



به نام خدا
دانشکده برق و کامپیوتر

بررسی سیستم‌های قدرت ۱ - تمرین سری پنجم

دانشگاه تهران

پاییز ۱۴۰۰

پردیس دانشکده های فنی

- لطفاً تمرین را تا تاریخ **۲۹ آذر ساعت 23:55** در سایت درس آپلود نمایید. لازم به ذکر است بعد از این زمان محل آپلود بسته شده و تمرین‌ها با تأخیر تحویل گرفته نمی‌شود.
- جواب را در قالب فایل پی دی اف که اسم آن نام و نام خانوادگی و شماره دانشجویی شما بوده در سایت درس آپلود نمایید.
- در صورت مشاهده تمرین‌های یکسان نمره منفی لحاظ می‌گردد.
- دانشجویانی که آخرین رقم شماره دانشجویی آن‌ها زوج بوده به سؤالات زوج و افرادی که آخرین رقم شماره دانشجویی آن‌ها فرد بوده به سؤالات فرد پاسخ دهند.
- توصیه می‌شود برای تمرین بیشتر دانشجویان همه سؤالات را حل نمایند ولی فقط سؤالاتی که مربوط به آنهاست را در سایت درس آپلود نمایند.
- سؤالاتی که با علامت * مشخص شده‌اند امتیازی بوده و حل آن‌ها اجباری نمی‌باشد. لازم به ذکر است سؤالات امتیازی نمره شما را از **110** فراتر نمی‌برد. همچنین قابل توجه است که سؤالات امتیازی را دانشجویان فارغ از فرد یا زوج بودن شماره دانشجویی در صورت تمایل پاسخ‌گو خواهند بود.

۱. یک خط انتقال کوتاه سه فاز با امپدانس $0.1+j0.2$ اهم مفروض است. ولتاژ ابتدای خط 20 کیلوولت بوده و در انتهای خط بار 1600 kW با ضریب توان 0.8 پسفاز تغذیه می شود. ولتاژ انتهای خط چقدر می باشد؟

۲. در سوال (۱) مقدار حداقل بار انتهای خط چقدر باشد تا افت ولتاژ در انتهای خط ۵ درصد باشد؟ (مقدار ضریب توان 0.8 پسفاز فرض شود).

۳. ثابت های ABCD خط انتقال سه فاز با ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت به شرح زیر است:

$$A = D = 0.8386 + j0.0066$$

$$B = 6.69 + j167.4$$

$$C = j0.0018$$

این خط توان 300 MW را با ضریب توان ۰.۹۵، پسفاز به بار تحویل می دهد. پارامترهای سمت ارسال، رگولاسیون ولتاژ و بازده خط چقدر است؟

۴. یک خط انتقال 230 kV به طول 400 km با راکتانسی سری $X = j0.45 \Omega / km$ ، مقاومت $R = 0.04 \Omega / km$ و ادمیتانس $Y = j4 \times 10^{-6} S / km$ در انتهای خط توان 150 MW با ضریب توان واحد را در ولتاژ نامی به بار تحویل می دهد. پارامترهای سمت ارسال، رگولاسیون ولتاژ و تلفات خط را بیابید.

۵. یک خط انتقال سه فاز بلند به طول ۳۰۰ کیلومتر دارای مشخصات زیر است:

$$z = 0.4 \angle 86^\circ \Omega / km$$

$$y = 5 \times 10^{-6} \angle 90^\circ S / km$$

این خط قدرت 40 MW را انتقال می دهد. اگر $|V_s| = 230 kV$ باشد، با شرط اینکه ضریب توان بار ۰.۸، پسفاز باشد:

الف) مقادیر V_R ، P_s و I_s را بدست آورید.

ب) درصد تنظیم ولتاژ و تلفات خط را بیابید.

۶. یک خط انتقال سه فاز بلند به طول ۳۵۰ کیلومتر و ولتاژ نامی ۴۰۰ کیلوولت دارای مشخصات زیر است:

$$z = 0.02 + j0.4 \quad \Omega / km$$

$$y = 4 \times 10^{-6} \angle 90^\circ \quad S / km$$

اگر جریان سمت ارسال خط $|I_s| = 300 \text{ A}$ آمپر باشد باشد و بار انتهای خط 159 MW با ضریب توان ۰,۹ پسفاز باشد

الف) مقادیر V_s ، P_s و V_R را بدست آورید.

