

به نام خدا



پروژه  
بررسی سیستم های قدرت ۱  
زمستان ۱۴۰۰



در درس با بخش های مختلف یک سیستم قدرت تا حدودی آشنا شده اید. در این پروژه قصد داریم دانسته های خود از این درس را به کار گیریم تا با چگونگی بهره برداری از یک شبکه قدرت و چالش هایی که در روند بهره برداری با آن ها روبرو خواهیم شد تا حدودی آشنا شویم.

در قدم اول، قصد داریم تا برج های مختلفی را که برای سطح انتقال در کشور ما ساخته می شود، بررسی کنیم و با در نظر گرفتن فرض های ساده کننده، پارامترهای خطوط انتقالی که روی این برج ها قرار می گیرند را بدست آوریم. سطوح ولتاژی سطح انتقال در ایران ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت هستند. برای هر سطح ولتاژی در شبکه انتقال، یک برج که به طور معمول در شبکه سراسری ایران استفاده می شود را در نظر گرفته، پارامترهای واحد طول را بدست می آوریم. سپس یک شبکه که شامل سطوح ولتاژی ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت است را در نظر می گیریم و برای پارامترهای خطوط انتقال در این شبکه، از مقادیر بدست آمده از بخش اول استفاده می کنیم. سپس با تعدادی از چالش هایی که در بهره برداری از یک شبکه قدرت با آن ها مواجه هستیم، روبرو می شویم و سعی می کنیم با دانسته های خود، این چالش ها را حل کنیم تا شبکه مدنظر در بهترین حالت ممکن بهره برداری شود. یکی از مهم ترین و چالش برانگیزترین بخش های پروژه، بررسی معیار N-1 Contingency یا Single Contingency است که سعی می کنیم این معیار را برای شبکه مورد نظر، بررسی نماییم.

لطفا در مورد تحویل پروژه به نکات زیر دقت فرمایید.

- ۱- لطفا فایل های آموزشی را با دقت مشاهده نمایید.
- ۲- پروژه به صورت انفرادی انجام می شود.
- ۳- مهلت تحویل پروژه به هیچ وجه تمدید نمی شود و امکان تحویل با تاخیر وجود ندارد.
- ۴- مهلت تحویل پروژه تا ۱۰ بهمن ماه ساعت ۲۳:۵۵ می باشد و فقط باید در سایت درس آپلود شود.
- ۵- در صفحه یک فایل زیپ شامل یک فایل pdf که گزارش کار شما است به همراه فایل های MATLAB و نرم افزار Power World باید آپلود شود. لطفا از ارسال فایل های اضافی خودداری بفرمایید. در گزارش کار، تصاویر لازم به همراه توضیحات کافی قرار داده شود.
- ۶- برای تحویل پروژه، تماس زنده ای با شما برقرار می شود و سوالاتی درمورد انجام پروژه از شما پرسیده می شود. لازم است این پروژه ای امتیازی را خودتان انجام دهید تا بهره ای لازم را از این درس ببرید.
- ۷- در صورت ملاحظه جواب های مشابه نمره منفی در نظر گرفته می شود.
- ۸- در صورت تمایل می توانید همه پروژه را انجام ندهید و با توجه به قسمت هایی که انجام داده اید نمره به شما تعلق می گیرد.

- ۹- با توجه به زمان زیاد باقی مانده تا تحویل، توصیه می شود انجام پروژه را به روزهای پایانی موکول نکنید.
- ۱۰- قسمت های بدون ستاره را باید همه دانشجویان پاسخ دهند. سوالات با یک ستاره را فقط دانشجویانی که باقیمانده تقسیم شماره دانشجویی آن ها بر ۳ برابر صفر بوده پاسخ دهند و همچنین افرادی که این باقیمانده برابر ۱ بوده سوالات با دو ستاره و افرادی که این باقیمانده برابر ۲ می باشد سوالات با سه تاره را پاسخ دهند.
- ۱۱- در صورت نیاز به اطلاعاتی که در صورت سوال بیان نشده است با فرض منطقی داده مورد نیاز را در نظر بگیرید.
- ۱۲- نام فایل ارسالی باید شامل شماره دانشجویی به صورت زیر باشد:

