# بررسی مسائل مدار تریستوری ولتاژ بالا به کمک اتصال سری تریستورهای ولتاژ پایین

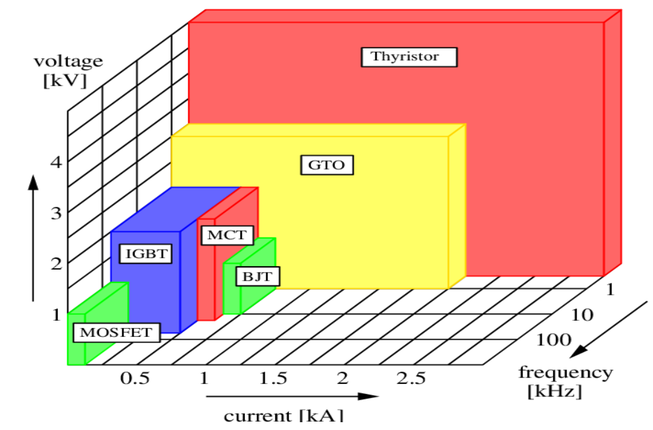

**دانشجو: سنا اعتمادی**

**استاد راهنما: دکتر حسین محسنی**

**دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران**


## مقدمه

قطعات نیمه‌هادی قدرت، اصلی‌ترین عناصر در انتقال و تبدیل کنترل‌شده انرژی در سیستم های الکترونیک قدرت هستند. کلیدهای قدرت به طورکلی به دو خانواده کلیدهای ترانزیستوری و تریستوری تقسیم می‌شوند. کلیدهای تریستوری قابلیت روشن و یا خاموش شدن کنترل شده و عملکرد در محدوده ولتاژ و جریان بالاتر را دارند.



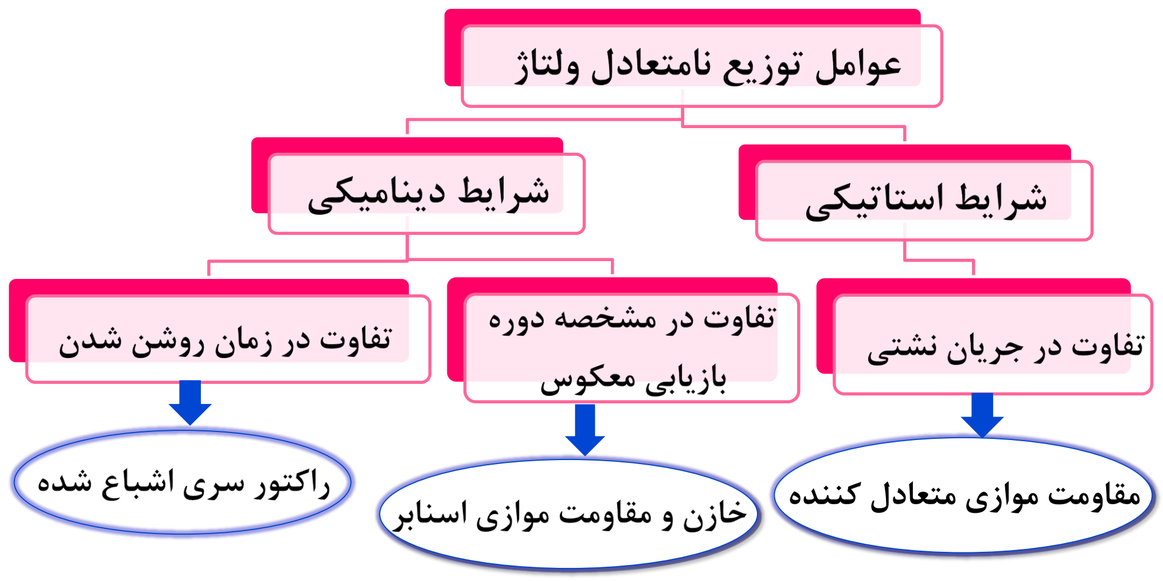

تریستور سه پایه آند، کاتد و گیت (پایه کنترلی) دارد و از طریق گیت می تواند روشن شود. تریستورهای امروزی قابلیت تحمل حداکثر ولتاژ سدکنندگی تقریباً ۸ کیلوولت را دارند. در کاربردهای ولتاژ متوسط و بالا، به‌منظور افزایش ظرفیت ولتاژ، می توانیم تعدادی از تریستورها را با توجه به سطح ولتاژ و توان موردنیاز سری‌سازیم. در اتصال سری تریستورها، با مسائل و چالش های زیر روبرو می‌شویم:

