بسمه تـ

جزوه

الکترونیک صنعتی

دانشگاه

صنعتی امیر کبیر

استاد

دکتر فتحی

«جلسه اول»

منبع برق موجود :

50 HZ , 220 V , AC

معمولاً مصرف کننده‌های برق برای انجام کار خود و در بعضی مواقع برای امکان کنترل مورد نظر در شکل دیگر آن، نیاز به برقی با مشخصات قابل کنترل و متفاوت با مشخصات برق شبکه دارند.

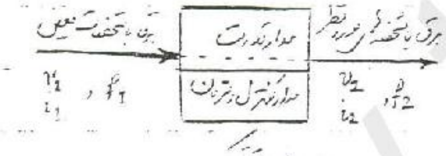
پس وسیله‌ای که برای کار در شرایط مورد تقاضا نیاز به برقی با مشخصات معین (f , V یا I) دارد.

برای تبدیل منبع انرژی از مشخصات موجود به برقی با مشخصات مورد تقاضا از وسیله‌ای به نام مبدل (Converter) استفاده می‌کنیم.

مبدل وسیله‌ای است که مشخصات برق (مثلاً I ، f ، V) را حالت دهی (Conditioning) می‌کند.

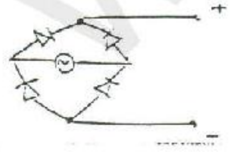
مبدل‌های استاتیک " Static Converters "

در این مبدل‌ها از قطعات نیمه‌هادی استفاده شده است. این نیمه‌هادی‌ها، نیمه‌هادی‌های قدرت هستند.

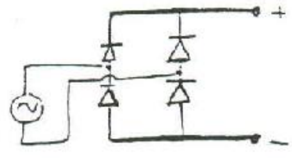


اگر تقسیم بندی کلی مبدل‌های استاتیک را بخواهیم، می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

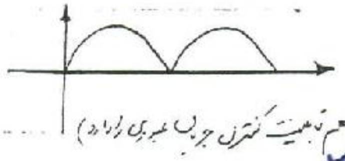
۱- مبدل ac به dc (یکسوکننده Rectifier).



یا



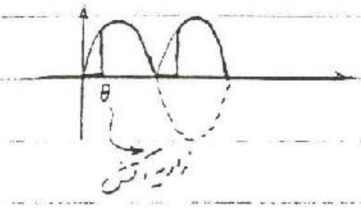
یکسوکننده ←

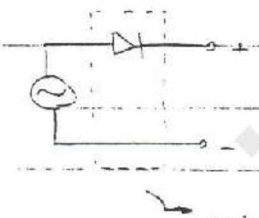


با استفاده از ترانزیستورها به جای دیودها می‌توان به مقدار dc دلخواه هم دست یافت. (ترانزیستور قابلیت هدایت هم قابلیت کنترل جریان عبوری را دارد)

www.ttmar.ir

اصولاً به پایه سوم تریستور فرمان داده، از این نقطه شروع به هدایت کند یعنی تریستور در جهت هدایت شرط لازم و کافی برای هدایت کردن نیست و لحظه ای که به تریستور فرمان هدایت داده می شود را اصطلاحاً زاویه آتش گویند.





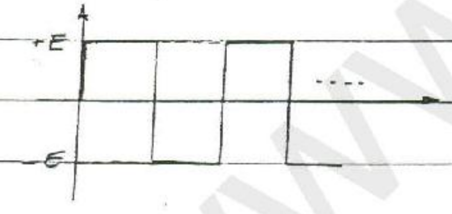
یکسوساز ساده

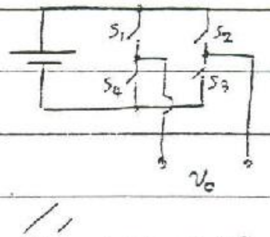
2- مبدل DC به AC : "Inverter"

معمولاً در انتقال برق که هم از این نوع مبدل ها استفاده می شود. گاهی اوقات در نیروگاه برق از ac به dc تبدیل شده و سپس به صورت HVDC منتقل می شود تا در محل مصرف مجدداً توسط یک مبدل DC به AC به برق مورد نیاز مصرف کننده ها تبدیل شود.

از مبدل یکسو به زمین که در قسمت قبل بیان شد می توان در کتب تحت عنوان Inverter استفاده کرد.

کاربرد دیگر این تبدیل در مورد برق های اضطراری است که ابتدا برق در یک سری باتری ها ذخیره می شود و در هنگام نیاز توسط یک سری مبدل به برق AC مورد نیاز مصرف کننده ها تبدیل می شود.

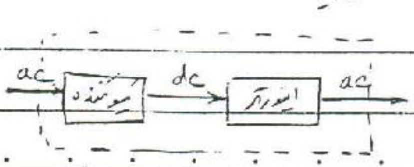




کلیدها می توانند ترانزیستور یا تریستور یا هر وسیله الکترونیکی به صورت سوئیچ باشند.

3- مبدل ac به ac ← مبدل فرکانس ← می توان ابتدا ac را به dc تبدیل کرد و سپس با یک مبدل dc به ac فرکانس مورد نظر را ایجاد کرد.

← مبدل ولتاژ ← کنترل کننده ولتاژ یا جریان ac



⇐ مبدل غیرمستقیم فرکانس

Subject: ____________ Date. ____________

کنترل ولتاژ در سیستم‌های DC که ولتاژ منبع ثابت داشته باشد مطرح می‌شود.

چاپرها می‌توانند به دو فرم وجود داشته باشند — افزاینده : سطح ولتاژ خروجی از منبع ورودی بیشتر خواهد بود.

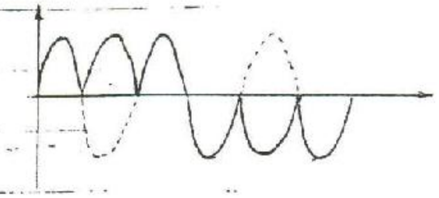
کاهنده : سطح ولتاژ خروجی کوچکتر از ولتاژ منبع خواهد بود.

فصول درس :

- معرفی بعضی از عناصر نیمه هادی قدرت
- یکسوکننده ها
- اینورترها
- بعضی مسائل مرتبط با مبدلها و عناصر نیمه هادی قدرت

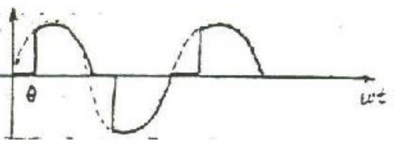
www.ttnar.ir

سیکلوکانورتر ← مبدل مستقیم فرکانسی است



فرکانس جدید ۱/۳ فرکانس منبع اصلی است ←

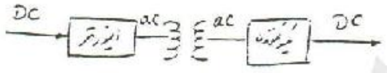
ترانسفورماتور در صورتی که بخواهیم دامنه ولتاژ را با نسبت ثابت تبدیل نماییم بهترین وسیله است.



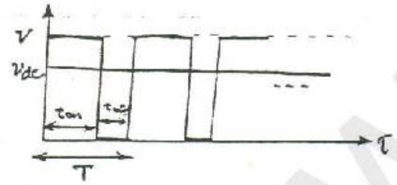
کنترل‌کننده ولتاژ ← از این فرم در منابع تغذیه تنظیم‌کننده‌ها، یوپی‌اس استفاده می‌کنند چه ریختی هستند

مبدل ac به ac :

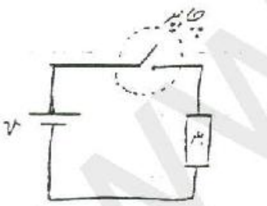
یک راه تبدیل dc به ac و سپس تبدیل ac به dc است.



روش دوم استفاده از چاپر یا برشگر است.



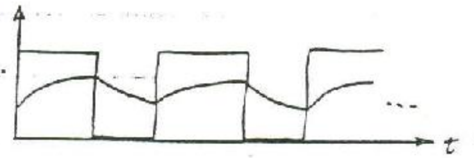
$$v_{dc} = v \frac{t_{on}}{T}$$



کاربرد مدار چاپر در کنترل سرعت موتورهای DC است.

* نحوه سوئیچینگ و سرعت آن در کیفیت کار موتور مؤثر است. بطوریکه هرچقدر سرعت سوئیچینگ بیشتر و در حد کسری هرتز باشد در این صورت تغییرات جریان ناچیز بوده در نتیجه آن تغییرات سرعت در موتور هم قابل ملاحظه نخواهد بود.

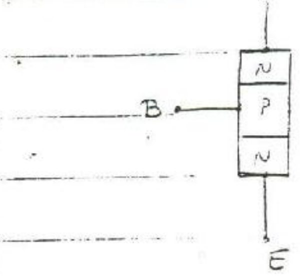
* اینرسی در یک سیستم مکانیکی معادل همان اندوکتانس در یک سیستم الکتریکی است.

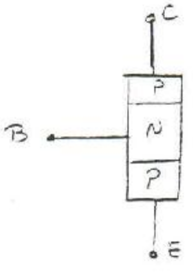


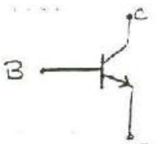
هرچقدر فرکانس بالاتر باشد در این صورت میزان ریپل های سیستم کاهش می‌یابد به عبارتی میزان تغییرات در کار موتور (مثلاً) قابل چشم‌پوشی است، موتور به طور یکنواخت‌تری به کار خود می‌پردازد.

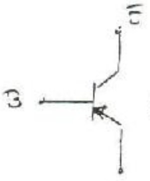
* ترانزیستور قدرت (BJT) :

دارای دو نوع است : npn و pnp :

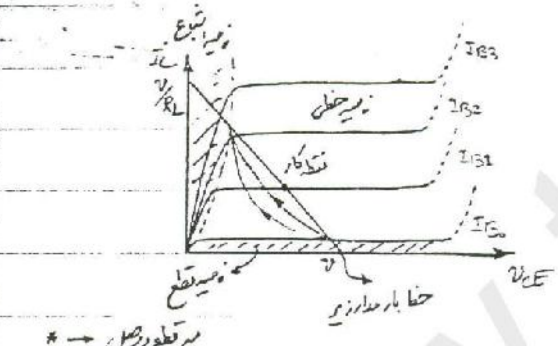






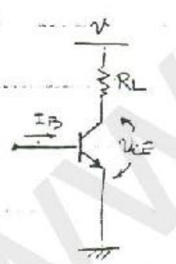


بیشتر از نوع npn در الکترونیک قدرت استفاده می‌شود.



* یادآوری :

* همانطور که می‌دانیم برای پیدا کردن نقطه کار یک ترانزیستور را ابتدا معادله خط بار مدار را به دست آوردیم سپس این خط را با منحنی‌های $I_C - V_{CE}$ مدار ترانزیستور تقاطع می‌دهیم نقطه برخورد خط بار با منحنی $I_C - V_{CE}$ به ازای I_B معین ترانزیستور، نقطه کار ترانزیستور ما خواهد بود.



$$v = R_L I_C + v_{CE}$$

* در مدارهای ترانزیستوری غیر قدرت معمولاً اولین عنصر در ناحیه خطی استفاده می‌شود از این جهت که ما در مدارهای قدرت با توان بالایی سروکار داریم ولذا استفاده از ترانزیستور در ناحیه خطی سبب بروز تلفات بزرگ می‌شود. (جریان و ولتاژ در مدار بسیار بالا است)

بنابراین ترانزیستور قدرت هیچگاه در ناحیه خطی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد بلکه در دو حالت قطع و اشباع مورد استفاده قرار می‌گیرد.
یعنی به عنوان یک کلید کار قطع و وصل مدار را انجام می‌دهد.

درحالت اشباع ولتاژ بسیار کوچک $V_{CE\,sat}$ در دو سر ترانزیستور حاصل می‌شود و عمده ولتاژ به بار می‌رسد و ترانزیستور نخواهد سوخت و مشکل تلفات توان بالا هم وجود نخواهد داشت.

* در حالت کار در ناحیه قطع جریان بیس ناچیز است و در واقع مدار قطع خواهد بود.

* ضریب تقویت جریان برای یک ترانزیستور به صورت زیر تعریف می‌شود: $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

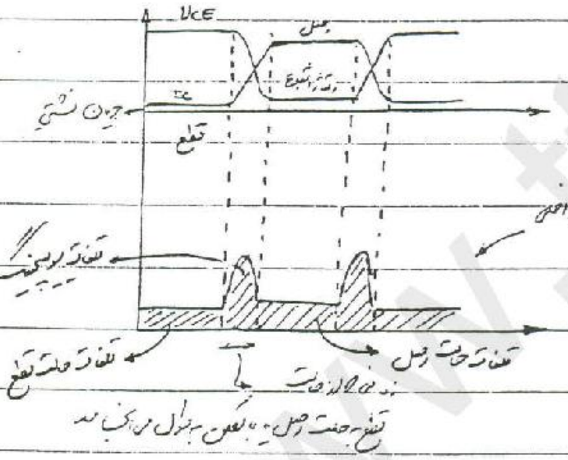
هرچه قدرت برای یک ترانزیستور بالاتر باشد β آن کوچکتر خواهد بود و معمولاً حدود 30-20 است (برای ترانزیستورهای قدرت)

* هرچه ترانزیستور بیشتر در ناحیه اشباع برود مضرات چون فرکانس سوئیچینگ پایین می‌آید زیرا زمان خارج شدن طولانی می‌شود (عکس العمل آن کم) ممکن است سریعتر و یکجا روشن نشود.

در ترانزیستور BJT قدرت یک عنصر کنترل شونده با جریان است و امپدانس ورودی کمی دارد (زیرا امپدانس یک دیود است که در حالت هدایت قرار دارد)

عناصری که با جریان کنترل می‌شوند معمولاً نسبت به عناصری که با ولتاژ کنترل می‌شوند نامطلوب‌ترند.

تلفات سوئیچینگ:


VCE
وصل
ناحیه اشباع
IC
جریان نشتی
قطع
تلفات واقعی
تلفات سوئیچینگ
تلفات حالت قطع
تلفات حالت وصل
ناحیه حالت هدایت
قطع به حالت وصل و بالعکس به طول می‌انجامد

فرکانس سوئیچینگ را در مرحله اول تلفات سوئیچینگ تعیین می‌کند

در فرکانس‌های پایین تلفات سوئیچینگ چندان قابل ملاحظه نبوده و تلفات هدایت بیشتر تعیین کننده است

ولی در فرکانس‌های بالا تلفات سوئیچینگ بیشتر تعیین کننده می‌شود.

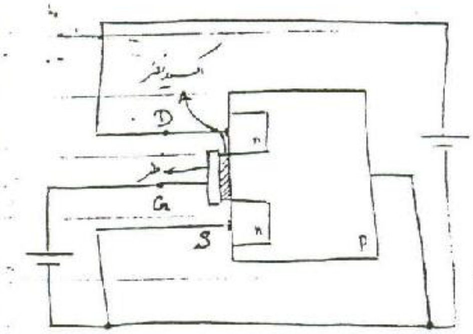
گفته بودی که چرا محو تماشای منی   آنچنان مات که یکدم مژه برهم نزنی
مژه برهم نزنم تا که ز دستم نرود   ناز چشم تو به قدر مژه برهم زدنی

گفته بودی که چرا محو تماشای منی
آنچنان مات که یکدم مژه برهم نزنی

Subject:

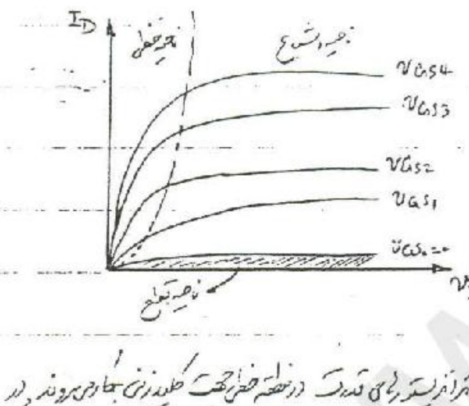
Date. 1382-7-12

MOSFET قدرت : "Metal Oxide Semiconductor FET"



* در صورتیکه نقاط نخش های n به ولتاژی متصل شود چون ناحیه P در گرایش معکوس قرار می‌گیرد و هیچ جریانی نخواهد داشت (در صورتیکه به گیت ولتاژی اعمال نشود) و عملاً ترانزیستور خاموش خواهد بود. ($I_{DS}=0$)

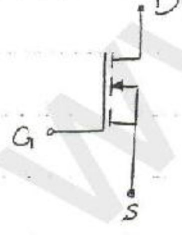
* حال اگر ولتاژ مثبت به گیت اعمال شود، بارهای مثبت در سطح فلز و بارهای منفی در مجاورت اکسید فلز تجمع پیدا کنند و هرچه ولتاژ بیشتر شود میزان ناخالصی نوع n در مجاورت اکسید افزوده می‌شود و تجمع این ناخالصی که در مجاورت اکسید میزان نفوذ زیادی دارند از درین به سورس [illegible] حرکت خواهند داشت — مسیری برای عبور جریان حاصل می‌شود و جریان در این حالت از ترانزیستور عبور خواهد کرد.



