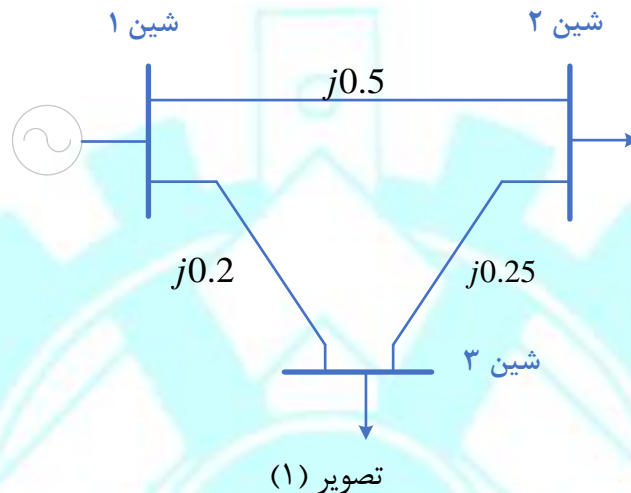




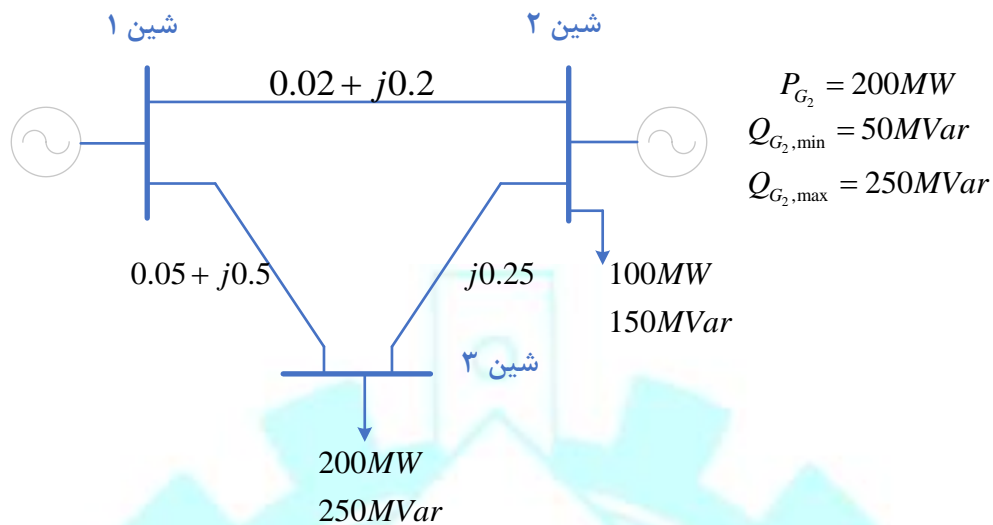
- لطفاً تمرین را تا تاریخ **20** دی ساعت **23:55** در سایت درس آپلود نمایید. لازم به ذکر است بعد از این زمان محل آپلود بسته شده و تمرین ها با تأخیر تحویل گرفته نمی شود.
- جواب را در قالب فایل پی دی اف که اسم آن نام و نام خانوادگی و شماره دانشجویی شما بوده در سایت درس آپلود نمایید.
- در صورت مشاهده تمرین های یکسان نمره منفی لحاظ می گردد.
- دانشجویانی که آخرین رقم شماره دانشجویی آن ها زوج بوده به سؤالات زوج و افرادی که آخرین رقم شماره دانشجویی آن ها فرد بوده به سؤالات فرد پاسخ دهند.
- توصیه می شود 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 شده اند امتیازی بوده و حل آن ها اجباری نمی باشد. لازم به ذکر است سؤالات امتیازی نمره شما را از **110** فراتر نمی برد. همچنین قابل توجه است که سؤالات امتیازی را دانشجویان فارغ از فرد یا زوج بودن شماره دانشجویی در صورت تمایل پاسخ گو خواهند بود.
- ابتدا نکات بیان شده در صفحه ی انتهایی را مطالعه نمایید. این نکات به شما در حل سؤالات کمک خواهد کرد.

