



Namatek
True Education

What is a Transformer?

www.namatek.com

ترانس رکتیفایر
چیست؟

فهرست مطالب

1. حفاظت کاتدی چیست؟
2. منابع تزریق جریان
3. ترانس رکتیفایر چیست؟
4. سیستم های کنترل ترانس رکتیفایر
5. نحوه عملکرد ترانس رکتیفایر تک فاز

ترانس رکتیفایر مهمترین جزء یک سیستم حفاظت کاتدی به روش جریان اعمالی است. هر کس با سیستم های حفاظت کاتدی سر و کار داشته باشد، قطعاً باید با ترانس رکتیفایر آشنایی داشته باشد. در این مقاله قصد داریم شما را با اجزای سیستم حفاظت کاتدی، منابع تزریق جریان، انواع دسته بندی ها و اجزای داخلی ترانس رکتیفایر، سیستم های کنترل و نحوه عملکرد آن آشنا کنیم.

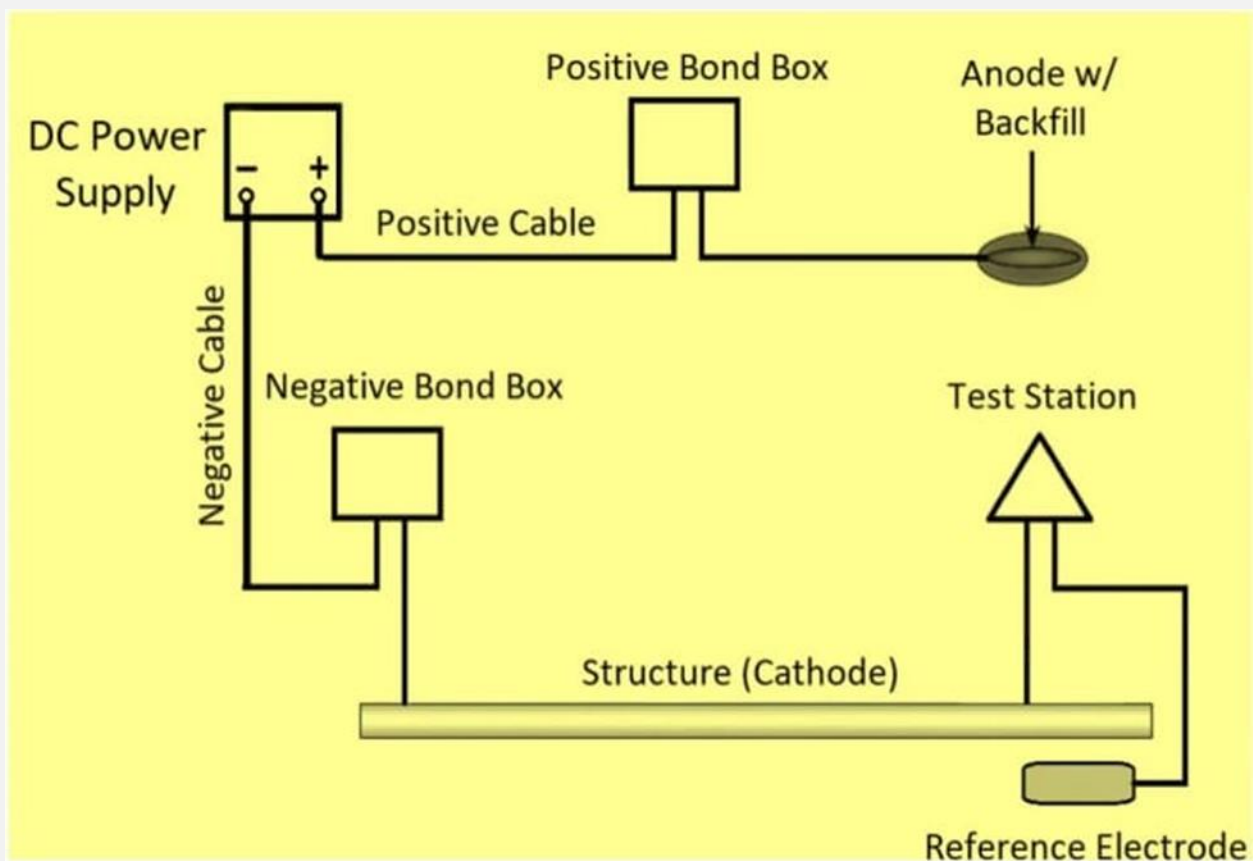
#1 حفاظت کاتدی چیست؟

وقتی که یک خط لوله فلزی درون خاک قرار می گیرد، فلز الکترون از دست می دهد. از دست دادن الکترون به معنای واکنش آندی است و منجر به خوردگی خط لوله خواهد شد.

دو راه برای مقابله با خوردگی وجود دارد:

- جلوگیری
- جبران سازی

به منظور جلوگیری از فرار بار منفی از لوله به خاک می توان از پوشش برای آن استفاده کرد. اما راندمان پوشش معمولاً حدود 90 درصد است و طی جا به جایی و نصب کمتر هم خواهد شد. بنابراین باید از روش جبران سازی نیز استفاده شود.



به طور کلی یک سیستم حفاظت کاتدی اجزای زیر را شامل می شود:

1. آند (ICCP&SACP)
2. منبع تزریق جریان مستقیم (ICCP)
3. جعبه تقسیم/اتصال
4. مارکر و ایستگاه تست
5. پشت بند آند
6. الکترودهای مرجع
7. کابل ها و اتصالات آن ها
8. تجهیزات جداسازی و برقگیر

جبران سازی توسط منبعی انجام می شود که الکترون را به خط لوله تزریق می کند و الکترون از دست رفته را جبران می کند. برای بستن مدار منبع و خط لوله، باید یک آند به پایانه مثبت منبع متصل شود.

تزریق الکترون به خط لوله با چند تعریف زیر همراه است:

جریان: حرکت بار منفی بر روی هادی

شدت جریان: تعداد بار منفی که در واحد زمان به خط لوله تزریق می شود

ولتاژ: نیرویی است که الکترون را به حرکت وا می دارد

پس برای جبران سازی الکترون از دست رفته خط لوله نیاز به یک منبع با مشخصه ولتاژ و جریان معین داریم.

#2 منابع تزریق جریان

منابع تزریق جریان شامل شبکه برق سراسری و سایر منابعی است که برق مورد نیاز ما را تامین می کنند. کلیه این منابع به دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند.

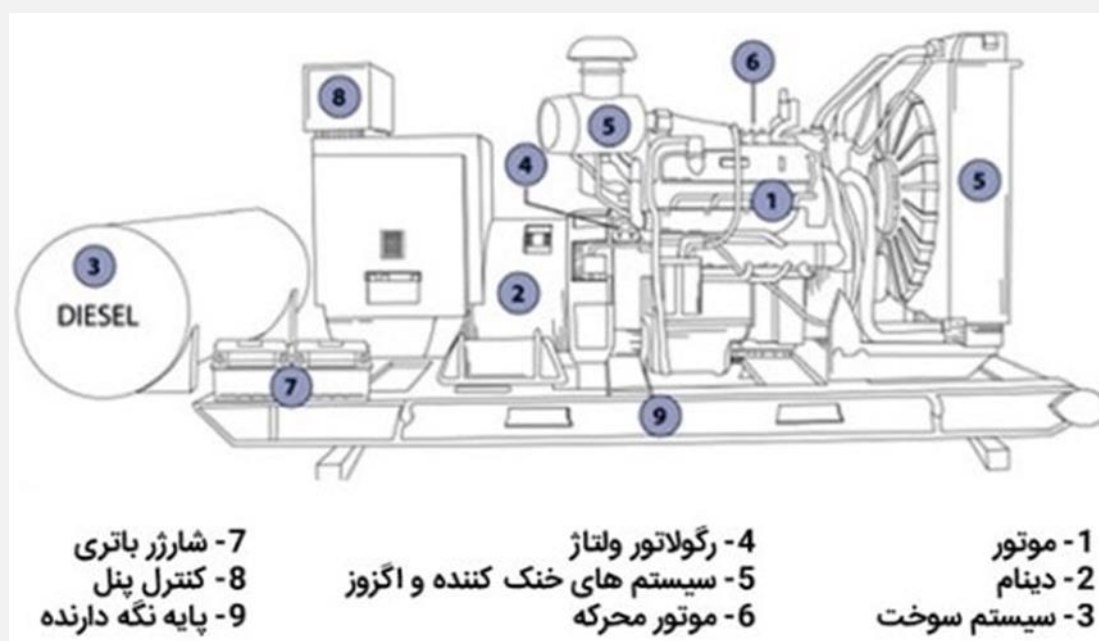
1. سیستم های تولید برق ac برای تغذیه T/R

