



به نام خدا  
دانشگاه تهران  
پردیس دانشکده‌های فنی  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر



# بررسی سیستم‌های قدرت 1

زمستان 1400

اساتید:

دکتر امیرحسین محمدزاده‌نیاکی

دکتر مجید صنایع‌پسند

پروژه نهایی (اختیاری-امتیازی)

FINAL PROJECT

محمد مهدی عبدالحسینی

810 198 434



Power Systems Analysis

## فہرست مطالب

1	.....	سطح انتقال 230kV
2	.....	سطح انتقال 400kV
3	.....	مسألہ پخش بار
3	.....	الف)
5	.....	ب)
5	.....	پ)
6	.....	ت)
6	.....	ث)
6	.....	ج)
7	.....	خ)
8	.....	ر)

## سطح انتقال 230kV

ابتدا با توجه به ابعاد سازه (230kV) KDT30 و مقادیر داده شده، و با در نظر گرفتن اثر هادی شیلد، اثر زمین و اثر پوستی، به کمک نرم‌افزار متلب، مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال را بدست می‌آوریم.

Powergui Compute RLC Line Parameters Tool, model: LineParameters\_230kv\_KDT30.mat

General

Units: metric

Frequency (Hz): 50

Ground resistivity (ohm.m): 100

Comments:

Example of a 735-kV three-phase line.

Three bundles of 4 Bersfort ACSR 1355 MCM conductors ; two 1/2 inch-diameter steel ground wires.

Ytower and Ymin are the average heights of conductors.

Line Geometry

Number of phase conductors (bundles): 6

Conductor	Phase	X (m)	Y tower (m)	Y min (m)	Cond. type
p1	1	-5.5000	25.8920	20.8920	1
p2	2	-7.5000	19.5920	14.5920	1
p3	3	-6	13.5920	8.5920	1
p4	3	5.5000	25.8920	20.8920	1
p5	2	7.5000	19.5920	14.5920	1
p6	1	6	13.5920	8.5920	1

Number of ground wires (bundles): 2

Conductor	Phase	X (m)	Y tower (m)	Y min (m)	Cond. type
g1	0	-3.1000	35.8000	30.8000	2
g2	0	3.1000	35.8000	30.8000	2

Conductor and Bundle Characteristics

Number of conductor types: 2

Conductor internal inductance evaluated from: Geometric Mean Radius (GMR)

Include conductor skin effect: ☐

Conductor (bundle) type	Conductor outside diameter (cm)	Conductor T/D ratio	Conductor GMR (cm)	Conductor DC resistance (ohm/km)	Conductor relative permeability	Number of conductors per bundle	Bundle diameter (cm)	Angle of conductor 1 (degrees)
1	3.0390	0.3333	1.1834	0.0597	1	2	30	20
2	1.2000	0.5000	0.4673	4	1	1	0	0

Load typical data Load user data Save Compute RLC line parameters Help Close

پس از وارد کردن مقادیر پیش فرض در نرم‌افزار، میتوانیم مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال را بدست آوریم.

Display RLC Values

RLC line parameters:

Capacitance matrix C\_matrix (F/km):

```
1.9903e-08 -5.1885e-09 -3.3241e-09
-5.1885e-09 1.9883e-08 -5.1875e-09
-3.3241e-09 -5.1875e-09 1.9901e-08
```

Positive- & zero- sequence resistance.

R10 = [R1 Ro] (ohm/km):

```
[0.014944 0.23487]
```

Positive- & zero- sequence inductance.

L10 = [L1 Lo] (H/km):

```
[0.00047099 0.0030129]
```

Positive- & zero- sequence capacitance.

