



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“
СКОПЈЕ

ФАКУЛТЕТ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА
И ИНФОРМАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ

М. Тодоровски, П. Крстевски

Задачи по предметот
Режими на работа на ЕЕС
прелиминарна верзија

Скопје, 2015

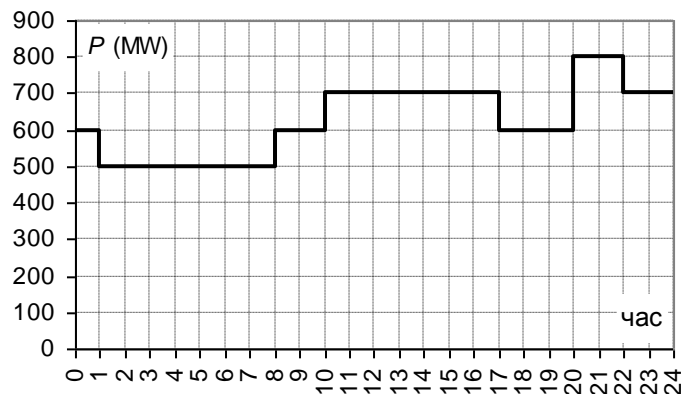
I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (17.04.2007)

1. Вредностите на часовните оптоварувања во текот на еден ден во еден ЕЕС се дадени во табелата 1.1 и се прикажани графички на сликата 1.1. Потребно е:

- а) да се одреди минималната моќност P_{\min} , максималната моќност P_{\max} , енергијата W и факторот на оптоварување f ,
- б) да се одреди константната енергија W_k , варијабилната енергија W_v и варијабилната моќност P_v ,
- в) да се нацрта кривата на траење на оптоварувањето.

Табела 1.1.

Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P (MW)	600	500	500	500	500	500	500	500	600	600	700	700
Час	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P (MW)	700	700	700	700	700	600	600	600	800	800	700	700



Слика 1.1.

(30 п.)

2. Во табелата 2.1 дадени се податоци за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС кој се состои од 3 генератори. Вкупната моќност на сите потрошувачи во системот изнесува 1200 MW. Потребно е да се одреди:

- а) моќностите на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат трошоците,
- б) за колку ќе се променат вкупните трошоци во системот ако моќноста на потрошувачите се намали за 2,5 MW.

Табела 2.1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	250	500	2400	40	0,0025
2	200	450	3000	42	0,0031
3	120	300	1850	43	0,0027

(30 п.)

3. На сликата 3.1 е даден ЕЕС чиј номинален напон е 110 kV и во кој јазелот 1 е балансен. Сите водови во системот имаат надолжна импеданција $z = r + jx = (0,13 + j0,4) \ \Omega/\text{km}$, нивните

максимално дозволени моќности изнесуваат 85 MW, а нивните должини се дадени на сликата. Индексите на јазлите на гранките и генераторите се дадени во табелата 3.1.

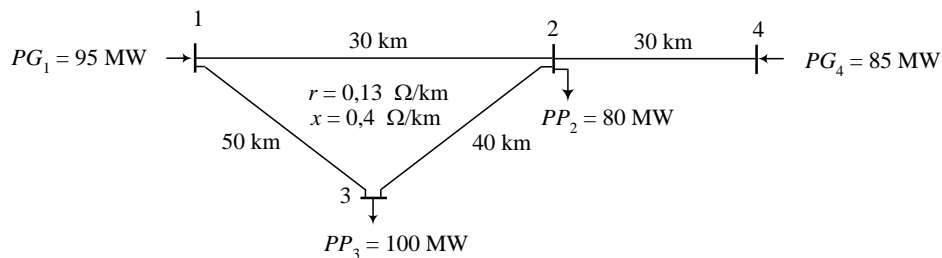
Табела 3.1.

Гранка	Почетен јазел	Краен јазел
1	1	2
2	1	3
3	2	3
4	2	4

Генератор	Јазел
1	1
2	4

Матрицата H за системот е:

$$H = \begin{bmatrix} 0,565 & -0,185 \\ 0,435 & 0,185 \\ 0,120 & 0,370 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$



Слика 3.1.

- а) да се одредат моќностите во гранките од мрежата,
- б) да се пресметаат загубите на моќност во гранката 2 – 4 ако факторот на моќност изнесува 0,9.

(20 п.)

Бонус прашање: Врз основа на изгледот на мрежата од сликата 3.1 да се објаснат вредностите од последната редица на матрицата H .

(10 п.)

4. Да се објасни накратко постапката според која со примена на компјутер ќе се одредат оптимални вредности на моќностите на генераторите во еден ЕЕС така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални и да бидат задоволени сите технички ограничувања (да се наведат ограничувањата).

(20 п.)