2. سیستم های تولید برق DC

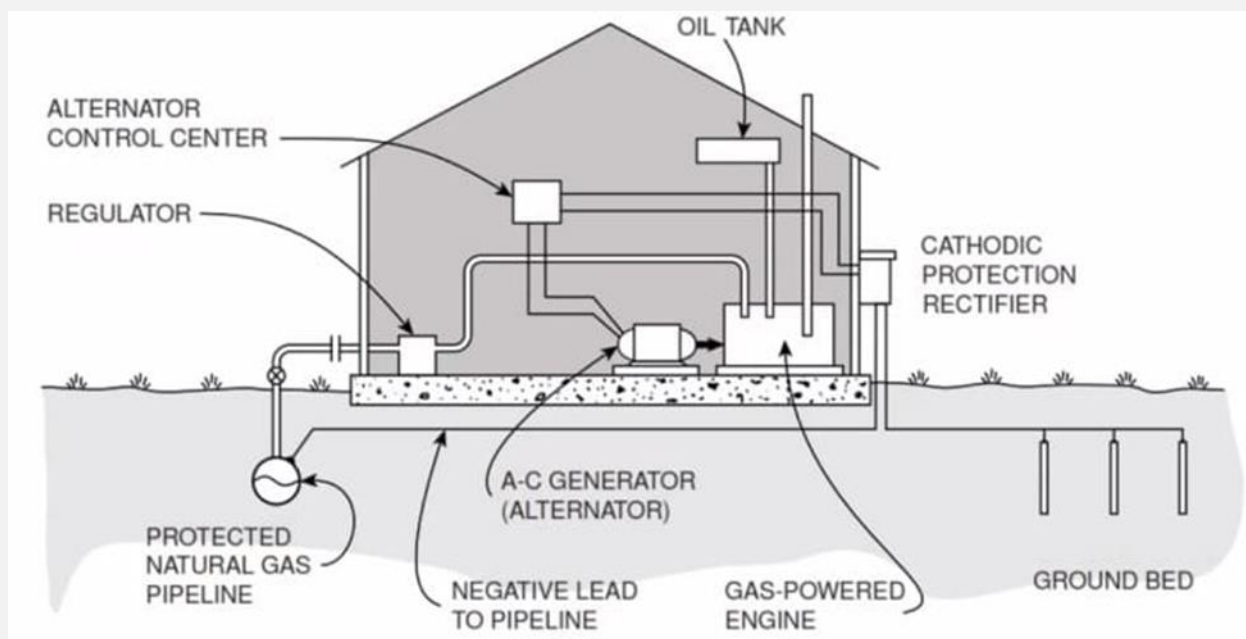
در ادامه به بررسی انواع منابع تزریق جریان خواهیم پرداخت.

#2-1 ژنراتور سوختی

این سیستم ها ژنراتور هایی هستند که برق ac تک فاز یا سه فاز تولید می کنند و با استفاده از یک ترانس رکتیفایر می توان خروجی مطلوب را دریافت کرد.



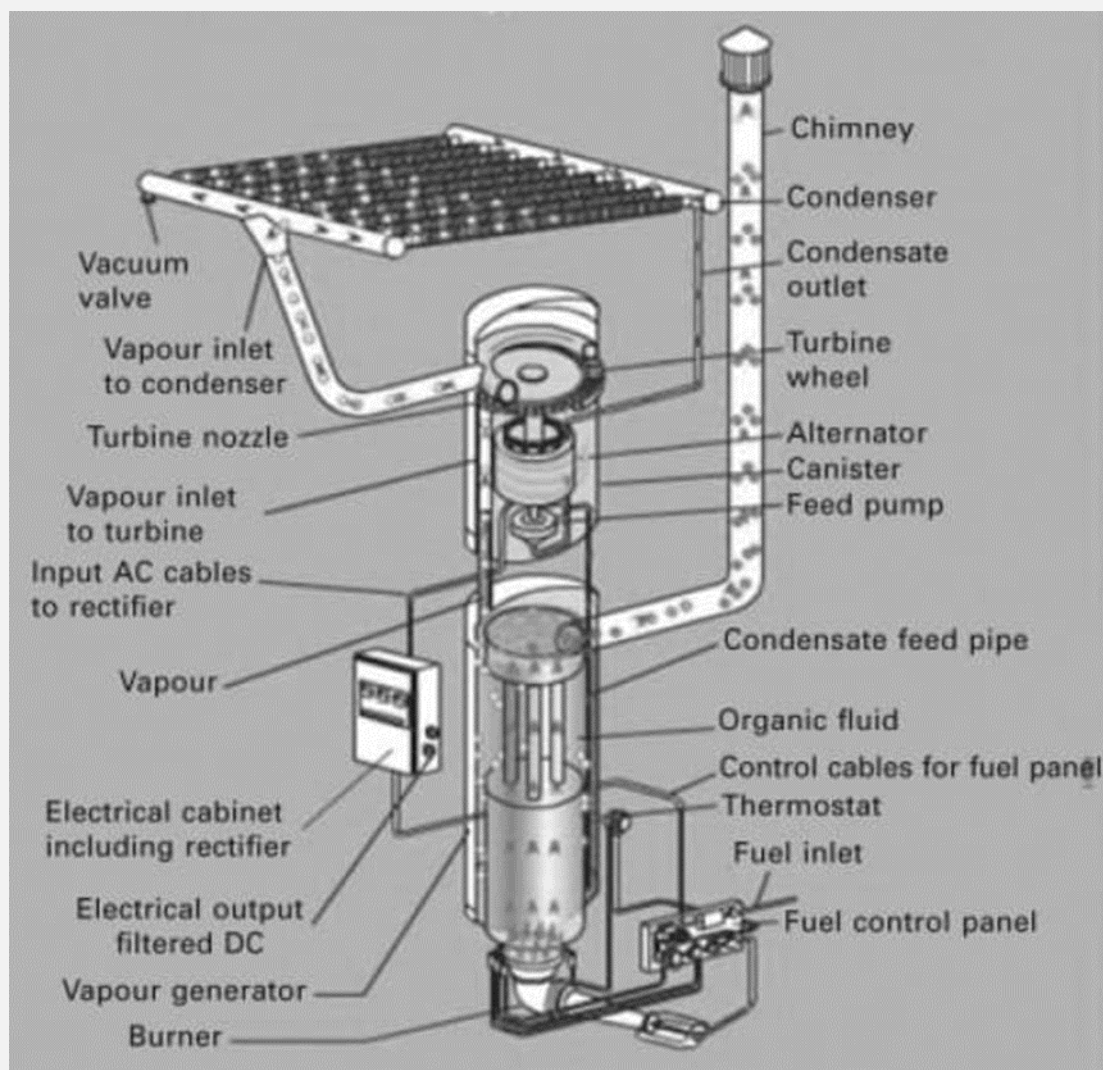
معمولا برای حفاظت از مخازن نگهداری سوخت یا خطوط لوله انتقال سوخت (نفت، گازوئیل، بنزین و یا گاز) که به شبکه توزیع برق دسترسی ندارند می توان از ژنراتوری استفاده کرد که از همان سوخت استفاده کند.