$V_{GS4} > V_{GS3} > V_{GS2} > V_{GS1} > V_{GS}$

* در ناحیه خطی I_D بصورت خطی برحسب V_{DS} تغییر می‌کند ولی در حالتیکه بیش از مقدار معین ترانزیستور به حالت اشباع می‌رود و I_D تقریباً مقدار ثابتی خواهد شد. بخاطر جریان درین بالا و ولتاژ درین کم، ترانزیستورهای قدرت در منطقه خطی جهت کلیدزنی بکار می‌روند. در ناحیه اشباع، جریان درین به ازای هر گونه تغییر در V_{DS} تقریباً ثابت است و لذا در این منطقه بعنوان تقویت کننده ولتاژ کاربرد دارد.

نمایش مداری این ترانزیستور به شکل زیر است :



نوع n-channel ←

* نوع دیگر این ترانزیستورها P-channel است که مشابه نوع کانال n است و با نوع ناحیه مخالف و پلاریته ولتاژهای مخالف. MOSFET یک عنصر با امپدانس ورودی بسیار زیاد و کنترل شونده با ولتاژ است.

Topic

Subject: Date.

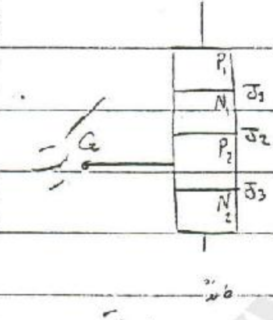
مقایسه بین BJT قدرت و MOSFET قدرت :

BJT	MOSFET
امپدانس ورودی کم، کنترل شونده با جریان	امپدانس ورودی بالا، کنترل شونده با ولتاژ
فرکانس کار متوسط	فرکانس کار بالا
افت ولتاژ هدایت کمتر	افت ولتاژ هدایت بیشتر
تعمیرپذیری کمتری دارد	تعمیرپذیری بالاتری دارد
کنترل مشکل‌تر	کنترل راحت‌تر
در قدرت‌های بالاتر موجود است	در قدرت‌های پایین‌تر موجود است .

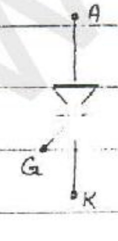
ترستیور : Thyristor یا SCR (Silicon Controlled Rectifier)

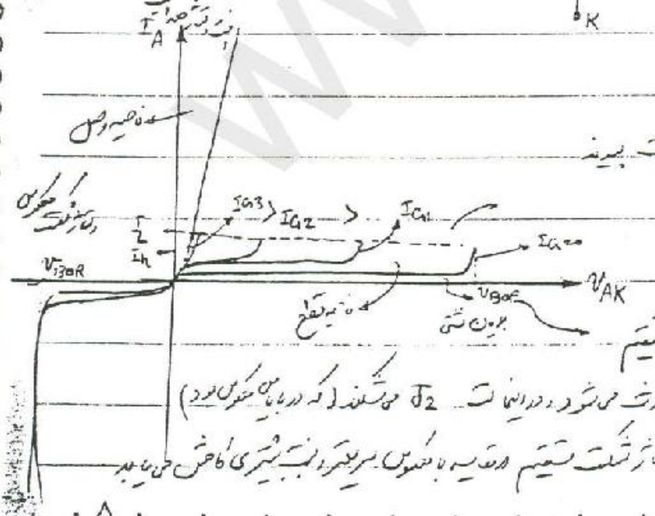
این عنصر در گرایش معکوس مثل دیود قطع است و در گرایش مستقیم علاوه بر آن حالت هدایت نیز دارد .

این عنصر یک المان نیمه هادی چهار لایه با ساختار PNPN ، سه پیوند PN و سه ترمینال A ، K ، G است .



علامت مداری این ترستیور به شکل زیر است :





کاهش ولتاژ بعد از شکست پیوند

V_{BOF} و V_{BOR} معمولاً در یک حد هستند .

ولتاژ شکست مستقیم

V_{BOF} ← ولتاژ شکست مستقیم است که در اثر پدیده شکست بهمنی حادث می‌شود و در این حالت J_2 می‌شکند (که در بایاس معکوس بود)

با افزایش I_G ولتاژ شکست مستقیم و معکوس کاهش می‌یابد به اضافه ولتاژ شکست مستقیم در مقایسه با معکوس سریع‌تر و به نسبت بیشتری کاهش می‌یابد

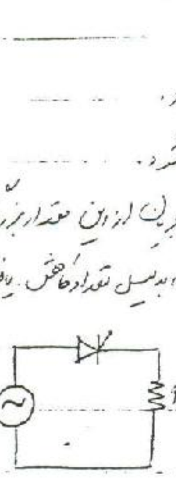
* جریان گیت نسبت به BJT کم است یعنی گیت تریستور به جریان کمتری از جریان بیس BJT برای هدایت نیاز دارد.

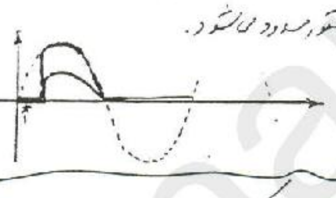
* نیازی به وجود جریان گیت پس از روشن شدن تریستور نیست حتی اگر این جریان قطع شود باز هم تریستور روشن شده، روشن خواهد ماند و این بر اساس فیدبک مثبت آن است.

* Latching Current: I_L سطح جریانی که به ازای آن تریستور روشن شده و به حالت هدایت می‌رود.

* شرط اینکه تریستور از حالت قطع به حالت وصل برود این است که جریان آن از I_L بیشتر شود.

* holding Current: I_h سطح جریانی است که تریستور را در حالت هدایت نگه می‌دارد (مادامی که جریان از این مقدار بزرگتر است). یعنی که زمانی که جریان تریستور از آن کمتر شد، به هدایت ادامه نمی‌دهد که در صورت کنترل نشدن نسبت به آن به دلیل تعداد کاهش یافته حاملین، نواحی تخلیه در اطراف J2 تشکیل شده و تریستور مسدود می‌شود.

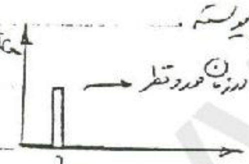




وقت آتش تریستور باید حتماً فراتر از پیک ولتاژ منبع باشد (در مدارهای ac مدار فوق)

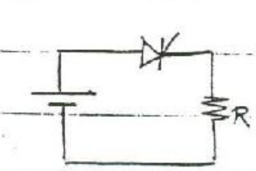
در لحظه مورد نظر جریان گیت را بین گیت و کاتد برقرار می‌سازیم (معمولاً به صورت پالس، ضمناً میزان این جریان هم دارای اهمیت است) (جریان گیت را عمدتاً به صورت پالس اعمال می‌کنیم که در لحظه هدایت واقع شود)

تذکر: * تزریق جریان گیت در این ناحیه ضروری نبود تا تریستور روشن شده و هدایت کند و در این ناحیه زمانی باید جریان گیت را ادامه بدهیم تا از I_L فراتر رود و اصولاً برای تریستور از یک پالس جهت روشن ساختن استفاده می‌شود و نه یک جریان ممتد و پیوسته.



یعنی پالس در زمانی که اطمینان لازم جهت روشن شدن وجود داشته باشد لازم است

در مدارهایی که منبع dc است کنترلی بر روی تریستور وجود نخواهد داشت. و پس از روشن شدن آن باید راهی مناسب جهت خاموش کردن آن یافت. مثلاً از یک مدار دیگر باید استفاده کرد که این کار را برای ما انجام دهد.



نکته: برای قطع شدن تریستور لازم است که اولاً جریان آن از سطح جریان I_h کمتر شود و ثانیاً برای مدت زمان مشخص پتانسیل الکتریکی بین آند و کاتد منفی بماند. (در حالت وصل $V_{AC}=0$ و در حالت قطع $I=0$.)

* عواملی که در کاهش ولتاژ شکست تریستور [illegible] عبارتند از :

۱) جریان گیت

۲) دما ــــ افزایش دما سبب شکسته شدن پیوندهای بیشتری می‌شود و درنتیجه ولتاژ شکست کاهش خواهد یافت

۳) نور تابش آن ــــ نور نیز نوعی انرژی است

۴) اعمال ولتاژ ناگهانی (dv/dt زیاد)

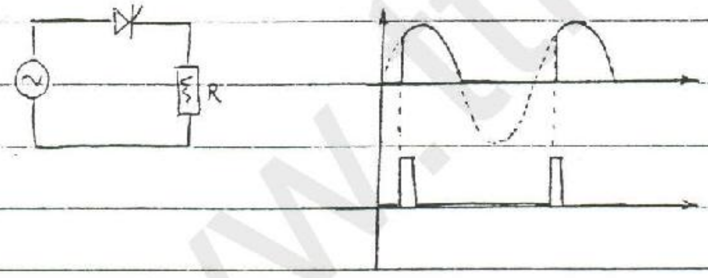
شرایطی که پالسهای اعمالی باید داشته باشند :

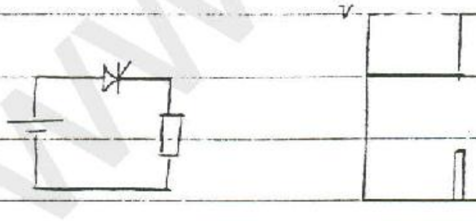
۱) دامنه مناسب داشته باشند.

۲) پهنای پالس به اندازه کافی باشد.

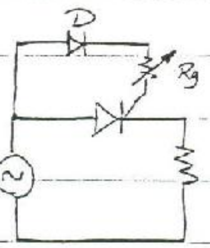
۳) پالس اعمالی سنکرون با منبع ac موجود در مدار باشد

۴) نسبت به منبع ac قابلیت تغییر فاز را داشته باشد





مدار فرمان تریستور :

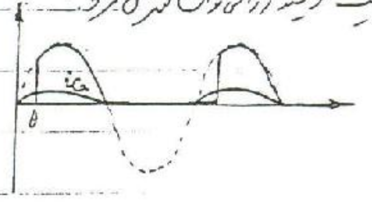


دیود برای حفاظت تریستور در مقابل منفی منبع قرار گرفته است.

(زاویه آتش از نزدیک صفر تا $\pi/2$ می‌تواند تغییر کند.

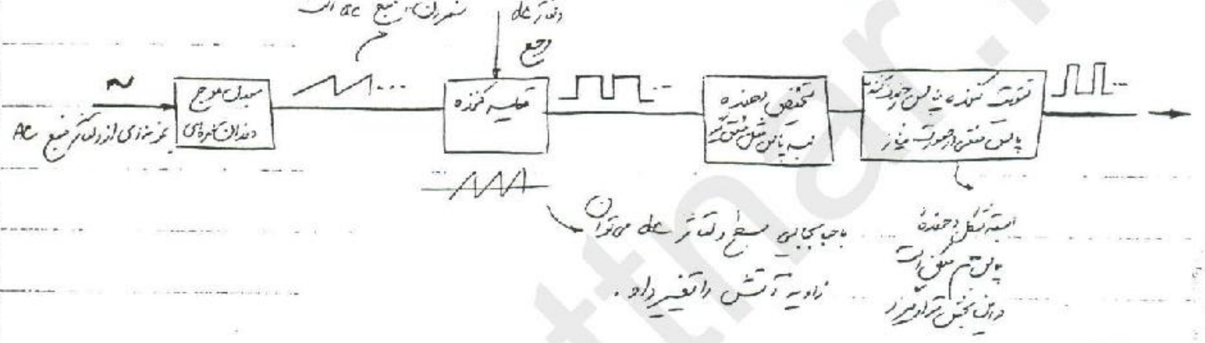
در نیم سیکل منفی ولتاژ گیت کاتد اعمال نمی‌شود چون ممکن است بسوزد

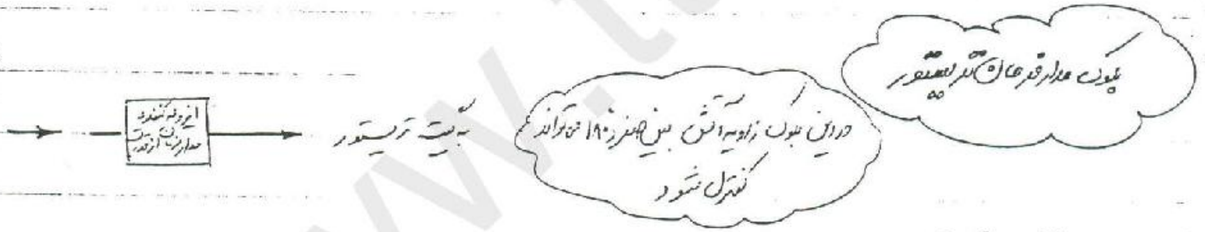
برای تغییر زاویه آتش می‌توان از تغییر R استفاده کرد و بدین ترتیب جریان و در نهایت توان را می‌توان کنترل کرد.



زاویه آتش در این مدار به طور دقیق [illegible] قابل کنترل نیست زیرا عناصری چون دما و حرارت در تغییر زاویه آتش مؤثرند. ضمناً کنترل θ بین صفر و $\frac{\pi}{2}$ است.

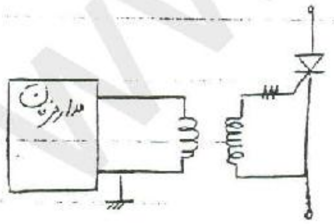
* مطمئن‌ترین مدار، مداری است که پالس را در زمان مورد نظر فراهم سازد و آنگاه پس از روشن شدن ترایستور، پالس قطع شود. علت مطمئن بودن این پالس نسبت به مدار فوق این است که عناصر داخلی ممکن است سبب روشن شدن ترایستور شوند ــــ شکل پالس از زمان مورد نظر وجود نخواهد داشت.


همزمانی از ولتاژ منبع AC
مبدل موج دندان اره‌ای
همزمان با منبع ac است
ولتاژ dc مرجع
مقایسه کننده
تشخیص دهنده لبه پالس مثبت و منفی
تقویت کننده پالس جدا کننده پالس مثبت و منفی به صورت مجزا
با جابجایی سطح ولتاژ dc می‌توان زاویه آتش را تغییر داد.
استفاده شکل دهنده پالس هم ممکن است در این بخش قرار گیرد

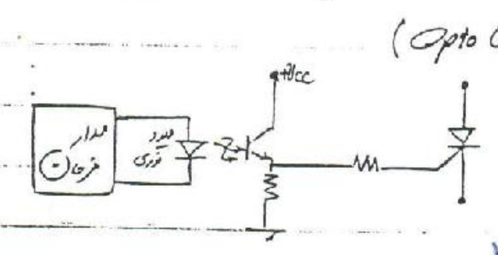

بلوک مدار فرمان تریستور
ایزوله کننده مدار فرمان از قدرت
گیت تریستور
در این بلوک زاویه آتش بین صفر و ۱۸۰ می‌تواند کنترل شود

ایزولاسیون مدار فرمان :

۱) استفاده از ترانس ایزولاسیون



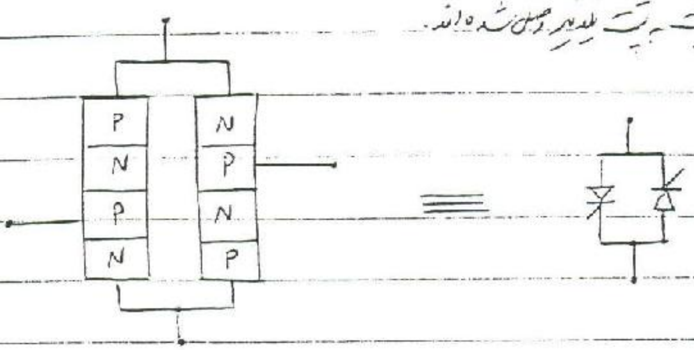
۲) ایزولاسیون با استفاده از کوپلاژ نوری (Opto Coupler)


+Vcc
مدار فرمان
مدار نوری

٧

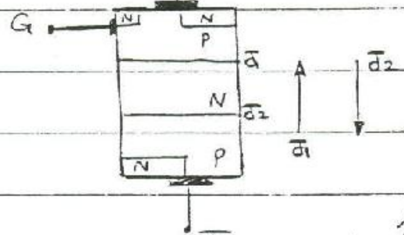
تریاک : "TRIAC"

معادل یک مدار است که از دو تریستور پشت به پشت یکدیگر وصل شده اند.