**Решенија на задачите од I колоквиум по предметот
МЕНАџМЕНТ НА ЕЕС, одржан на 17.4.2007**

1a) $P_{\min} = 500 \text{ MW}; P_{\max} = 800 \text{ MW};$

$W = 7 \cdot 500 + 6 \cdot 600 + 9 \cdot 700 + 2 \cdot 800 = 15000 \text{ MWh}$

;

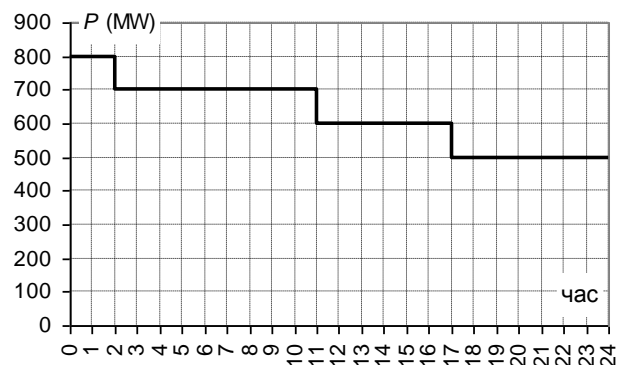
$$f = \frac{W}{P_{\max} \cdot T} = \frac{15000}{800 \cdot 24} = 0,781.$$

1б) $W_k = P_{\min} \cdot T = 500 \cdot 24 = 12000 \text{ MWh};$

$W_v = W - W_k = 15000 - 12000 = 3000 \text{ MWh};$

$P_v = P_{\max} - P_{\min} = 800 - 500 = 300 \text{ MW}.$

1в)



2a). $\lambda = \frac{2 \cdot 1200 + \frac{40}{0,0025} + \frac{42}{0,0031} + \frac{43}{0,0027}}{\frac{1}{0,0025} + \frac{1}{0,0031} + \frac{1}{0,0027}} = 43,80 \text{ €/MWh}; P_1 = \frac{43,80 - 40}{2 \cdot 0,0025} = 760,560 \text{ MW};$

$P_2 = \frac{43,80 - 42}{2 \cdot 0,0031} = 290,774 \text{ MW}; P_3 = \frac{43,80 - 43}{2 \cdot 0,0027} = 148,666 \text{ MW},$

бидејќи $P_1 > P_1^{\max} \Rightarrow P_1 = P_1^{\max} = 500 \text{ MW}$, а за останатите генератори пресметуваме:

$\lambda = \frac{2 \cdot (1200 - 500) + \frac{42}{0,0031} + \frac{43}{0,0027}}{\frac{1}{0,0031} + \frac{1}{0,0027}} = 44,55 \text{ €/MWh}; P_2 = \frac{44,55 - 42}{2 \cdot 0,0031} = 412,069 \text{ MW};$

$P_3 = \frac{44,55 - 43}{2 \cdot 0,0027} = 287,931 \text{ MW};$

$f_1 = 2400 + 40 \cdot 500 + 0,0025 \cdot 500^2 = 23025,00 \text{ €/h};$

$f_2 = 3000 + 42 \cdot 412,069 + 0,0031 \cdot 412,069^2 = 20833,28 \text{ €/h};$

$f_3 = 1850 + 43 \cdot 287,931 + 0,0027 \cdot 287,931^2 = 14454,88 \text{ €/h}; F = f_1 + f_2 + f_3 = 58313,16 \text{ €/h}.$

2б) $\Delta F = \Delta P \cdot \lambda = -2,5 \cdot 44,55 = -111,38 \text{ €/h}.$

3a) $PGR = H \cdot PG = \begin{bmatrix} 0,565 & -0,185 \\ 0,435 & 0,185 \\ 0,120 & 0,370 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 95 \\ 85 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 37,95 \\ 57,05 \\ 42,85 \\ -85 \end{bmatrix} \text{ MW};$

3б) $\Delta P_{2-4} = \frac{P_{2-4}^2}{U_n^2 \cos^2 \varphi} \cdot R_{2-4} = \frac{85^2}{110^2 \cdot 0,9^2} \cdot 0,13 \cdot 30 = 2,875 \text{ MW};$

Бонус прашање: Бидејќи гранката 2 – 4 е врзана радијално со остатокот на мрежата и на нејзиниот крај постои генераторот бр. 2, моќноста во неа ќе биде еднаква само на моќноста на генераторот бр. 2, т.е. $P_{2-4} = -PG_2$. Знакот минус е поради насоката на моќноста во гранката во однос на референтната насока која е од 2 кон 4.

$P_{2-4} = 0 \cdot PG_1 + (-1) \cdot PG_2 = \begin{bmatrix} 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} PG_1 \\ PG_2 \end{bmatrix}.$

I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (09.04.2008)

Задача 1. Во текот на еден ден во еден ЕЕС потрошувачката на електрична енергија изнесува $W = 26652$ MWh, при што варијабилната енергија изнесува $W_v = 6588$ MWh. Освен тоа познато е дека факторот на оптоварување изнесува $f = 0,849$. Да се определат: минималната моќност P_{\min} , средната моќност P_{sr} , максималната моќност P_{\max} , варијабилната моќност P_v и константната енергија W_k .

(20 п.)

