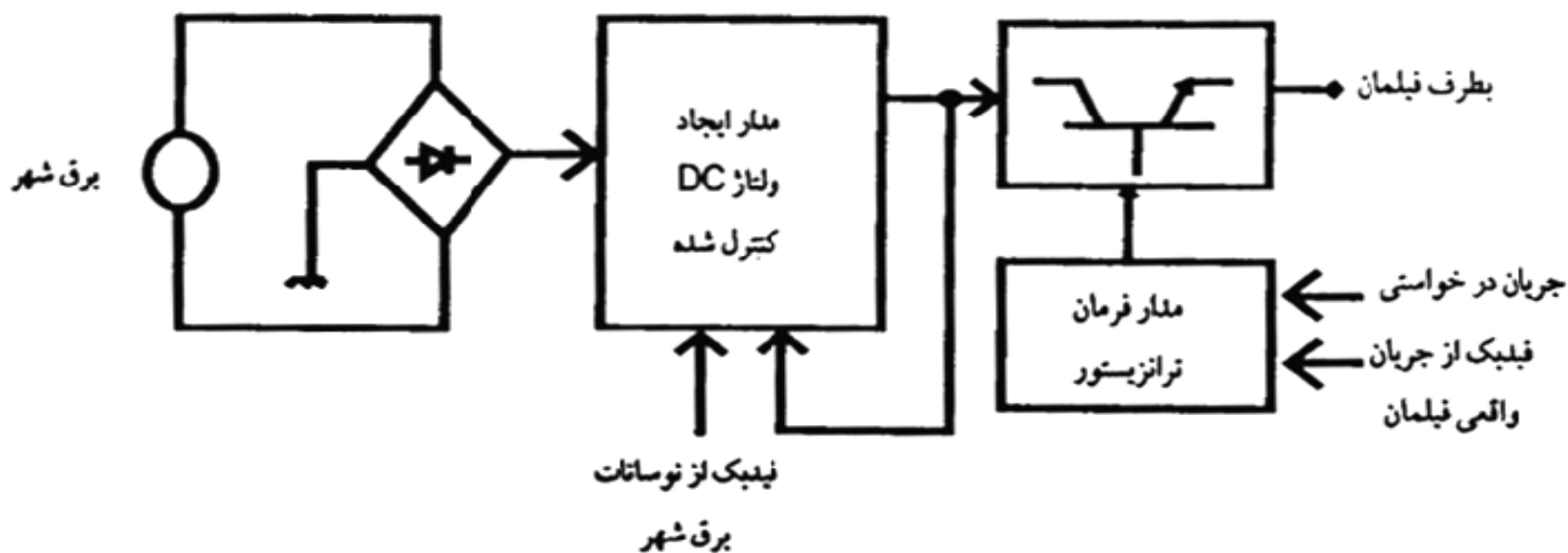
- الف) روش انتخاب دستی:



# کنترل جریان فیلامان

(ب) کنترل خودکار جریان فیلامان

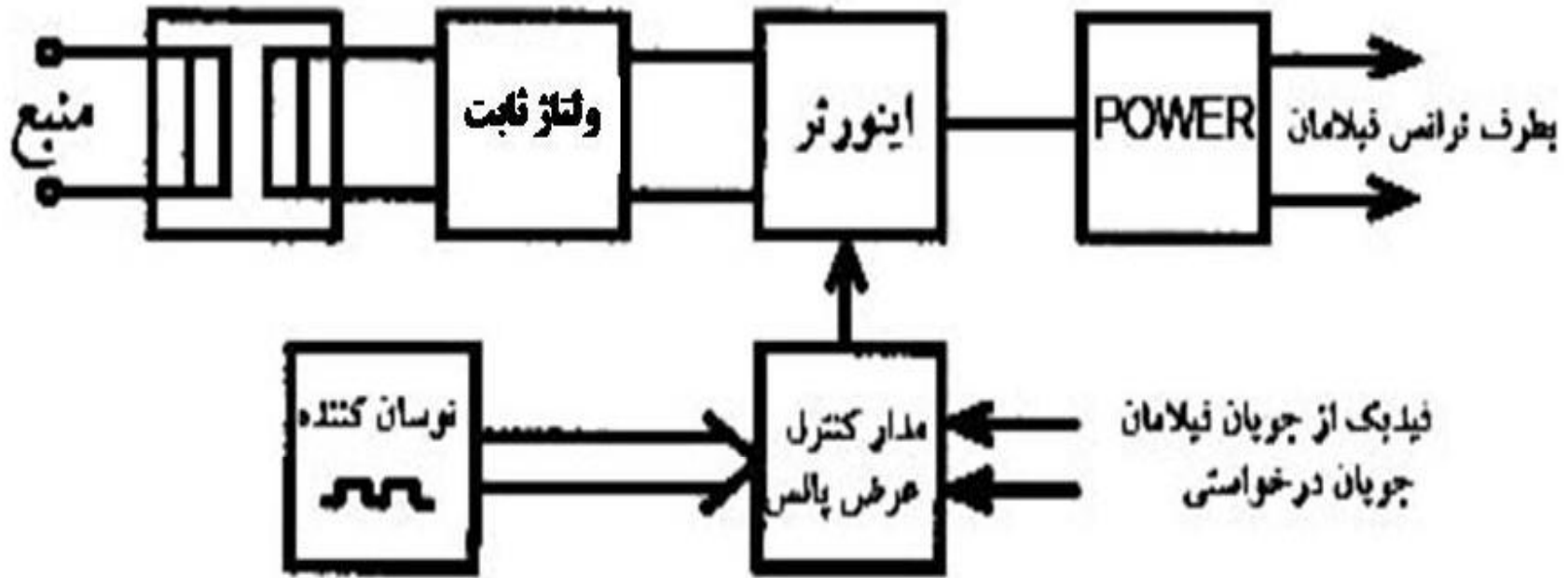
- تغییر سطح ولتاژ (AM)، توسط یک مدار ایجاد ولتاژ DC کنترل شده و تنظیم آن، توسط مدار فرمان ترانزیستوری که در آن عرض پالس ثابت می باشد صورت می گیرد.



بلوک دیاگرام مدار کنترل جریان فیلامان به روش AM

# کنترل جریان فیلامان

- تغییر عرض پالس یا پهنای سیگنال مربعی حاصل از اینورتر، با استفاده از مدار کنترل عرض پالس صورت می پذیرد