PSA\_Project\_81019xxxx.pdf

## سطح انتقال - ۴۰۰ کیلوولت

در سطح انتقال، به دلیل بالا بودن سطح ولتاژ و همچنین سنگین بودن هادی ها به دلیل قطر نسبتا زیاد آن ها، برج ها باید علاوه بر داشتن ابعاد مناسب برای ایجاد فضای عایقی مورد نیاز، مقاومت مکانیکی مناسبی نیز داشته باشند. به همین دلیل، این برج ها، از بزرگترین سازه های شبکه هستند. نمونه ای از این برج ها در پیوست قرار داده شده است. مقره ها را به صورت عمودی و با طول ۳۳۰۰ میلیمتر در نظر بگیرید. هادی های هر فاز به صورت باندل سه تایی و با فاصله ۴۵ سانتی متر از هم قرار گرفته اند. از هادی Martin برای هر باندل استفاده شده است. با توجه به ابعاد سازه، با در نظر گرفتن اثر هادی شیلد، اثر زمین و اثر پوستی، به کمک نرم افزار، مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال را بدست آورید. برای هادی شیلد، قطر ۱۲ میلیمتر و مقاومت ۴ اهم بر کیلومتر در نظر بگیرید.

برای اطمینان از پاسخ نرم افزار، به صورت دستی و با استفاده از فرض های نزدیک به واقع، پارامترهای خط را بدست آورید. پاسخ روش دستی و نرم افزار باید بسیار نزدیک باشند.

برای محاسبه پارامترهای واحد طول، از power\_lineparam که یک GUI در محیط MATLAB است استفاده شود.

افرادی که باقیمانده تقسیم شماره دانشجویی آن ها بر ۳ برابر صفر است برج T2G15، آن هایی که باقیمانده ۱ است برج T2G60 و آن هایی که باقیمانده برابر ۲ است برج T2G30 را در نظر بگیرند. همچنین مشابه ویدیو آموزشی Leg Extension و Body Extension را جز ارتفاع برج در نظر نگیرید.

## سطح انتقال - ۲۳۰ کیلوولت

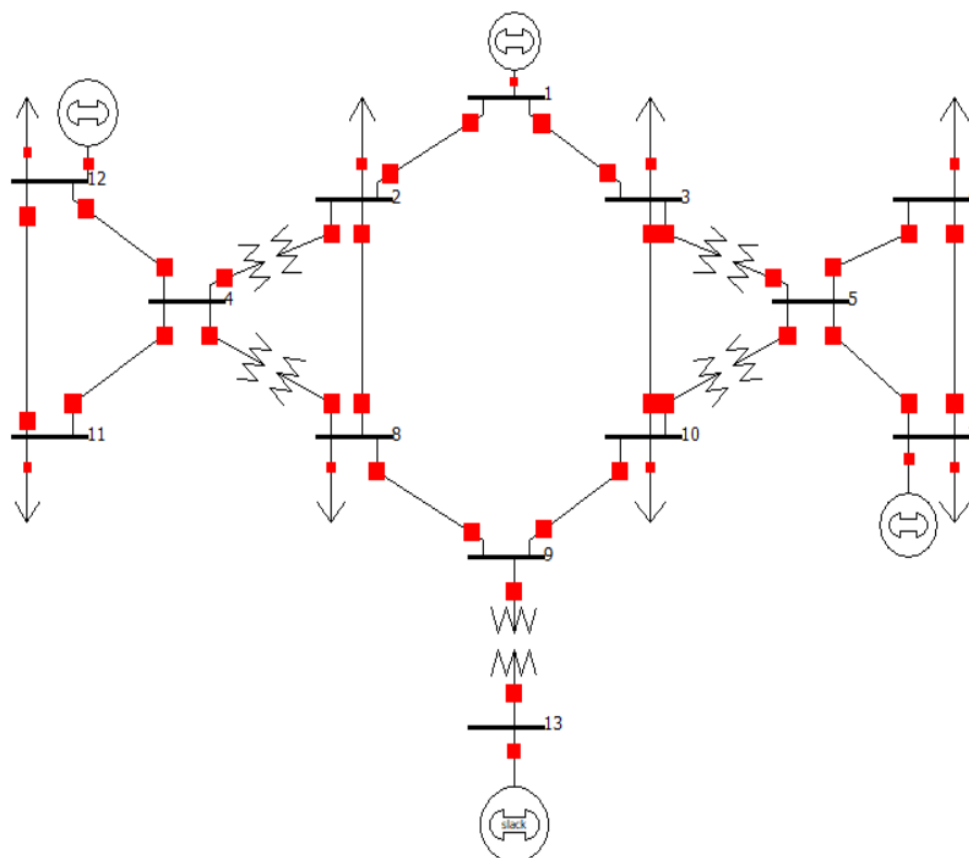
بعد از سطح ۴۰۰ کیلوولت، سطح ۲۳۰ کیلوولت در شبکه انتقال ایران وجود دارد. با توجه به اینکه سطح ولتاژ پایین تر می آید و هادی ها نیز سبک تر می شوند، ابعاد سازه ها کاهش می یابد. نمونه ای از این برج ها در پیوست قرار داده شده است. مقره ها را به صورت عمودی و با طول ۲۹۰۸ میلیمتر در نظر بگیرید. هادی های هر فاز به صورت باندل دوتایی و با فاصله ۳۰ سانتی متر از هم قرار گرفته اند. از هادی Cardinal برای هادی های باندل استفاده شده است. با توجه به ابعاد سازه، با در نظر گرفتن اثر هادی شیلد، اثر زمین و اثر پوستی، به کمک نرم افزار، مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال را بدست آورید. برای هادی شیلد، قطر ۱۲ میلیمتر و مقاومت ۴ اهم بر کیلومتر در نظر بگیرید.