۱. در شبکه شکل زیر با فرض امپدانس ها در مبنای  $100 \text{ MVA}$  و به کمک اطلاعات داده شده و روش گاوس-سایدل ، ولتاژ شین های ۲ و ۳ را بعد از یک تکرار به دست آورید. بار شین ۳ برابر  $100 \text{ MVA}$  با ضریب توان  $0.8$ ، پسفاز، بار شین ۲ برابر  $60 \text{ MW}$  و ولتاژ شین ۱ برابر ۱ پر یونیت است. با فرض اولیه ولتاژ یک پر یونیت برای شین های ۲ و ۳ حل را آغاز کنید. در ضمن مقادیر روی شکل، امپدانس خطوط بر حسب پر یونیت هستند.



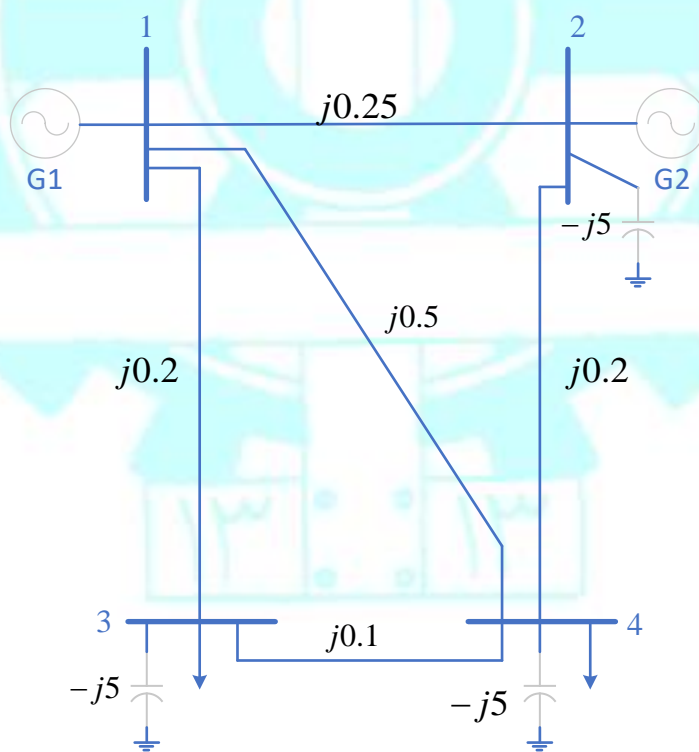
۲. دیاگرام تک خطی یک شبکه ۳ شینه در شکل زیر نشان داده شده است (تمامی امپدانس های خطوط و ولتاژهای نشان داده شده در شکل پر یونیت می باشند). مطلوب است حل معادلات پخش بار به روش گاوس-سایدل با یک بار تکرار و با فرض های زیر:

$$\begin{cases} S_b = 200 \text{ MVA} \\ V_1 = 1 \angle 0 \\ |V_2| = 1.00 \\ \delta_2^{(0)} = 0, V_3^{(0)} = 1 \angle 0 \end{cases}$$



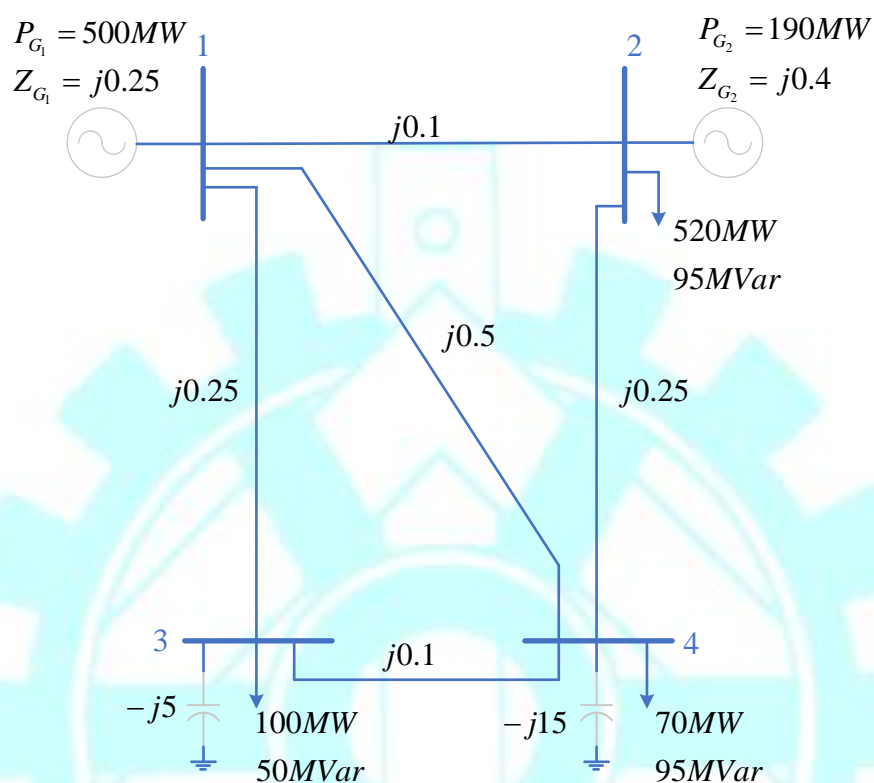
تصویر (۲)