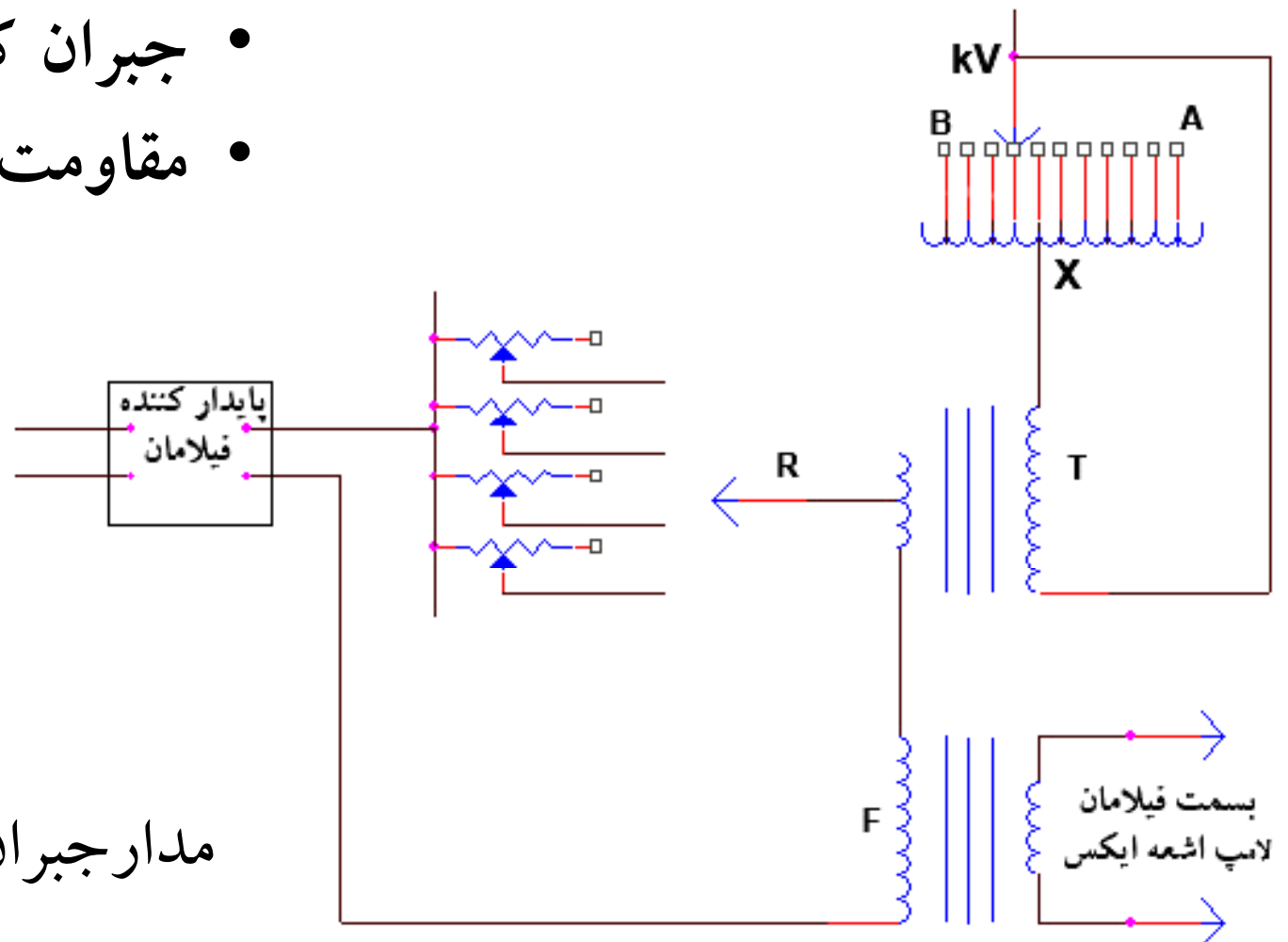


بلوک دیاگرام کنترل جریان فیلامان به روش PWM<sup>۲</sup>

# مدارات تنظیم دیگر

- پایدار کننده ولتاژ فیلامان
- بوستر فیلامان
- جبران کننده اثر بار فضایی
- مقاومت متغیر یا تریمر

مدار جبران بار فضایی



# کلیدزنی

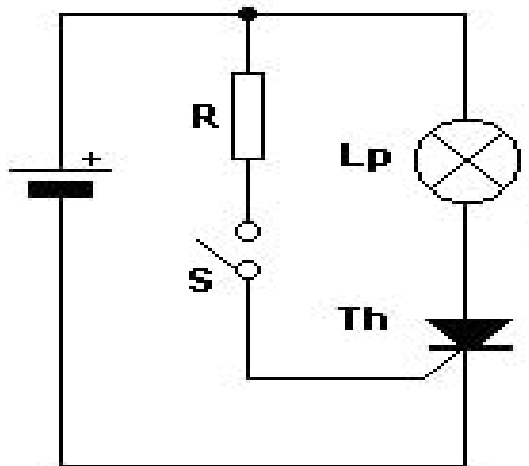
- کلید زنی اولیه
- در این روش با قطع و وصل کردن طرف اولیه ترانسفورماتور ولتاژ بالا، ولتاژ اعمال شده به تیوب را قطع و وصل می‌کنند. دو روش کلید زنی اولیه عبارتند از:

- الف- کنتاکتورهای الکترومکانیکی

- ب- تریستورها یا یکسو کننده‌های سیلیکونی قابل کنترل (SCR)
- با اعمال ولتاژ مثبت به گیت تریستور، هدایت صورت می‌گیرد.

در حالت وصل، جریان آند توسط یک مقاومت  $R$

محدود می‌شود. برای آنکه تریستور در حالت وصل یا هدایت باقی بماند، جریان آند، باید از مقداری که جریان نگهدارنده نامیده می‌شود بیشتر باشد.