Задача 2. Во табелата 2.1 се дадени податоци за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС кој што се состои од 3 генератори. Вкупната моќност на потрошувачите во системот изнесува 750 MW. Потребно е да се определат:

- а) моќностите на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат трошоците,
- б) дали ако во системот постоеа само генераторите 1 и 2 вкупните трошоци ќе беа помали или поголеми од трошоците во случајот под а)? Да се образложи одговорот.

Табела 2.1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	250	450	2567	39	0,0027
2	100	300	2804	40	0,0034
3	120	350	1729	42	0,0025

(40 п.)

Задача 3. На сликата 3.1 е даден ЕЕС чиј што номинален напон е 110 kV и во кој јазелот 2 е балансен. Сите водови во системот имаат надолжна импеданција $z = r + jx = (0,13 + j0,4) \Omega/\text{km}$, нивните максимално дозволени моќности изнесуваат 50 MW, а нивните должини се дадени на сликата. Водот 3 – 4 е изведен од два вода во паралела со должина од 60 km кои што се еквивалентирани со еден вод со должина од 30 km така што може да се смета дека неговата максимално дозволена моќност изнесува 100 MW. Индексите на јазлите на гранките и генераторите се дадени во табелата 3.1.

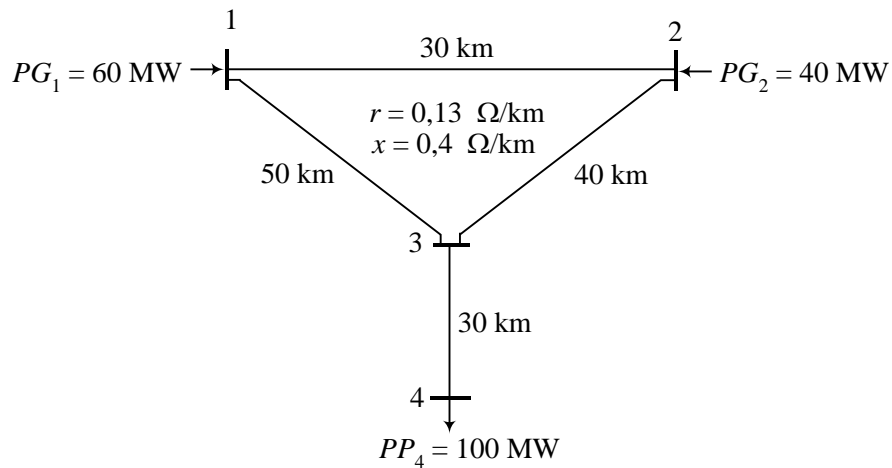
Табела 3.1.

Гранка	Почетен јазел	Краен јазел
1	1	2
2	1	3
3	2	3
4	3	4

Генератор	Јазел
1	1
2	2

Матрицата H за системот е:

$$H = \begin{bmatrix} 0,42 & -0,33 \\ 0,58 & 0,33 \\ 0,42 & 0,67 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}.$$



Слика 3.1.

- а) да се одредат моќностите во гранките од мрежата и да се пресметаат загубите на моќност во гранката 3 – 4 ако факторот на моќност изнесува 0,9. Решението да се прикаже графички на сликата на мрежата.
- б) колкави треба да бидат моќностите на генераторите за моќностите во гранките 1 – 3 и 2 – 3 да изнесуваат по 50 MW?

(40 п.)

Бонус прашање: Врз основа на изгледот на мрежата од сликата 3.1 да се објаснат вредностите од последната редица на матрицата **H**.

(10 п.)

I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (14.4.2009)

Задача 1. Во табелата 1 дадени се податоци за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС којшто се состои од 3 генератори. Вкупната моќност на сите потрошувачи во системот изнесува 1000 MW. Потребно е да се одредат моќностите на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални.

Табела 1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	360	510	0	50	0,008
2	205	295	0	55	0,004
3	260	380	0	45	0,020

(20 п.)

Бонус прашање: За колку ќе се променат вкупните трошоци во системот ако моќноста на потрошувачите се зголеми за 3 MW?

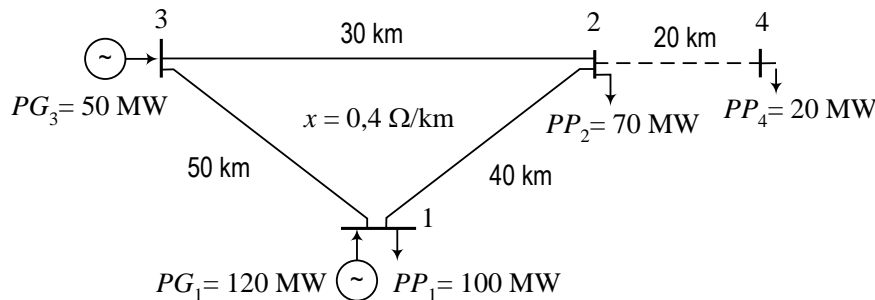
(10 п.)