ب) درصد تنظیم ولتاژ و تلفات خط را بیابید.

۷. یک خط انتقال سه فاز ۴۰۰ کیلوولت به طول ۳۰۰ کیلومتر مفروض است. فرکانس شبکه ۵۰ هرتز می باشد. مقدار اندوکتانس خط $L = 1 \text{ mH} / km$ و خازن آن $C = 11.8 \text{ nF} / km$ می باشد. از تلفات خط صرف نظر شود. مطلوب است:

الف) ثابت فاز، امپدانس مشخصه، سرعت انتشار و طول موج خط

ب) اگر بار انتهای خط توانی برابر با ۶۰۰ مگاوات و ضریب توان ۰,۸ پسفاز در ولتاژ نامی داشته باشد، اطلاعات سمت ارسال و درصد تنظیم ولتاژ را بدست آورید.

ج) در صورتی که بار قطع شود، ولتاژ انتهای خط و جریان ابتدای خط چقدر می شود؟

د) اگر ولتاژ ابتدای خط برابر با ۴۰۰ کیلوولت باشد، توان راکتیو مورد نیاز در انتهای خط چقدر باشد تا ولتاژ انتها نیز ۴۰۰ کیلوولت شود. (بار نامی مذکور در قسمت ب) متصل است).

ه) برای افزایش ظرفیت بارگذاری خط به میزان ۲۰ درصد، از خازن سری استفاده می شود. ظرفیت این خازن چقدر باشد؟

و) برای کاهش ولتاژ انتهای خط در بند ج) میزان ظرفیت راکتور موازی چقدر باشد تا ولتاژ انتهای خط برابر با یک پریونیت شود؟

۸. یک خط انتقال سه فاز ۵۰ هرتز به طول ۱۵۰ کیلومتر و ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت مفروض است. با فرض پارامترهای $Z = j0.3 \quad \Omega / km$ و $Y = j4.1 \times 10^{-6} \quad S / km$ برای امپدانس سری و موازی، مطلوب است:

الف) ثابت فاز، امپدانس مشخصه، سرعت انتشار و طول موج خط

ب) اگر بار انتهایی خط توانی برابر با 315 مگاوات و ضریب توان ۰.۸، پسفاز در ولتاژ نامی داشته باشد، اطلاعات سمت ارسال و درصد تنظیم ولتاژ را بدست آورید.

ج) در صورتی که بار قطع شود، ولتاژ انتهایی خط و جریان ابتدای خط چقدر می شود؟

د) اگر ولتاژ ابتدای خط برابر با 230 کیلوولت باشد، توان راکتیو مورد نیاز در انتهایی خط چقدر باشد تا ولتاژ انتها نیز 230 کیلوولت شود. (بار نامی مذکور در قسمت ب) متصل است).

ه) برای افزایش ظرفیت بارگذاری خط به میزان 25 درصد، از خازن سری استفاده می شود. ظرفیت این خازن چقدر باشد؟

و) برای کاهش ولتاژ انتهایی خط در بند ج) میزان ظرفیت راکتور موازی چقدر باشد تا ولتاژ انتهایی خط برابر با یک پریونیت شود؟

۹. اضافه ولتاژ بی باری یک خط انتقال ۵۰ هرتز، ۳۰٪ است. با ذکر دلیل این مطلب، طول تقریبی خط را بیابید؟ در صورت استفاده از این خط در فرکانس ۶۰ هرتز، اضافه ولتاژ بی باری آن چقدر خواهد بود؟

۱۰. برای اندازه گیری امپدانس یک خط انتقال سه فاز، انتهایی خط به زمین متصل شده و ابتدای خط به منبع تغذیه با فرکانس ۵۰ هرتز متصل شده است. جریان انتهایی خط ۲۰٪ بیشتر از جریان عبوری از منبع می باشد. ضمن ذکر دلیل این امر، طول تقریبی خط را محاسبه کنید؟ اگر تست با فرکانس ۶۰ هرتز انجام شود، نسبت جریان انتهایی خط به جریان کشیده شده از منبع چقدر خواهد بود؟

۱۱. یک خط انتقال 400 kV به طول 320 km دارای مشخصات زیر است. این خط، بار 180 MA و ضریب توان 0.9 پسفاز را با ولتاژ 400 kV در انتهایی خط تغذیه می کند. پارامترهای ابتدای خط را به سه صورت محاسبه کنید.

$$z = 0.091 + j0.52 \quad \Omega / km$$

$$y = j3.5 \times 10^{-6} \quad S / km$$

الف) با استفاده از مدل خط کوتاه

ب) با استفاده از مدل π خط متوسط

ج) با استفاده از روابط خط بلند

د) در صورتی که خازن سری برای جبران ۴۰٪ امپدانس خط در میانه خط نصب شود، پارامترهای ابتدای خط را مجدداً محاسبه نمایید. همچنین ظرفیت خازن مورد نیاز را بیان کنید.