مدار تریستور

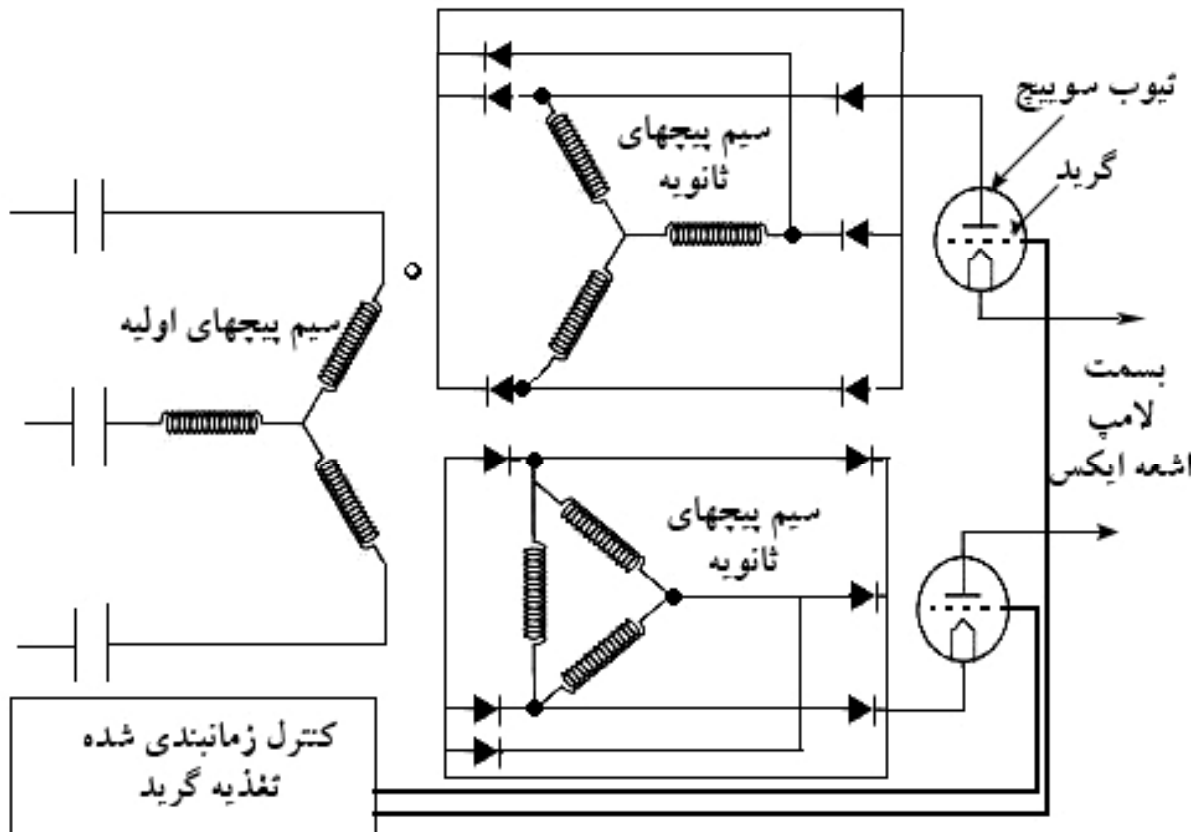
# کموتاسیون تریستور

- وقتی که تریستور روشن شد و خروجی لازم را تامین کرد لازم است که آن را خاموش کنیم. منظور از خاموش کردن تریستور این است که هدایت مستقیم آن متوقف گشته و اعمال ولتاژ مثبت روی آن، بدون حضور سیگنال گیت باعث برقراری جریان نگردد. عمل خاموش کردن یک تریستور را کموتاسیون می-نامند.
- روشهای کموتاسیون از مدارهای تشدید LC و یا RLC با میرایی ضعیف، برای صفر کردن جریان و یا ولتاژ تریستور و در نتیجه خاموش کردن عناصر قدرت استفاده می-کنند.