به منظور اتصال رکتیفایر به ژنراتورها، دامنه ولتاژ باید بین 380 تا 400 ولت و فرکانس 50 هرتز باشد در غیر اینصورت خروجی دارای نوسان خواهد شد. اتصال چند رکتیفایر باهم به یک ژنراتور، موجب ایجاد هارمونیک و در نتیجه نوسانی شدن ورودی همه رکتیفایر ها خواهد شد.

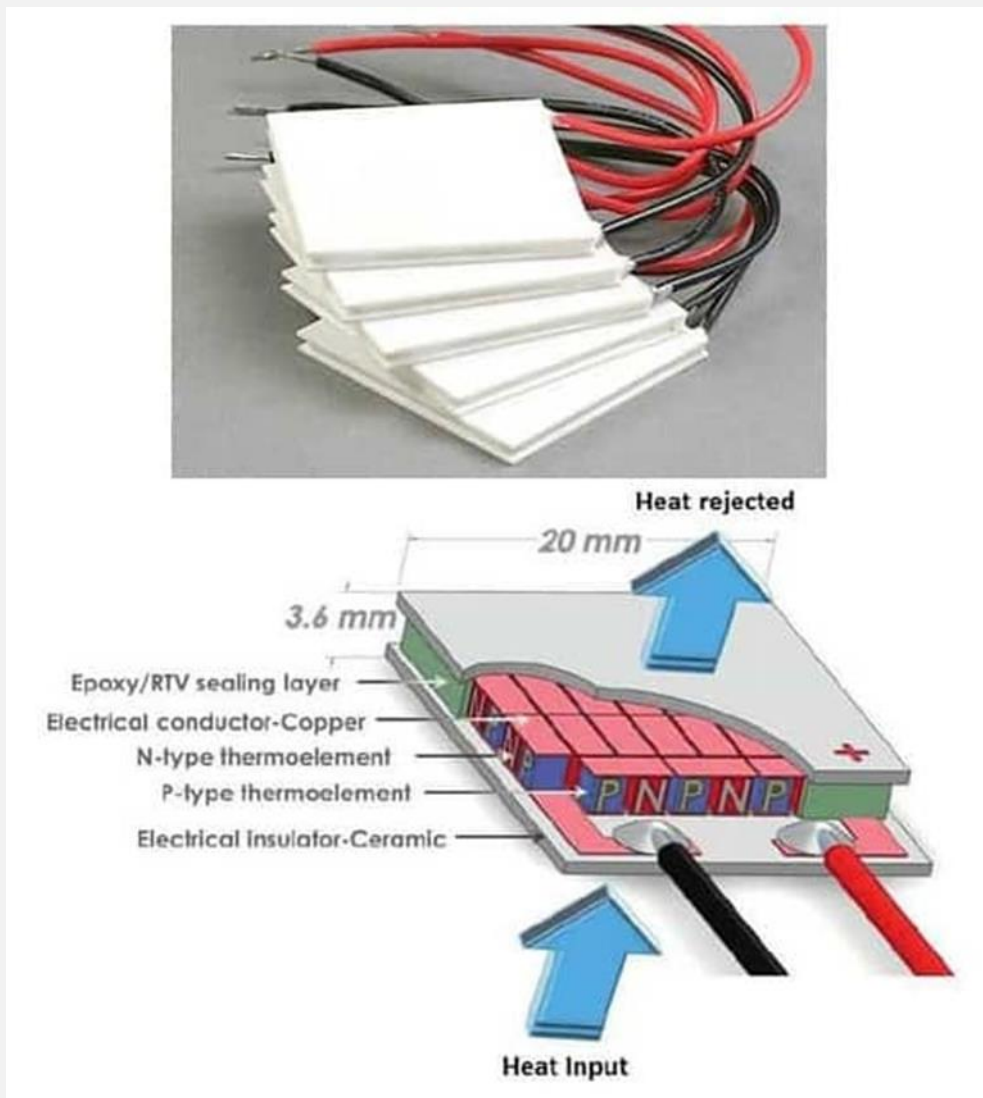
#2-2 توربوژنراتور (CCVT)

شامل یک سیال است که در اثر حرارت منبسط و تبخیر می شود و پس از چرخاندن پره توربین، از رادیاتور گذشته و خنک می شود.



#2-3 ترموالکتریک ژنراتور (TEG)

اگر یک بیمتال (دو قطعه فلز با جنس متفاوت) را در برابر اختلاف دما قرار دهیم به اختلاف پتانسیل دست خواهیم یافت.



پیاده سازی این مفهوم در نیمه هادی ها منجر به ایجاد سیستمی شده که با استفاده از اختلاف دمای تولید شده، پتانسیل مورد نیاز حفاظت را تولید می کند.

#4-2 ژنراتور توربین بادی

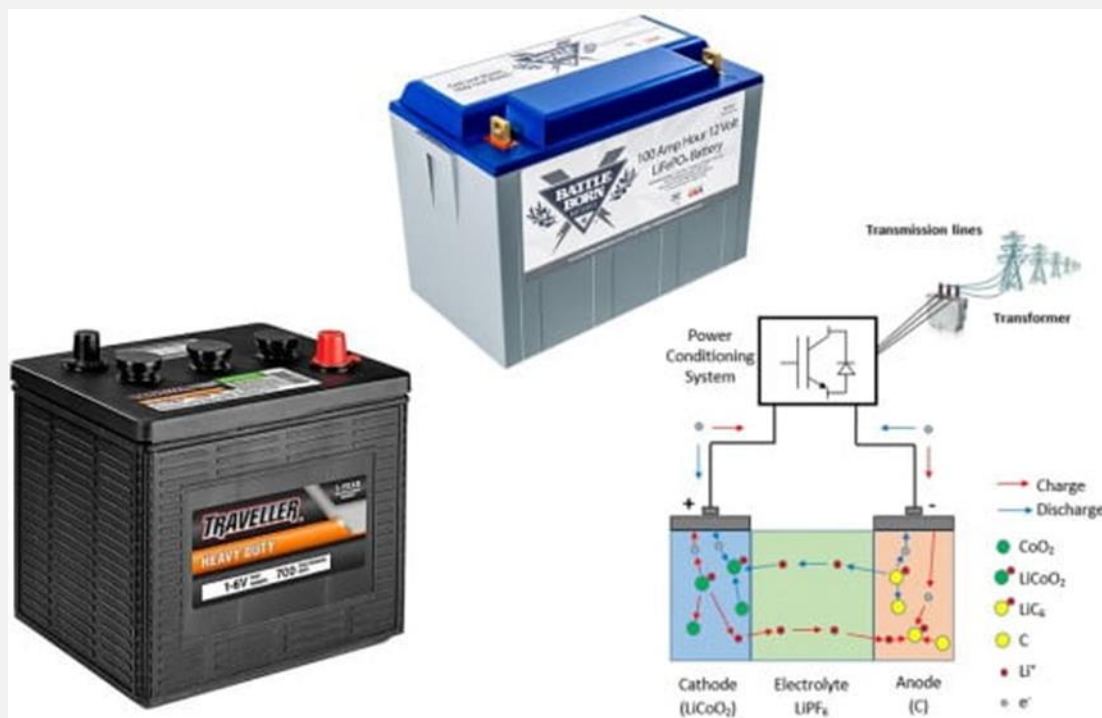
در محیط هایی که شرایط جوی به گونه ای باشد که بتوان از نیروی باد استفاده کرد این توربین ها مناسب هستند.



از آنجا که با تغییر شدت و جهت باد، خروجی نیز تغییر می کند و نوسان خواهد داشت. بنابراین از باتری برای یکنواخت سازی خروجی استفاده می شود.

#2-5 باتری

کوچک ترین، ساده ترین و در دسترس ترین منابع تزریق جریان DC باتری ها هستند. اما شارژ باتری بالاخره به اتمام می رسد و سازه بدون حفاظت باقی خواهد ماند.