C10 = [C1 Co] (F/km):

```
[2.4462e-08 1.0762e-08]
```

Send RLC parameters to block:

Download: RLC Matrices or Sequences

Send RLC parameters to workspace Create a report Close

Display RLC Values

RLC line parameters:

Frequency (Hz): 50

Ground resistivity (ohm.m): 100

Resistance matrix R\_matrix (ohm/km):

```
0.08868 0.073098 0.073735
0.073098 0.087406 0.073097
0.073735 0.073097 0.088677
```

Inductance matrix L\_matrix (H/km):

```
0.0013138 0.00086145 0.00081904
0.00086145 0.0013273 0.00086144
0.00081904 0.00086144 0.0013138
```

Capacitance matrix C\_matrix (F/km):

```
1.9903e-08 -5.1885e-09 -3.3241e-09
-5.1885e-09 1.9883e-08 -5.1875e-09
-3.3241e-09 -5.1875e-09 1.9901e-08
```

Send RLC parameters to block:

Download: RLC Matrices or Sequences

Send RLC parameters to workspace Create a report Close

با توجه به خروجی نرم افزار، مقادیر مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال بصورت زیر می‌باشد.

$$R = 0.014944 \text{ ohm/km} ; L = 0.47099 \text{ mH/km} ; C = 0.24462 \text{ nF/km}$$

## سطح انتقال 400kV

ابتدا با توجه به ابعاد سازه (400kV) T2G30 و مقادیر داده شده، و با در نظر گرفتن اثر هادی شیلد، اثر زمین و اثر پوستی، به کمک نرم‌افزار متلب، مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال را بدست می‌آوریم.

Powergui Compute RLC Line Parameters Tool. model: LineParameters\_400kv\_T2G30.mat

General

Units: **metric**

Frequency (Hz): **50**

Ground resistivity (ohm.m): **100**

Comments:

Example of a 735-kV three-phase line

Three bundles of 4 Berrisfort ACSR 1355 MCM conductors ; two 1/2 inch-diameter steel ground wires.

Ytower and Ymin are the average heights of conductors.

Line Geometry

Number of phase conductors (bundles): **6**

Conductor	Phase	X (m)	Y tower (m)	Y min (m)	Cond. type
p1	1	-7.7000	32.2000	27.2000	1
p2	2	-9.8500	23.0500	18.0500	1
p3	3	-7.8500	14.2000	9.2000	1
p4	3	7.7000	32.2000	27.2000	1
p5	2	9.8500	23.0500	18.0500	1
p6	1	7.8500	14.2000	9.2000	1

Number of ground wires (bundles): **2**

Conductor	Phase	X (m)	Y tower (m)	Y min (m)	Cond. type
g1	0	-6	42.3000	37.3000	2
g2	0	6	42.3000	37.3000	2

Conductor and Bundle Characteristics

Number of conductor types: **2**

Conductor internal inductance evaluated from: **Geometric Mean Radius (GMR)**

☒ Include conductor skin effect

Conductor (bundle) type	Conductor outside diameter (cm)	Conductor T/D ratio	Conductor GMR (cm)	Conductor DC resistance (Ohm/km)	Conductor relative permeability	Number of conductors per bundle	Bundle diameter (cm)	Angle of conductor 1 (degrees)
1	3.6160	0.3332	1.4081	0.0424	1	3	45	25
2	1.2000	0.5000	0.4673	4	1	1	0	0

Load typical data Load user data Save Compute RLC line parameters Help Close

پس از وارد کردن مقادیر پیش فرض در نرم‌افزار، میتوانیم مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال را بدست آوریم.

Display RLC Values

RLC line parameters:

Capacitance matrix C\_matrix (F/km):

```
2.2156e-08 -5.5688e-09 -3.319e-09
-5.5688e-09 2.1596e-08 -5.5688e-09
-3.319e-09 -5.5688e-09 2.2156e-08
```

Positive- & zero- sequence resistance.

R10 = [R1 Ro] (ohm/km):

```
[0.0072786 0.21945]
```

Positive- & zero- sequence inductance.

L10 = [L1 Lo] (H/km):

```
[0.00042926 0.0027867]
```

Positive- & zero- sequence capacitance.

C10 = [C1 Co] (F/km):

```
[2.6789e-08 1.2332e-08]
```

Send RLC parameters to block:

Download: **RLC Matrices** or **Sequences**

Send RLC parameters to workspace Create a report Close

Display RLC Values

RLC line parameters:

Frequency (Hz): **50**

Ground resistivity (ohm.m): **100**

Resistance matrix R\_matrix (ohm/km):

```
0.078486 0.070487 0.071194
0.070487 0.077032 0.070487
0.071194 0.070487 0.078486
```

Inductance matrix L\_matrix (H/km):

```
0.0012081 0.00080036 0.00075671
0.00080036 0.001229 0.00080036
0.00075671 0.00080036 0.0012081
```