Задача 2. На сликата 1 е даден еден ЕЕС во којшто постојат два генератора во јазлите 1 и 3 и два потрошувачи во јазлите 1 и 2. Нивните моќности се дадени на сликата. Врските помеѓу генераторите и потрошувачите се направени со надземни водови со иста надолжна реактанција $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$. Должините на водовите, се исто така, прикажани на сликата. При тоа во системот се разгледуваат два режима на работа

- а) Без водот 2-4,
- б) Со водот 2-4 со што се додава уште еден потрошувач во јазелот 4. При тоа моќноста на генераторот во јазелот 3 изнесува 70 MW.

Со примена на DC-моделот приближно да се пресметаат активните моќности во сите гранки за двата случаја.

(30 + 20 п.)



Слика 1.

Задача 3. Го разгледуваме системот од задачата 2б) при што моќностите на генераторите изнесуваат $PG_1 = 130 \text{ MW}$ и $PG_3 = 60 \text{ MW}$. За системот е позната матрицата H , во која што се означени гранките и генераторите за коишто таа се однесува:

$$H = \begin{matrix} & \begin{matrix} G_1 & G_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1-2 \\ 3-2 \\ 3-1 \\ 2-4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,3158 & -0,1009 \\ 0,1579 & 0,5746 \\ -0,1579 & 0,4254 \\ 0,1053 & 0,1053 \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

Да се определи

а) Моќностите во водовите 3-1 и 2-4,

б) Моќностите на генераторите така што моќноста во водот 3-1 да биде еднаква на нула.

(10 + 20 п.)

Бонус прашање: Зошто елементите од последната редица на матрицата H се еднакви и изнесуваат 0,1053?

(10 п.)

Решенија на задачите од I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС одржан на 14.4.2009

Задача 1. $\lambda = \frac{2 \cdot 1000 + \frac{50}{0,008} + \frac{55}{0,004} + \frac{45}{0,02}}{\frac{1}{0,008} + \frac{1}{0,004} + \frac{1}{0,02}} = 57,059 \text{ €/MWh}, P_1 = \frac{57,059 - 50}{2 \cdot 0,008} = 441,176 \text{ MW},$

$P_2 = \frac{57,059 - 55}{2 \cdot 0,004} = 257,353 \text{ MW},$

$P_3 = \frac{57,059 - 45}{2 \cdot 0,02} = 301,471 \text{ MW}.$

Бонус:

$\Delta F = 3 \cdot 57,059 = 171,177 \text{ €/h}.$

Задача 2. $-B = \begin{bmatrix} \frac{1}{20} + \frac{1}{16} & -\frac{1}{16} \\ -\frac{1}{16} & \frac{1}{16} + \frac{1}{12} \end{bmatrix} S, X = (-B)^{-1} = \begin{bmatrix} 11\frac{2}{3} & 5 \\ 5 & 9 \end{bmatrix} \Omega.$

а) $\theta = \begin{bmatrix} 11\frac{2}{3} & 5 \\ 5 & 9 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 20 \\ -70 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -116\frac{2}{3} \\ -530 \end{bmatrix} \text{ MW} \cdot \Omega,$

$PGR_{3-2} = \frac{0 + 530}{12} = 44,167 \text{ MW},$ $PGR_{1-2} = \frac{-116\frac{2}{3} + 530}{16} = 25,833 \text{ MW},$

$PGR_{3-1} = \frac{0 + 116\frac{2}{3}}{20} = 5,833 \text{ MW}.$

б) $PGR_{2-4} = 20 \text{ MW}$, за останатиот дел од мрежата можеме да сметаме дека во јазелот 2 има

потрошувач од 90 MW и дека гранката 2-4 не постои $\theta = \begin{bmatrix} 11\frac{2}{3} & 5 \\ 5 & 9 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 20 \\ -90 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -216\frac{2}{3} \\ -710 \end{bmatrix} \text{ MW} \cdot \Omega,$

$PGR_{3-2} = \frac{0 + 710}{12} = 59,167 \text{ MW},$ $PGR_{1-2} = \frac{-216\frac{2}{3} + 710}{16} = 30,833 \text{ MW},$

$PGR_{3-1} = \frac{0 + 216\frac{2}{3}}{20} = 10,833 \text{ MW}.$

Задача 3.

а) $PGR_{3-1} = -0,1579 \cdot 130 + 0,4254 \cdot 60 = 4,997 \text{ MW}, PGR_{4-2} = 0,1053 \cdot 130 + 0,1053 \cdot 60 = 20 \text{ MW}.$

б) $-0,1579 \cdot PG_1 + 0,4254 \cdot PG_2 = 0 \Rightarrow PG_2 = 0,3712 \cdot PG_1$

$$PG_1 + PG_2 = 190, \quad PG_1 + 0,3712 \cdot PG_1 = 190, \quad PG_1 = \frac{190}{1,3712} = 138,565 \text{ MW},$$

$$PG_2 = 190 - PG_1 = 51,435 \text{ MW}.$$

Бонус: При формирањето на матрицата \mathbf{H} моќноста во гранката 2-4 секогаш ќе е еднаква на \square_4 што изнесува $\alpha_4 = \frac{PP_4}{\Sigma PP} = \frac{20}{190} = 0,1053$. Според тоа, елементите од редицата 4 (гранката 2-4 е четврта) и во двете колони ќе изнесуваат 0,1053.