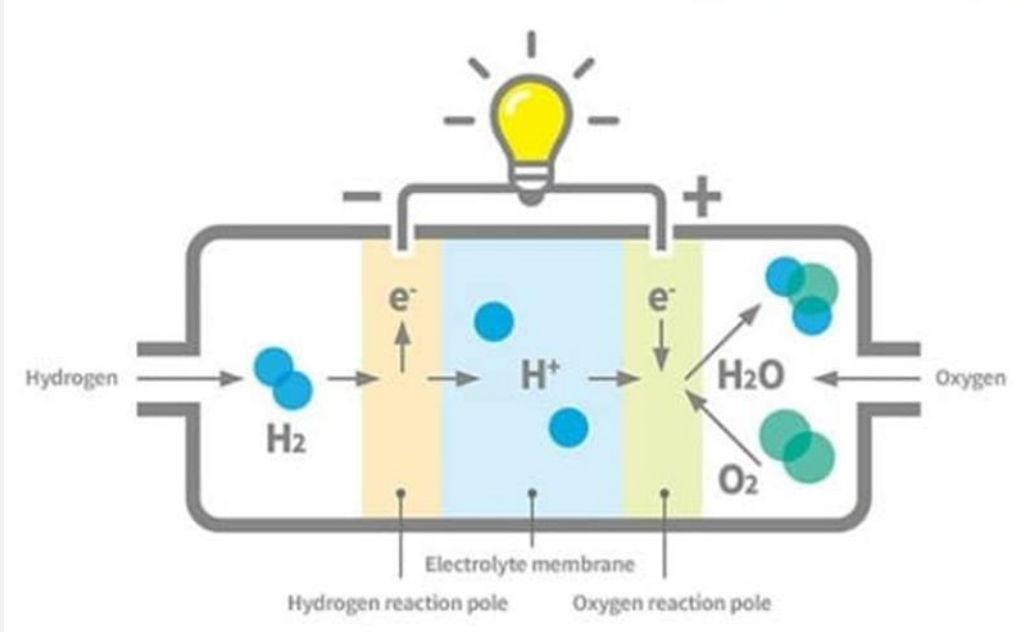


به همین جهت معمولاً از باتری‌ها در سایر سیستم‌ها به عنوان ذخیره کننده انرژی استفاده می‌شود و بارها شارژ و تخلیه خواهد شد. یا می‌توان به منظور تست و اندازه‌گیری استفاده کرد.

گاهی باتری به عنوان سیستم کمکی آند فداشونده استفاده می‌شود.

#2-6 پیل‌های سوختی

این پیل‌ها در ابتدا برای کاربردهای هوا فضا و نظامی مورد استفاده قرار گرفت. اساس کار این پیل‌ها ترکیب هیدروژن با اکسیژن است که باعث تولید حرارت و در نتیجه برق خواهد شد.

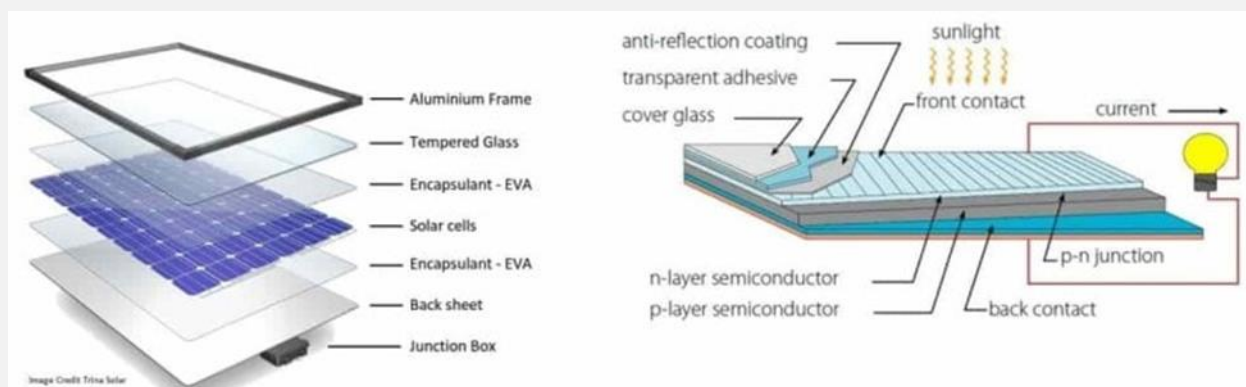


راندمان بالا، عدم آلودگی، عدم وجود قطعه متحرک و نصب و بهره برداری آسان و نیاز به تعمیر و نگهداری بسیار کم از مزایای این منابع تزریق جریان است.

#2-7 سلول های خورشیدی

شرایط آب و هوایی کشور ما به گونه ای است که استفاده از سلول های خورشیدی با راندمان بالا امکان پذیر است. استفاده از انرژی خورشیدی

رایگان و تجدید پذیر بوده و تقریباً در همه نقاط قابل اجرا است. خروجی این سلول ها DC است و بنابراین نیاز به رکتیفایر ندارد.



برای شارژ باتری و حفاظت از لوله در طول روز و استفاده از باتری به منظور حفاظت در طول شب، به پنل خورشیدی با ابعاد بسیار بزرگ نیاز داریم. با احتساب تلفات، پنل خورشیدی باید جریان تولیدی حدود سه برابر جریان مورد نیاز برای حفاظت داشته باشد.

#2-8 شبکه برق تک فاز و سه فاز (ترانس رکتیفایر)

ترانس های تک فاز برای تامین توان تا 2 KVA مناسب هستند چرا که برای توان های بالاتر ابعاد ترانس بزرگ خواهد شد.



بنابراین ترجیح داده می شود در توان های بالاتر از 2 KVA از ترانس های با تغذیه برق سه فاز استفاده شود. در ادامه ترانس رکتیفایر های تک فاز و سه فاز مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

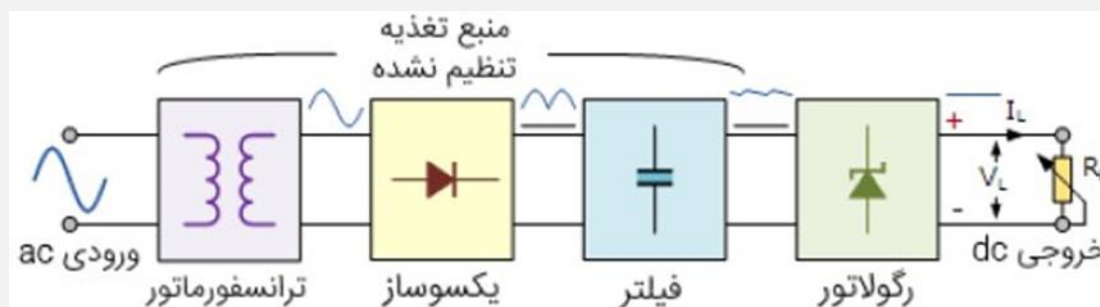
#3 ترانس رکتیفایر چیست؟

رایج ترین منبع تغذیه برای سیستم های ICCP است و به اختصار T/R و یا TRU نیز گفته می شود.



#3-1 اجزای داخلی ترانس رکتیفایر

یک ترانس رکتیفایر شامل اجزای اصلی زیر است:



1. ترانس کاهنده ولتاژ
2. بخش یکسو ساز
3. محفظه
4. مخزن روغن (در حالت ترانس روغن خنک)
5. کلید قطع و وصل ac
6. پنل کنترل و تجهیزات اندازه گیری
7. سیستم ارتینگ و برقگیر

#2-3 انواع ترانس رکتیفایر

از نظر برق ورودی به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

1. تک فاز

- 220 ولت و 50 هرتز
- صرفه اقتصادی بالاتر
- تحمل تلورانس تا 10 درصد
- ساخت ساده تر
- راندمان 80-85%
- برق در دسترس تر

2. سه فاز

- 400 ولت و 50 هرتز
- راندمان حداقل 95%

• نرخ خروجی بالا برای سازه های بسیار بزرگ

جریان خروجی ترانس رکتیفایر براساس جریان مورد نیاز (محاسبه شده) برای حفاظت کاتدی تعیین می شود. ولتاژ خروجی ترانس رکتیفایر براساس مقاومت مداری معادل تعریف می شود.

$$E_{cp} = I_{cp}R_t + E_b$$

در این رابطه (E_b back voltage) معمولا 2 ولت در نظر گرفته می شود.