Capacitance matrix C\_matrix (F/km):

```
2.2156e-08 -5.5688e-09 -3.319e-09
-5.5688e-09 2.1596e-08 -5.5688e-09
-3.319e-09 -5.5688e-09 2.2156e-08
```

Send RLC parameters to block:

Download: **RLC Matrices** or **Sequences**

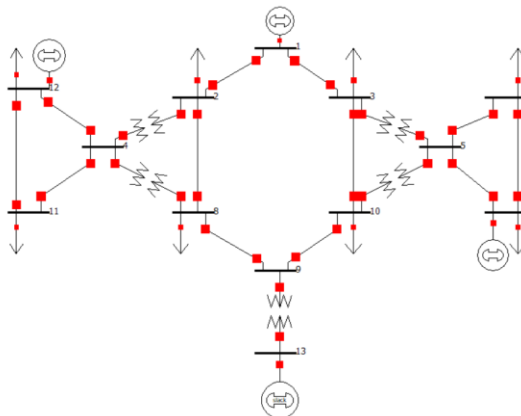
Send RLC parameters to workspace Create a report Close

با توجه به خروجی نرم افزار، مقادیر مقاومت، سلف و خازن واحد طول خط انتقال بصورت زیر می‌باشد.

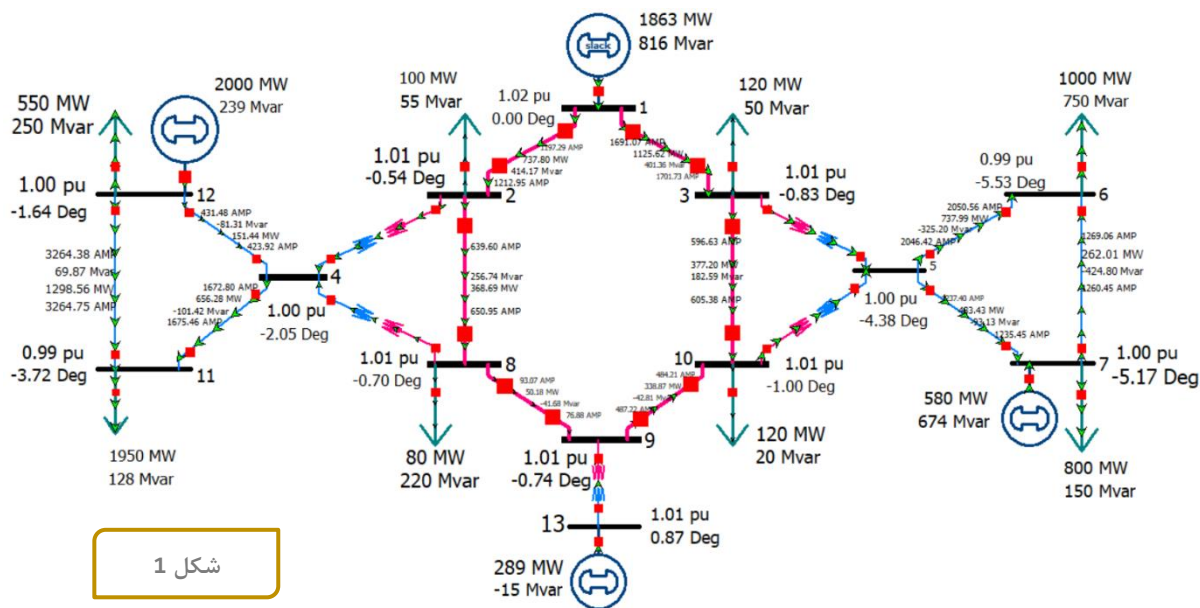
$$R = 0.0072786 \text{ ohm/km} ; L = 0.42926 \text{ mH/km} ; C = 0.26789 \text{ nF/km}$$