I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (17.03.2010)

Задача 1. Во табелата 1 дадени се податоци за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС којшто се состои од 3 генератори. Вкупната моќност на сите потрошувачи во системот изнесува 900 MW. Потребно е да се одредат моќностите на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални.

Табела 1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	350	500	0	55	0,008
2	210	300	0	60	0,004
3	245	350	0	50	0,020

(30 п.)

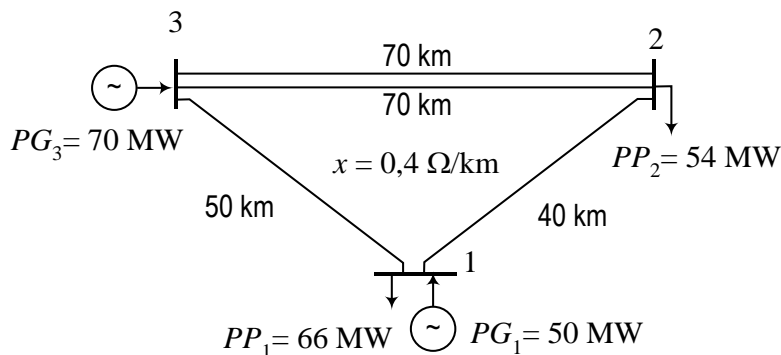
Бонус прашање: Нека во системот се појави нов потрошувач којшто бара моќност од 5 MW. Колку пари ќе заработиме за еден ден ако му продаваме електрична енергија по цена од 75 €/MWh?

(10 п.)

Задача 2. На сликата 1 е даден еден ЕЕС во којшто постојат два генератора во јазлите 1 и 3 и два потрошувачи во јазлите 1 и 2. Нивните моќности се дадени на сликата. Врските помеѓу генераторите и потрошувачите се направени со надземни водови со иста надолжна реактанција $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$. Должините на водовите, се исто така, прикажани на сликата. Да се определи:

- а) Распределбата на моќностите во гранките од мрежата,
- б) Колоната од матрицата \mathbf{H} која што одговара на генераторот во јазелот 1.

(35 + 35 п.)



Слика 1.

Бонус прашање: Да се одредат вредности на моќностите на генераторите така што моќноста во една од паралелните гранки 3-2 ќе биде еднаква на моќноста во гранката 3-1. При тоа е познато дека матрицата \mathbf{H} изнесува

$$\mathbf{H} = \begin{matrix} & \begin{matrix} G_1 & G_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 3-2 \\ 3-2 \\ 3-1 \\ 1-2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,072 & 0,272 \\ 0,072 & 0,272 \\ -0,144 & 0,456 \\ 0,306 & -0,094 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(10 п.)

Решенија на задачите од I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС

одржан на 17.3.2010

Задача 1. $\lambda = \frac{2 \cdot 900 + \frac{55}{0,008} + \frac{60}{0,004} + \frac{50}{0,02}}{\frac{1}{0,008} + \frac{1}{0,004} + \frac{1}{0,02}} = 61,588 \text{ €/MWh}, P_1 = \frac{61,588 - 55}{2 \cdot 0,008} = 411,75 \text{ MW},$

$P_2 = \frac{61,588 - 60}{2 \cdot 0,004} = 198,5 \text{ MW}, P_3 = \frac{61,588 - 50}{2 \cdot 0,02} = 289,7 \text{ MW}.$ Бидејќи е $P_2 < P_2^{\min}$ избираме

$P_2 = P_2^{\min} = 210 \text{ MW}$, потоа остатокот од моќноста $900 - 210 = 690 \text{ MW}$ го распределуваме на генераторите 1 и 3.

$\lambda = \frac{2 \cdot 690 + \frac{55}{0,008} + \frac{50}{0,02}}{\frac{1}{0,008} + \frac{1}{0,02}} = 61,457 \text{ €/MWh}, P_1 = \frac{61,457 - 55}{2 \cdot 0,008} = 403,563 \text{ MW},$

$P_3 = \frac{61,457 - 50}{2 \cdot 0,02} = 286,425 \text{ MW}$

Бонус: $F = (75 - \lambda) \cdot 5 \cdot 24 = (75 - 61,457) \cdot 5 \cdot 24 = 1625,15 \text{ €}.$