#3-3 تعیین خروجی ترانس رکتیفایر

عوامل زیر بر تعیین خروجی ترانس رکتیفایر موثر هستند.

3. مصرف جرمی آند

4. فرسودگی پوشش

5. تغییر در سطح سازه تحت حفاظت

6. تغییر در ماهیت الکتrolیت

#4-3 راندمان ترانس رکتیفایر

راندمان ترانس رکتیفایر عبارت است از نسبت خروجی توان DC به ورودی توان ac.

$$T/R \text{ Efficiency} = \frac{DC \text{ Power Output (W)}}{AC \text{ Power Input (W)}} \times 100$$

$$DC \text{ Power} = V_{DC} \times I_{DC}$$

$$AC \text{ Power (Single Phase)} = V_{DC} \times I_{DC} \times \cos \varphi$$

$$AC \text{ Power (Three Phase)} = V_{DC} \times I_{DC} \times \cos \varphi \times \sqrt{3}$$

#3-5 انواع محفظه

ترانس رکتیفایر ها از نظر نوع محفظه ای که درون آن قرار می گیرند به 2 دسته روغن خنک و هوا خنک تقسیم می شوند.

1) هوا خنک

این سیستم ها که با هوا خنک می شوند برای شرایط زیر مناسب هستند.



- محیط های کم خطر، خنک و خشک
- نیازمندی توان نسبتا پایین
- قابلیت نصب و حمل و نقل آسان
- سیستم خنک کنندگی طبیعی و مصنوعی (استفاده از فن)
- مناسب برای کار مداوم (بدون قطع و وصل)

2) روغن خنک

این سیستم ها با روغن خنک می شوند و برای شرایط زیر مناسب هستند.

- محیط های به شدت خورنده، گرم و مرطوب

- مناطق پر خطر از نظر انفجار
- نیازمندی توان بالا
- سیستم خنک کنندگی طبیعی و مصنوعی
- قابلیت سوئیچینگ و سیستم تایمری (قطع و وصل مکرر)

#3-6 نحوه نصب ترانس رکتیفایر

ترانس رکتیفایر ها از نظر نحوه نصب به 3 دسته زیر تقسیم می شوند.

- 1) نصب روی ستون (Pole Mounted)
- 2) نصب روی زمین (Floor/Plinth Mounted)
- 3) نصب روی دیوار (Wall Mounted)





انواع روغن خنک به دلیل وزن زیاد روغن، معمولاً بر روی زمین نصب می شوند.

#3-7 محل نصب

ترانس رکتیفایر ها از نظر موقعیت نصب به 2 دسته زیر تقسیم می شوند.

(1) نصب در محیط داخلی

(2) نصب در محیط بیرونی



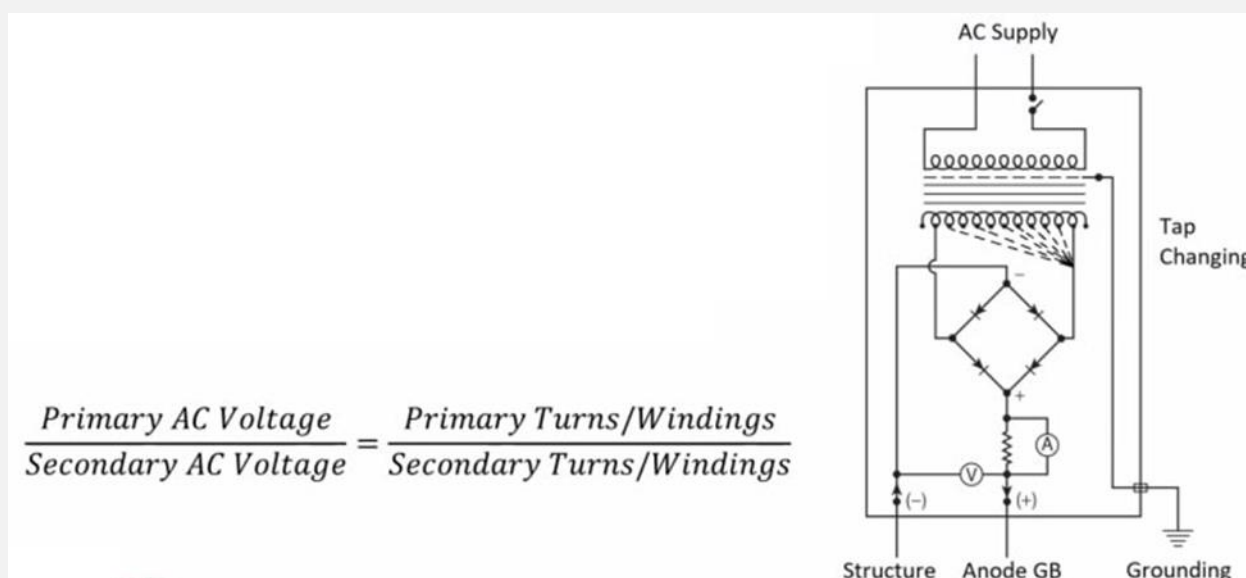
در محیط های بیرونی معمولاً از ترانس های روغن خنک استفاده می شود.

#4 سیستم های کنترل ترانس رکتیفایر

برای کنترل ولتاژ و جریان خروجی ترانس رکتیفایر چندین سیستم مورد استفاده قرار می گیرد.

#4-1 پله ای (Step Control/Tap Changer)

در سیم پیچ ثانویه ترانسفورمر تپ های مختلفی در نظر گرفته می شوند.



این تپ ها از تعداد دورهای متفاوتی از سیم پیچ ثانویه گرفته شده اند بنابراین ولتاژ های مختلفی دارند.



#4-2 واریاکی (Regavolt/Variac)

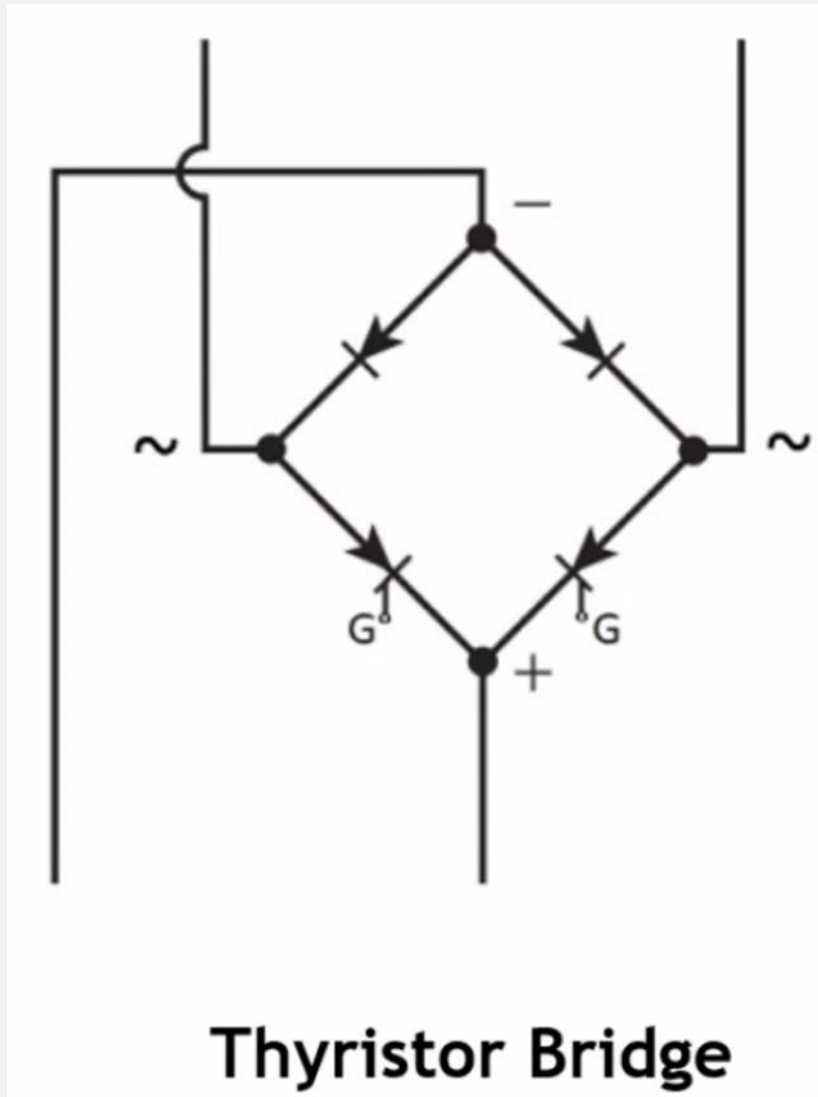
با استفاده از یک ولوم ولتاژ خروجی به طور پیوسته قابل تغییر است.