۳. در شبکه شکل زیر، ژنراتور G1 دارای امپدانس  $j0.4$  پریونیت و ژنراتور G2 دارای امپدانس  $j0.2$  پریونیت می باشد و بارهای متصل به باس های ۳ و ۴ یکسان و برابر  $10+j20$  پریونیت می باشد، ماتریس ادمیتانس را برای این شبکه به دست آورید.



تصویر (۳)

۴. ماتریس ادمیتانس را برای شبکه زیر بدست آورید (مقادیر امدانس ارائه شده در شکل برای خطوط، ژنراتورها و خازن‌ها برحسب پریونیت هستند).



تصویر (۴)

۵. سیستم قدرت شکل زیر را در نظر بگیرید. میتوان مسئله پخش بار این سیستم را بدون استفاده از روشهای مبتنی بر تکرار همچون گوس سایدل یا نیوتون رافسون حل کرد. (پس در این مثال از نرم افزارهایی همچون متلب استفاده نکنید و تمام مراحل محاسبات را با ماشین حساب ساده انجام دهید).

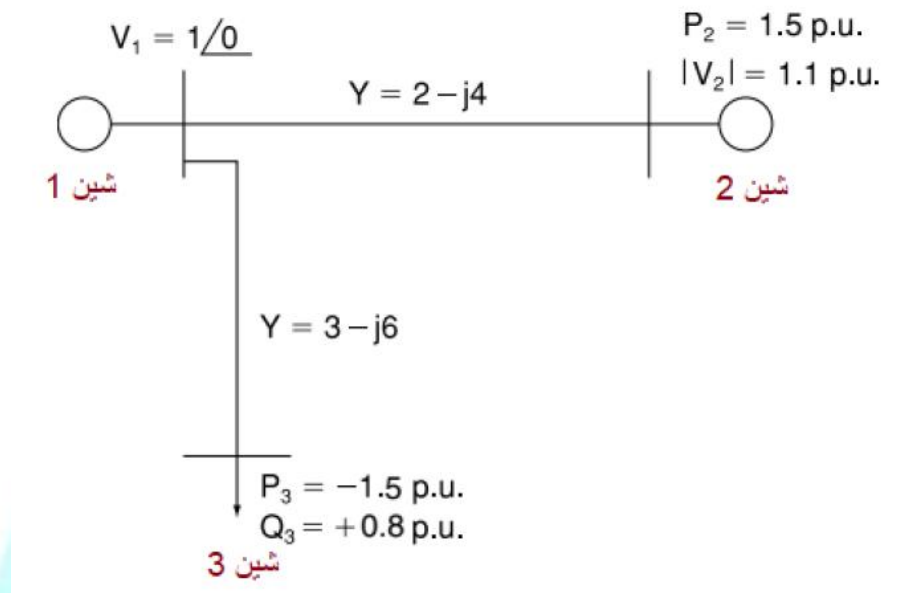
الف. اجزای ماتریس ادمیتانس باس‌ها را به دست آورید.

ب. زاویه ولتاژ باس ۲ را با استفاده از معادله توان اکتیو در این باس PV به دست آورید. (معادله مورد نظر در زیر آمده است)

$$P_k = V_k * \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \cos(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn})$$

ج. اندازه ولتاژ باس ۳ و زاویه آن را با استفاده از دو معادله توان اکتیو و توان راکتیو در این باس PQ به دست آورید.