معادل دو تریستور موازی معکوس Anti parallel

برای خاصیت حفاظتی اصولاً به شکل زیر ساخته می شوند :

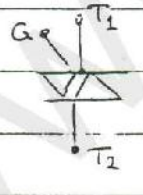


J_1 ← پیوند بایاس معکوس هرگاه جریان مثبت از T_2 به سمت T_1 باشد

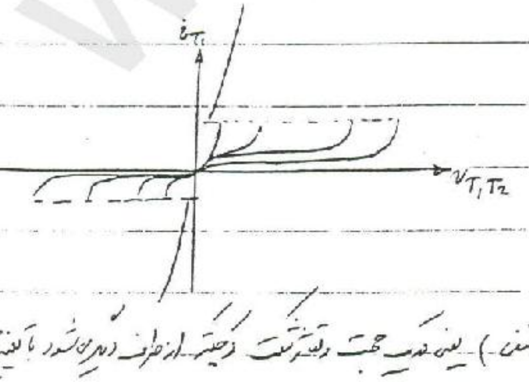
J_2 ← " " " " از T_1 به سمت T_2 باشد.

معمولاً یک جریان گیت (مثبت یا منفی) هرگاه به اندازه کافی زیاد باشد می تواند این تریستور را در جهتی که بایاس شده است به هدایت وادارد.

نقش مداری این قطعه بشکل زیر است :



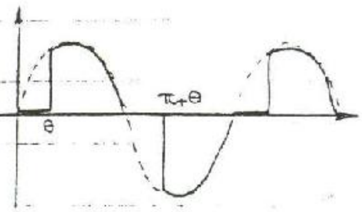
منحنی این قطعه به شکل زیر رسم شده است :

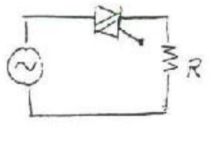


حالت تریاک در دو جهت یکسان نیست (برای i_G مثبت و منفی) یعنی در یک جهت دقیق‌تر است که حتماً از طرف گیت روشن شود تا دیگر جهت. اما

www.ttnar.ir

از این شکل می‌توان نتیجه گرفت که در مدار تریاک را که به جای آن تریستور هم می‌توان مورد استفاده قرار داد.

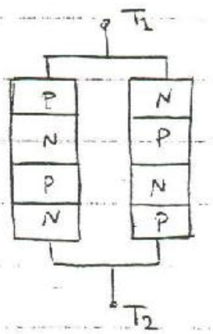


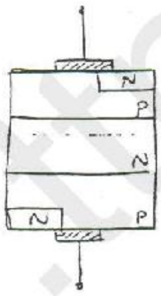


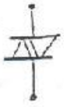
در کنترل کننده ولتاژ ac می‌تواند به کار رود.

دیاک "DIAC" :

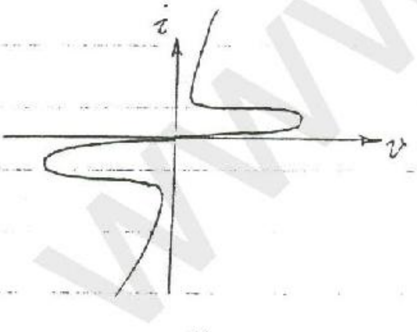
بیشتر در کنترل و تحریک کردن مدارهای قدرت کاربرد دارد ولی جزء قطعات قدرت نمی‌توان آن را محسوب کرد.

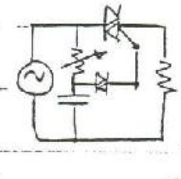






معمولاً برای تحریک کردن تریستور و تریاک به کار می‌رود.



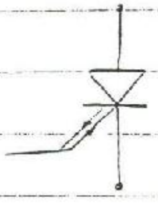


مدار کنترل ساده برای تریاک

زمانی که ولتاژ شارژ خازن به ولتاژ شکست دیاک رسید آنگاه دیاک روشن شده جریان گیت برقرار می‌شود و آنگاه تریاک روشن می‌شود پس از تخلیه خازن در مقاومت، در نیم سیکل بعدی روال مشابه در جهت مخالف صورت خواهد گرفت. برای تغییر زاویه آتش و زمان شارژ خازن از یک مقاومت متغیر استفاده می‌شود.

Subject: Date.

GTO "Gate Turn off Thyristor" :



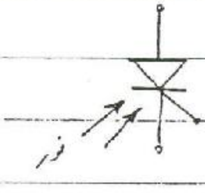
با تزریق جریان مثبت به گیت (پالس مثبت) روشن می‌شود و با تزریق جریان منفی در گیت (پالس منفی) خاموش می‌گردد.

مدارهایی که تریستورها از لحاظ قدرت جوابگو نیستند این قطعه می‌تواند بکار رود.

محسنات تریستور و ترانزیستور را باهم دارد.

از لحاظ قدرتی از ترانزیستورها بالاتر و از تریستورها در سطح قدرت پایین‌تری کاربرد دارد.

فوتوتریستورها: LASCR یا Light Activated SCR یا تریستور نوری

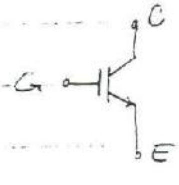


البته این قطعه معمولاً غیر از گیت حساس به نور، گیت معمولی هم دارد.

این قطعه برای مدارهای ایزولاسیون قطعه‌ای مناسب می‌تواند باشد.

www.tnar.ir

ترانزیستور IGBT : Insulated Gate BT

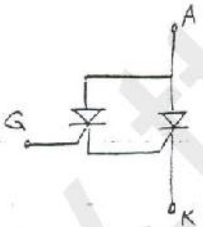


شکل مداری عنصر بصورت زیر است :

این عنصر کنترل شونده با ولتاژ است . این عنصر از نظر ورودی مثل یک MOSFET عمل می‌کند اما از دید پایه های خروجی مثل یک BJT است با تفاوت کم این عنصر .

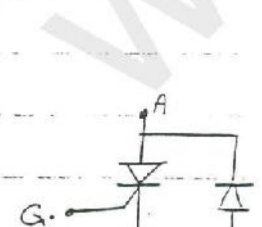
این عنصر می‌کوشد مزایای دو عنصر BJT و MOSFET را بصورت یکجا دارد یعنی کنترل راحت‌تر و با تلفات کمتر MOSFET (کنترل شونده با ولتاژ) راحت‌تر و تلفات هدایت کمتر BJT را دارد .

Amplifying Gate SCR :



می‌دانیم هنگامیکه جریان گیت یک ترانزیستور اعمال می‌شود باعث روشن شدن آن روزنه‌ای در پیرامون گیت برقرار شده و مسیری برای عبور جریان از آند به کاتد آن ایجاد می‌شود حال اگر میزان $\frac{di}{dt}$ ورودی از آند به کاتد تغییر سریعی داشته باشد و زیاد شود آنگاه چگالی جریان در سطح روزنه ایجاد شده ممکن است از حد توان عنصر بیشتر شود لذا برای حل این مشکل کاری که انجام می‌شود این است که از یک ترانزیستور دیگر بصورت شکل فوق استفاده می‌شود بطوریکه با جریان کوچکتر روشن شدن ترانزیستور کمکی آنگاه ترانزیستور اصلی روشن می‌شود در واقع یک نوع تقویت داخلی صورت گرفته است .

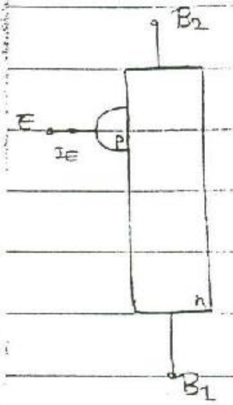
"Reverse Conducting" RCT :

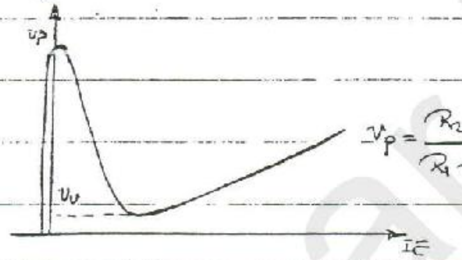


www.tinar.ir

ترانزیستور تک اتصالی: "Uni Junction Transistor" UJT

تشکیل شده است از یک تیغه‌ای با نوع ناخالصی که معمولاً از نوع n است. تزریق ناخالصی در این تیغه‌ها به گونه‌ای است که بین دو سر بالا و پایین آن مقاومت زیادی وجود دارد. ناخالصی دیگری از نوع P بر سطح آن همچون شکل روبرو متصل می‌شود.





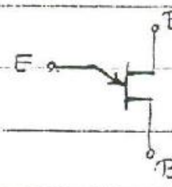
$$v_p = \frac{R_2}{R_1+R_2}V + v_D$$

v_D ← ولتاژ هدایت دیود

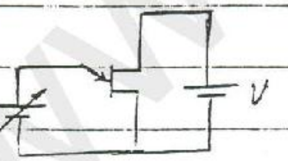
ولتاژ قله ← v_p

ولتاژ دره ← v_v

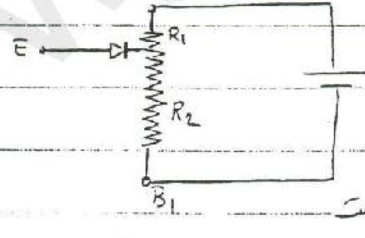
نماد مداری این عنصر:



ترانزیستور UJT



UJT را می‌توان به شکل زیر مدل کرد:



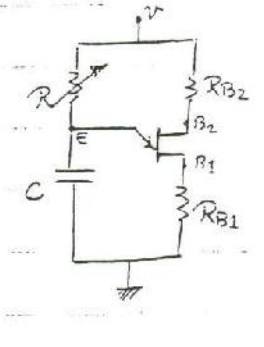
وقتی ولتاژ به مقدار vp رسید آنگاه ترانزیستور روشن می‌شود و در حالت هدایت قرار می‌گیرد در حال مقاومت R_2 به شدت کاهش می‌یابد و به دنبال آن مجموعه از خود اثر مقاومت منفی را نشان می‌دهد. پس از رسیدن ولتاژ به یک مقدار حداقل با اضافه شدن جریان ولتاژ VE را دسته کمی افزایش می‌یابد. به صورت گرایی به همین ها، بنابراین R2 تقریباً تغییر نکند.

طبق تعریف :

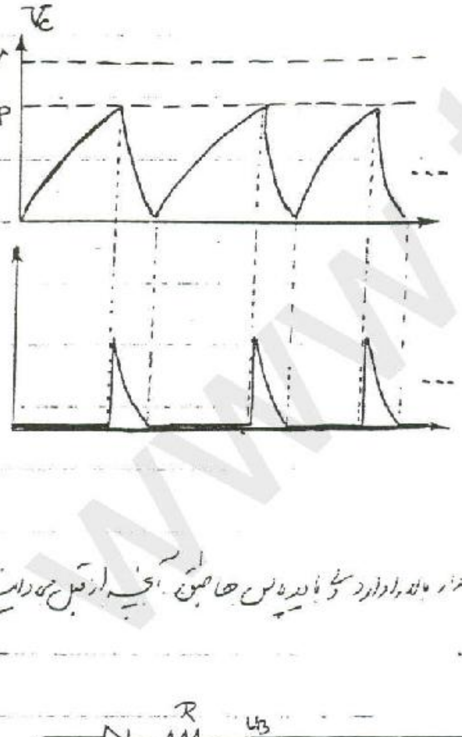
ضریب پچیره $\eta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

→ Intrinsic Stand Off Ratio

* یکی از مدارات که UJT در آن کاربرد دارد در زیر آمده است (مدارات نوسان ساز)



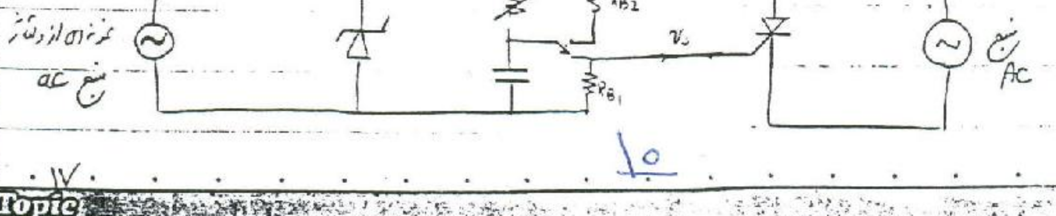
* نحوه عملکرد این مدار به این صورت است که در ابتدا UJT خاموش است و خازن از طریق منبع DC ، V شارژ می‌شود تا زمانیکه میزان شارژ به حدی برای تریگر شدن برسد آنگاه UJT روشن شده و خازن دشارژ می‌شود وقتی ولتاژ دو سر UJT به مقدار Min رسید خاموش می‌شود و دوباره عمل تخلیه شروع و تکرار می‌شود.



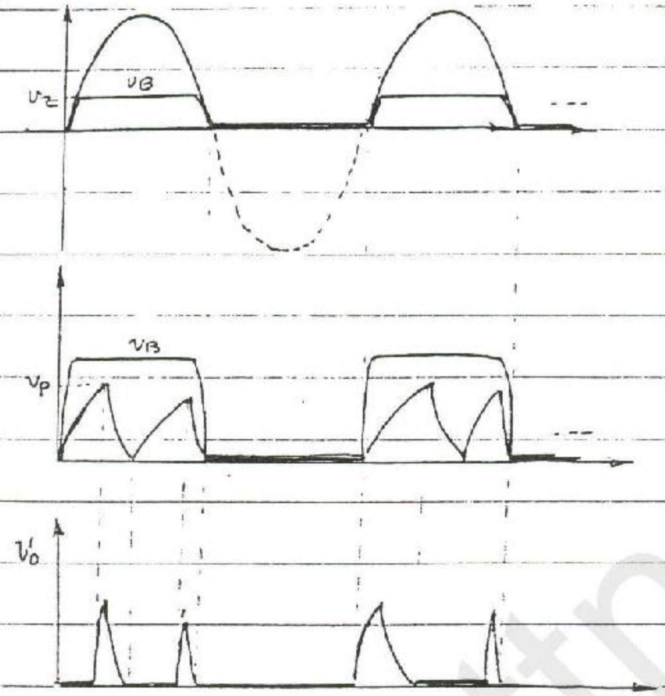
مدار فوق Relaxation Osc. نام دارد.

استفاده از UJT برای تریگر کردن تریستورها

مداری که در این کاربرد مورد استفاده قرار می‌گیرد چون تریگرها نیاز به ولتاژ دارند که باید پس طبق آنچه از قبل می‌دانیم با منبع ac همسنکرون باشد لذا نمونه‌ای از آن را می‌بینیم.



نمودارهای عملکرد مدار :



قاعدتاً اولین پالس معمولاً تریستور را روشن می‌کند. چنین پالسی با توجه به مشخصه‌های مدار شروع پالس اول در هر بازه زمانی مشخص است یعنی زاویه آتش تریستور همواره در سیکل‌های مختلف ثابت است و نیز این مسئله که سنکرون‌سازی در این مدار حل شده است

گاهی اوقات ممکن است زاویه آتش آنقدر کوچک شود که تریستور آماده هدایت نباشد و در این حالت اعمال پالس باعث روشن شدن تریستور نخواهد شد. در چنین حالتی بهتر است از قطار پالس استفاده شود تا با پالس‌های بعدی روشن شود (کوچک کردن زاویه آتش شاید به منظور رساندن جریان بیشتر به بار صورت گرفته باشد)

مقایسه تریستور و ترانزیستور قدرت :

تریستور (Thyristor)	ترانزیستور قدرت (BJT)
بدون امکان قطع مستقیم	فرمان قطع از طریق بیس
کند (زمان قطع 10-100 میکروثانیه)	سریع (زمان قطع حدود میکروثانیه)
هدایت همیشه یک جهت	احتمال هدایت در جهت معکوس هم وجود دارد (البته بین امیتر و بیس است)
مدار فرمان انرژی کمی مصرف می‌کند مقاوم در مقابل اضافه جریان کوتاه مدت	مادامی که ترانزیستور باید روشن باشد جریان بیس باید برقرار باشد و انرژی تلف می‌کند شکننده در مقابل شکست ثانوی و تحمل کمتر در اضافه جریان

یکسوکننده‌ها « Rectifiers » :

انواع یکسوکننده‌ها : ← ۱- کنترل نشده : عناصر یکسوکننده فقط دیود هستند ـــ این عناصر هم از لحاظ بلوکه‌شدن هم از لحاظ هدایتی ثابت هستند.

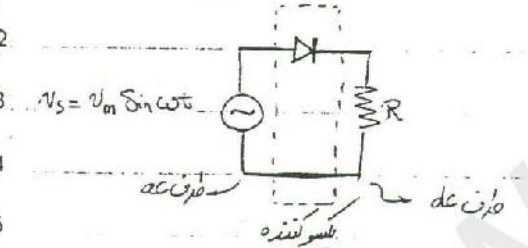
۲- نیمه کنترل شده : عناصر یکسوکننده تعدادی دیود و تعدادی تریستور هستند.