## مسأله پخش بار

**(الف)** ابتدا سیستم قدرت شکل زیر را در محیط نرم افزار Power World رسم و پیاده سازی میکنیم.

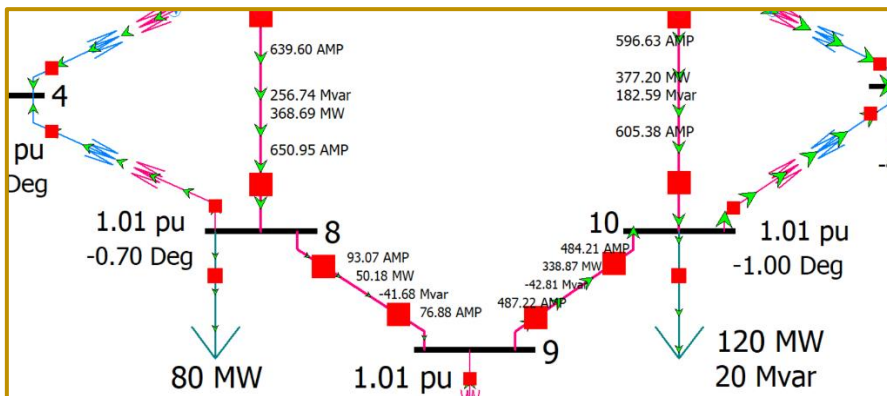
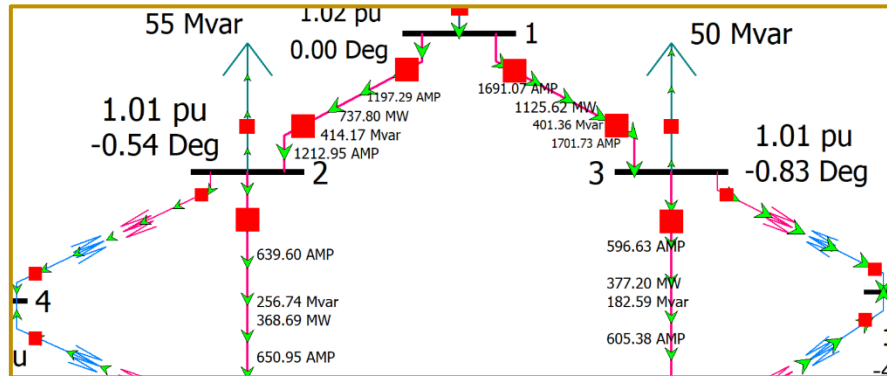
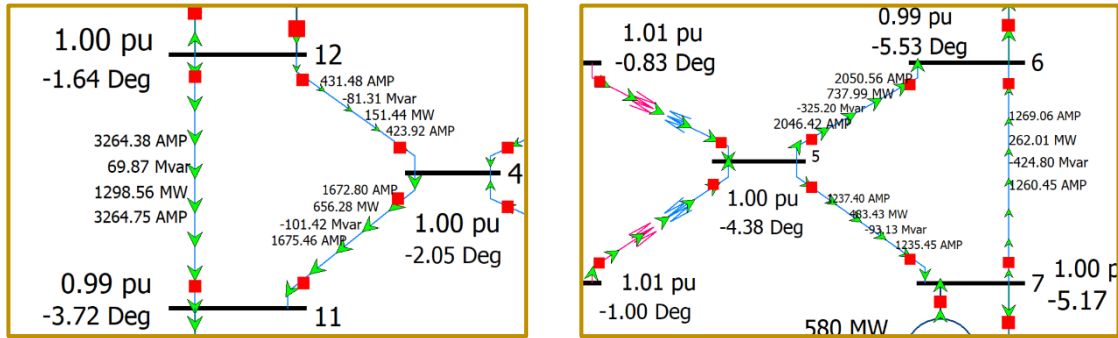


پس از پیاده‌سازی سیستم قدرت، پخش بار در شبکه فوق به روش گاوس سایدل، شبیه‌سازی میکنیم.