- توزیع نامتعادل ولتاژ بین تریستورها در شرایط استاتیکی و دینامیکی
- چالش آتش زنی یا تریگر کردن هم زمان تریستورها
- حفاظت از تریستورها در برابر اضافه ولتاژ، جریان و تغییرات شدید آن‌ها
- خنک سازی، طراحی مکانیکی و نظارت ساختار سری

اهداف این پروژه، بررسی هر یک از مسائل و مشکلات گفته شده و ارائه راه‌کار برای مقابله با آن‌ها می‌باشد.

## ساختار پیشنهادی

اولین مشکل محتمل در اتصال سری تریستورها، توزیع نامتعادل ولتاژ بین تریستورها در شرایط استاتیکی و دینامیکی است. برای رفع این مشکل، می‌توان از قطعات الکتریکی مانند مقاومت، خازن و راکتور استفاده کرد.




یکی دیگر از مسائل چالش برانگیز در اتصال سری، روشن کردن (به اصطلاح تریگر کردن) همزمان همه‌ی تریستورها در لحظه مدنظر است. برای این منظور به سیستم تحریک (گیتینگ) کارآمد و قابل‌اطمینان برای ارسال هم‌زمان پالس فعال‌سازی به گیت تریستورها نیاز است. در این پروژه، سه نوع سیستم تحریک، برای ارسال پالس گیت، بررسی شده که شامل سیستم تحریک مغناطیسی، اپتوالکترونیک و نوری (اپتیکال) است.

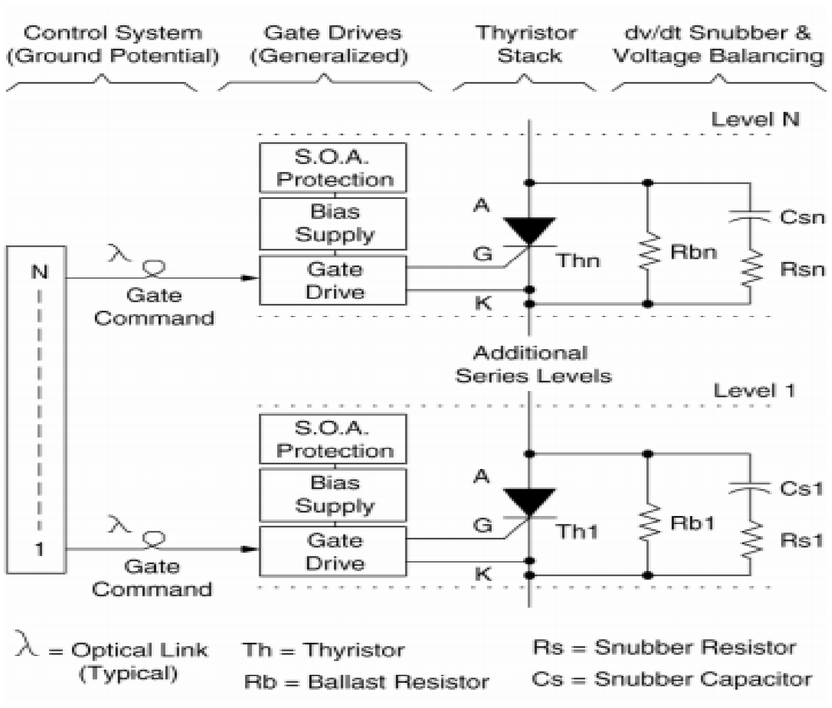
در سیستم تحریک مغناطیسی از ترانسفورماتور پالس جهت مجزاسازی قسمت ولتاژ بالا از ولتاژ ضعیف استفاده شده است. در سیستم های نوری و اپتوالکترونیک از فیبر نوری برای این منظور استفاده می‌شود. لذا قابلیت اطمینان این دو سیستم، به دلیل مصون بودن از تداخل الکترومغناطیسی و کاهش قطعات الکتریکی، نسبت به سیستم مغناطیسی، بیشتر است.

