

پخش بار بهینه شبکه 14 باسه : (Optimal DC Load Flow)

روش کد نویسی در نرم افزار gams:

ابتدا مجموعه باس ها، باس اسلک و ژنراتورها را با دستور set تعریف می کنیم.

```
Set
  bus      / 1*14 /
  slack(bus) / 1 /
  Gen      / g1*g2 /;

Alias (bus,node);
```

ضرایب هزینه، مقدار مینیمم و ماکزیمم توان را با استفاده از table مطابق زیر تعریف می کنیم.

```
Table GenData(Gen,*) 'generating units characteristics'
      a      b      pmin  pmax
g1    0.2430293  20    0.2   1.5
g2    0.25      12    0.2   1.5 ;
```

با دستور set مشخص می کنیم که کدام ژنراتور به کدام باس متصل شده است.

```
Set GBconnect(bus,Gen) 'connectivity index of each generating unit to each bus'
/
  1.g1
  2.g2
/;
```

مقادیر توان هر باس را با دستور table تعریف می کنیم.

```
Table BusData(bus,*) 'demands of each bus in MW'
```

```

Pd
1 0.0
2 0.217
3 0.942
4 0.478
5 0.076
6 0.112
7 0
8 0
9 0.295
10 0.09
11 0.035
12 0.061
13 0.135
14 0.149 ;

```

```
*****
```

چگونگی اتصال باس ها به همدیگر (کدام باس به کدام باس وصل است) را با set مشخص می کنیم.

```
Set conex 'bus connectivity matrix'
```

```
/
```

```

1.2
1.5
2.3
2.4
2.5
3.4
4.5
4.7
4.9
5.6
6.11
6.12
6.13
7.8
7.9
9.10
9.14
10.11
12.13
13.14

```

```
/;
```

```
* -----
```

```
conex(bus,node)$(conex(node,bus)) = 1;
```

پارامترهای خط ماننت مقاومت، راکتانس و مقدار مجاز توان انتقالی از خط در table زیر تعریف شده است.

```

Table branch(bus,node,*) 'network technical characteristics'
      r      x      Limit
1.2    0.01938    0.05917    1
1.5    0.05403    0.22304    1
2.3    0.04699    0.19797    1
2.4    0.05811    0.17632    1
2.5    0.05695    0.17388    0.5
3.4    0.06701    0.17103    1
4.5    0.01335    0.04211    1
4.7    0          0.20912    1
4.9    0          0.55618    1
5.6    0          0.25202    1
6.11   0.09498    0.1989     1
6.12   0.12291    0.25581    1
6.13   0.06615    0.13027    1
7.8    0          0.17615    1
7.9    0          0.11001    1
9.10   0.03181    0.0845     1
9.14   0.12711    0.27038    1
10.11  0.08205    0.19207    1
12.13  0.22092    0.19988    1
13.14  0.17093    0.34802    1

;

branch(bus,node,'x')$(branch(bus,node,'x')=0) = branch(node,bus,'x');
branch(bus,node,'Limit')$(branch(bus,node,'Limit')=0) = branch(node,bus,'Limit');
branch(bus,node,'bij')$conex(bus,node) = 1/branch(bus,node,'x');
*****

```

متغیرها و معادلات مسئله به ترتیب با دستور variable و equation مطابق شکل زیر تعریف می شود.

```

Variable OF, Pij(bus,node), Pg(Gen), delta(bus);
Equation const1, const2, const3;
*****

const1(bus,node)$(conex(bus,node))..
    Pij(bus,node) =e= branch(bus,node,'bij')*(delta(bus) - delta(node));

const2(bus)..
    sum(Gen$GBconnect(bus,Gen), Pg(Gen)) - BusData(bus,'pd') =e= sum(node$conex(node,bus), Pij(bus,node));

const3..
    OF =g= sum(Gen, power(Pg(Gen),2)*GenData(Gen,'a')+Pg(Gen)*GenData(Gen,'b'));

Model loadflow / const1, const2, const3 /;

```

Of تابع هدف است که مجموع هزینه ژنراتورها می باشد و باید مینیمم شود.

محدوده حداقل و حداکثر متغیر زاویه باس را مطابق زیر تعریف می کنیم. زاویه باس slack ثابت و برابر صفر است.

```

delta.up(bus) = 0.6;
delta.lo(bus) = -0.6;
delta.fx(slack) = 0;

```

مسئله بصورت nlp (غیر خطی) با دستور solve حل می شود و مقادیر پارامترها بصورت جدول در خروجی نمایش داده می شود.

```
solve loadflow minimizing OF using nlp;

Parameter report(bus,*), Congestioncost;
report(bus,'Gen(MW)') = sum(Gen$GBconnect(bus,Gen), Pg.1(Gen));
report(bus,'Angle') = delta.1(bus);
report(bus,'load(MW)') = BusData(bus,'pd');
report(bus,'LMP($/MWh)') = const2.m(bus) ;
Congestioncost = sum((bus,node), Pij.1(bus,node)*(-const2.m(bus) + const2.m(node)))/2;
display OF.L, report, Pij.1, Congestioncost;
```

قسمت اول:

پخش بار بهینه بدون در نظر گرفتن محدودیت ها.

نتایج مقدار تولید ژنراتورها، زاویه باس ها و مقدار LMP باس ها طبق جدول زیر بدست می آید.