د. مقدار توان اکتیو باس ۱ و مقدار توان تلف شده در شبکه را بر حسب پریونیت بیابید.



تصویر (۵)

۶. سیستم قدرت شکل زیر را در نظر بگیرید. میتوان مسئله پخش بار این سیستم را بدون استفاده از روشهای مبتنی بر تکرار همچون گوس سایدل یا نیوتون رافسون حل کرد. (پس در این مثال از نرم افزارهایی همچون متلب استفاده نکنید و تمام مراحل محاسبات را با ماشین حساب ساده انجام دهید).

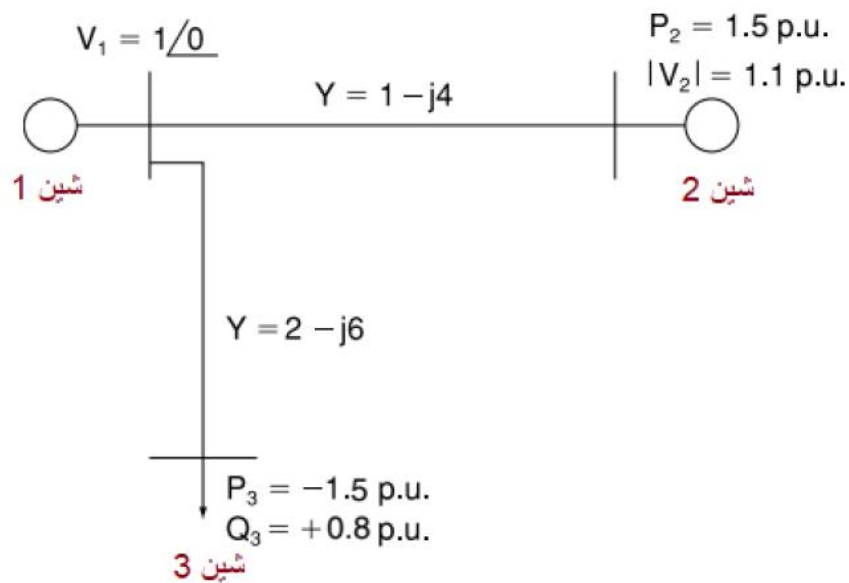
الف. اجزای ماتریس ادمیتانس باسها را به دست آورید.

ب. زاویه ولتاژ باس ۲ را با استفاده از معادله توان اکتیو در این باس PV به دست آورید. (معادله مورد نظر در زیر آمده است)

$$P_k = V_k * \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \cos(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn})$$

ج. اندازه ولتاژ باس ۳ و زاویه آن را با استفاده از دو معادله توان اکتیو و توان راکتیو در این باس PQ به دست آورید.

د. مقدار توان اکتیو باس ۱ و مقدار توان تلف شده در شبکه را بر حسب پریونیت بیابید.

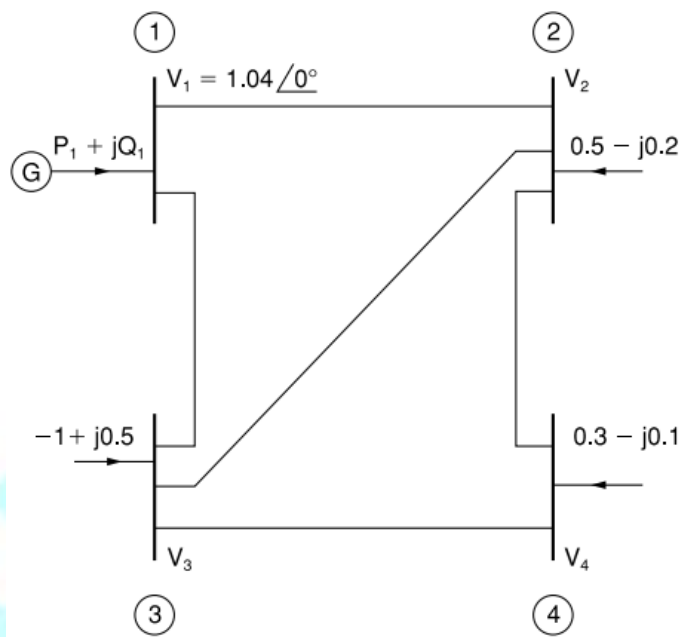


تصویر (۶)