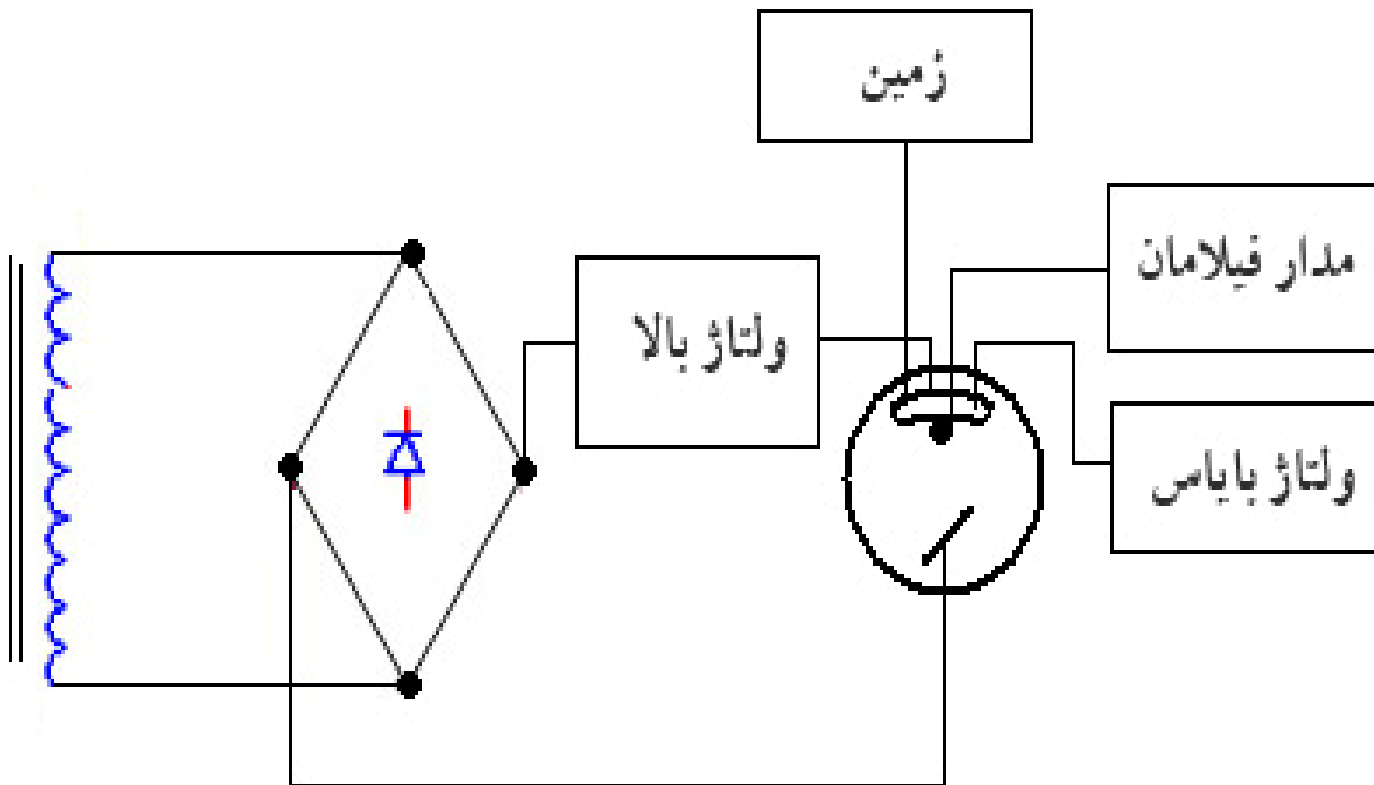
# کلید زنی ثانویه

- دو روش کلید زنی ثانویه عبارتند از:
- الف- استفاده از تریود (Triode)
- ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ بالا پس از یکسوسازی به آند دو تیوب تریود مدار کنترل زمان، وظیفه اعمال فرمان شروع و خاتمه تابش را به عهده دارد.
- با این نوع کلیدزنی می‌توان به زمانهایی تابش بسیار کم در حد 0.5 میلی ثانیه با دقت خوب دست یافت.