برای اطمینان از پاسخ نرم افزار، به صورت دستی و با استفاده از فرض های نزدیک به واقع، پارامترهای خط را بدست آورید. پاسخ روش دستی و نرم افزار باید بسیار نزدیک باشند.

افرادی که باقیمانده تقسیم شماره دانشجویی آن ها بر ۳ برابر صفر است برج KDT90، آن هایی که باقیمانده ۱ است برج KDT60 و آن هایی که باقیمانده برابر ۲ است برج KDT30 را در نظر بگیرند

## مساله پخش بار

سیستم قدرت شکل زیر را در نظر بگیرید و آن را در محیط نرم افزار Power World رسم کنید. توجه شود که نرم افزار Power World به همراه راهنمای کامل آن جهت استفاده در سایت ELEARN بارگذاری شده است.



توجه: پارامترهای خطوط بر اساس مقادیر بدست آمده از قسمت محاسبات پارامترهای واحد طول خطوط انتقال که در بخش قبل محاسبه کرده اید و همچنین طول خطوط بدست می آید. در صورتی که قسمت قبل را انجام ن داده اید اعداد منطقی برای پارامترهای خط ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت در نظر بگیرید.

توجه: برای تمام ترانسفورماتورها، راکتانس پراکندگی را برابر ۰٫۰۱ پریونیت در نظر بگیرید. در ضمن از امپدانس سری ژنراتورها صرف نظر می شود.

### اطلاعات ژنراتورها

Name of Bus	Gen MW	Gen Mvar	Set Volt (p.u.)	AGC	AVR	Min MW	Max MW	Min Mvar	Max Mvar	MVA Base
1	2000	893.2	1.02	YES	YES	750	3500	-1900	1850	1000
7	580	848.9	1.00	YES	YES	550	1000	-1500	1400	2500
12	2000	633.04	1.00	YES	YES	230	2200	-1000	850	2000
13	288.7	150.9	1.01	YES	YES	50	2500	-1700	1600	3000

ژنراتور باس ۱ را به عنوان ژنراتور Slack در نظر بگیرید.

### اطلاعات بارها

Name of Bus	MW	Mvar
2	100	55
3	120	50
6	1000	750
7	800	150
8	80	220
10	120	20
11	1950	128
12	550	250

بارها از نوع Constant Power هستند.

### اطلاعات باسها

Name	Nominal Voltage (kV)	Gen MW	Gen Mvar
1	400	2000	893.2
2	400		
3	400		
4	230		
5	230		
6	230		
7	230	580	848.9
8	400		
9	400		
10	400		
11	230		
12	230	2000	633
13	230	288.8	150.9

### اطلاعات خطوط

From (Name of Bus)	To (Name of Bus)	Nominal Voltage (kV)	Length (km)
11	12	230	100
4	11	230	50
4	12	230	50
5	6	230	50
5	7	230	50

6	7	230	100
9	10	400	100
8	9	400	100
3	10	400	200
2	8	400	200
1	3	400	100
1	2	400	100

توان مینا را در صورت نیاز برابر 100MVA در نظر بگیرید (به استثنا بخش مربوط به ژنراتورها که در جدول مقادیر مینا ارائه شده است).