۷. ماتریس ادمیتانس برای شبکه‌ی قدرت نشان داده شده در شکل (۷)، مطابق زیر بر حسب پریونیت داده شده است:

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 3 - j9 & -2 + j6 & -1 + j3 & 0 \\ -2 + j6 & 3.666 - j11 & -0.666 + j2 & -1 + j3 \\ -1 + j3 & -0.666 + j2 & 3.666 - j11 & -2 + j6 \\ 0 & -1 + j3 & -2 + j6 & 3 - j9 \end{bmatrix}$$

ولتاژ شین ۲ را با استفاده از روش گاوس سایدل و تا دو تکرار به دست آورید (حدس اولیه برای ولتاژ باس‌های شماره‌ی ۲ و ۳ و ۴ را برابر 1∠0 بر حسب پریونیت در نظر بگیرید).

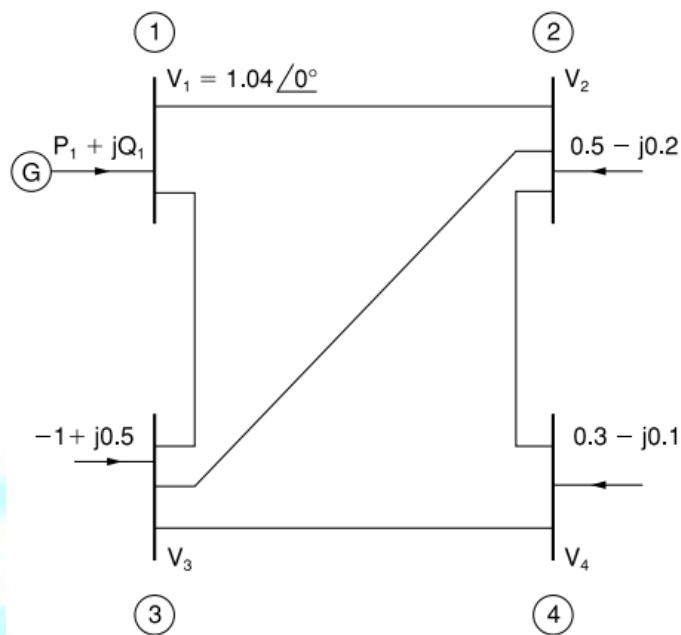


تصویر (۷)

۸. ماتریس ادمیتانس برای شبکه‌ی قدرت نشان داده شده در شکل (۸)، مطابق زیر بر حسب پریونیت داده شده است:

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 3 - j9 & -2 + j6 & -1 + j3 & 0 \\ -2 + j6 & 3.666 - j11 & -0.666 + j2 & -1 + j3 \\ -1 + j3 & -0.666 + j2 & 3.666 - j11 & -2 + j6 \\ 0 & -1 + j3 & -2 + j6 & 3 - j9 \end{bmatrix}$$

ولتاژ شین ۴ را با استفاده از روش گاوس سایدل و تا دو تکرار به دست آورید (حدس اولیه برای ولتاژ باس‌های شماره‌ی ۲ و ۳ و ۴ را برابر 1∠0 بر حسب پریونیت در نظر بگیرید).



تصویر (۸)

۹. شکل زیر، نمودار تک خطی یک سیستم قدرت ساده را نمایش می‌دهد. ژنراتورها در باس های ۱ و ۴ نصب هستند درحالی که بارها در هر ۴ باس موجودند. مقادیر پایه برای سیستم انتقال 150MVA و 230kV است. اطلاعات خطوط در جدول ۱ مقادیر امپدانس سری و سوسپتانس باردهی خط را برای مدل  $\pi$  و برای هر ۴ خط انتقال برحسب پریونیت نشان می‌دهد. جدول ۲ لیست مقادیر  $P$  و  $Q$  و همینطور  $V$  را در هر باس نشان می‌دهد. مقدار  $Q$  بارها از مقادیر  $P$  متناظر با فرض ضریب توان ۰/۸۵ پس‌فاز بدست آمده‌اند.

الف. ماتریس ادمیتانس شین‌ها را بدست آورید.