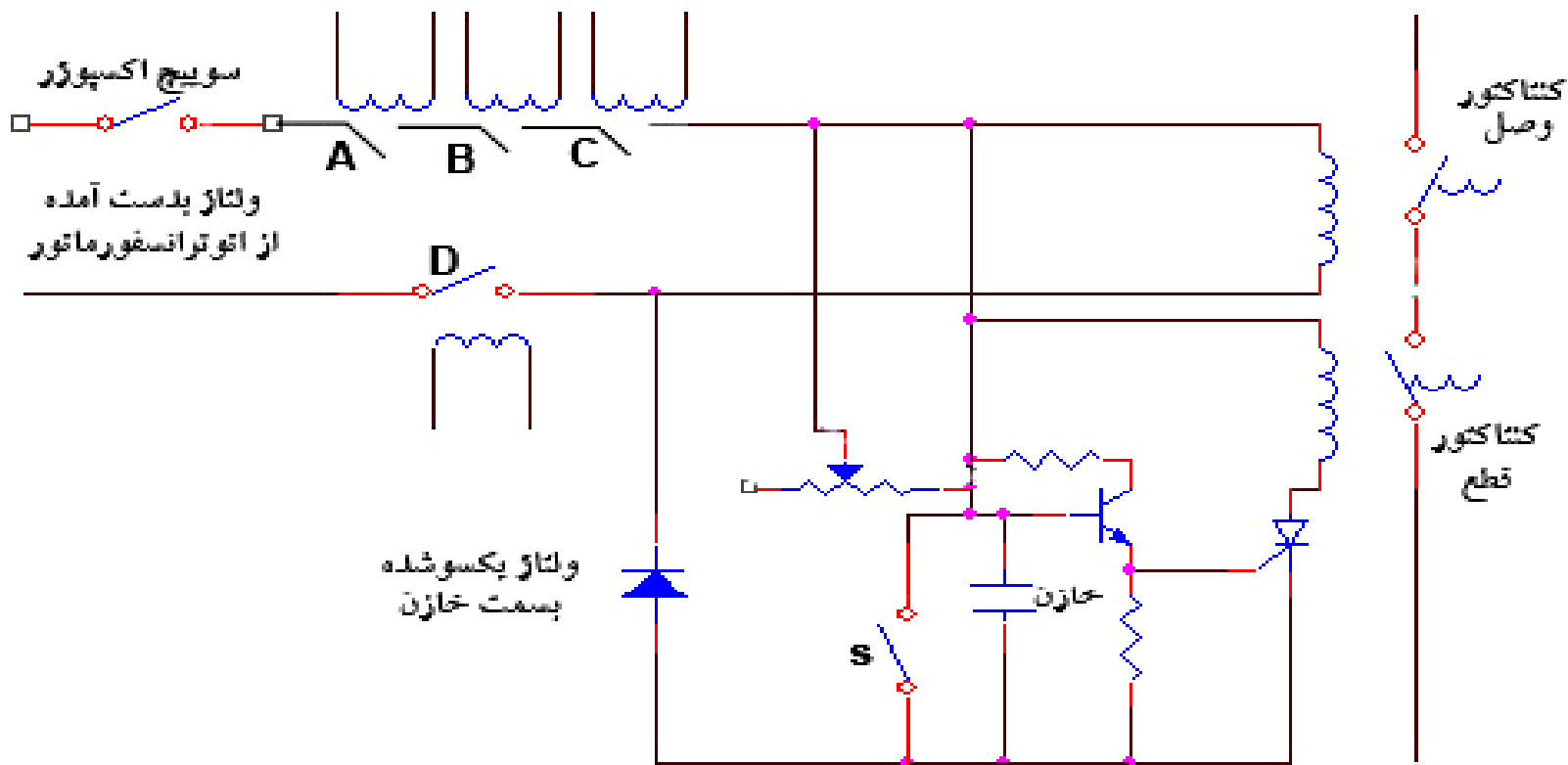
# کلید زنی ثانویه

- ب- استفاده از تیوبهای اشعه ایکس دارای کنترل گرید
- قطع و وصل کردن ولتاژ گرید، باعث قطع و وصل شدن اشعه می‌گردد



# مدار کنتاکتور اولیه جهت سوئیچینگ اکسپوز

- این مدار توسط اتوترانسفورماتور تامین می‌شود. تعدادی سوئیچ بطور سری با کنتاکتور اولیه مدار قرار گرفته‌اند که هر کدام از این سوئیچ‌ها توسط سلنویید کنترل می‌شوند. هر کدام از سلنوییدها با مدار خاصی مثلاً مدار گرم کننده فیلامان، سرعت چرخش آند، و... بطور سری قرار گرفته‌اند در نتیجه هر کدام از سوئیچ‌های A، B، C، D فقط زمانی بسته می‌شوند که مدار ویژه آن انرژی‌دار شود. مدار کنتاکتور اولیه کامل نخواهد شد مگر آنکه تمامی سوئیچ‌ها بسته شوند.