۳- کنترل شده کامل : همهٔ عناصر یکسوکننده قابل کنترل هستند مثل تریستور...

تقسیم‌بندی‌های دیگر :

آ. یکسوکننده نیم موج
ب. یکسوکننده تمام موج

I) یکسوکننده تکفاز
II) یکسوکننده چندفاز

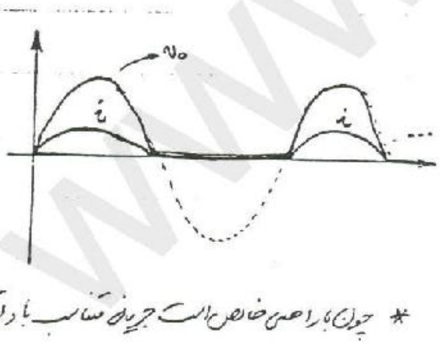


← یکسوکننده تکفاز نیم موج کنترل نشده که بار آن یک بار اهمی خالص است.

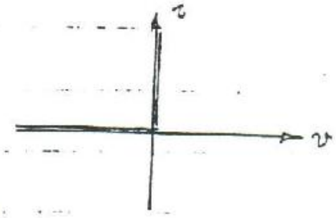
فرضهای ساده کننده :

منبع ولتاژ سینوسی کامل دامنه آن با دامنه v_m و فرکانس ω_m .

عناصر یکسوساز کاملاً ایده‌آل یعنی دیود که در جهت مستقیم اتصال کوتاه و در بایاس معکوس قطع است یعنی مشخصه دیود مورد نظر ما به صورت زیر است :



* چون بار اهمی خالص است جریان متناسب با ولتاژ از مدار عبور می‌کند



$$v_o = \begin{cases} v_m \sin\omega t & 0 \le \omega t < \pi \\ 0 & \pi \le \omega t < 2\pi \end{cases}$$

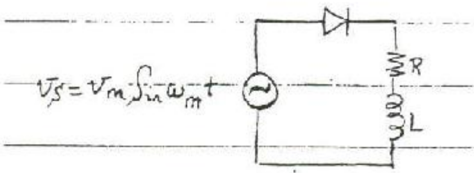
$$i = \begin{cases} \frac{v_m}{R} \sin\omega t & 0 < \omega t < \pi \\ 0 & \pi < \omega t < 2\pi \end{cases}$$

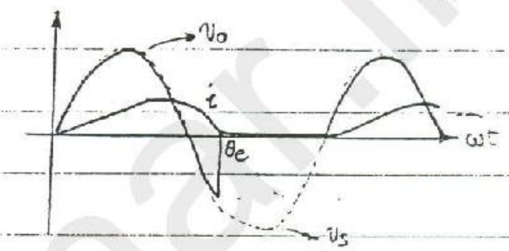
اصولاً در بحث از حالت عمل منظور مقدار متوسط جریان یا ولتاژ است ؛ با توجه به این نکته قراردادهای زیر را انجام می دهیم :

مقدار متوسط ولتاژ خروجی یکسوکننده : $v_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v_o \, d\omega t = \frac{V_m}{\pi}$

مقدار متوسط جریان خروجی یکسوکننده : $I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i \, d\omega t = \frac{V_m}{R\pi}$

یکسوکننده با بار RL :





در این مدار دیود تا زمانی هدایت می کند که جریان صفر نشده است که زمان مورد نظر با توجه به وجود سلف نسبت به مدار اهمی خالص دارای مقداری تأخیر است .

زاویه ای که دیود در آن خاموش می شود را با θ_e نشان می دهیم و به آن زاویه خاموشی دیود می گویند .

اگر $0 < \omega t < \theta_e$:

$$Ri + L\frac{di}{dt} = V_m \sin\omega t$$

$$\Rightarrow i = \underbrace{Ae^{-t/\tau}} + \frac{V_m}{Z}\sin(\omega t - \varphi) \quad , \quad \begin{cases} \tau = L/R \\ Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \\ \varphi = tg^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right) \end{cases}$$

که پاسخ طبیعی مدار که ضریب آن با توجه به شرایط اولیه مدار حاصل می شود

شرط اولیه $\begin{cases} \omega t = 0 \\ i = 0 \end{cases} \Longrightarrow 0 = A - \frac{V_m}{Z}\sin\varphi \Longrightarrow A = \frac{V_m}{Z}\sin\varphi$

بنابراین $\Longrightarrow i = \frac{V_m}{Z}\left[\sin\varphi \, e^{-t/\tau} + \sin(\omega t - \varphi)\right]$

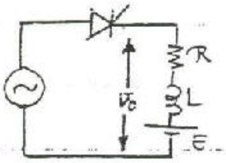
www.tnar.ir

$$\begin{cases} \omega t = \theta_e \\ i = 0 \end{cases} \Longrightarrow \sin\varphi\, e^{-t/\tau} + \sin(\theta_e - \varphi) = 0 \Longrightarrow \theta_e = \cdots$$ بدست می‌آید

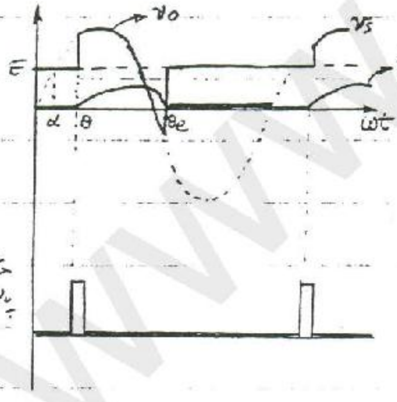
$$V_{av} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\theta_e} V_m \sin\omega t \, d\omega t = V_{dc} \Longrightarrow V_{dc} = \cdots$$ بدست می‌آید

$$I_{dc} = I_{av} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\theta_e} i \, d\omega t = \frac{V_{dc}}{R}$$

یکسوکننده کنترل شده تکفاز نیم موج :



این مدار کاربردهای زیادی دارد که عمده‌ترین آن تغذیه موتورهای dc است که در حالت کلی آن را با یک مقاومت و سیم‌پیچ اندوکتانس و نیروی ضد محرکه E مدل می‌شود.



مدار زمانی آماده هدایت است که تریستور در گرایش مستقیم قرار گیرد و در ابتدای کار مقدار ولتاژ از مقدار E کوچکتر است پس تریستور هدایت نخواهد کرد. بنابراین تریستور را بعد از زاویه $\omega t = \alpha = \sin^{-1}\frac{E}{V_m}$ می‌تواند روشن شود.

حال فرض را بر آن می‌گذاریم که زاویه آتش θ است.

* جریان با مقداری تأخیر به خاطر وجود سلف به مقدار حقیقی رسد.

برای $\omega t \geq \theta$:

$$Ri + L\frac{di}{dt} + E = V_m \sin\omega t \longrightarrow Ri + L\frac{di}{dt} = V_m \sin\omega t - E$$

پاسخ معادله : $i = Ae^{-t/\tau} + \frac{V_m}{Z}\sin(\omega t - \varphi) - \frac{E}{R}$

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2} \quad , \quad \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right) \quad , \quad \tau = L/R$$

دقت اینکه از شرط حاضر استفاده کرده‌ایم ← $\begin{cases}\omega t=\theta \\ i=0\end{cases}$: شرایط اولیه

این است که معادلات نوشته شده برای ωt

بعد از θ نوشته شده و برای آن صادق است

$$\Rightarrow 0 = Ae^{\frac{-R\theta}{L\omega}} + \frac{V_m}{Z}\sin(\theta-\varphi) - E/R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{A = -\left[\frac{V_m}{Z}\sin(\theta-\varphi) - E/R\right] e^{R\theta/L\omega}}$$

بنابراین :

$$i = \left[\frac{V_m}{Z}\sin(\omega t-\varphi) - E/R\right] - \left[\frac{V_m}{Z}\sin(\theta-\varphi) - E/R\right] e^{\left(-\frac{tR}{L}+\frac{\theta R}{\omega L}\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i = \frac{V_m}{R}\left\{\left[\frac{R}{Z}\sin(\omega t-\varphi) - \frac{E}{V_m}\right] - \left[\frac{R}{Z}\sin(\theta-\varphi) - \frac{E}{V_m}\right] e^{-\frac{\omega t-\theta}{tg\varphi}}\right\}$$

از فرض‌های قبلی به این صورت استفاده شده است که : $tg\varphi = \frac{L\omega}{R}$, $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

$$\Rightarrow \boxed{i = \frac{V_m}{R}\left\{\left[\cos\varphi\sin(\omega t-\varphi) - \frac{E}{V_m}\right] - \left[\cos\varphi\sin(\theta-\varphi) - \frac{E}{V_m}\right] e^{-\frac{\omega t-\theta}{tg\varphi}}\right\}}$$

رابطهٔ نهایی برای جریان که می‌توان از روی آن پارامترهای مجهول را بدست آورد

$$\begin{cases}\omega t=\theta_e \\ i=0\end{cases} \rightarrow \cos\varphi\sin(\theta_e-\varphi) - E/V_m = \left[\cos\varphi\sin(\theta-\varphi) - \frac{E}{V_m}\right] e^{\frac{\theta_e-\theta}{tg\varphi}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\cos\varphi\sin(\theta_e-\varphi) - \frac{E}{V_m}\right] e^{\theta_e/tg\varphi} = \left[\cos\varphi\sin(\theta-\varphi) - \frac{E}{V_m}\right] e^{\frac{\theta}{tg\varphi}}$$

از عبارت فوق می‌توان هر یک از مقادیر E/V_m ، θ ، θ_e یا φ را با داشتن سه مجهول بدست آورد.

www.ttmar.ir

* مقدار L در نقطه واقع شدن θ_e مؤثر است به این صورت که با بزرگتر شدن آن تأخیر بیشتر و θ_e بزرگتر خواهیم داشت.

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v_o\,d\omega t = \frac{1}{2\pi}\left\{\int_\theta^{\theta_e} V_m \sin\omega t\,d\omega t + \int_{\theta_e}^{2\pi+\theta} E\,d\omega t\right\} \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\left\{V_m(\cos\theta - \cos\theta_e) + E(2\pi+\theta-\theta_e)\right\}$$

$$= \frac{V_m}{2\pi}\left\{(\cos\theta - \cos\theta_e) - \frac{E}{V_m}(\theta_e-\theta)\right\} + E$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i\,d\omega t = \frac{1}{2\pi}\int_\theta^{\theta_e} i\,d\omega t = \frac{V_{dc}-E}{R} \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \boxed{I_{dc} = \frac{V_m}{2\pi R}\left\{(\cos\theta - \cos\theta_e) - \frac{E}{V_m}(\theta_e-\theta)\right\}}$$

* اثبات درستی رابطه جریان dc :

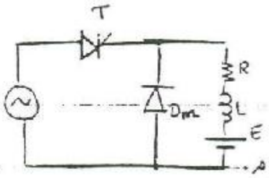
$$v_o = Ri + L\frac{di}{dt} + E \Longrightarrow V_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v_o\,d\omega t = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} Ri\,d\omega t + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} L\frac{di}{dt}\,d\omega t + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} E\,d\omega t$$

$$\Longrightarrow V_{dc} = RI_{dc} + E \Longrightarrow \boxed{I_{dc} = \frac{V_{dc}-E}{R}}$$

در مدار مورد نظر هر قدر مقدار L افزایش یافته باشد طول ناحیه قطع کوچکتر خواهد شد و جریان به حالت پیوسته نزدیکتر خواهد شد ولی بزرگ نمودن E اثر معکوس روی ناحیه قطع دارد و آن را بزرگتر می کند.

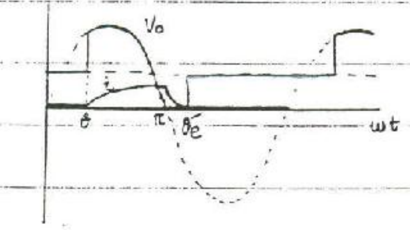
www.ttmar.ir

دیود هرزگرد : "freewheeling"



هنگامی که ولتاژ به سر بار منفی شود، دیود هرزگرد در گرایش مستقیم قرار می‌گیرد و هدایت می‌کند و بار منفی تشکیل می‌شود و در نتیجه انرژی مغناطیسی ذخیره شده افزایش می‌یابد.

وقتی دیود روشن شود تریستور خاموش می‌شود.



در واقع در این مدار جریان دیرتر صفر می‌شود که ثابت زمانی است

جریان به پارامترهای بار بستگی دارد.

$\theta < \omega t < \pi$: $\Longrightarrow i =$ ---- همه روابط مدار قبلی

$\omega t = \pi \Longrightarrow i = I_\pi$

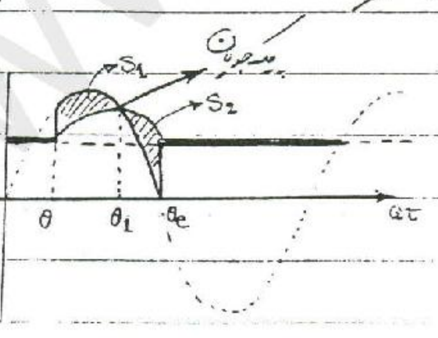
$\pi < \omega t < \theta_e$:

$$Ri + L\frac{di}{dt} + E = 0 \Longrightarrow i = Ae^{-t/\tau} - E/R$$

$$\begin{cases} \omega t = \pi \\ i = I_\pi \end{cases} \Longrightarrow A = \cdots \qquad \Longrightarrow i = \cdots$$

$$\begin{cases} \omega t = \theta'_e \\ i = 0 \end{cases} \Longrightarrow \theta'_e = \cdots$$

هرقدر τ بزرگتر باشد θ_e بزرگتر خواهد شد طوری که ممکن است تحت شرایطی از 2π هم بزرگتر شود. علت آن هم لزوم برابری S_1 و S_2 است.



این بار جریان را به این صورت نشان می‌دهیم :

$i \longrightarrow Ri + E$

جایی که منحنی جدید، منحنی قبلی را قطع می‌کند، جریان پیک جریان است و منحنی S_1 و S_2 دارای سطحی برابر هستند.

در واقع فاصله بین منحنی $Ri+E$ و v_s در هر لحظه مقدار $L\frac{di}{dt}$ را نشان می‌دهد بنابراین محل تقاطع به منزله صفر بودن مشتق جریان است یعنی جریان در پیک مقدار خود است.

Subject: Date.

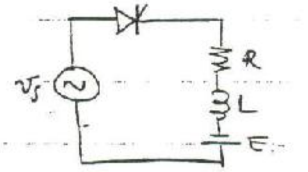
$$S_1 = \int_{\theta}^{\theta_1} L\frac{di}{dt}\, d\omega t \quad , \quad S_2 = \int_{\theta_1}^{\theta_e} L\frac{di}{dt}\, d\omega t$$

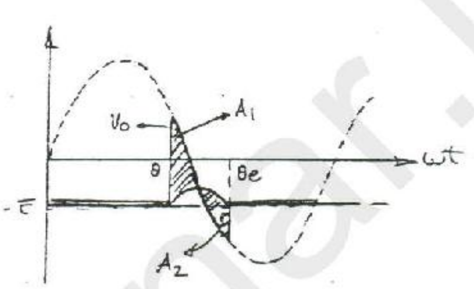
$$\Rightarrow S_1 = L\omega I_1 \quad , \quad S_2 = -\omega L I_1$$

I_1 جریان در θ_1 است.

$$\Rightarrow |S_1| = |S_2|$$

کاربرد اینورتری مدار قبل :





$$V_{dc} < 0 \Rightarrow V_{dc} = \frac{V_m}{2\pi}\left[(\cos\theta - \cos\theta_e) + \frac{E}{V_m}(\theta_e - \theta)\right]$$

* در حالت قبل V_{dc} و i به گونه‌ای بودند که توان می‌گرفت و در این مدار توان تحویل داده می‌شود و به سمت منبع V_s می‌رود یعنی مدار اول حالت یکسوکنندگی داشت در حالیکه با توجه به جهت توان و انرژی این مدار حالت اینورتری دارد.