اما اگر با گذشت زمان مقاومت مدار حفاظت کاتدی تغییر کند، با فرض ولتاژ ثابت جریان نیز تغییر خواهد کرد. بنابراین این سیستم های کنترل قادر به تنظیم جریان خروجی نیستند. این سیستم ها را اصطلاحاً ولتاژ ثابت می نامند.

3-4# ترستوری (Thyristor)

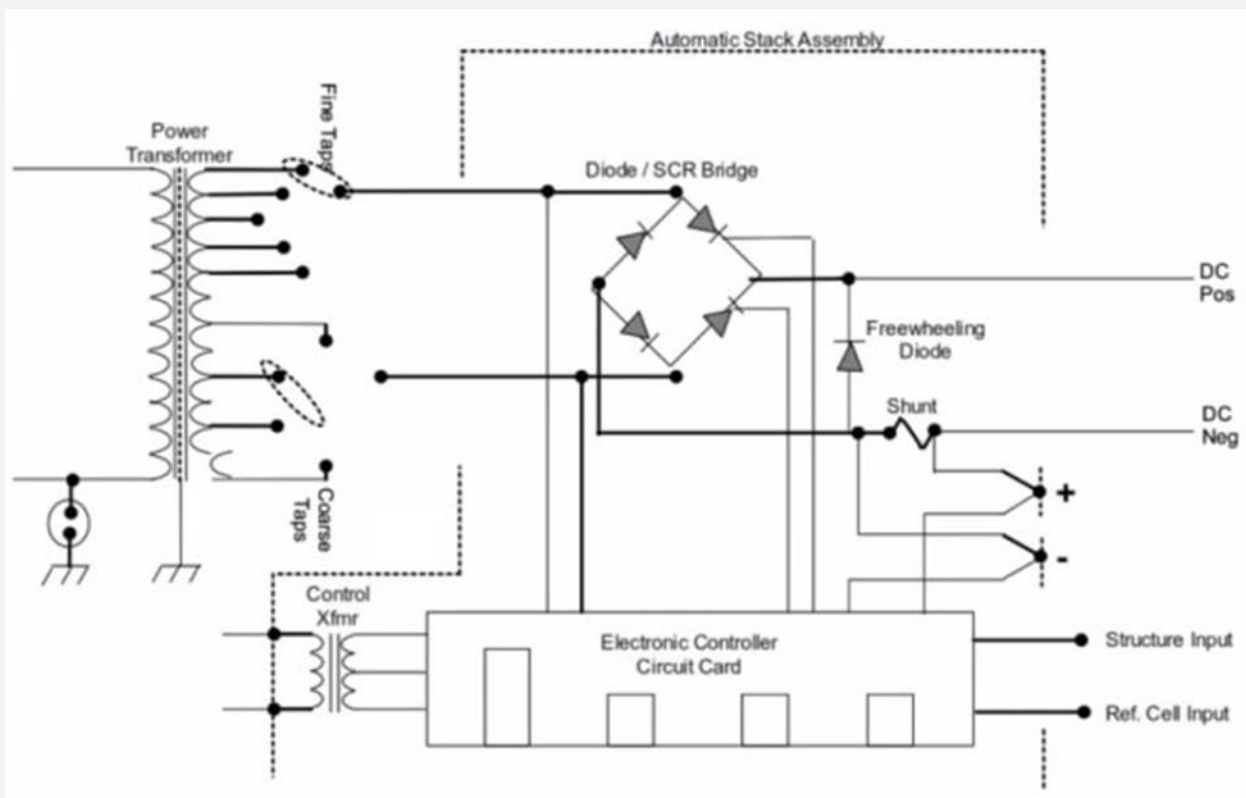
با استفاده از ترستورها یا یکسوساز های قابل کنترل سیلیکونی (SCR)، می توان یکسو کنندگی و در نتیجه جریان خروجی را کنترل کرد. این سیستم ها ولتاژ و جریان ثابت هستند.



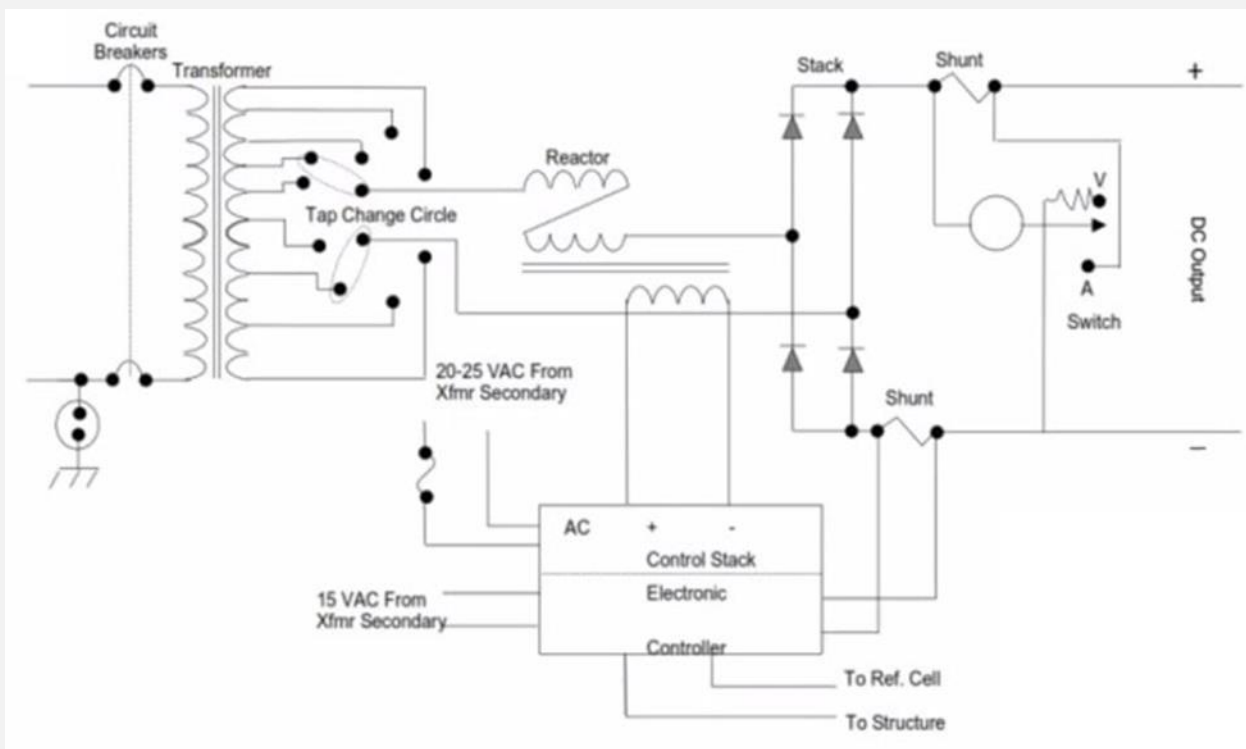


4-4# اتوماتیک (Automatic Control/Smart)

این سیستم پتانسیل سازه را (نسبت به یک الکتروود مرجع) قرائت و آن را با بازه تعریف شده از قبل مقایسه می کند. در نتیجه ولتاژ و جریان خروجی را به نحوی تنظیم می کند که پتانسیل سازه در بازه مورد نظر قرار بگیرد. این سیستم ها ولتاژ، جریان و پتانسیل (یا هافسل) ثابت هستند.