۱۲. برای بهبود عملکرد خط بلند بدون تلفاتی، به دو طرف هر فاز خط انتقال، خازن های سری با راکتانس X_c اضافه می کنیم.

الف) ثابت های جبران شده خط را به صورت پارامتری بدست آورید.

ب) راکتانس هر کدام از خازنهای سری به منظور افزایش ظرفیت انتقال توان به میزان ۳۰ درصد را محاسبه کنید. به این منظور $Z_c = 500 \Omega$ ، $\ell = 400 \text{ km}$ و $\beta = 0.00125 \text{ rad/km}$ را به عنوان پارامترهای خط بلند فرض کنید.

ج) در صورتی که بار انتهای خط 200 MW با ضریب توان 0.95 پسفاز باشد، پارامترهای ابتدای خط را با حضور خازن جبران ساز بیابید.

*۱۳. توان تولیدی یک نیروگاه 750 MW می باشد. این توان بایستی توسط یک خط انتقال به پستی در فاصله 300 km از نیروگاه انتقال داده شود. پارامترهای مفروض خط به شرح زیر است:

$$V_s = 1 \text{ p.u.} \quad V_R = 0.9 \text{ p.u.} \quad \lambda = 6000 \text{ km} \quad Z_c = 375 \Omega \quad \delta = 36.87^\circ$$

الف) بر اساس بارگذاری عملیاتی خط، ولتاژ نامی مناسبی برای خط پیشنهاد دهید.

ب) با ولتاژ نامی محاسبه شده در بخش (الف) بیشترین توان تئوری قابل انتقال از خط را محاسبه نمایید.

*۱۴. به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) از کابل های AC در زیر آب برای انتقال توان معمولاً بیشتر از یک فاصله معینی نمی توان استفاده کرد. با توجه به پارامترهای خط انتقال و جریان شارژ خط دلیل این امر را بیان کنید.

ب) همانطور که در بخش سه فاز بیان شد، حضور خازن برای تولید توان راکتیو مورد نیاز برای بارهای سلفی بسیار ضروری است. ممکن است این سوال در ذهن به وجود آید که اگر خطوط انتقال به نحوی طراحی شوند که خازن واحد طول بزرگ داشته باشند می توان در استفاده از بانک های خازنی شبکه صرفه جویی کرد و توان راکتیو مورد نیاز بارهای سلفی را از خازن خطوط تامین کرد. از نظر شما این پیشنهاد عملیاتی است؟

ج) اگر بجای خطوط AC از خطوط DC استفاده شود، در شرایط مشابه جریان و قطر هادی یکسان، با ذکر دلیل برای هر یک از موارد زیر بیان کنید که شرایط بهبود می یابد یا خیر.

- تلفات خط انتقال و بازدهی انتقال توان

- جریان شارژ خازنی خط

- افت ولتاژ ناشی از اندوکتانس خط

- انتقال توان بین جزیره ها از زیر آب

- اضافه ولتاژ در خطوط بلند کم بار یا بی بار

د) همانطور که می دانید، هر چقدر ولتاژ را بالاتر ببریم تلفات کمتری در سیستم انتقال خواهیم داشت و هادی هایی با قطر کمتر و در نتیجه ارزان تر. البته به دلایلی افزایش ولتاژ از حد معینی اقتصادی نیست. عواملی که باعث این محدودیت اقتصادی می شوند را معرفی کرده و به طور مختصر توضیح دهید.

ه) کابل های زمینی و خطوط هوایی را از نظر پارامترهای خط انتقال و به طور کیفی با هم مقایسه کنید و توضیح دهید که چرا بخش عمده خطوط انتقال در جهان به صورت خطوط هوایی هستند و از کابل های زمینی کمتر استفاده می شود؟

سربلند و موفق باشید.