* در این مدار زاویهٔ آتش باید بزرگ انتخاب شود چون در غیر این صورت اگر زاویهٔ آتش کوچک باشد منبع ac و منبع dc با کمک یکدیگر جریان بزرگی را در مدار برقرار می‌سازند و به دنبال آن چون باید A_1 و A_2 یکسان باشند پس θ_e بزرگ شده و ممکن است از مقدار 2π هم بزرگتر شود در چنین حالتی دیگر تریستور خاموش نخواهد شد و همیشه روشن است بنابراین هیچ نوع کنترلی بر روی مدار وجود نخواهد داشت و مدار حالت ناپایدار به خود می‌گیرد.

$$i = \frac{V_m}{R}\left\{\left[\cos\varphi \sin(\omega t-\varphi) + \frac{E}{V_m}\right] - \left[\cos\varphi \sin(\theta-\varphi) + \frac{E}{V_m}\right] e^{-\frac{\omega t - \theta}{\tan\varphi}}\right\}$$

بدست آوردن زاویه خاموشی :
$$\left[\cos\varphi \sin(\omega t-\varphi) + \frac{E}{V_m}\right] e^{\theta_e/\tan\varphi} = \left[\cos\varphi \sin(\theta-\varphi) + \frac{E}{V_m}\right] e^{\theta/\tan\varphi}$$

* $v_{dc} = \frac{v_m}{2\pi}\left[(\cos\theta - \cos\theta_e) + \frac{E}{v_m}(\theta_e - \theta)\right] - E$

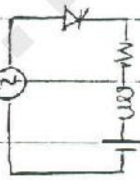
* $v_{dc} = RI_{dc} - E$

بررسی روابط ولتاژ و توان در حالت یکسوکنندگی مدار :

$I_{dc} > 0 \quad , \quad V_{dc} > 0$

$v_{dc} = RI_{dc} + E > 0$

$P \approx V_{dc} I_{dc} > 0 \rightarrow$ قدرت انتقالی از طرف ac به طرف dc



قدرت لحظه‌ای $p = v_0 i$

قدرت متوسط $P = \frac{1}{2\pi}\int^{2\pi} p \, d\omega t = \frac{1}{2\pi}\int^{2\pi} v_0 i \, d\omega t$

* رابطه قدرت انتقالی تقریبی است چون v_0 و i هیچکدام دارای شکل موج سینوسی نیستند.

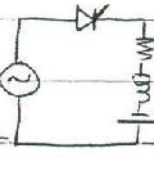
* قدرت انتقالی از طرف منبع ac به طرف منبع dc مثبت است به عبارت دیگر مبدل به صورت یکسوکننده کار می‌کند.

بررسی روابط توان در حالت اینورتری مدار :

$I_{dc} > 0$

$v_{dc} = RI_{dc} - E$

if $RI_{dc} < E \Rightarrow v_{dc} < 0 \Rightarrow P \approx V_{dc} I_{dc} < 0$



* یعنی قدرت از طرف dc به طرف ac منتقل می‌شود به عبارت دیگر مبدل در حالت اینورتری کار می‌کند

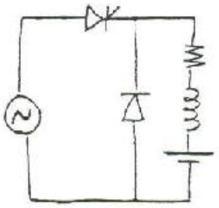
توان اهمی در R تلف می‌شود

* این حالت اینورتری، حالت وابسته نام دارد چون فرکانس مدار به فرکانس منبع ac موجود در مدار بستگی دارد.

* حالت دیگر، اینورتر مستقل است که با کمک یک منبع dc بدون حضور منبع ac، منبع ac با فرکانس دلخواه ایجاد می‌کنیم.

www.ttnar.ir

در مبدل‌های نیم‌کنترل شده بر روی ولتاژ و مقدار آن کنترل وجود دارد ولی بر روی پلاریته آن کنترلی نداریم. (مدار با دیود هرزگرد)

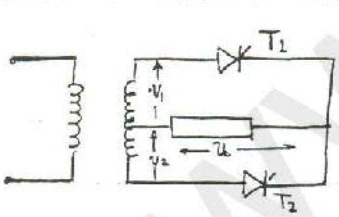


* در این مدار تریستور بلافاصله وقتی ولتاژ به گرایش معکوس می‌رود ⟵ خاموش می‌شود چون دیود روشن می‌شود. در این مدار ولتاژ هیچ‌گاه اجازه منفی شدن پیدا نمی‌کند در واقع کنترلی هم بر روی این پلاریته وجود ندارد.

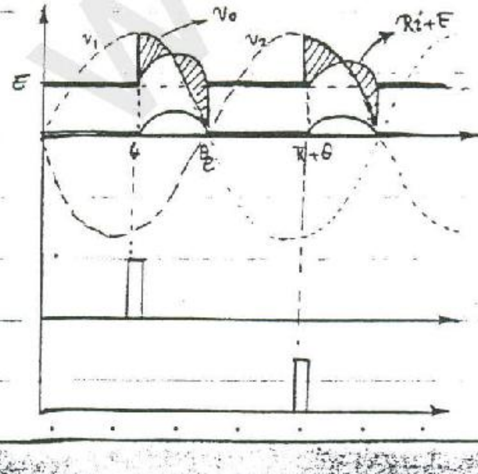
اغلب ما به ولتاژهایی ... علاوه بر این نیاز داریم که پیوسته هم باشند بنابراین ما به سراغ یکسوکننده با پالس‌های بیشتر می‌رویم و به جای نیم موج از یکسوکننده‌های تمام موج استفاده می‌کنیم.

* مبدل‌های چندفاز *

مبدل دوفاز نیم موج :



نام دیگر این مبدل، ترانس با انشعاب سر وسط است.



* در دوفاز، هر فاز با دیگری π رادیان اختلاف فاز دارد.

* در مبدل چندفاز، در مسیر هر فاز یک دیود یا تریستور قرار می‌گیرد.

یکسوسازهای چندفاز برای ترستورهای هم‌فاز، فرمان (پالس) جداگانه‌ای فرستاده می‌شود که در همهٔ فازها زاویهٔ آتش یکسان خواهد بود.

$$\begin{cases} v_1 = V_m \sin \omega t \\ v_2 = V_m \sin(\omega t - \pi) \end{cases}$$

در نیم سیکل اول جریان از T1 و v1 گذشته و به بار RLE می‌رسد و در نیم سیکل دوم نیز همین عمل از طریق T2 و منبع v2 صورت می‌گیرد.

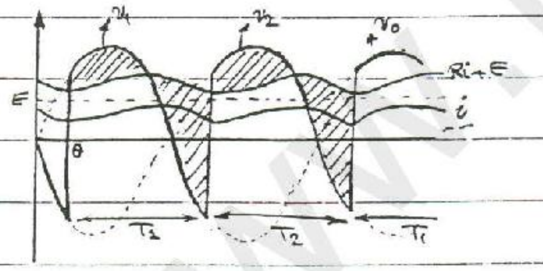
تفاوت این مدار با مدار قبل در این است که شکل موج جدید یکنواخت‌تر و ثابت‌تر شده است و سطح DC خروجی افزایش پیدا کرده است.

صاف‌تر شدن جریان در این مدار نشان‌دهندهٔ بهتر شدن ولتاژ است.

$$I_{dc} = \frac{V_m}{\pi R}\left[(\cos\theta - \cos\theta_e) - (\theta_e - \theta)\frac{E}{V_m}\right]$$

$$V_{dc} = RI_{dc} + E$$

حال زاویهٔ آتش را کوچک می‌کنیم تا خروجی جدید را بدست آوریم:



در این حالت با روشن شدن T2، T1 خاموش می‌شود و جریان پس از هر نیم سیکل قبل از اینکه به صفر برسد مجدداً در بار شروع به افزایش پیدا می‌کند تا اینکه پس از مدتی به پایداری می‌رسد.

بنابراین در مدار دوفاز می‌توان جریان و ولتاژ پیوسته‌ای بدست آورد یعنی با این کار به حالت ایده‌آل منبع جریان و ولتاژ نزدیک شده‌ایم.

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi}\int_{\theta}^{\pi+\theta} V_m \sin \omega t \, d\omega t$$

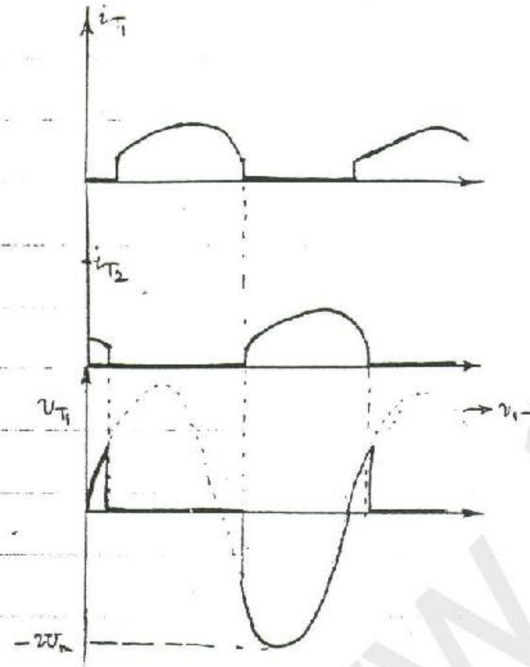
θ_e در شکل فوق ظاهر نشده است چون دائماً یکی از ترستورها هدایت، و ولتاژ منبع مربوطه به آن متصل به بار است.

www.ttnar.ir

$$v_{dc} = \frac{v_m}{\pi}\left[-\cos\omega t\right]_{\theta}^{\pi+\theta} \Longrightarrow v_{dc} = \frac{2v_m}{\pi}\cos\theta$$

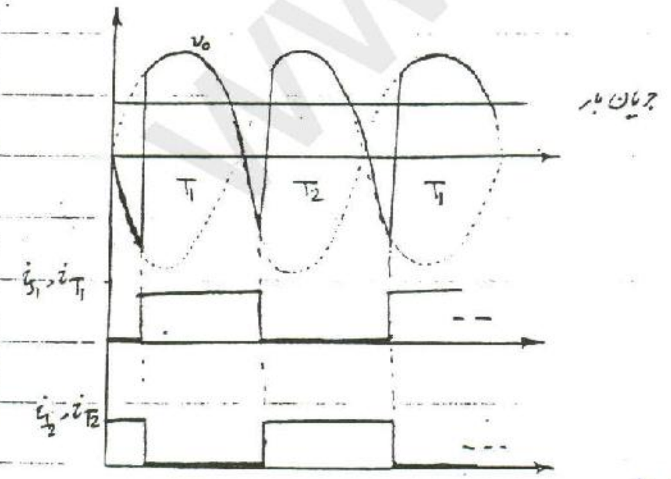
$$I_{dc} = \frac{v_{dc}-E}{R} = \frac{\frac{2v_m}{\pi}\cos\theta - E}{R}$$

T_1 تا T_2 : جریان ثانویه ترانس (جریان منبع) —

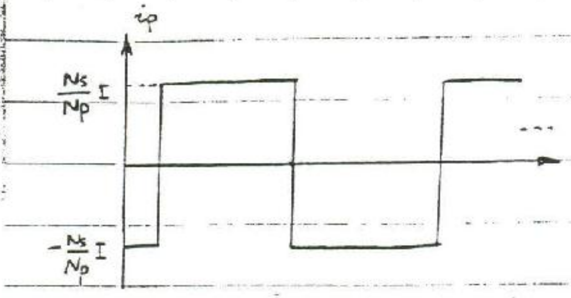

i_{T_1}
i_{T_2}
v_{T_1}
$v_1 - v_2$
$-2v_m$

چون هدف طراحی مدار است باید پارامترهای عناصر مورد استفاده شناسایی شده باشند.

— فرض می‌کنیم جریان در بار پیوسته و صاف باشد.


v_0
جریان بار
T_1
T_2
T_1
i_{s_1}, i_{T_1}
i_{s_2}, i_{T_2}

17/



S → Secondary

P → Primary

* بیشترین مقدار برای سطح DC خروجی در ولتاژ زمانی حاصل می‌شود که زاویه آتش صفر باشد

* مدارهای مورد استفاده در بخش هدایت ناپیوسته در این بخش نمی‌توانند مورد استفاده قرار گیرند و لذا از دیودها اضافه استفاده می‌شود.

تریستور —— بررسی پارامترهای طراحی ←

$I_{T(av)} \leftarrow i_T$

$I_{T(rms)} \rightarrow$ مقدار مؤثر جریان تریستور

با توجه به شکل‌ها و نمودارها:

$I_{T(av)} = I/2$ $\qquad I_{T(rms)} = \frac{I}{\sqrt{2}}$

محاسبه مقدار RMS:

$$I_{T(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\theta}^{2\pi} i_T^2\, d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\theta}^{\pi+\theta} I^2\, d\omega t} = \sqrt{\frac{I^2}{2\cancel{\pi}}\cancel{\pi}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

PIV (pick Inverse Voltage) پیک ولتاژ معکوس $\Rightarrow PIV = 2V_m$

ترانس —— بررسی پارامترهای طراحی ←

ترانس برای مدار جهت تبدیل ولتاژ و همچنین ایزوله ساختن مدار مورد استفاده قرار گرفته است.

جریان: ثانویه

مقدار مؤثر جریان اولیه ترانس $I_p = \frac{N_s}{N_p} I$ $\qquad$ مقدار مؤثر جریان ثانویه ترانس $I_s = \frac{I}{\sqrt{2}}$

ولتاژ:

ولتاژ مؤثر اولیه ترانس $V_p = \frac{N_p}{N_s} V_s = \frac{N_p}{N_s}\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ $\qquad$ ولتاژ مؤثر ثانویه ترانس $V_s = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

www.ttnar.ir

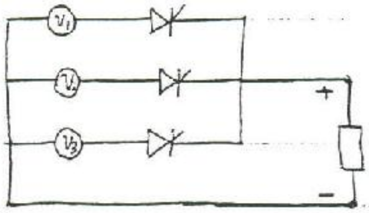
ولت - آمپر :

$$S_s = 2 V_s I_s$$ ⟵ ضریب ۲ جهت دو فاز بودن مدار در این رابطه ظاهر شده است.

$$S_s = 2\,\frac{V_m}{\sqrt{2}}\cdot\frac{I}{\sqrt{2}} = V_m I$$

$$S_p = V_p \times I_p = \frac{N_p}{N_s}\cdot\frac{V_m}{\sqrt{2}}\cdot\frac{N_s}{N_p}\,I = \frac{V_m I}{\sqrt{2}}$$

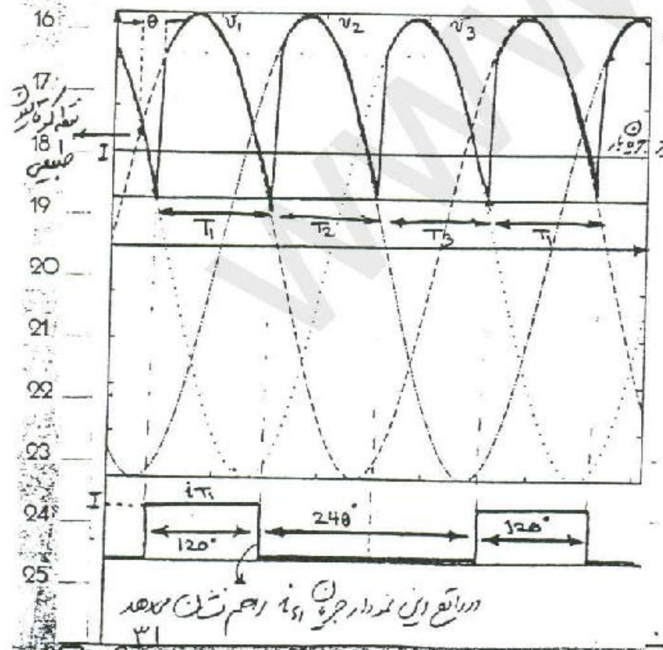
مبدل سه فاز نیم موج :



اگر جهت تریستورها عکس شود ولتاژ حاصل بر روی بار دارای علامت معکوس خواهد شد.

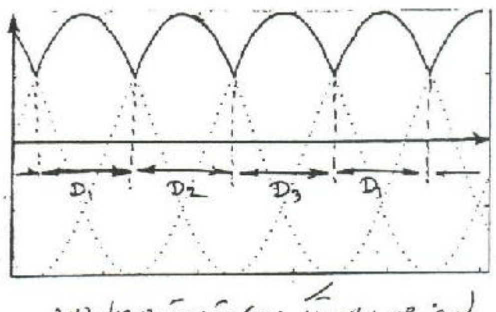
اگر بجای تریستور در مدار دیود قرار گرفته باشد توالی هدایت صورت می‌گیرد که ولتاژ یکی از منابع مثبت باشد و ضمناً دیودی هدایت می‌کند که ولتاژ آن از ولتاژ دیگر منابع بزرگتر باشد یعنی شکل موج خروجی در واقع قسمت بالای سیکل‌های مثبت خواهد بود.

3-Phase



در واقع این نمودار جریان ① را نشان می‌دهد

جابجا شدن عناصر یکسوکننده و تغییر عناصر روشن و انتقال بین آنها، و انداختن کار از یکی به دیگری، کموتاسیون اطلاق می‌شود.



ولتاژ خروجی در صورتیکه بجای تریستور در مدار دیود قرار گرفته باشد.