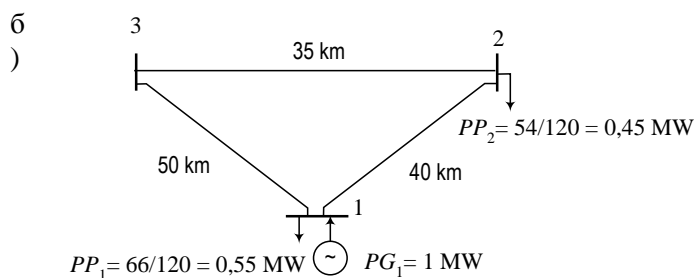
Задача 2. а) $-B = \left[\begin{array}{c|c} \frac{1}{20} + \frac{1}{16} & -\frac{1}{16} \\ \hline -\frac{1}{16} & \frac{1}{16} + \frac{1}{14} \end{array} \right] = \begin{bmatrix} 0,1125 & -0,0625 \\ -0,0625 & 0,13393 \end{bmatrix} S,$

$X = (-B)^{-1} = \frac{1}{0,01116} \cdot \begin{bmatrix} 0,13393 & -0,0625 \\ -0,0625 & 0,1125 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 & 5,6 \\ 5,6 & 10,08 \end{bmatrix} \Omega.$

$\theta = \begin{bmatrix} 12 & 5,6 \\ 5,6 & 10,08 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -16 \\ -54 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -494,4 \\ -633,92 \end{bmatrix} \text{ MW} \cdot \Omega,$

$PGR_{3-2} = \frac{0 - (-633,92)}{28} = 22,64 \text{ MW};$

$PGR_{3-1} = \frac{0 - (-494,4)}{20} = 24,72 \text{ MW}; PGR_{1-2} = \frac{-494,4 + 633,92}{16} = 8,72 \text{ MW}.$



Моќностите во гранките можеме да ги одредиме со струен делител во којшто ќе оперираме со должините во km затоа што сите гранки имаат исто x .

$PGR_{3-2, \text{екв.}} = \frac{40}{85 + 40} \cdot 0,45 = 0,144 \text{ MW}$

;

$PGR_{3-2, \text{екв.}} = \frac{PGR_{3-2, \text{екв.}}}{2} = 0,072 \text{ MW}$

$PGR_{3-1} = -PGR_{3-2, \text{екв.}} = -0,144 \text{ MW};$

$PGR_{1-2} = \frac{85}{85 + 40} \cdot 0,45 = 0,306 \text{ MW}.$

Бонус: $0,072 \cdot PG_1 + 0,272 \cdot PG_3 = -0,144 \cdot PG_1 + 0,456 \cdot PG_3 \Rightarrow PG_1 = \frac{0,184}{0,216} \cdot PG_3;$

$$\begin{aligned} PG_1 + PG_3 &= 120; & \left(\frac{0,184}{0,216} + 1 \right) \cdot PG_3 &= 120; & PG_3 &= 64,8 \text{ MW}; \\ PG_1 &= 120 - PG_3 = 55,2 \text{ MW}. \end{aligned}$$

I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (23.03.2011)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС (прикажан на сликата 1) кој што се состои од 3 генератори, при што вкупната моќност на потрошувачите во системот изнесува 500 MW. Да се одреди:

а) Оптималните моќности на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh).

(30 п.)

б) Елементите од колона на матрицата H која што одговара на генераторот G_1 .

(35 п.)

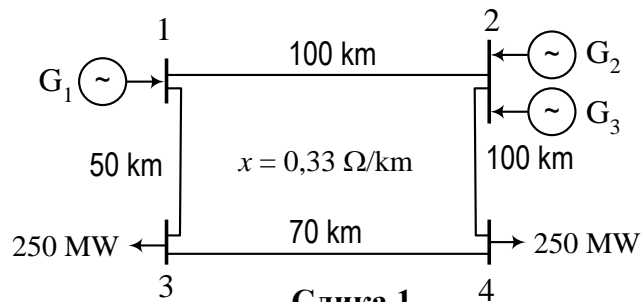
б) Нека моќностите на генераторите изнесуваат $P_1 = 171$ MW, $P_2 = 146$ MW и $P_3 = 183$ MW. Да се провери дали работниот е прифатлив во поглед на ограничувањата на преносната мрежа ако е познато дека секоја од гранките може да пренесе најмногу по 250 MW. Ако има проблеми да се предложи решение (со други вредности на моќностите на генераторите) во кое ќе се надмине прекршеното ограничување без притоа да се води сметка за трошоците за работа на системот и границите на моќности за генераторите. Матрицата H е дадена во табелата 2.

Помош: во последниот случај генераторите G_2 и G_3 може да се земат како еден генератор затоа што тие се наоѓаат во ист јазел во мрежата.

(35 п.)

Табела 1. Податоци за генераторите

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	155	240	0	60	0,2
2	100	195	0	70	0,2
3	150	200	0	55	0,2



Слика 1

Табела 2. Матрица H

		Генератор		
		G_1	G_2	G_3
Гранка	1-2	0,27	-0,42	-0,42
	1-3	0,73	0,42	0,42
	3-4	0,23	-0,08	-0,08
	2-4	0,27	0,58	0,58

I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (05.04.2012)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС (прикажан на сликата 1) кој што се состои од 3 генератори, при што вкупната моќност на потрошувачите во системот изнесува 650 MW. Да се одредат:

а) Оптималните моќности на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh). (25п.)