سوالات:

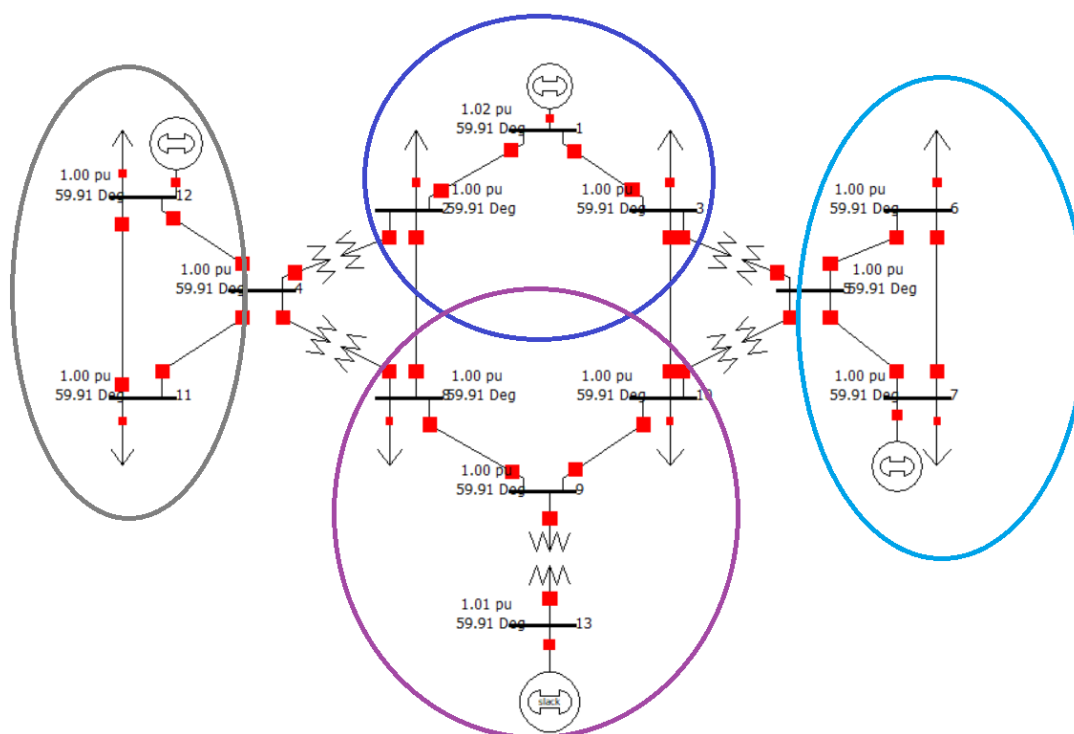
الف) پخش بار را برای شبکه فوق به روش گاوس سایدل اجرا کرده و پارامترهای زیر را گزارش کنید:

- اندازه و زاویه ولتاژ تمامی باسها
- توان عبوری از خطوط
- مجموع تلفات اکتیو شبکه
- جریان ابتدا و انتهای خطوط و دلیل تفاوت مقادیر آنها

ب) با فرض اینکه ولتاژ باسها باید در محدوده [0.95,1.05] پریونیت قرار گیرند، راهکاری برای تنظیم سطوح ولتاژ باسها با توجه به شرایط شبکه پیشنهاد کنید و پیشنهاد خود را شبیه سازی نمایید. هرچقدر اندازه ولتاژ باسها به ۱ پریونیت نزدیکتر و جریان خطوط انتقال کمتر باشد، نمره شما از این بخش بیشتر خواهد بود.

پ) به دلیل بروز خطا در شبکه، خط بین باسهای ۸ و ۹ از مدار خارج می شود. با شبیه سازی تاثیر این خروج از شبکه را بررسی نمایید. به نظر شما خروج کدام خط از شبکه، بیشترین تاثیر را در وضعیت شبکه دارد؟ با شبیه سازی استدلال نمایید.

ت) شبکه را به حالت قبل از بخش (ت) برگردانید. شبکه را به ۴ بخش شمالی، جنوبی، شرقی و غربی تقسیم می کنیم. در شکل زیر نحوه تقسیمات را ملاحظه می کنید. باسهای ۱، ۲ و ۳ در ناحیه شمالی، باسهای ۵، ۶ و ۷ در ناحیه شرقی، باسهای ۴، ۱۱ و ۱۲ در ناحیه غربی و باسهای ۸، ۹، ۱۰ و ۱۳ در ناحیه جنوبی قرار می گیرند. توان اکتیو و راکتیو مصرفی و تولیدی هر ناحیه را بدست آورید و نشان دهید کدام نواحی بیشتر مصرف کننده و کدام نواحی بیشتر تولید کننده هستند.



ث) در صورتی که توان اکتیو مصرفی ناحیه شرقی ۶۰۰ مگاوات کاهش و توان اکتیو مصرفی ناحیه غربی ۶۰۰ مگاوات افزایش یابد، شبکه از نظر سطح ولتاژ باسها و تعادل در توان مصرفی و تولیدی هر ناحیه چه تغییری می‌کند؟ آیا بهبودی در وضعیت شبکه حاصل می‌شود؟ این تغییر را توجیه کنید.