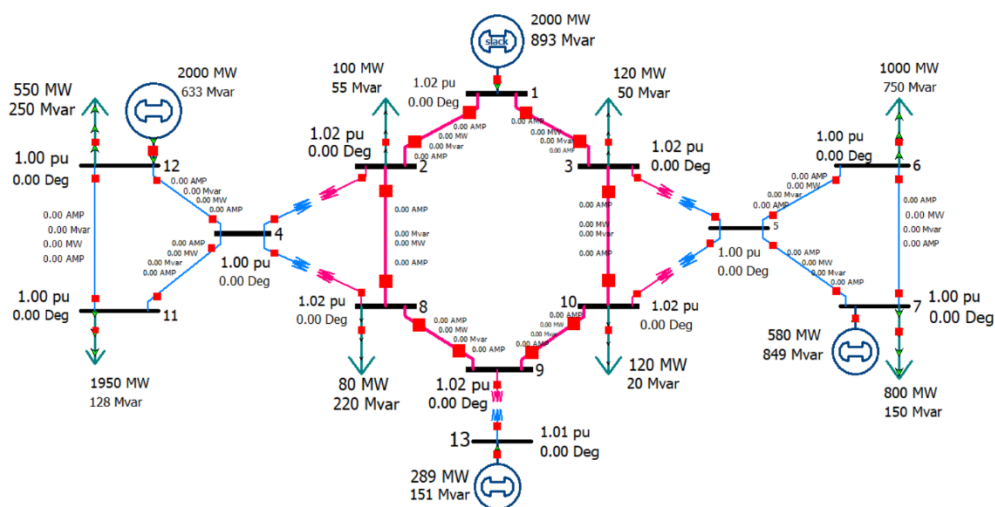


در شکل بالا اندازه و زاویه ولتاژ تمامی باس‌ها، توان عبوری از خطوط، و جریان ابتدا و انتهای خطوط نشان داده شده است. علت تفاوت جریان ابتدا و انتهای خطوط بدلیل وجود راکتانس کاپاسیتیو در خطوط انتقال میباشد. با توجه به مدل خط انتقال متوسط و بلند، بدلیل خازن موازی با بار انتهای خط، تمام جریان ژنراتور از بار عبور نمی‌کند. بنابراین جریان انتهای خط کمتر از جریان ابتدای خط خواهد بود.

مجموع تلفات اکتیو شبکه تقریباً 12.11MW است. این تلفات بدلیل مقاومت موجود در خطوط انتقال می باشد. تصاویری جهت بهتر دیدن شدن توان عبوری از خطوط و جریان ابتدا و انتهای خطوط در ادامه آمده است.



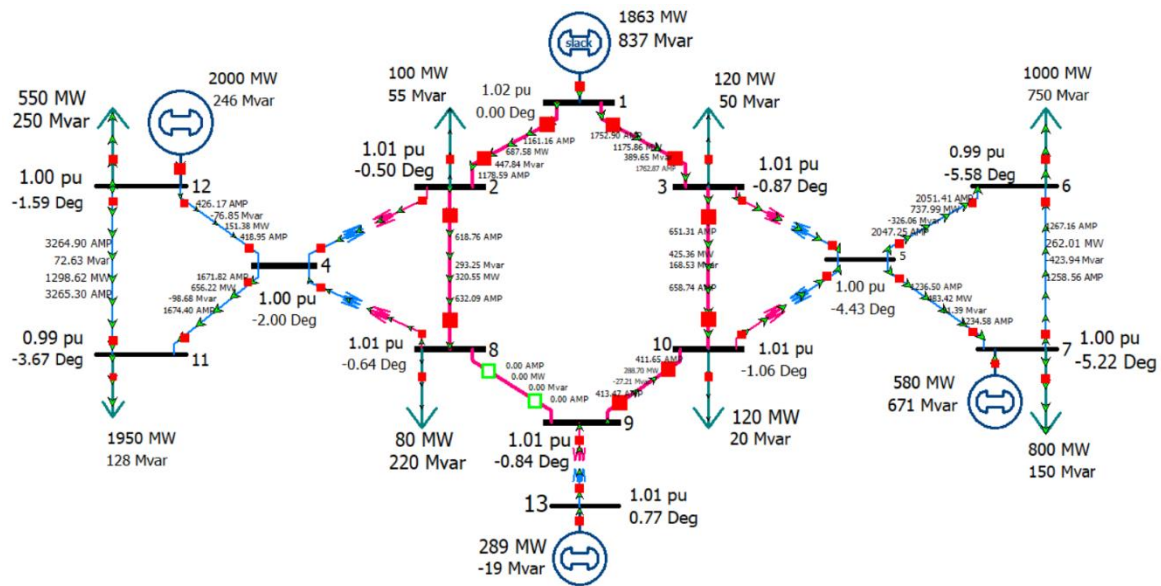
شبکه پیش شبیه‌سازی و اجرا مطابق شکل زیر می‌باشد.