ب. اگر یک خازن سری با امپدانس  $-j0.05$  پریونیت وسط خط بین باس ۱ و ۲ قرار دهیم، ماتریس ادمیتانس چه تغییری می‌کند؟

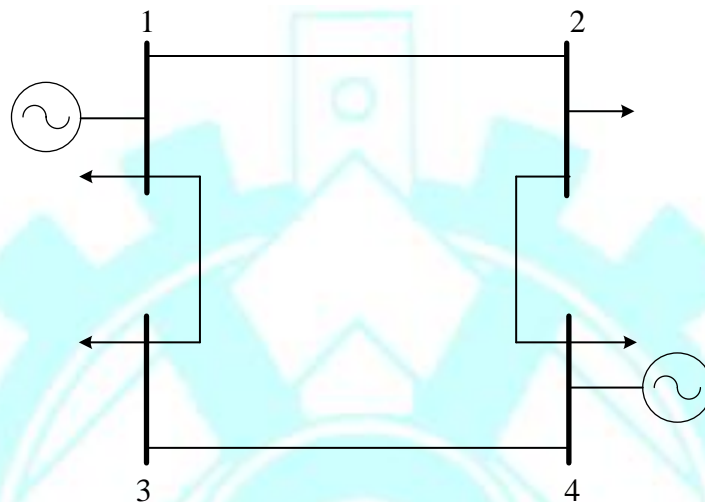
پ. محاسبات پخش بار را به روش گaus-سایدل برای این شبکه و با یک بار تکرار انجام دهید.

ت. به کمک متلب این محاسبات را تا جایی که شرط  $|V_i^{(n+1)} - V_i^{(n)}| < 0.000001$  برقرار شود، انجام دهید.

ث. به کمک مقادیر بدست آمده برای ولتاژ هر شین، جریان هر خط انتقال را محاسبه کنید.



\*ج. یک بار دیگر این محاسبات را به کمک متلب با ضریب تسریع  $1/6$  انجام دهید و تعداد دفعات تکرار را با قسمت (ت) مقایسه کنید. چرا با اینکه ضریب تسریع داشتیم تعداد مراحل تکرار بیشتر شد؟ حال ضریب تسریع را برابر  $1/18$  قرار دهید. نتیجه را با قسمت‌های قبل مقایسه کنید (کدی که ارسال می‌کنید باید هر سه شبیه‌سازی را شامل شود و یا قابلیت تغییر ضریب تسریع در آن وجود داشته باشد).



تصویر (۹)

Line, bus to bus	$R$ Per unit	$X$ Per unit	$G$ Per unit	$B$ Per unit	$Y/2$ Per unit
1 - 2	0.01012	0.05038	3.815630	-19.078144	0.05125
1 - 3	0.00754	0.03719	5.169559	-25.847809	0.03876
2 - 4	0.00754	0.03719	5.169559	-25.847809	0.03876
3 - 4	0.01211	0.06359	3.023705	-15.118528	0.06375

جدول (۱)

Bus	Generation		Load			
	P,MW	Q,Mvar	P,MW	Q,Mvar	V,per unit	Remarks
1	---	---	51	31.99	$1.00\angle 0^\circ$	Slack bus
2	0	0	169	104.35	$1.00\angle 0^\circ$	Load bus (inductive)
3	0	0	200	123.94	$1.00\angle 0^\circ$	Load bus (inductive)
4	318	---	80	49.58	$1.02\angle 0^\circ$	Voltage controlled

جدول (۲)

توجه: مقدار ولتاژ ذکر شده برای باس‌های ۲ و ۳ و زاویه ولتاژ باس ۴ در جدول ۲، فرض‌های اولیه هستند.

۱۰. شکل زیر، نمودار تک خطی یک سیستم قدرت ساده را نمایش می‌دهد. ژنراتورها در باس‌های ۱ و ۴ نصب هستند درحالی که بارها در هر ۴ باس موجودند. مقادیر پایه برای سیستم انتقال 100MVA و 230kV است. اطلاعات خطوط در جدول ۳ مقادیر امپدانس سری و سوسپتانس باردهی خط را برای مدل  $\pi$  و برای هر ۴ خط انتقال برحسب پریونیت نشان می‌دهد. جدول ۴ لیست مقادیر P و Q و همینطور V را در هر باس نشان می‌دهد. مقدار Q بارها از مقادیر P متناظر با فرض ضریب توان ۰/۸۵ پس‌فاز بدست آمده‌اند.