б) Ако моќностите на генераторите изнесуваат $PG_1=150$ MW, $PG_2=300$ MW, $PG_3=200$ MW да се одреди распределба на моќностите низ гранките 1-2, 1-3 и 2-3 од мрежата дадена на сликата 1. (25 п.)

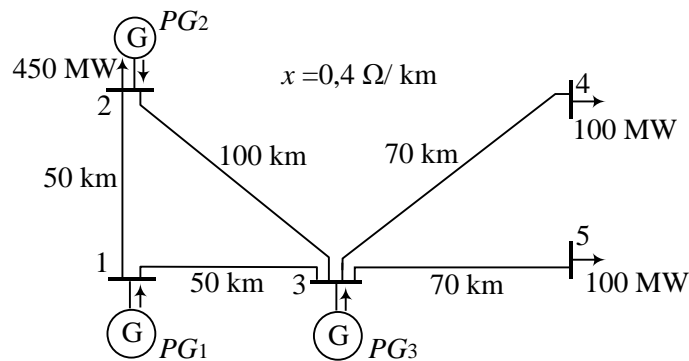
Бонус прашање: Да се проценат тековите на моќности во мрежата ако помеѓу јазлите 4 и 5 се изгради нов вод со должина од 50 km. (20 п.)

в) Елементите од колона на матрицата H која што одговара на генераторот G_3 ? Зошто за гранките 3- 4 и 3-5 елементите од матрицата H (Табела 2.) се исти за секој генератор? (25 п.)

г) Со користење на матрицата H (Табела 2.) да се одреди како може да се променат моќностите на генераторите во однос на дадените вредности под б) за текот на моќност во гранката 1-3 да биде еднаков на 0 MW (заради помали трошоци при работењето на системот моќноста на најевтиниот генератор 2 да не се менува). Дали е возможен ваков режим на работа? (25 п.)

Табела 1. Податоци за генераторите

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	100	150	0	70	0,1
2	250	300	0	50	0,05
3	100	250	0	80	0,05



Слика 1. Разгледувана мрежа

Табела 2. Матрица H

		Генератор		
		G_1	G_2	G_3
Гранк а	1-2	0.5962	-0.1538	0.3462
	2-3	-0.0962	0.1538	-0.3462
	1-3	0.4038	0.1538	-0.3462

3-4	0.1538	0.1538	0.1538
3-5	0.1538	0.1538	0.1538

**Решенија на задачите од I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС
одржан на 05.04.2012**

Задача 1.

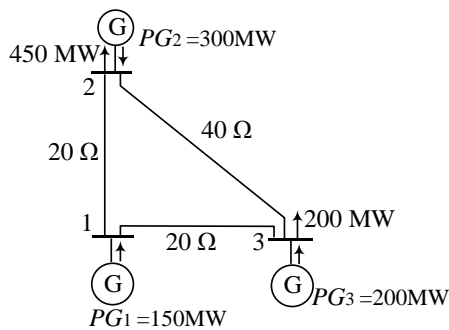
$$a) \lambda = \frac{2 \cdot 650 + \frac{70}{0,1} + \frac{50}{0,05} + \frac{80}{0,05}}{\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,05}} = 92 \text{ €/MWh}, \quad PG_1 = \frac{92 - 70}{2 \cdot 0,1} = 110 \text{ MW}, \quad PG_2 = \frac{92 - 50}{2 \cdot 0,05} = 420 \text{ MW},$$

$$PG_3 = \frac{92 - 80}{2 \cdot 0,05} = 120 \text{ MW}. \text{ Бидејќи } PG_2 > PG_2^{\max} \text{ избираме } PG_2 = PG_2^{\max} = 300 \text{ MW} \text{ потоа}$$

остатокот од моќноста $650 - 300 = 350 \text{ MW}$ го распределуваме на генераторите 1 и 3.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 350 + \frac{70}{0,1} + \frac{80}{0,05}}{\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,05}} = 100 \text{ €/MWh}, \quad PG_1 = \frac{100 - 70}{2 \cdot 0,1} = 150 \text{ MW}, \quad PG_3 = \frac{100 - 80}{2 \cdot 0,01} = 200 \text{ MW}$$

Трошоци $F = 50250 \text{ €/h}$, цена $c = \frac{F_{\Sigma}}{P_{\Sigma}} = \frac{50250}{650} = 77,3 \text{ €/MWh}$



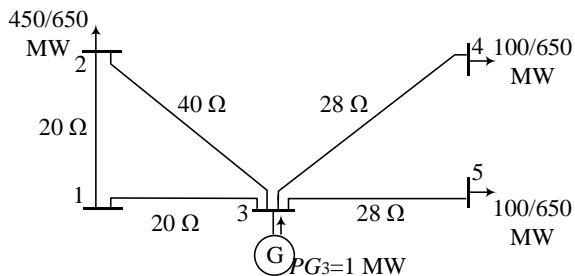
б)