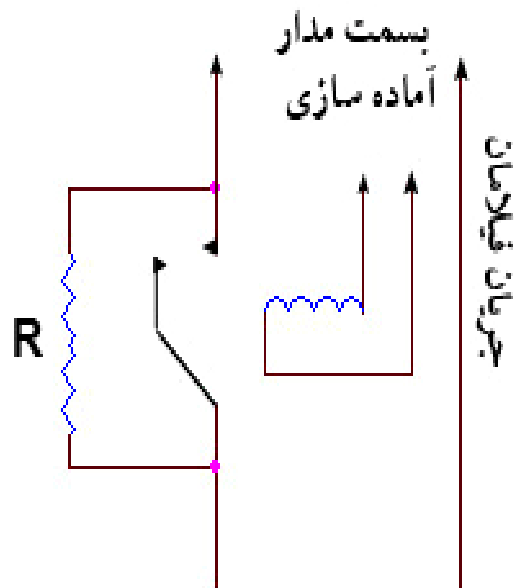


# مدارات مسدودکننده (سوئیچ های کنترل)

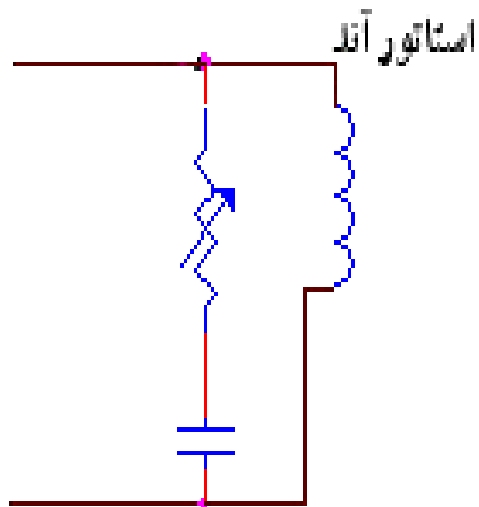
- مدار مسدود کننده، مداريست که در آن يك عمل، بدون انجام يك يا چند عمل ديگر مقدور نمي باشد که این حالت را معمولاً مي توان با کاربرد چند رله بوجود آورد. بعضي مدارات بسيار مهم حفاظتي مدار کنتاکتور اوليه عبارتند از:
  - الف- مدار تأخيري اوليه
  - ب- مدار حفاظتي فيلامان تيوب اشعه ايکس
  - ج- مدار تغذيه کننده استاتور آند (مدار تاخيري آند)
  - د- مدار محافظ از دياد بار تيوب اشعه ايکس

# مدار حفاظتي فيلامان تيوب اشعه ايكس:

- با مدار اوليه فيلامان تيوب، بطور سري سوئيچ مسدود کننده‌اي قرار داده شده که اطمینان مي‌دهد تا زماني که مدار فيلامان روشن نشده باشد و فيلامان تيوب اشعه ايكس به حداکثر درجه حرارت کاريشان نرسد توليد اکسپوز مقدور نمي‌باشد.



# مدار تغذیه کننده استاتور آند (مدار تأخیری آند)



- تأخیر تقریباً 2 ثانیه‌ای، برای چرخش عادی آند (3000rpm) و تا 6 ثانیه برای چرخش بسیار سریع آند (12000rpm) را می‌توان به کمک خازن و مقاومتی که با سیم پیچ سوئیچ مسدود کننده، بطور موازی بسته شده بدست آورد.
- وقتی دستگاه در وضعیت آماده قرار گیرد جریان از سیم پیچ‌های استاتور و نیز سیم پیچ مسدود کننده می‌گذرد. برای آنکه فوراً کلید بسته نشود جریان ابتداً به خازن می‌رود و آنرا شارژ می‌کند و تنها پس از گذشت زمان معینی که به اندازه مقاومت و ظرفیت خازن بستگی دارد جریان از سیم پیچ عبور می‌کند و سوئیچ مسدود کننده بسته می‌شود.

# مدارات محافظ از دیدار بار تیوب اشعه ایکس

## • نمایش درصد بار تیوب

خازنی که کاملاً شارژ شده، شبیه تیوبی است که در حداکثر توان کاری است. نتیجه حاصل ضرب  $kV$  و  $mA$  و زمان یعنی واحد گرمایی، معادل با بار معین روی صفحات خازن است.

بنابراین بار بدست آمده از خازن متناسب با میزان واحد گرمایی که طی اکسپوز به آند اعمال می شود است. بدین ترتیب، میتر و سویچ، با این که بار خازن را اندازه گیری می کند بر حسب درصد بار تیوب کالیبره می شود.

مثلاً اگر یک اکسپوز خاص 75% حداکثر واحد گرمایی باشد یعنی 75% حداکثر  $kV$ ،  $mA$  و زمان مجاز، پس باید خازن 75% حداکثر بار خود را نگه داشته باشد.