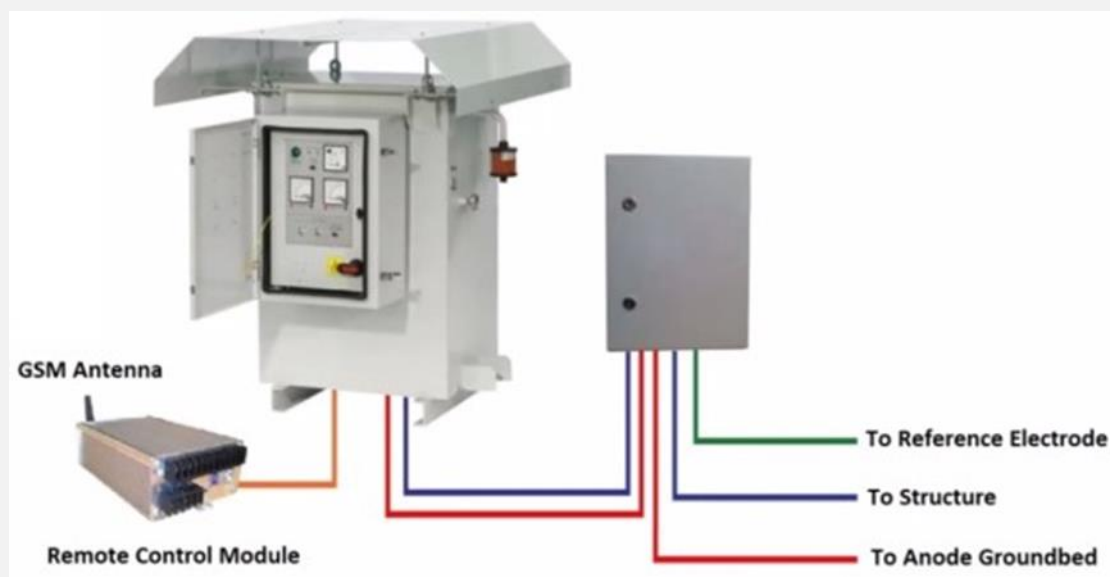


همانطور که از شکل مشخص است با استفاده از یک سیستم کنترل الکترونیکی که پتانسیل سازه و الکتروود مرجع را در اختیار دارد می توان خروجی ترانس را کنترل کرد. این کار را می توان با یک راکتور تنظیم پذیر که بین ثانویه ترانسفورمر و بخش یکسوساز قرار می گیرد.



#4-5 کنترل از راه دور

در این سیستم ها می توان از اتاق کنترل اطلاعات مربوط به ترانس را دریافت کرد و یا به منظور عملکرد بهتر دستورات لازم را ارسال کرد.

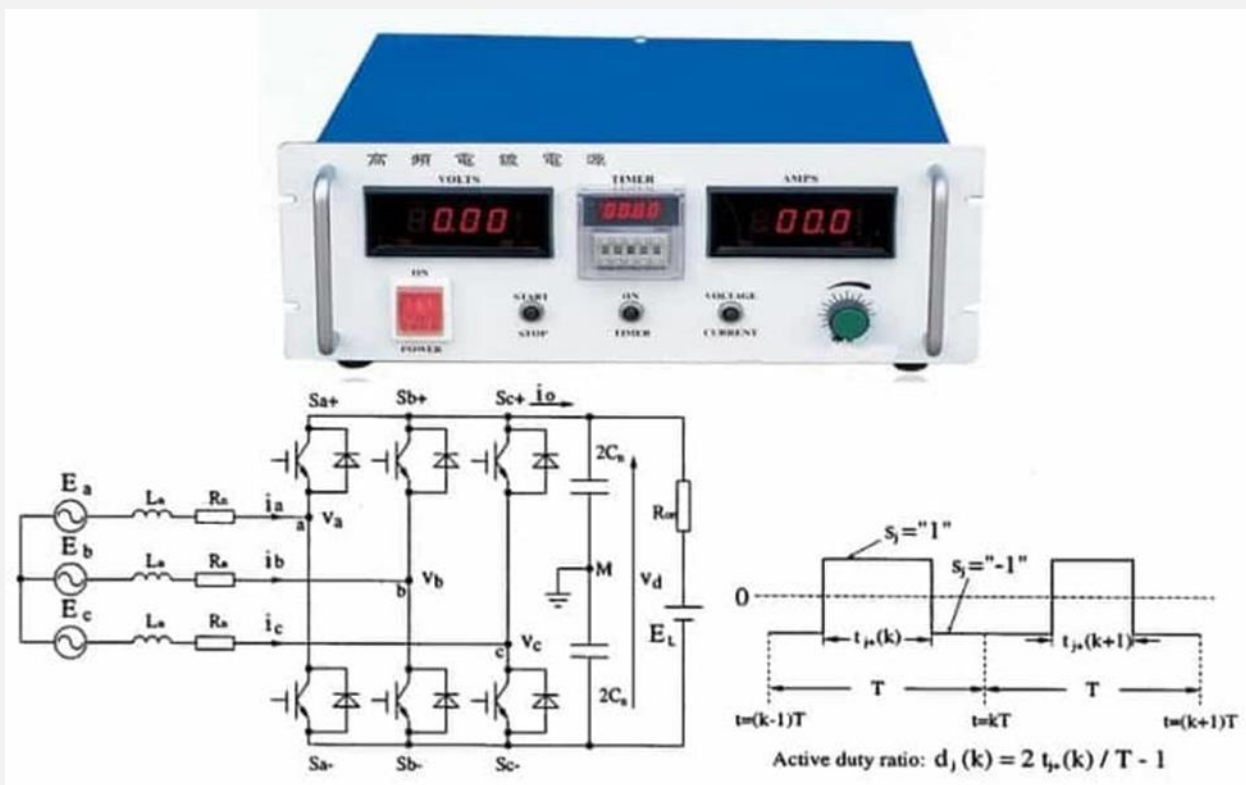


از مزایای این سیستم ها می توان به موارد زیر اشاره کرد.

- پایش و ثبت اطلاعات (T/R ورودی و خروجی ولتاژ و جریان)
- پایش و ثبت اطلاعات (CP پتانسیل سازه به الکترولیت)
- ذخیره سازی و تهیه آرشیو و تاریخچه از اطلاعات
- ایجاد آلارم در صورت بروز اشکال
- مشاهده تصویری اطلاعات بر موبایل یا لپتاپ
- گزارش گیری راحت از راه دور
- کنترل دستی ولتاژ و جریان از راه دور
- خاموش و روشن کردن یا قطع و وصل ترانس رکتیفایر
- کنترل و همگام سازی چندین سیستم حفاظت کاتدی با هم

#4-6 سوئیچینگ رکتیفایر

این سیستم ها از ترانس استفاده نمی کنند و بنابراین ترانس رکتیفایر نیستند.



اما به جهت کاربرد مشابه ترانس رکتیفایر ها در اینجا آورده شده است. یک سوئیچ حالت جامد با تولید یک سری پالس های DC فرکانس بالا (50-500kHz) و تنظیم زمان پالس، خروجی DC مورد نیاز را تولید می کند. این رکتیفایرها مزایای زیر را نسبت به ترانس رکتیفایرها دارند.