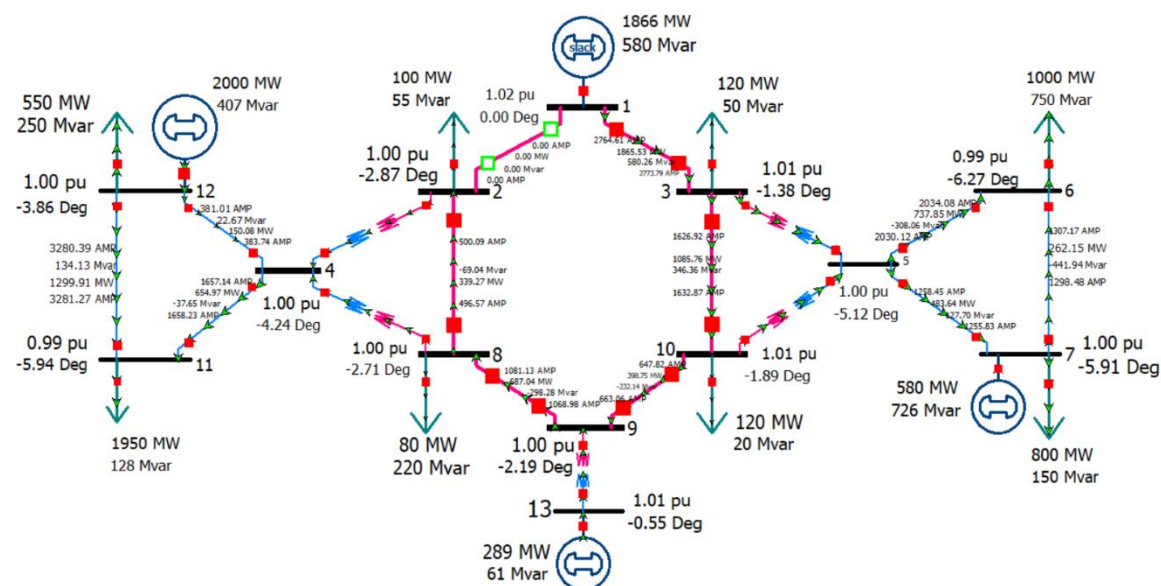
پس از پیاده‌سازی سیستم قدرت، پخش بار در شبکه فوق به روش گاوس سایدل، شبیه‌سازی می‌کنیم.

**ب)** همانطور که مشاهده میشود، با پیاده‌سازی مسأله پخش بار شبکه مطابق شکل یک، ولتاژ باس‌ها در محدوده  $[0.95, 1.05]$  پریونیت قرار می‌گیرد.

**پ)** بدلیل آنکه توان عبوری از خط انتقال بین باس 8 و 9، در مقایسه با سایر خطوط انتقال، کوچک میباشد، بنابراین با خروج آن از شبکه، تفاوت زیادی در سایر مقادیر خطوط و باس‌ها شاهد نیستیم.



برای آنکه خروج یک خط انتقال بیشترین تأثیر را در وضعیت شبکه داشته باشد، باید بیشترین توان از آن عبور کند. بطور مثال این تأثیر را میتوان با خروج خط انتقال بین باس‌های 1 و 2 مشاهده کرد.





**ت)** پس از تقسیم‌بندی‌های شبکه به 4 بخش شمالی، جنوبی، شرقی و غربی، با توجه به توان‌های عبوری از خطوط انتقال (هم از لحاظ اندازه و هم از لحاظ جهت انتقال) میتوان گفت چه بخش‌هایی بیشتر مصرف‌کننده و چه بخش‌هایی بیشتر تولیدکننده هستند. بنابراین با توجه به شبکه شکل یک، قسمت‌های جنوبی، شرقی و غربی بیشتر مصرف‌کننده هستند و ناحیه‌ی شمالی تولیدکننده می‌باشد. (توان اکتیو)

مجموع توان تولیدی یا مصرفی هر ناحیه بصورت زیر میباشد.