الف. ماتریس ادمیتانس شین‌ها را بدست آورید.

ب. اگر یک خازن سری با امپدانس  $-j0.05$  پریونیت وسط خط بین باس ۱ و ۲ قرار دهیم، ماتریس ادمیتانس چه تغییری می‌کند؟

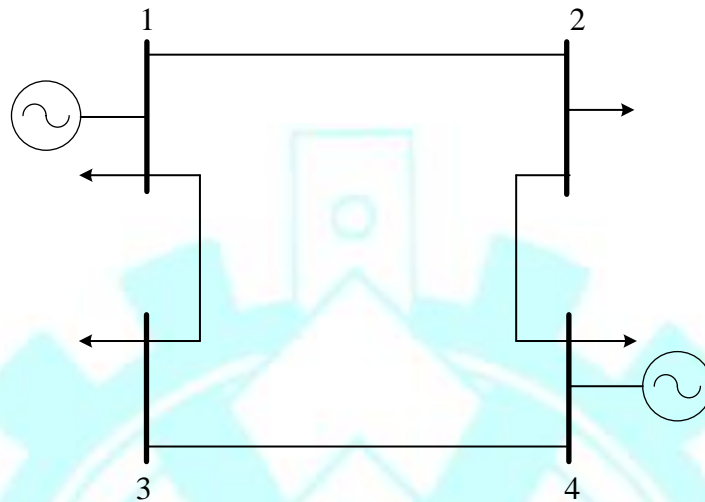
پ. محاسبات پخش بار را به روش گaus-سایدل برای این شبکه و با یک بار تکرار انجام دهید.

ت. به کمک متلب این محاسبات را تا جایی که شرط  $|V_i^{(n+1)} - V_i^{(n)}| < 0.000001$  برقرار شود، انجام دهید.

ث. به کمک مقادیر بدست آمده برای ولتاژ هر شین، جریان هر خط انتقال را محاسبه کنید.

\*ج. یک بار دیگر این محاسبات را به کمک متلب با ضریب تسریع ۱/۶ انجام دهید و تعداد دفعات تکرار را با قسمت (ت) مقایسه کنید. چرا با اینکه ضریب تسریع داشتیم تعداد مراحل تکرار بیشتر شد؟ حال ضریب تسریع

را برابر ۱/۱۸ قرار دهید. نتیجه را با قسمت‌های قبل مقایسه کنید (کدی که ارسال می‌کنید باید هر سه شبیه‌سازی را شامل شود و یا قابلیت تغییر ضریب تسریع در آن وجود داشته باشد).



تصویر (۱۰)

Line, bus to bus	$R$ Per unit	$X$ Per unit	$G$ Per unit	$B$ Per unit	$Y/2$ Per unit
1 - 2	0.01008	0.05040	3.815629	-19.078144	0.05125
1 - 3	0.00744	0.03720	5.169561	-25.847809	0.03875
2 - 4	0.00744	0.03720	5.169561	-25.847809	0.03875
3 - 4	0.01272	0.06360	3.023705	-15.118528	0.06375