تریستورها به دو صورت الکتریکی یا نوری می توانند تریگر شوند. تریستور تریگرشونده توسط پالس الکتریکی (ETT) در سیستم تحریک مغناطیسی و اپتوالکترونیک می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد. در سیستم تحریک نوری، تریستور تریگرشونده به وسیله هدایت نور به گیت (LTT) به‌کار می‌رود.

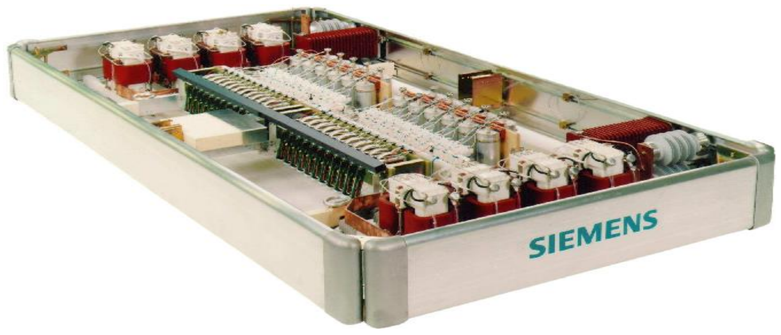
## نتایج

برای طراحی یک مدار تریستوری سری قابل اطمینان به عناصر زیر نیاز است:

- قطعات الکتریکی شامل مدار متعادل‌کننده و اسنابر به صورت جداگانه برای هر تریستور به منظور توزیع یکنواخت ولتاژ بین تریستورها
- سیستم تحریک مناسب جهت ارسال هم زمان پالس به گیت تریستورها
- توابع نظارت و محافظت از تریستور در برابر اضافه ولتاژ، جریان و تغییرات ناگهانی آن‌ها (di/dt و dv/dt).
- منبع تغذیه جهت تولید پالس گیت




- سیستم خنک‌کننده آبی و هیت سینک (گرماگیر) جهت کاهش تلفات و خنک سازی
- به‌منظور نصب آسان، بهینه‌سازی هزینه و استحکام مکانیکی از طرح ساخته‌شده استاندارد که شامل تریستورهای سری، مدار متعادل‌کننده و میراکننده، راکتور سری، مدار خنک‌کننده و مسیرهای فیبرنوری است، استفاده شود.




## جمع بندی

اتصال سری تریستورها در بسیاری از کاربردهای صنعتی، مانند مبدل های جریان مستقیم با ولتاژ بالا (HVDC)، راه‌انداز موتور، جبران ساز استاتیکی (SVC) و ... استفاده می‌شوند. لذا اقدامات مناسب جهت محافظت از تریستورها، کاهش خطا و بهبود قابلیت اطمینان سیستم حائز اهمیت است. در این پروژه چالش های پیش‌رو در سری‌سازی تریستورها بررسی و راه‌کار حل این مشکلات ارائه شد.

## مراجع اصلی


1. H. Huang, M. Uder, R. Barthelmess, and J. Dorn, "Application of high power thyristors in HVDC and FACTS systems," in *17th Conference of Electric Power Supply Industry (CEPSI)*, 2008, pp. 1-8.
2. H. P. Lips and M. Pauli, “Gating Systems for High Voltage Thyristor Valves,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 3, no. 3, pp. 978–983, 1988.
3. Lips, H. P.; Matern, J.; Neubert, R.; Popp, L.; Uder, M.: Light Triggered Thyristor Valve For HVDC Application. In: European Power Electronics Conference, Trondheim/Norway, September 1997, pp. 1287-1292.