$$\text{ناحیه شمالی : } 1863.42\text{MW} + 815.53\text{MVar}$$

$$\text{ناحیه شرقی : } 1221.42\text{MW} - 418.33\text{MVar}$$

$$\text{ناحیه غربی : } 807.72\text{MW} - 182.73\text{MVar}$$

$$\text{ناحیه جنوبی : } 389.05\text{MW} - 84.49\text{MVar}$$

**ث)** در صورتی که توان اکتیو مصرفی ناحیه شرقی 600MW کاهش و توان اکتیو مصرفی ناحیه غربی 600MW افزایش یابد، لزوما نمیتوان گفت که توزیع توان در شبکه متعادل تر میشود. در حال حاضر ناحیه شرقی، ناحیه پرمصرفی می‌باشد و در صورت مصرف کمتر، باعث میشود این مقدار صرفه‌جویی شده در سایر نقاط شبکه پخش شود و شبکه به تعادل بیشتری برسد. اما این در حالی‌ست که ناحیه غربی بسیار کم‌مصرف‌تر از ناحیه شرقی می‌باشد و مشخصا اگر توان مصرفی‌اش افزایش یابد ممکن است تعادل شبکه را بهم بزند.

$$\text{توان اکتیو مصرفی ناحیه شرقی : } 738\text{MW} + 483\text{MW} = 1221\text{MW}$$

$$\text{توان اکتیو مصرفی ناحیه غربی : } 152\text{MW} + 656\text{MW} = 808\text{MW}$$

در صورت تغییر در نحوه مصرف، توان اکتیو مصرفی در نواحی شرقی و غربی به شکل زیر تغییر میکند.

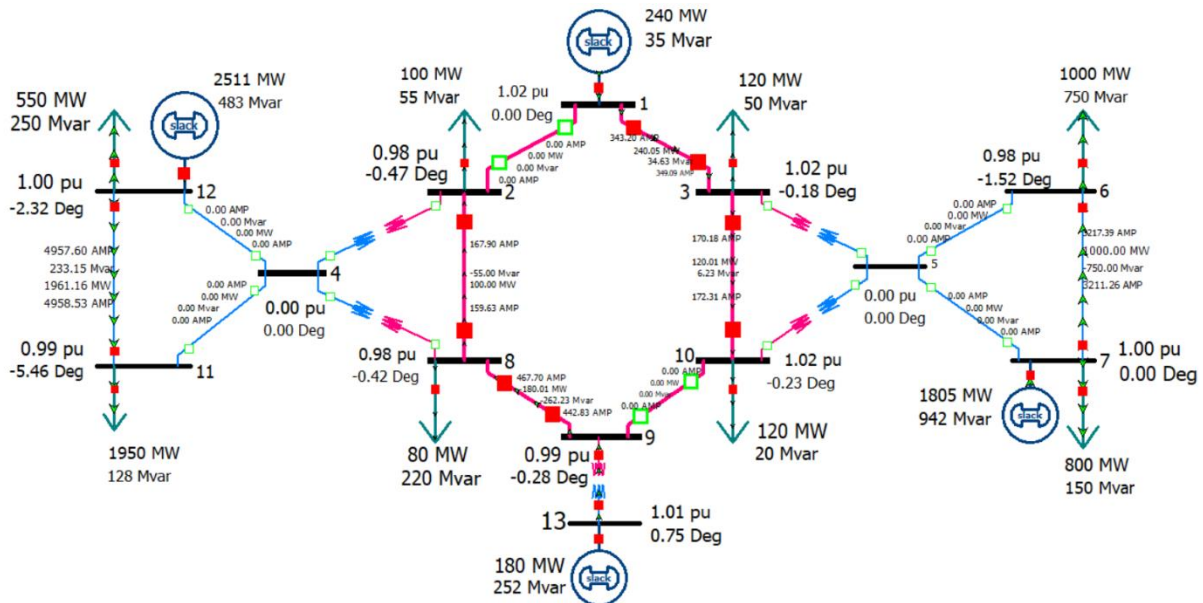
$$\text{توان اکتیو مصرفی ناحیه شرقی : } 738\text{MW} + 483\text{MW} - 600\text{MW} = 621\text{MW}$$

$$\text{توان اکتیو مصرفی ناحیه غربی : } 152\text{MW} + 656\text{MW} + 600\text{MW} = 1408\text{MW}$$