	Gen (MW)	Angle	load (MW)	LMP (\$/MWh)
1	-6.800			16.695
2	9.390	0.358	0.217	16.695
3		0.171	0.942	16.695
4		0.170	0.478	16.695
5		0.166	0.076	16.695
6		0.070	0.112	16.695
7		0.104		16.695
8		0.104		16.695
9		0.069	0.295	16.695
10		0.062	0.090	16.695
11		0.063	0.035	16.695
12		0.052	0.061	16.695
13		0.050	0.135	16.695
14		0.038	0.149	16.695

مقادیر توان عبوری از خطوط مطابق جدول زیر بدست آمده است

	1	2	3	4	5	6
1		-6.055			-0.745	
2	6.055		0.946	1.067	1.105	
3		-0.946		0.004		
4		-1.067	-0.004		0.096	
5	0.745	-1.105		-0.096		0.380
6					-0.380	
7				-0.316		
9				-0.181		
11						-0.038
12						-0.072
13						-0.158

+	7	9	10	11	12	13
4	0.316	0.181				
6				0.038	0.072	0.158
7		0.316				
9	-0.316		0.087			
10		-0.087		-0.003		
11			0.003			
12						0.011
13					-0.011	
14		-0.115				-0.034

+	14
9	0.115
13	0.034

مقدار تابع هدف (هزینه تولید نیروگاه ها) :

----- 125 VARIABLE OF L

=

9.961

قسمت دوم:

محدودیت تولید توان ژنراتورها را در نظر می گیریم.

```
Pg.lo(Gen) = GenData(Gen, 'Pmin');  
Pg.up(Gen) = GenData(Gen, 'Pmax');
```

پخش بار بهینه با در نظر گرفتن محدودیت تولید توان ژنراتورها.

نتایج مقدار تولید ژنراتورها، زاویه باس ها و مقدار LMP باس ها طبق جدول زیر بدست می آید.

	Gen (MW)	Angle	load (MW)	LMP (\$/MWh)
1	1.090			20.530
2	1.500	-0.033	0.217	20.530
3		-0.178	0.942	20.530
4		-0.141	0.478	20.530
5		-0.119	0.076	20.530
6		-0.224	0.112	20.530
7		-0.203		20.530
8		-0.203		20.530
9		-0.235	0.295	20.530
10		-0.240	0.090	20.530
11		-0.236	0.035	20.530
12		-0.243	0.061	20.530
13		-0.246	0.135	20.530
14		-0.262	0.149	20.530

مقادیر توان عبوری از خطوط مطابق جدول زیر بدست آمده است

	1	2	3	4	5	6
1		0.557			0.533	
2	-0.557		0.731	0.615	0.494	
3		-0.731		-0.211		
4		-0.615	0.211		-0.535	
5	-0.533	-0.494		0.535		0.416
6					-0.416	
7				-0.293		
9				-0.168		
11						-0.060
12						-0.075
13						-0.169

+	7	8	9	10	11	12
4	0.293		0.168			
6					0.060	0.075
7		-4.1029E-17	0.293			
9	-0.293			0.065		
10			-0.065		-0.025	
11				0.025		
13						-0.014
14			-0.101			

+	13	14
6	0.169	
9		0.101
12	0.014	
13		0.048

مقدار تابع هدف (هزینه تولید نیروگاه ها) :

$$127 \text{ VARIABLE OF } L = 40.651$$

قسمت سوم:

پخش بار بهینه با در نظر گرفتن محدودیت تولید توان ژنراتورها و توان عبوری از خطوط.

```
Pg.lo(Gen) = GenData(Gen,'Pmin');
Pg.up(Gen) = GenData(Gen,'Pmax');
Pij.up(bus,node)$((conex(bus,node))) = 1*branch(bus,node,'Limit');
Pij.lo(bus,node)$((conex(bus,node))) = -1*branch(bus,node,'Limit');
```

نتایج مقدار تولید ژنراتورها، زاویه باس ها و مقدار LMP باس ها طبق جدول زیر بدست می آید.

	Gen (MW)	Angle	load (MW)	LMP (\$/MWh)
1	1.090			20.530
2	1.500	-0.033	0.217	20.530
3		-0.178	0.942	20.530
4		-0.141	0.478	20.530
5		-0.119	0.076	20.530
6		-0.224	0.112	20.530
7		-0.203		20.530
8		-0.203		20.530
9		-0.235	0.295	20.530
10		-0.240	0.090	20.530
11		-0.236	0.035	20.530
12		-0.243	0.061	20.530
13		-0.246	0.135	20.530
14		-0.262	0.149	20.530

مقادیر توان عبوری از خطوط مطابق جدول زیر بدست آمده است

	1	2	3	4	5	6
1		0.557			0.533	
2	-0.557		0.731	0.615	0.494	
3		-0.731		-0.211		
4		-0.615	0.211		-0.535	
5	-0.533	-0.494		0.535		0.416
6					-0.416	
7				-0.293		
9				-0.168		
11						-0.060
12						-0.075
13						-0.169

+	7	9	10	11	12	13
4	0.293	0.168				
6				0.060	0.075	0.169
7		0.293				
9	-0.293		0.065			
10		-0.065		-0.025		
11			0.025			
12						0.014
13					-0.014	
14		-0.101				-0.048

+	14
9	0.101
13	0.048

مقدار تابع هدف (هزینه تولید نیروگاه ها) :

----- 129 VARIABLE OF.L

=

40.651

قسمت چهارم:

LMP باس ها:

LMP	
16.695	بدون محدودیت ها
20.53	با محدودیت توان تولیدی ژنراتورها
20.53	با محدودیت توان تولیدی ژنراتورها و خطوط