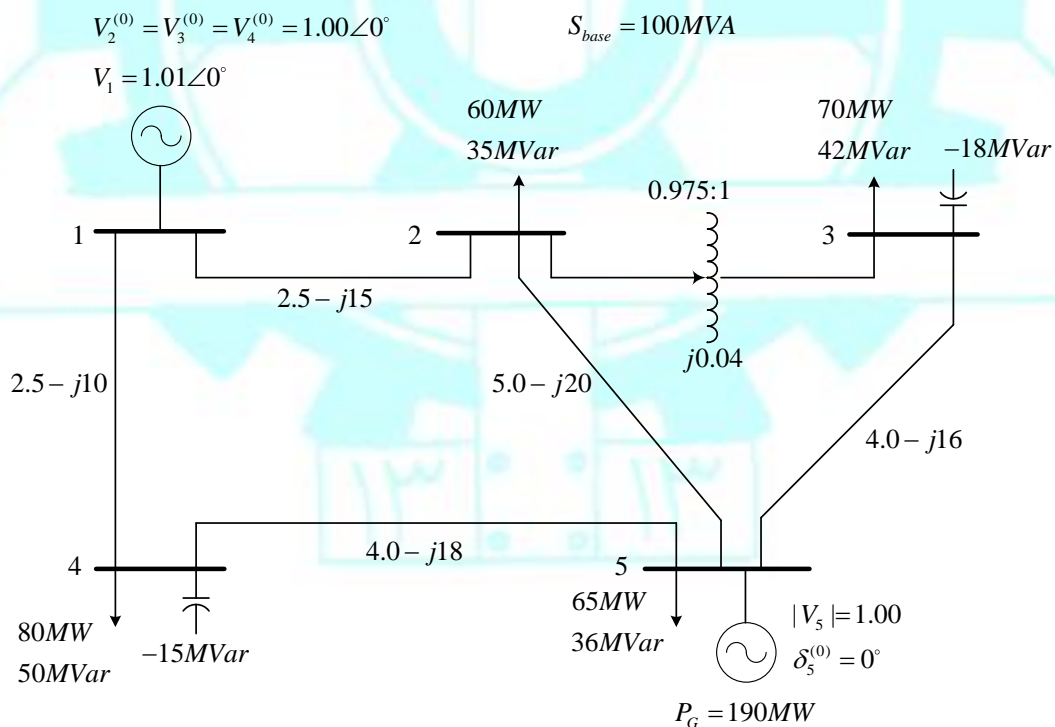
جدول (۳)

Bus	Generation		Load			
	$P, MW$	$Q, Mvar$	$P, MW$	$Q, Mvar$	$V, \text{per unit}$	Remarks
1	---	---	50	30.99	$1.00 \angle 0^\circ$	Slack bus
2	0	0	170	105.35	$1.00 \angle 0^\circ$	Load bus (inductive)
3	0	0	200	123.94	$1.00 \angle 0^\circ$	Load bus (inductive)
4	318	---	80	49.58	$1.02 \angle 0^\circ$	Voltage controlled

جدول (۴)

توجه: مقدار ولتاژ ذکر شده برای باس‌های ۲ و ۳ و زاویه ولتاژ باس ۴ در جدول ۲، فرض‌های اولیه هستند.

\*۱۱. نمودار تک خطی یک سیستم قدرت با ۵ شین در زیر نشان داده شده است. با استفاده از روش گوس-سایدل، ولتاژ شین‌ها را تا تکرار دوم بدست آورید (مقادیر ادمیتانس روی شکل برحسب پریونیت هستند).



تصویر (۱۱)

## نکات تکمیلی تمارین:

۱- Power Flow یک تحلیل عددی از نحوه پخش توان الکتریکی در شبکه می‌باشد و هم چنین برای بررسی پروفیل ولتاژ، جریان خطوط و تلفات نیز استفاده می‌شود.

۲- در یک سیستم با  $n$  شین و  $m$  ژنراتور، مقادیر مجهول عبارتند از:  $V_i$  (که تعداد آن‌ها  $n - m$  است) و  $\theta_i$  (که تعداد آن‌ها  $n - 1$  است) پس تعداد مقادیر مجهول برابر  $2n - m - 1$  است. از سوی دیگر مقادیر معلوم عبارتند از:  $P_i$  (که تعداد آن‌ها  $n - 1$  است) و  $Q_i$  (که تعداد آن‌ها  $n - m$  است) بنابراین تعداد کل متغیرهای معلوم،  $2n - m - 1$  است. چون تعداد معلوم‌ها و مجهولات مسئله برابر است، پس مسئله پخش بار یک مسئله خوش تعریف است.

۳- واضح است که شینی که به آن بار و یا ژنراتوری وصل نیست، یک شین PQ محسوب می‌شود که دارای  $P$  و  $Q$  برابر صفر است. در این شین فقط تعدادی خط وارد و تعدادی دیگر خارج می‌شوند.

۴- واضح است که برای یافتن ادمیتانس یک خط انتقال (در راستای تشکیل ماتریس ادمیتانس باس‌ها) از روی امپدانس آن خط، باید کل امپدانس خط را معکوس کرد و معکوس کردن مقاومت و سلف خط به صورت جداگانه صحیح نیست.

سربلند و موفق باشید.