ج) یکی از معیارهای قابلیت اطمینان یک شبکه، معیار **N-1 Contingency** است. طبق این معیار، در صورتی که یکی از المان‌های یک شبکه از مدار خارج شود، شبکه نباید دچار مشکل شود. در شبکه‌های بزرگتر مانند شبکه ایران و یا شبکه‌های به هم پیوسته قاره‌ای، پیاده‌سازی این معیار و معیارهای دیگر برای افزایش قابلیت اطمینان، از کارهای واجب است چرا که به هر حال احتمال بروز مشکل برای یک المان وجود دارد و عملکرد شبکه نباید وابسته به یک المان باشد. در شبکه‌های برق، یکی از نمادهای **N-1 Contingency**، وجود ذخیره گردان است. ذخیره گردان، ژنراتور یا ژنراتورهایی هستند که به صورت آماده به کار در شبکه قرار می‌گیرند ولی لزوماً توانی به شبکه تزریق نمی‌کنند. در صورتی که برای یکی از ژنراتورهای شبکه مشکلی ایجاد شود و از شبکه خارج شود، بلافاصله دیگر نیروگاه‌ها توان خود را افزایش می‌دهند تا برای شبکه مشکلی ایجاد نشود. در اینجا ما برای سادگی بیشتر، فرض می‌کنیم ژنراتورها همواره در مدار هستند و توان تعیین شده را تحویل می‌دهند.

۱) معیار **N-1 Contingency** را برای شبکه مذکور بررسی کنید. آیا خروج هیچ یک از المان‌های مدار (به جز ژنراتورها)، باعث ناپایداری شبکه و خاموشی می‌شود؟

۲) در صورتی که شبکه با حذف یک المان دچار خاموشی سراسری (Blackout) می‌شود، با اضافه کردن یک المان (به عنوان مثال یک خط انتقال اضافه) سعی در افزایش قابلیت اطمینان شبکه و کاهش احتمال خاموشی در اثر خروج یک المان و حتی در صورت امکان، برقراری معیار N-1 Contingency برای شبکه نمایید. برای این خط جدید، با توجه به ابعاد شبکه، طول معینی را فرض کنید و پارامترهای خط را با توجه به پارامترهای واحد طول و طول خط بدست آورید.

۳) بیشترین تعداد خطی که از مدار خارج شده و شبکه ناپایدار گردد را مشخص نمایید.

\*چ) شبکه را به حالت اولیه برگردانید. طول خط بین باس‌های ۸ و ۹ را برابر ۵۰۰ کیلومتر قرار داده و شبیه‌سازی را انجام دهید. در حین شبیه‌سازی، روی خط مذکور راست کلیک کرده و گزینه Show Long Line Voltage Profile را انتخاب کرده و پروفایل ولتاژ در طول خط را مشاهده کنید. بررسی کنید که چرا پروفایل ولتاژ به این شکل می‌شود.

\*\*ح) بیشترین باری که می‌توان در این شبکه تحویل داد بدون اینکه دچار خاموشی گردد چقدر است؟

\*\*\*خ) اگر بخواهید به شبکه یک خط انتقال اضافه نمایید با دلیل بیان نمایید این خط را در چه ناحیه‌ای اضافه می‌نمایید.

\*د) طول خط ۸-۹ را از ۵۰ کیلومتر تا ۱۰۰۰ کیلومتر با پله‌های ۵۰ کیلومتری تغییر دهید و تغییرات در ولتاژ دو سر خط را گزارش نمایید و تحلیل کنید.

\*ز) اگر ترانسفورماتور ۲-۴ از مدار خارج شود چه اتفاقی می‌افتد و دلیل این اتفاق چیست؟

\*\*\*ر) اگر با همه ترانسفورماتور ها یک ترانسفورماتور مشابه دیگر نیز موازی گردد ولتاژ باس ها به چه شکلی خواهد شد؟

لطفا در شبیه‌سازی به نکات زیر دقت فرمایید:

۱- در صورتی که به هر دلیل، شبکه دچار Blackout شد، لطفا توجه نمایید که اطلاعات ژنراتورها مانند جدول داده شده باشد و تغییر نکرده باشد.

۲- در صورت استفاده از خازن جبران‌ساز در شبکه، حالت Fixed را انتخاب کنید.

۳- مشخصات هادی‌های ACSR و برج‌های مورد استفاده مورد استفاده در پروژه، در جداولی موجود است که در صفحه درس بارگذاری شده است.



۴- در صورت بروز Blackout در شبکه، پس از تغییرات لازم در شبکه، حتما ابتدا از منوی Tools بخش Solve گزینه Reset to Flat Start را انتخاب کرده و سپس شبیه‌سازی را دوباره انجام دهید.

موفق باشید