Subject: Date. 1382 - 8 - 10

مشخصات اجزای مدار : $PIV=\sqrt{3}V_m$ ، $I_{T(rms)}=\frac{I}{\sqrt{3}}$ ، $I_{T(av)}=\frac{I}{3}$

نکات در مورد مدار فوق :

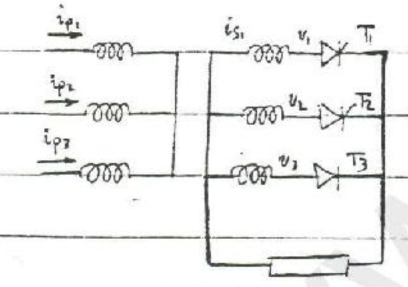
* در صورتیکه جریان بار را ثابت فرض نکنیم (بطور مثال زاویه آتش را بزرگ در نظر بگیریم) در محدوده هایی از زمان همه T ها خاموش هستند.

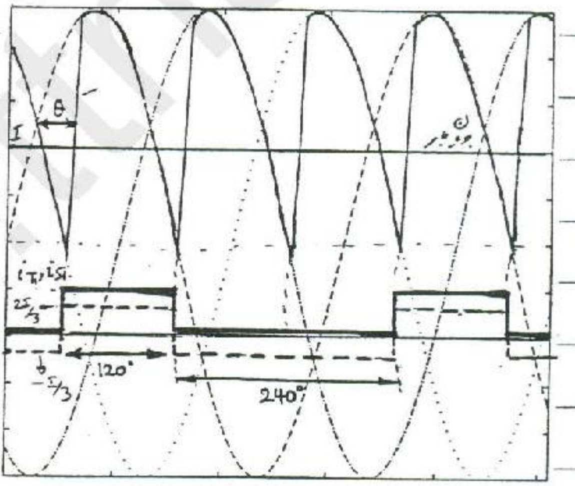
* ولتاژ دو سر T_1 در زمان روشن بودن آن صفر است.

* ولتاژ دو سر T_1 در زمان خاموش بودن آن یا v_2-v_1 یا v_3-v_1 و یا : v_1 در صورتیکه مدار ما دیودی باشد و دیود هرزگرد هم در مدار باشد.

v_1-v_3 یا v_1-v_2 را v_{LL} یا (line to line) ولتاژ خط به خط می نامند که حداکثر آن $\sqrt{3}V_m$ است.

* همانطور که در بالا هم آمده است ولتاژ پیک معکوس مدار $\sqrt{3}V_m$ است که بسته به زاویه آتش مدار ممکن است در وضعیتی قرار بگیریم که این مقدار پیک را نداشته باشیم.





$$V_{dc}=\frac{3}{2\pi}\int_{\theta+\pi/6}^{\theta+\pi/6+2\pi/3} V_m \sin\omega t\, d\omega t$$

$$=\frac{3}{\pi}\sin\frac{\pi}{3}V_m\cos\theta=\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}V_m\cos\theta$$

هر قدر که جریان در ثانویه ظاهر شود به همان میزان تغییر جریان در اولیه با توجه به نسبت ترانس ایجاد می شود این امر خاصیت [illegible] و پیوستگی اولیه و ثانویه ترانس است.

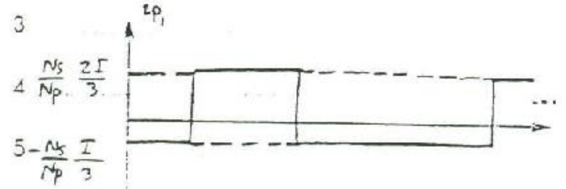
کیفیت شکل موج ولتاژ دیسی را معین کند. بنابراین وجود جریان DC در سمت ثانویه نمی تواند تعادل را در اولیه بر هم زند. در واقع مولفه ی ac جریان، فرق که تمام DC آن حذف شده است در اولیه تاثیرگذار است.

تغییر جریان اولیه به خاطر تغییر جریان ثانویه به این دلیل است که آمپردور $N_p I_p = N_s I_s$

ثانویه و آمپردور اولیه با هم باید برابر باشند.

جریان ثانویه $i_s = I_{s(dc)} - i_{s(ac)}$ $\Rightarrow i_p = \frac{N_s}{N_p} i_{s(ac)}$

مقدار متوسط ، [illegible] ac



← در واقع اولیه تغییرات جریان ثانویه را احساس می‌کند (مؤلفه ac ثانویه را)

ترانس :

مقدار مؤثر جریان ثانویه ترانس $I_s = \frac{I}{\sqrt{3}}$

مقدار مؤثر مؤلفه ac جریان ثانویه

اولیه ترانس = $I_p = \frac{N_s}{N_p} \cdot I_{s(ac)}$ $i_s = I_{s(dc)} + i_s(ac)$

$$I_{s(ac)} = \sqrt{I_s^2 - I_{s(dc)}^2} \quad ، \quad I_s = \sqrt{I_{s(dc)}^2 + I_{s(ac)}^2}$$

$$\Rightarrow I_{s(ac)} = \sqrt{\frac{I^2}{3} - \frac{I^2}{9}} = \underbrace{I\frac{\sqrt{2}}{3}}_{} \Rightarrow I_p = \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot I$$

مقدار مؤثر مؤلفه ac ثانویه

قدرت ظاهری $S_s = 3 V_s I_s = 3 \frac{v_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{3}{2}} v_m I$

که در واقع یک ظرفیت را برای ترانس مشخص می‌کند، یعنی ثابت ترانس را تا این مقدار مشخص می‌کند و جریان را بر اساس آن از مدار می‌گیرد. در صورتی که جریان بیشتر از حد مجاز از مدار بکشد ممکن است به ترانس آسیب برساند.

$$\boxed{P.f. = \frac{P}{S}}$$

ضریب توان : یعنی نسبت توان حقیقی به نسبت آنچه که ظاهر می‌شود و اگر سینوسی باشد دارای مقدار ثابتی می‌گردد.

P ← در واقع توان حقیقی یا توان متوسط مدار است.

توان لحظه‌ای $p = vi$ (توان متوسط (اکتیو)) $= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} p\, d\omega t = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} vi\, d\omega t$

$* \quad P_{3\Phi} = 3P_{1\Phi}$ ترانس از

در واقع توان مصرفی در مدار توانی است که ثانویه ترانس تحویل می‌دهد و آن هم توانی است که از منبع در سمت اولیه می‌گیرد.

$* \quad P_p = P_s = P_{dc} = v_{dc} \cdot I$

در صورت اینکه بار مقاومتی نیستیم که $P_{dc} = v_{dc} \cdot I_{dc}$ که در صورتیکه سلف زیاد در مدار قرار بدهیم جریان ثابت باشد نیز برابر حاصلضرب است.

$* \quad P_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} v_m \cos\theta \cdot I$

$* \quad P.f_s = \frac{P_s}{S_s} = \frac{3\sqrt{3}\, v_m\, I \cos\theta \cdot \sqrt{2}}{2\pi \cdot \sqrt{3}\, v_m\, I} = \frac{3}{\pi\sqrt{2}} \cos\theta = 0.675 \cos\theta$

$* \quad S_p = 3V_p I_p = 3 \frac{N_p}{N_s} \frac{v_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{N_s}{N_p} \frac{\sqrt{2}}{3} I = v_m I$

$* \quad P.f_p = \frac{P_p}{S_p} = \frac{3\sqrt{3}\, v_m \cdot I \cdot \cos\theta}{2\pi \cdot v_m\, I} = 0.83 \cos\theta$

بنابراین ضریب قدرت با θ (زاویه آتش) رابطه دارد و نظیر به نظیر هر چه مقدار θ بزرگتر باشد در این صورت ضریب قدرت کمتری خواهیم داشت و این امر نشان دهنده عدم استفاده درست از ترانس است. بنابراین نسبت به یک مدار حقیقی که در آن ترانس وجود دارد در حقیقت شبیه برای این کاربرد نیاز به ترانس بزرگتری خواهد بود.

TUF : ضریب استفاده ترانس

Transformer Utilization Factor

$TUF = P.F|_{\theta=0}$

$\Rightarrow TUF_s = 0.67 \quad , \quad TUF_p = 0.83$

ضریب استفاده ثانویه ترانس — ضریب استفاده اولیه ترانس

* پیوستگی جریان از دو سیم همگرای ثانویه است بنابراین ضریب استفاده بهتری دارد و ثانویه‌ها در 120° از یکدیگر فاصله دارند (کشیده و 240 درجه اختلاف است) جریان متناوب کشیده شده از دو سیم دارای یک مؤلفه DC نیست که همان تزویج منبع است و دارای حالت متعادل است که دارای مؤلفه‌ای کمتر از مؤلفه اصلی هستند می‌باشد.

Subject: Date.

توان هارمونیک‌های اصلی بطور متوسط در هر سیکل ایجاد شده برابر صفر است. در واقع هارمونیک‌های غیر اصلی توان را در بار ایجاد نمی‌کنند ولی در مدار گردش دارند.

در واقع، جریان مؤثری که در کسینوس فی وجود دارد جریان مؤثر کل است در حالیکه توان اکتیو بار، توان حاصل از هارمونیک اصلی است. بنابراین ضریب توان در این مدار هیچگاه یک نخواهد شد

ضریب قدرت:

$$P.f = P/S$$

یکی از عوامل اصلی غیرخطی کردن مدارهای قدرت امروزه مدارهای مبدل یا عناصر الکترونیک قدرت (استاتیک) است.

در مدارهای خطی:

ولتاژ و جریان سینوسی هستند

$$v = V_m \sin \omega t$$
$$i = I_m \sin \omega t \longrightarrow P = \frac{V_m I_m}{2} \cos\varphi = VI \cos\varphi$$

$$Q = VI \sin\varphi$$

$$S = VI$$

$$P.f = \cos\varphi$$

در مدارهای غیرخطی:

$V = V_m \sin \omega t$ ولتاژ سینوسی است.

$i = \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t - \varphi_n)$ جریان دارای هارمونیک‌های مختلف است $\underset{\text{مقدار مؤثر}}{I} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$

$$p = vi = V_m \sin \omega t \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t - \varphi_n)$$

متوسط تمام حاصلضرب‌ها برابر صفر است مگر زمانیکه n=1 باشد.

قدرت اکتیو $P = \frac{V_m I_m}{2} \cos\varphi_1 = VI_1 \cos\varphi_1$

$$S = VI$$

19

اثبات رابطه جریان موثر :

$i = i_1 + i_2 + i_3 + \cdots$

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i^2\, d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (i_1 + i_2 + \cdots)^2\, d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (i_1^2 + i_2^2 + \cdots)\, d\omega t}$$

$$= \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \cdots} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}$$

$$S = VI = V\sqrt{\sum I_n^2} = \sqrt{V^2 I_1^2 + V^2 I_2^2 + \cdots} = \sqrt{V^2 I_1^2 + V^2 \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}$$

$$= \sqrt{\underbrace{(V I_1 \cos\varphi_1)^2}_{P^2} + \underbrace{(V I_1 \sin\varphi_1)^2}_{Q^2} + \underbrace{V^2 \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}_{D^2}}$$

$\Rightarrow S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$, D: توان ناشی از اعوجاج

ضریب توان :

$$P.f = \frac{P}{S} = \frac{V I_1 \cos\varphi_1}{VI} = \frac{I_1}{I}\cos\varphi_1$$

اگر اعوجاج نداشتیم آنگاه $I_1 = I$ بود و در نتیجه $P.f = \cos\varphi$ می‌باشد.

$\cos\varphi_1$: ضریب جابجایی → Displacement Factor

چون زاویه‌ی جریان نسبت به ولتاژ جابجا شده است و به این منظور کسینوس آن را ضریب جابجایی می‌گویند.

$$\frac{\text{ضریب قدرت}}{\text{ضریب جابجایی}} = \text{ضریب اعوجاج} \Rightarrow \text{ضریب اعوجاج} = \frac{I_1}{I} \rightarrow \text{Distortion Factor}$$

تمرین : قدرت متوسط ناشی از عکس العمل ولتاژ و جریان با فرکانس برابر است. در این مدار چون ولتاژ تنها یک هارمونیک دارد است

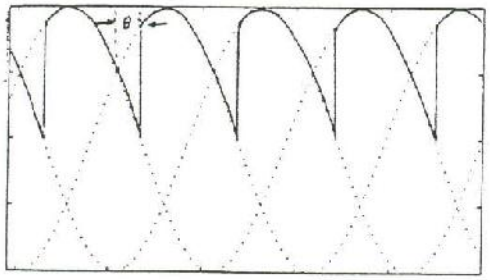
به همین دلیل تنها I_1 در قدرت متوسط اثر دارد.

در صورتیکه ضریب اعوجاج یک باشد در این صورت اعوجاج نداریم و هر چقدر اعوجاج بزرگتری داشته باشیم در این صورت ضریب اعوجاج کوچکتر است.

www.ttnar.ir

- . تریک مبدل سه فازه نیم موج ؟

صاف کردن جریان مربوط به این مدار خیلی ممکن است باشد ولی پیوسته بودن آن جهت داشتن ولتاژ پیوسته در خروجی لازم است.



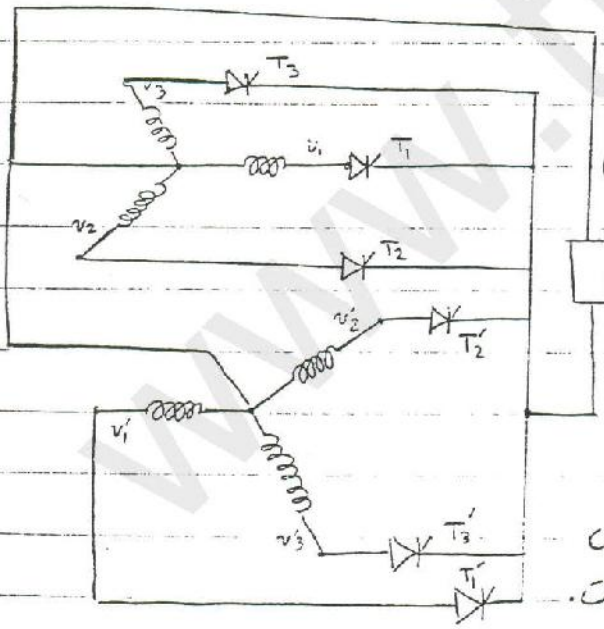
$$V_{dc} = \frac{m}{2\pi}\int_{\theta-\pi/2-\pi/m}^{(\theta+\pi/2-\pi/m)+2\pi} V_m \sin\omega t \, d\omega t$$

برای یک سیستم $\underline{\underline{m}}$ فازه ⟵ بنابراین: $V_{dc} = \frac{m}{\pi}\sin\frac{\pi}{m}\, V_m \cos\theta$

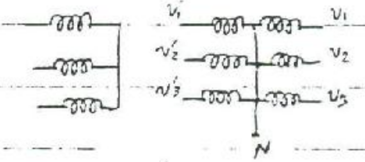
مقدار متوسط بدست آمده برای این شکل موج است اما در صورتیکه یک مدار ۶ فازه و شکل موج مربوط به آن را داشته باشیم باز هم می توان از رابطه فوق استفاده کرد.

معمولاً وقتی فرکانس بالا تر می رود بار خودش تا اندازه ای ولتاژ خروجی را فیلتری می کند و از تموجات آن کم می کند. لذا به دید خروجی یکسو کننده افزایش تعداد فازها امری مناسب است.

مبدل شش فاز (ستاره دوبل) ؟

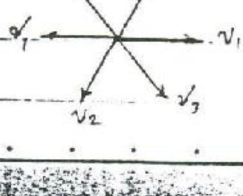


برای ایجاد شش فاز با استفاده از منابع سه فاز موجود از ترانس سه سیم در ثانویه می توان استفاده کرد (مثل دو تا ۳ فاز)

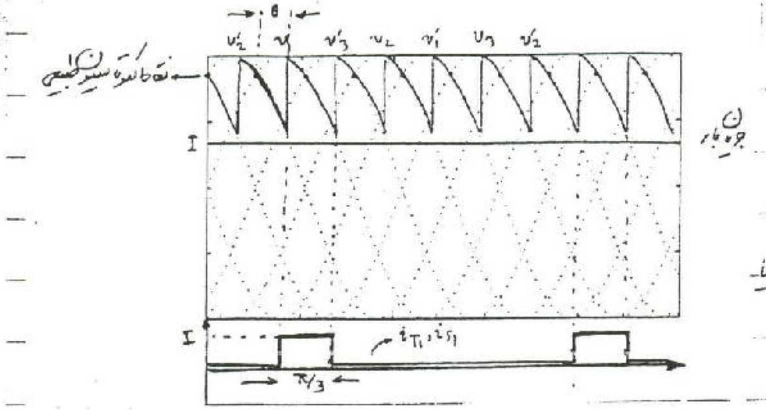


از ۶ تریستور استفاده می کنیم و $\frac{1}{6}$ هر سیکل از هر فاز استفاده می کنیم.