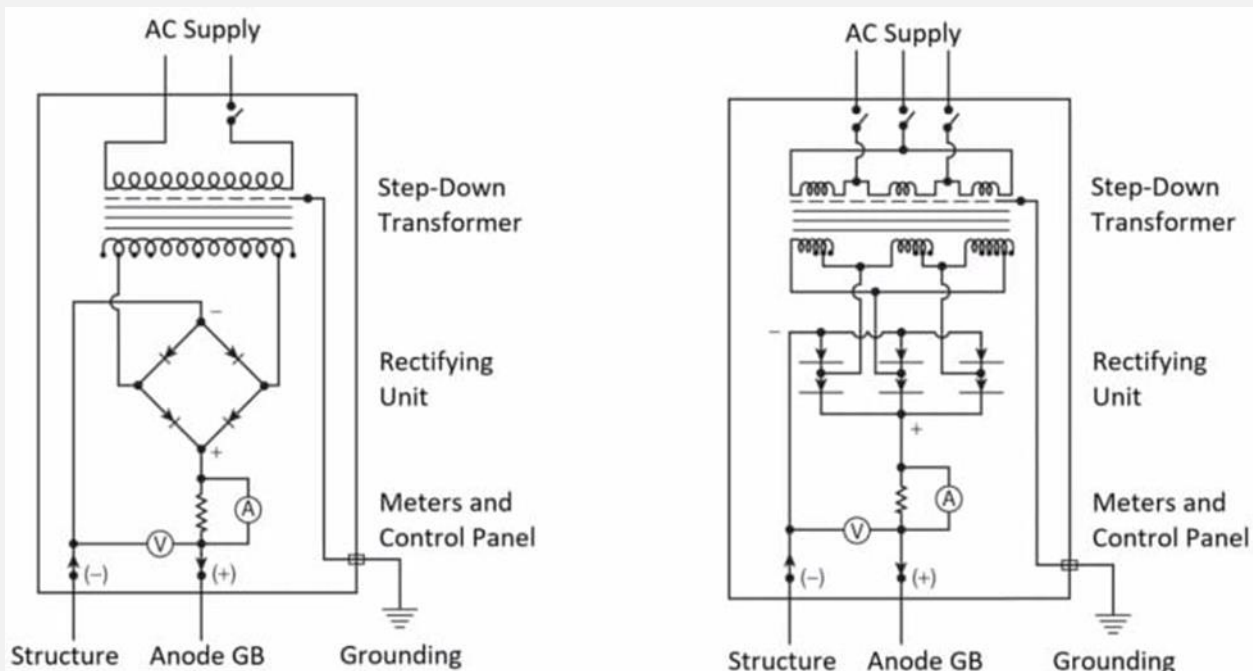
- وزن کم و سایز کوچک
- ولتاژ و جریان خروجی قابل تنظیم
- ویژگی محدودیت جریان
- قابلیت ارتقاء برد الکترونیکی برای کنترل از راه دور
- راندمان بسیار بالا در خروجی کم
- ولتاژ یکنواخت و با ریبیل کم در خروجی

و از معایب آن ها می توان به موارد زیر اشاره کرد.

- دستیابی دشوار به توان خروجی بالا
- منبع نویزهای فرکانس بالا (EMI/RFI)
- تعمیر مازول داخلی امکان پذیر نیست

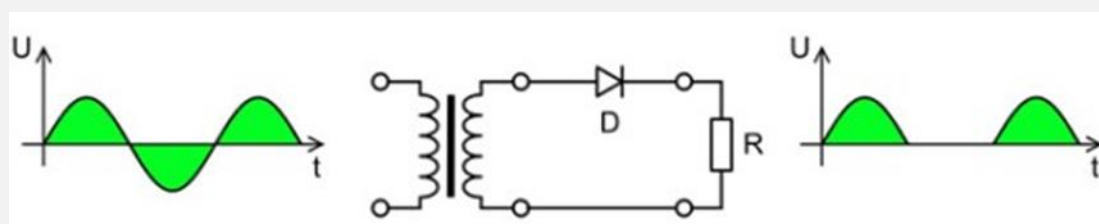
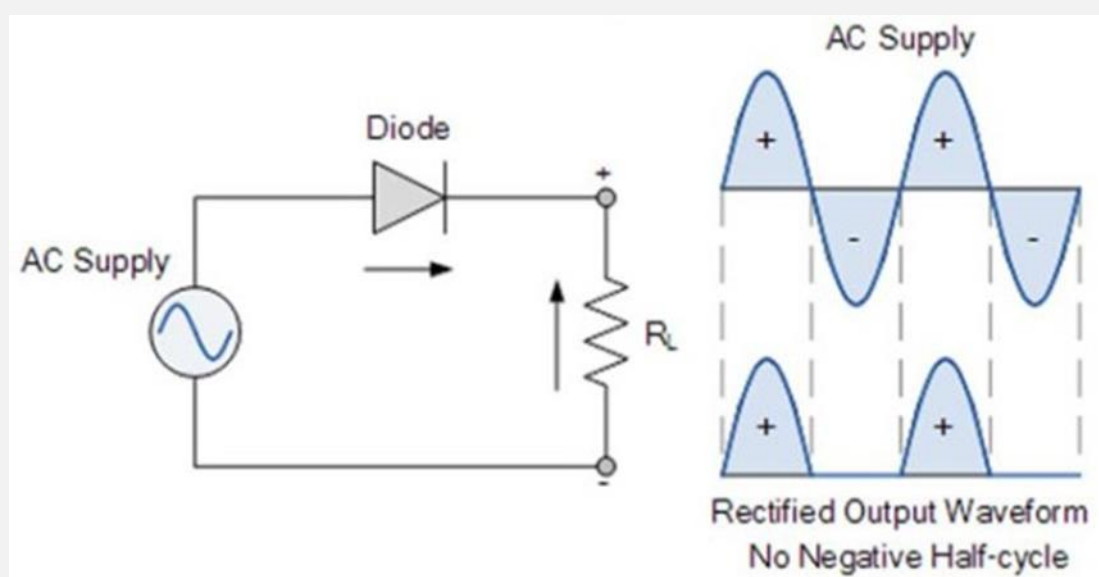
#5 نحوه عملکرد ترانس رکتیفایر تک فاز

به منظور حفاظت از خط لوله به یک ولتاژ DC نیاز داریم. بنابراین باید به نحوی ولتاژ سینوسی برق ac را DC کنیم. یعنی موج سینوسی حول صفر به یک خط صاف در ولتاژ مورد نظر برای حفاظت (مثلا 75 ولت) منتقل شود.



این کار طی چند مرحله زیر انجام خواهد شد:

- در مرحله اول برای کاهش ولتاژ به ولتاژ مورد نظر، از یک ترانس ولتاژ با دو سیم پیچ اولیه و ثانویه استفاده می کنیم. سیم پیچ های اولیه و ثانویه باید به گونه ای در نظر گرفته شوند که قابلیت عبور جریان مورد نظر و تحمل ولتاژ های ورودی و خروجی را داشته باشند.
- کافی است یک سر ولتاژ ac خروجی ترانس از دیود عبور کند تا نیم سیکل منفی حذف و فقط نیم سیکل مثبت باقی بماند.



- با استفاده از یک پل یکسو ساز شامل 4 دیود، می توان نیم سیکل های منفی را نیز به بالای محور و قسمت مثبت انتقال داد.

- با موازی کردن یک خازن در خروجی (موازی با بار) از صفر تا قله هر نیم سیکل خازن شارژ می شود و از قله تا صفر شدن نیم سیکل خازن به مرور تخلیه می شود.

- اما اتصال موازی یک خازن در خروجی موجب تغییرات ناگهانی جریان خواهد شد. به همین دلیل قبل از خازن، از یک سلف سری استفاده می کنیم.

این ساده ترین مداری است که قابلیت تولید خروجی DC از ورودی ac را دارد. برای ترانس رکتفایر های سه فاز نیز مدار هر فاز مشابه مدار بررسی شده برای حالت تک فاز است.

در این مقاله با اجزای سیستم حفاظت کاتدی، انواع منابع تزریق جریان، انواع دسته بندی ها و اجزای داخلی ترانس رکتیفایر، سیستم های کنترل و نحوه عملکرد آن آشنا شدیم.