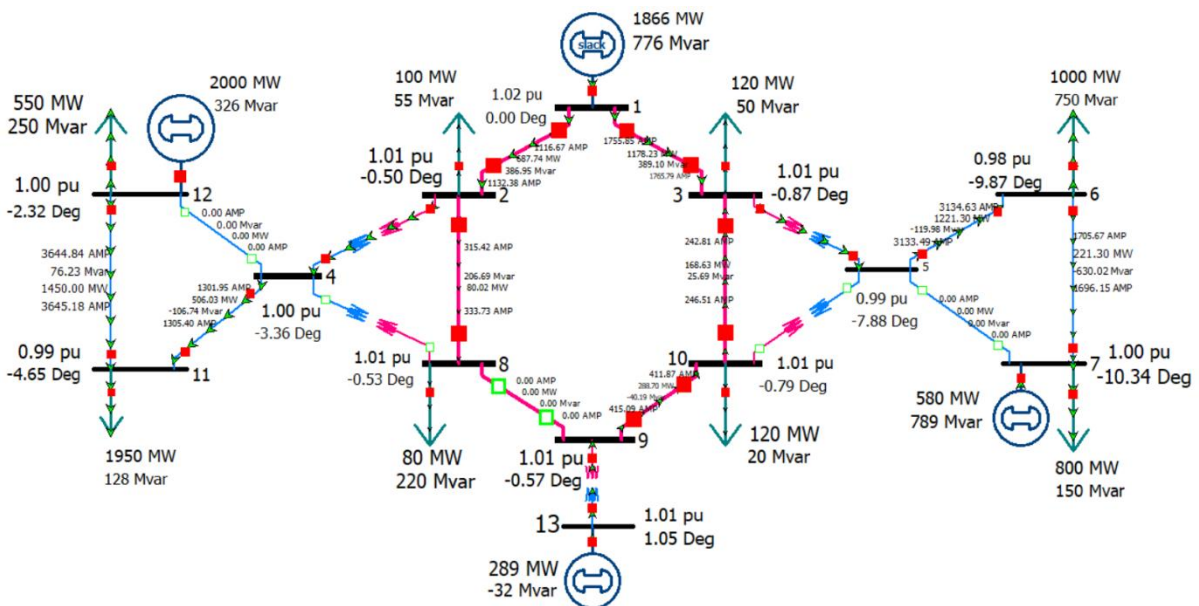
**ج)** خوشبختانه با خروج هیچ یک از خطوط و المان‌های مدار (به جز ژنراتورها) شبکه دچار خاموشی نمی‌شود. بنابراین شبکه قابلیت اطمینان بالایی دارد.

در صورتی که خطوط انتقال، مطابق شکل زیر از شبکه پخش بار خارج شوند (در مجموع 10 خط انتقال)، میتوان انتظار داشت شبکه همچنان کار کند و پایدار بماند.





البته در صورتی که خطوط را بصورت زیر از شبکه خارج کنیم، شبکه پایدارتر خواهد بود. (مجموع 5 خط)



**خ)** در صورتی که بخواهیم به شبکه یک خط انتقال اضافه کنیم، بهترین انتخاب این است که خط انتقال جدید را در ناحیه‌ای قرار دهیم که در صورت خارج شدن خطوط انتقال آن از شبکه، بیشترین لطمه به سیستم وارد میشود. مثلاً با توجه اهمیت خط انتقال بین باس‌های 1 و 2 و همچنین خط انتقال بین باس‌های 1 و 3، میتوان خط انتقال جدید را به باس 1 وصل کرد، تا در صورت خارج شدن یکی از دو خط انتقال گفته شده، شبکه دچار تغییر اساسی نشود و بخش بار به درستی ادامه یابد.

ر) از آنجا که ولتاژهای المان‌های موازی با هم یکسان می‌باشد، بنابراین انتظار می‌رود اضافه کردن ترانسفورماتورهای موازی، تغییری در ولتاژ باس‌ها ایجاد نکند. و صرفاً مسیر انتقال توان را به گونه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد.

باقی‌مانده تقسیم شماره دانشجویی (810198434) بر 3، برابر با 2 می‌باشد. بنابراین به سوالات 3 ستاره پاسخ داده شده و برج T2G30 برای سطح انتقال 400kV و برج KDT30 برای سطح انتقال 230kV انتخاب شده است.