فرکانس ریپل در خروجی که در شکل صفحه بعد نمایش داده شده است $6f$ می باشد که f فرکانس منبع است.



۲۵



$$I_{T(av)} = \frac{I}{6}$$

$$I_{T(rms)} = \frac{I}{\sqrt{6}}$$

$$PIV = 2V_m$$

چون اختلاف فاز بین v_1 و v'_1 = 180° است پس max تفاوت آنها $2V_m$ است و این درحالیست که اگر v'_1 با v_2 و یا v_3 مقایسه شود اختلاف $\sqrt{3}V_m$ خواهد شد.

ضریب استفاده ترانس ثانویه:

$$(TUE)_S = (P.F)_S \Big|_{\theta=0} = \frac{V_{dc}\, I}{6 V_S I_S} = \frac{P}{S}\Big|_{\theta=0}$$

$$V_{dc} = \frac{6}{\pi} \sin(\pi/6)\, V_m \cos\theta = \frac{3V_m}{\pi} \cos\theta$$

$$(TUE)_S = \frac{3 V_m . I . \sqrt{2} . \sqrt{6}\cos\theta}{\pi \times 6\, V_m I} = \frac{\sqrt{3}}{\pi}\cos\theta = 0.55 \cos\theta$$

ضریب استفاده ترانس کاهش یافته است.

در این مدار اگرچه خروجی دقیق‌تر (با ضربان کمتر) نسبت به مدارهای قبلی داریم لکن ضریب استفاده نسبت به آنها کمتر (بدتر) شده است.

بطور مشهودی می‌توان گفت که از جریان و نمودار آن مشخص است که فقط در $\pi/3$ هر سیکل جریان کشیده می‌شود (از هر فاز) بنابراین استفاده کمتری و نامناسب‌تری صورت گرفته است.

داشتن تعداد فازهای بیشتر، ترانس پیچیده‌تر و درنتیجه گرانتر ولی خروجی بهتر و با ضربان کمتر به همراه دارد. (ترانس شش فاز پیچیده‌تر است) ضمناً در این مدار از دیگر اجزای مدار استفاده مناسبی هم نشده است.

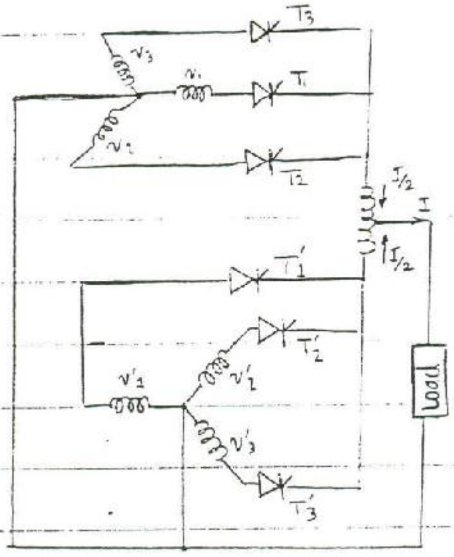
Topic

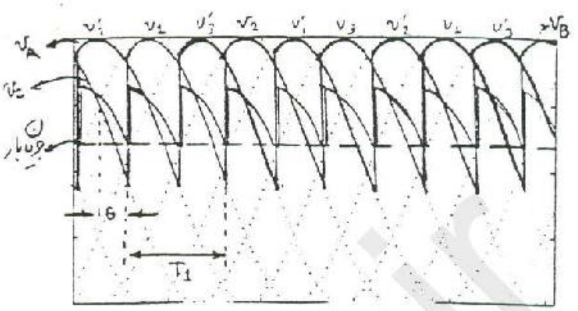
www.ttnar.ir

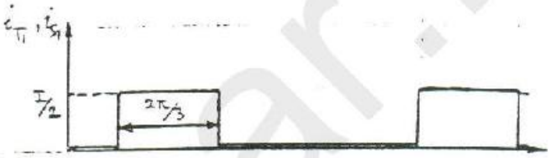
Subject

Date. 1382-8-17

مبدل ستاره دوبل با راکتور بین فازه







راکتور سبب می‌شود هدایت هر یک از تریستورهای قسمت بالا روی کار هدایت تریستورهای بخش پایین اثر نگذارد.

با توجه به رعایت تقارن در مدار و همچنین برابر بودن زوایای آتش تریستورها، هر یک از بخش‌های مدار جریان $\frac{I}{2}$ را برای بار تأمین می‌کنند.

علت اینکه هدایت تریستورهای یک بخش روی بخش دیگر مؤثر نیست در این است که راکتور جریان به صورت ناگهانی نمی‌تواند تغییر کند.

$$v_C = \frac{v_A + v_B}{2}$$

$$v_{dc} = \frac{1}{2}\left[V_{A_{av}} + V_{B_{av}}\right] \Rightarrow \begin{cases} v_A = v_B = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_m \cos\theta \\ v_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_m \cos\theta \end{cases}$$

نسبت به حالت ۶ فاز معمولی، پهنای جریان افزوده شده است و جریان آن نسبت به قبل کاهش یافته است.

$$I_{T_{av}} = \frac{I}{6} \qquad I_{T_{rms}} = \frac{I}{2\sqrt{3}} \qquad , \quad PIV = \sqrt{3}\, V_m$$

لبه جریان هر پایه شکل $\frac{I}{2}$ و هر $\frac{2\pi}{3}$ ، θ است.

$$TUF = \frac{3\sqrt{3}\, V_m \cos\theta \times I \times \sqrt{2} \times 2\sqrt{3}}{\underbrace{2\pi \times 2 \times 3 \times V_m \times I}_{\text{مخرج } 3V_sI_s}}\Bigg|_{\theta=0} = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} = 0.67$$

(TUF) ضریب استفاده ترانس نسبت به حالت قبل بهتر است.

در واقع این مدار مثل دو مبدل سه فاز نیم موج، به صورت مجزا عمل می‌کند و جریان خروجی برای هر تریستور در بازه 120° وجود دارد.

در ضمن فرکانس ریپل برای این مبدل 6f است.

ریپل فاکتور (ضریب تموجات) :

این ضریب جهت ارزیابی کیفیت خروجی یکسوکننده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$R.F. = \frac{\text{مقدار مؤثر مؤلفه ac موج}}{\text{مقدار متوسط موج}} = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} \longrightarrow (\text{Ripple Factor})$$

موج ایده‌آل است که R.F. برای آن مقدار صفر داشته باشد.

$$V_{rms} = \sqrt{V_{dc}^2 + V_{ac}^2}$$

مقدار مؤثر موج : V_{rms}

مقدار متوسط موج : V_{dc}

$$\Rightarrow V_{ac} = \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2}$$

مقدار مؤثر مؤلفه ac موج : V_{ac}

بنابراین :

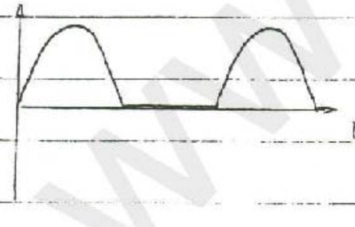
$$R.F. = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} = \sqrt{\left(\frac{V_{rms}}{V_{dc}}\right)^2 - 1}$$

ضریب شکل :

$$F.F. = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} \longrightarrow \text{ضریب شکل (Form Factor)}$$

$$R.F. = \sqrt{(F.F)^2 - 1}$$

برای یک مبدل یکفاز نیم موج :



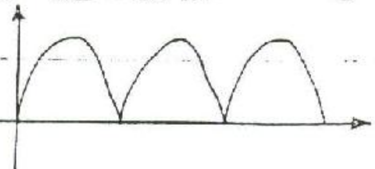
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} \quad , \quad V_{rms} = \frac{V_m}{2}$$

این شکل بهترین حالت مبدل‌ها با زاویه آتش صفر است.

بنابراین : $F.F = \frac{\pi}{2}$

$$V_{ac} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4} - \frac{V_m^2}{\pi^2}} \quad \Longrightarrow R.F. = \frac{V_{ac}}{V_{dc}} = \sqrt{(\pi/2)^2 - 1} = 1.21$$

برای مبدل دوفاز نیم موج :



$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} \quad , \quad V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

www.ttnar.ir

$$F.F. = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\pi}{2V_m} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$$

$$R.F. = \sqrt{(1.11)^2 - 1} = 0.48$$

✓ مبدل سه فاز و شش فاز نیم موج :

برای ۶ فاز . $R.F. = 0.04$

برای ۳ فاز $R.F. = 0.18$

اثرات وجود هارمونیک ها :

تداخل در خطوط مخابراتی — تشدید در سیستم های قدرت — ایجاد توان اضافی مضر

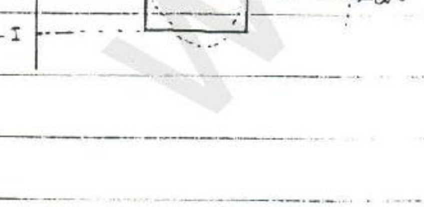
همانطور که ملاحظه کردیم ، جریان اخذ شده توسط مبدل از منبع ac ، یک جریان غیر سینوسی و دارای هارمونیک (مخرب) است. این هارمونیک های جریان می توانند مشکلات عدیده ای را ایجاد کنند.

$$i_s = \sum_{n=1}^{\infty} i_n = \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t - \varphi_n)$$

$$A_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} i_s \cos n\omega t \, d\omega t \qquad B_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} i_s \sin n\omega t \, d\omega t \quad \longleftarrow$$ ضرایب سری فوریه

$$I_{nm} = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \longrightarrow \varphi_n = tg^{-1}\left[\frac{A_n}{B_n}\right]$$

جریان مبدل دو فاز نیم موج ، جریان منبع ac (جریان اولیه ترانس با اتصال سر وسط)



$$A_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} i_s \cos n\omega t \, d\omega t = 0$$

$$B_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} i_s \sin n\omega t \, d\omega t = \frac{1}{\pi}\left[\int_0^{\pi} I \cdots + \int_{\pi}^{2\pi} (-I) \cdots\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B_n = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} I \sin n\omega t \, d\omega t = \frac{2I}{\pi}\left[-\frac{1}{n}\cos n\omega t\right]_0^{\pi} = \begin{cases} \frac{4I}{n\pi} & \text{، n فرد} \\ 0 & \text{، n زوج} \end{cases}$$

$$\varphi_n = tg^{-1}\left(\frac{A_n}{B_n}\right) = 0$$

www.ttnar.ir

هر چقدر مرتبه هارمونیک بالا رود دامنه آن پایین می آید.

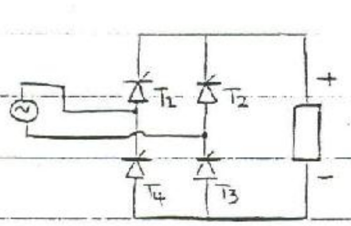
$$i_s = \sum_{n\,odd}^{\infty} \frac{4I}{n\pi} \sin(n\omega t)$$

مبدلهای تمام موج :

در این نوع از مبدل از هر دو نیم سیکل موج استفاده می کنیم.

تکفازه

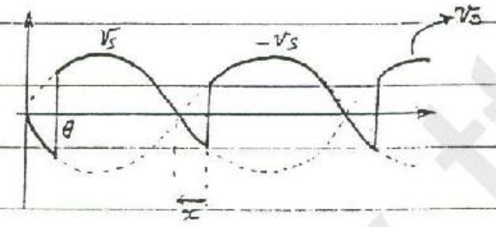
پل تکفاز



تغییر نیم موج به تمام موج مثل این است که تعداد فازها دو برابر شده باشند.

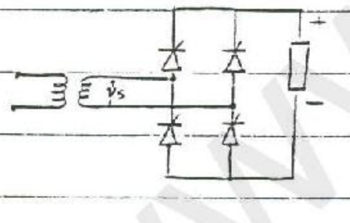
T1 و T3 در نیم سیکل (+) هدایت می کنند

T2 و T4 در نیم سیکل (−) هدایت می کنند



اگر به جای تریستورها دیود قرار بدهیم در این صورت هر زمان که دیود در سیکل مثبت قرار می گیرد بدون کنترل ها روشن می شوند

شکل موج خروجی در این حالت شامل نیم سیکلهای مثبت موج است



مبدل تمام کنترل شده تکفاز با ترانس

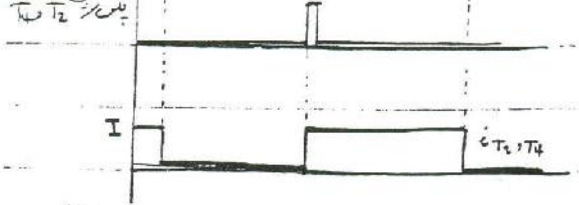
پیوسته بودن جریان در بار شرط داشتن شکل موج فوق است.

$\theta = \pi/2$ مرز حالت یکسو کنندگی و اینورتری است.

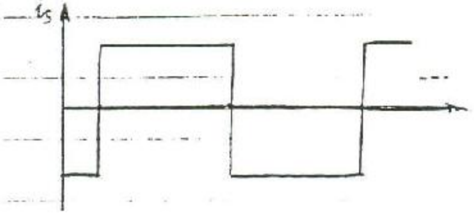
فرض پیوسته بودن جریان یعنی اندوکتانس بار قابل ملاحظه است و بنابراین به طور لحظه ای نمی تواند جریانش قطع شود.

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

π بازه ای است که T2 و T4 در گرایش مستقیم قرار گرفته اند ولی به خاطر عدم وجود پالس فرمان و همچنین بار، T1 و T3 همچنان هدایت می کنند.



$\longrightarrow I_{T(av)} = I/2 \quad , \quad I_{T(rms)} = \frac{I}{\sqrt{2}}$



$I_s = I$

پل   با ترانس سروسط

۴ عدد تریستور   ۲ عدد تریستور

ترانس دو سیم پیچه ساده   ترانس با اتصال سروسط

$TUF_{s,p} = 0.9$ $TUF_s = 0.63$

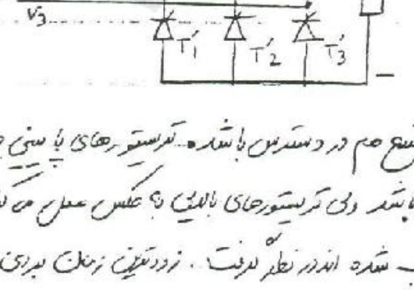
* از دید هسته و اولیه این دو مدار مشابهند بنابراین TUF ثانویه در مدار پل مشابه اولیه در ترانس با سروسط است (چون ثانویه تزویج با اولیه مطابقت)

$PIV = V_m$ (یک ولتاژ منبع بر تریستور اعمال می‌شود) $PIV = 2V_m$ (چون کل سیم پیچ ثانویه روی تریستور افت دارد)

«در واقعیت ، افت ولتاژ به ازای تریستورها برابر دو ولتاژ افت یک تریستور است درصورتیکه در مدار با ترانس سروسط تنها یک افت در هر لحظه وجود دارد.»

در هر لحظه دو عنصر یکسو کننده با هم سری هدایت می‌کنند پس افت ولتاژ دو برابر خواهیم داشت.   در هر لحظه فقط یک عنصر هدایت می‌کند و افت ولتاژ حضور آن خواهد بود.

مبدل تمام موج سه فازه (پل سه فاز یا پل گرتز) :



در این مدار جریان از هر فازی که می‌آید باید به یکی از دو فاز دیگر برگردد که از طریق تریستور مربوط به آن این امر صورت می‌گیرد.

در مدار نیم موج برای وجود ایجاد جریان لازم بود که سر خنثی منبع هم در دسترس باشد. تریستورهای پایینی در این مدار زمانی هدایت خواهند کرد که ولتاژ فاز مربوط به آن نسبت به دیگر فازها کوچکتر باشد ولی تریستورهای بالایی به عکس عمل می‌کنند. بنابراین مدار زیر را به صورت ترکیب دو مبدل نیم موج سه فاز که به هم ترکیب شده اند در نظر گرفت. زودترین زمان برای فرمان روشن شدن

برای کمیت سینوسی خالص صفر است

تعیین برخی نکات :

ولتاژ خروجی یکسوکننده :

ضریب تموجات R.F.

✓ فرکانس ریپل = فرکانسی که تموجات با آن فرکانس نوسان می‌کنند.

صاف‌شدن : فیلتر نمودن موجی که دارای فرکانس ریپل بزرگتری است ، ساده‌تر است . مثلاً با قرار دادن یک سلف در مسیر می‌توان این مسئله صورت گیرد.

تعداد فرکانس ریپل در یکسوکننده نیم موج سه فاز ← 3f (f فرکانس اصلی)

جریان طرف ac (جریان منبع ac) :

هارمونیک‌های موجود

T.H.D. (Total Harmonic Distortion) : اعوجاج هارمونیکی کلی

$$T.H.D = \frac{\text{نسبت کل مؤلفه‌های هارمونیکی}}{\text{مؤلفه اصلی هارمونیک‌ها}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I_1}$$

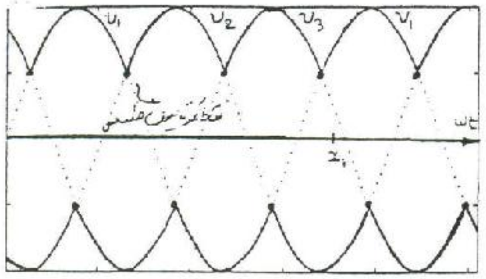
I : مقدار مؤثر کل جریان I_n : مقدار مؤثر هارمونیک n ام جریان I_1 : مقدار مؤثر مؤلفه اصلی جریان

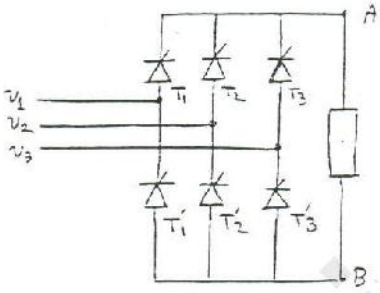
اعوجاج هارمونیکی تکی : $\frac{I_n}{I_1}$

* نسب مقادیر فوق بر اساس درصد بیان می‌شوند.

www.ttnar.ir

→ مبدل سه فاز تمام موج :





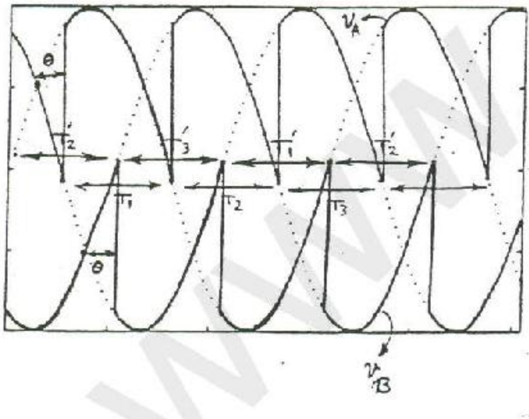
از نقاط کموتاسیون طبیعی به بعد است که تریستورها اگر پالس فرمان داشته باشند می‌توانند هدایت کنند.

در صورتیکه مدار دیودی باشد دیود D_3 نمی‌تواند در زاویه π/6 هدایت کند در حالیکه اگر مدار تریستوری باشد در این صورت اگر پالس فرمان T_1 نیامده باشد، T_3 همچنان می‌تواند هدایت کند.

مرجع محاسبه ولتاژ در نقاط A و B، نقطه خنثی یا نول منبع است و در واقع این منحنی، منحنی ولتاژ فاز است.

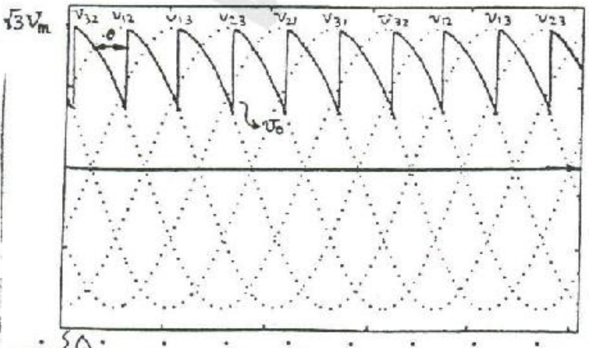
ولتاژ خروجی $v_0 = v_A - v_B$ است که ولتاژ خط است.

پیک منحنی ولتاژ v_0 برابر $\sqrt{3}V_m$ است (V_m پیک ولتاژ v_A یا v_B)



با اینکه منبع سه فاز بوده است ولی خروجی شکل موجی شبیه یک یکسوساز ۶ فاز دارد و در نتیجه فرکانس ریپل آن 6f است.

بنابراین از لحاظ کیفیت ولتاژ DC مبدل سه فاز تمام موج معادل یک مبدل ۶ فازه است. بنابراین این شکل موج می‌تواند شکل موج خروجی یک مبدل ۶ فاز نیم موج باشد البته به شرطی که پیک ولتاژ در سیستم ۶ فاز برابر $U_m = \sqrt{3}V_m$ باشد.



$$V_{dc} = V_A - V_B = 2V_A$$

$$= 2\,\frac{\pi}{3}\times\sin\frac{\pi}{3}\times V_m\cos\theta$$

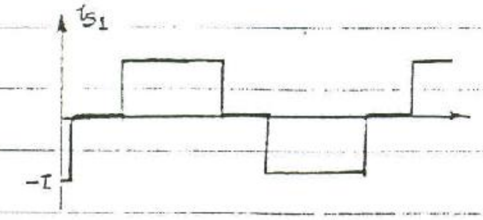
$$= \frac{3\sqrt{3}}{\pi}V_m\cos\theta = 3\times\frac{U_m}{\pi}\times\cos\theta$$

V_M : پیک ولتاژ فاز U_m : پیک ولتاژ خط

۲۴

Subject: Date.

از رابطه کلی قبلی هم می‌توان محاسبه کرد: $V_{dc} = \frac{6}{\pi} \sin\frac{\pi}{6} V_m \cos\theta = \frac{3}{\pi} V_m \cos\theta$



هرکدام از تریستورها °120 هدایت می‌کنند و °240 در حال استراحت هستند. میزان جریان متوسط خروجی $\frac{1}{3}$ جریان بار است و جریان موثر $\frac{I}{\sqrt{3}}$ است.

از لحاظ کاری تریستورها مشابه حالت سه فاز هستند.

$I_s = \sqrt{\frac{2}{3}}\, I$ ——— مقدار موثر موج جریان منبع v_1

$$P_s = V_{dc} I_{dc} = \frac{3\sqrt{3}\, V_m \cos\theta}{\pi} \cdot I$$

$$S_s = 3V_s I_s = 3\left(\frac{V_m}{\sqrt{2}}\right) I \sqrt{\frac{2}{3}} \Longrightarrow P.F_S = \frac{P_s}{S_s} = \frac{3\sqrt{3}\, V_m I \cos\theta}{\pi\, 3\sqrt{2}\, V_m I \sqrt{2}} = \frac{3}{\pi}\cos\theta$$

$$\Longrightarrow P.f_s = 0.955 \cos\theta \Longrightarrow \boxed{T.U.F = 0.955}$$

این مقدار نشان می‌دهد که این مبدل از لحاظ موج ورودی هم خیلی خوب کار می‌کند.

درصورتیکه زاویه آتش بزرگ شود در این صورت T.U.F ما ضعیف می‌شود و کاهش می‌یابد. پس برای داشتن شکل T.U.F بهتر و استفاده مناسب‌تر بهتر است زاویه آتش به صفر نزدیک شود.

درصورتیکه زاویه آتش صفر انتخاب شود آنگاه R.F مشابه 6 فاز 4% خواهد بود.

بنابراین با توجه به مشخصه‌های فوق، در کاربردهای مختلف از این مبدل استفاده می‌شود و اگر از لحاظ هارمونی نیز دقیق مسائل حتی این مبدل برای ما مناسب نباشد ما از ترکیبات مختلف آنها استفاده می‌کنیم.

به طور مثال از سری کردن دو مبدل سه فاز فوق، یک مبدل داریم که از لحاظ ورودی سه فاز است با یک خروجی که مشابه یک مبدل 12 پالسه است.

از لحاظ مدار فرمان، 6 مدار فرمان داریم که از یکدیگر مشابهند با این تفاوت که هرکدام با پالس‌های مربوط به خود سنکرون شده‌اند.

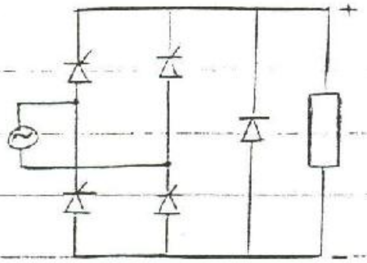
برای مثال در مورد T_1 از V_1 و در مورد T_2 از V_2 نمونه‌برداری صورت می‌گیرد و با آنها سنکرون می‌شود.

ضمناً از آنجایی که هیچ دو تریستور مشخصی بطور همزمان هدایت نخواهند کرد لذا باید ملاحظاتی در مورد مدار فرمان صورت گیرد.

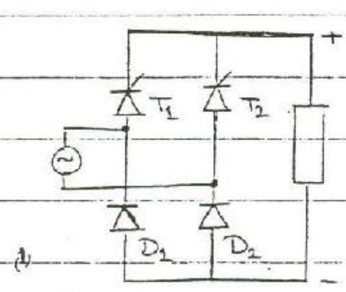
برای حل مشکل بیان شده، لازم است که هر پالس فرمان همزمان به یک تریستور اعمال شود و به طور فرعی به تریستور دیگری که همزمان با آن باید روشن باشد اعمال شود.

به طور مثال پالس فرمانی که به T_1 اعمال می‌شود به T_2' هم باید اعمال شود. اگر T_2' قبلاً روشن بوده باشد این پالس فرمان اثری در کارکرد T_2' نخواهد داشت و همچنین برای T_3' باید به T_2 هم فرمان داده شود و ...

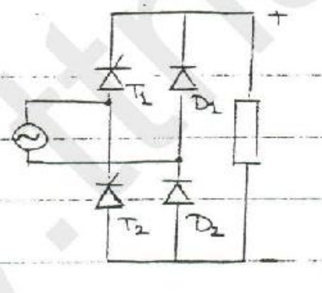
مبدل‌های نیمه کنترل شده:



این سه مدار از لحاظ کارکردی مشابه هستند.

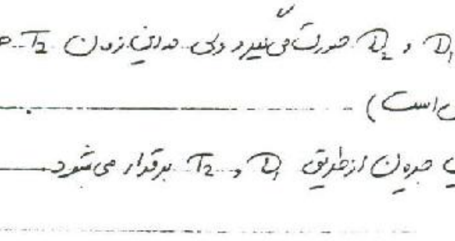


(1



(2)

در گرایش مستقیم، جریان از طریق T_1 به بار می‌رسد و از طریق دیود D_2 برمی‌گردد.



سر مثبت منبع به کاتد T_1 و سر منفی آن به آند D_2 متصل است.

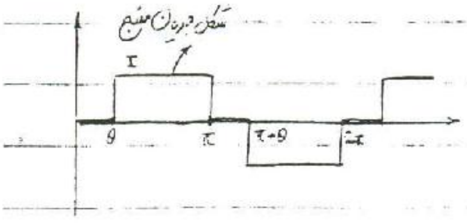
بلافاصله پس از تغییر جهت ولتاژ منبع D_1 شروع به هدایت می‌کند و این به منزله خاموش شدن D_2 است.

در لحظه عبور از صفر ولتاژ، یک کموتاسیون طبیعی بین D_1 و D_2 صورت می‌گیرد ولی تا فرمان زدن T_2 همچنان نمی‌تواند هدایت کند و T_1 همچنان در حال هدایت است (چون بار سلفی است).

در زاویه $\pi+\theta$ ، T_2 هم می‌تواند هدایت کند بنابراین جریان از طریق D_1 و T_2 برقرار می‌شود.

$v_{dc} = \frac{1}{\pi}\int_{\theta}^{\pi} v_m \sin\omega t \, d\omega t \longrightarrow v_{dc} = \frac{v_m}{\pi}(1+\cos\theta)$ — $PIV = V_m$

هرکدام از دیودها و هرکدام از تریستورها در مدار (1) به اندازهٔ 180° کار هدایت جریان را برعهده می‌گیرند.



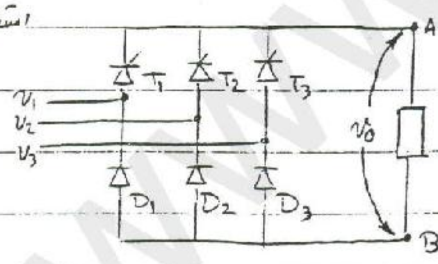
$I_s = I\sqrt{\frac{\pi-\theta}{\pi}}$ ⟶ مقدار مؤثر جریان منبع

در مدار شماره 2 به کموتاسیون جابجایی بین T1 و D1 ، همچنین بین T2 و D2 صورت می‌پذیرد. در این مدار، در زمان کموتاسیون‌ها دیودها مدار هدایت می‌کنند و تنها زمان وجود جریان خروجی است که تریستورها هدایت می‌کنند.

بنابراین مدار شماره 2 بهتر از مدار (1) است چون دیودها بیشتر هدایت می‌کنند و تریستورها کمتر گرم می‌شوند و این به سود ما است چون دیودها که بیشتر بار جریان تحمل کنند ارزانتر هستند.

از دید زمین مدار فرمان، مدار (1) بهتر است چون در مدار (2) کاتد تریستورها در وضعیت‌های متفاوتی قرار دارند. (در مدار (1) کاتد تریستورها به هم وصل است و زمین مدار فرمان در این نقطه قرار می‌گیرد و به ایزولاسیون نیازی نیست ولی در مدار (2) مدارهای فرمان باید زمین‌های مستقل داشته باشند یا باید از ایزولاسیون استفاده کرد)

مبدل نیمه کنترل شده سه فازه :



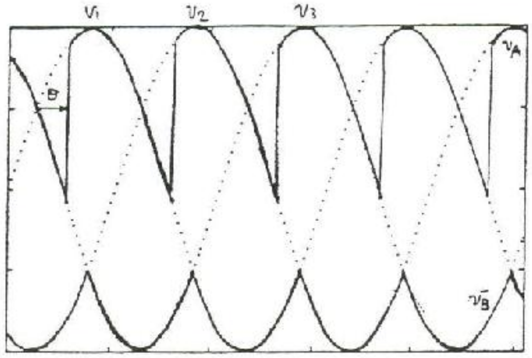
بخاطر نکات ذکر شده در قسمت قبل بهتر است تریستورها در قسمت بالایی مدار جای گیرند.

این مدار به سه پالس فرمان نیاز دارد.

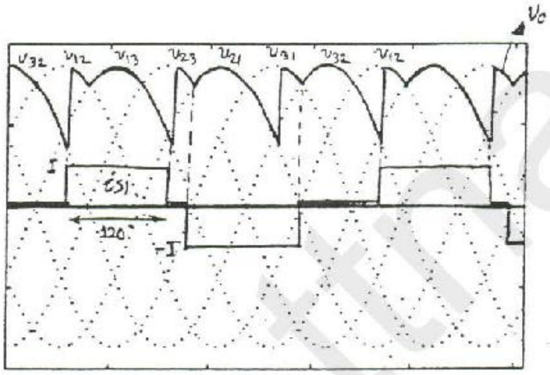
$v_{dc} = \frac{3}{\pi}\sin\left(\frac{\pi}{3}\right) v_m(\cos\theta + 1)$ ⟵ $v_o = v_A - v_B = 2v_{dc}$

$= \left[\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} v_m(1+\cos\theta)\right] \times 2 \longrightarrow v_{dc} = \frac{3}{\pi} U_m(1+\cos\theta)$

مهمترین اشکال این مدار نسبت به مدار قبلی فرکانس ریپل پایین آن است (3f). همچنین در نیم سیکل جریان برخلاف مدار قبلی ثابت نیست. تقارن قبلی وجود ندارد بنابراین هارمونیک‌های زوج هم در شکل موج جریان خروجی وجود دارد.

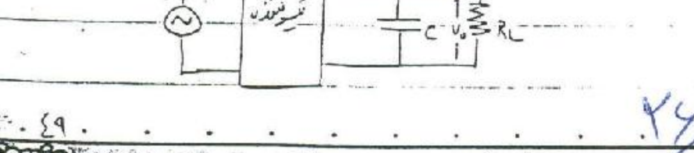


$v_0 = v_A - v_B$



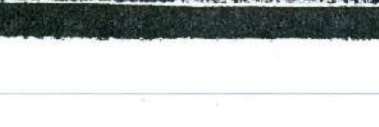
فیلترها:

ولتاژ خروجی و همچنین جریان گرفته شده از منبع دارای اعوجاج است ـــ در مبدل های استاتیک بنابراین از فیلتر در ورودی جهت جلوگیری از ورود هارمونیهای جریان استفاده می شود. همچنین فیلتری هم در طرف dc قرار می گیرد تا اعوجاج ولتاژ خروجی را تا حدی از میان برده و شکل موج خروجی را صاف نماید.


فیلتر ac
مبدل استاتیک
فیلتر dc
بار dc

فیلتر dc :

حداقل فرکانس موجود در ولتاژ مبدل، فرکانس ریپل است و بقیه هارمونی های آن هستند.


یکسوکننده
C
V_0
R_L