Тековите на моќности низ граните 1-2, 1-3, 3-2, ги одредуваме со делител на моќности

$$PGR_{1-2} = 150 \cdot \frac{20 + 40}{80} = 112,5 \text{ MW}, \quad PGR_{1-3} = PGR_{3-2} = 150 - 112,5 = 37,5 \text{ MW}, \text{ додека низ}$$

радијалните гранки течат моќност еднакви на потрошувачите приклучени на нивните краев:

$$PGR_{3-4} = PGR_{3-5} = 100 \text{ MW}$$



в)

$$PGR_{3-4} = PGR_{3-5} = 100 / 650 = 0,1538 \text{ MW},$$

$$PGR_{3-1} = PGR_{1-2} = PGR_{3-2} = 450 / 650 / 2 = 0,6923 / 2 = 0,3462 \text{ MW}$$

$$г) 0,4038 \cdot PG_1 + 0,1538 \cdot PG_2 - 0,3462 \cdot PG_3 = 0$$

$$PG_1 + PG_2 + PG_3 = 650$$

$$PG_2 = 300$$

Решаваме систем од 3 равенки со 3 непознати, решението е следното:

$PG_1 = 100 \text{ MW}$ $PG_2 = 300 \text{ MW}$ $PG_3 = 250 \text{ MW}$ Ваков режим е можен бидејќи и трите генератори ги исполнуваат техничките ограничувања за моќностите.

I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (10.04.2013)

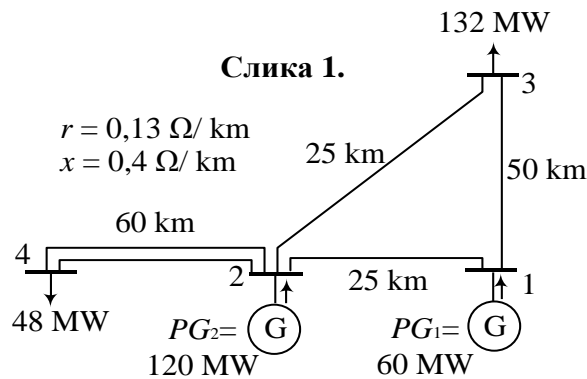
Задача 1. Во табелата 1 дадени се податоци за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС којшто се состои од 3 генератори. Вкупната моќност на сите потрошувачи во системот изнесува 1500 MW.

- a) Да се одредат моќностите на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални и да се пресмета производната цена на електричната енергија изразена во €/MWh. (20 п.)
- б) Нека во системот се појави нов потрошувач којшто бара моќност од 5 MW. Колку пари ќе заработиме за еден ден ако му продаваме електрична енергија по цена од 70 €/MWh? (10 п.)
- в) Накусо да се објасни како треба да се постапи за да се одреди за колку ќе се намалат трошоците во системот ако потрошувачите ја намалат својата моќност за 3 MW. (10 п.)

Табела 1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	300	500	0	45	0,020
2	400	900	0	60	0,010
3	100	300	0	50	0,040

Задача 2. На сликата 1 е даден еден ЕЕС во којшто постојат два генератора во јазлите 1 и 2 и два потрошувачи во јазлите 3 и 4. Нивните моќности се дадени на сликата. Врските помеѓу генераторите и потрошувачите се изведени со надземни водови со иста надолжна имеданција $\underline{z}=r+jx=(0,13+j0,4) \Omega/\text{km}$. Должините на водовите, се исто така, прикажани на сликата. $U_n=110 \text{ kV}$.



- a) Со користење на DC моделот да се пресметаат приближните текови на моќност во мрежата и да се одредат загубите на активна моќност во паралелните гранки 2-4, ако факторот на моќност на потрошувачите $\cos \phi = 0,9$. (20п.)
- б) Да се пресметаат елементите од колоната на матрицата \mathbf{H} која што одговара на генераторот G_2 . Зошто за гранките помеѓу јазлите 2-4, елементите од матрицата \mathbf{H} (Табела 2.) се исти за секој генератор и зошто изнесуваат 0,133? (20п.)
- в) Ако максималната моќност на секоја од гранките изнесува 70 MW да се одреди колкави треба да бидат моќностите на генераторите за да нема преоптоварени гранки. (20п.)

Табела 2. Матрица \mathbf{H}

	G1	G2
1-2	0,566	-0,183
1-3	0,433	0,183

2-3	0,300	0,550
2-4	0,133	0,133
2-4	0,133	0,133

Решенија на задачите од колоквиумот по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС

Задача 1.

$$а) \lambda = \frac{2 \cdot 1500 + \frac{45}{0,02} + \frac{60}{0,01} + \frac{50}{0,04}}{\frac{1}{0,02} + \frac{1}{0,01} + \frac{1}{0,04}} = 71,428 \text{ €/MWh}, \quad PG_1 = \frac{71,428 - 45}{2 \cdot 0,02} = 660,7 \text{ MW},$$

$$PG_2 = \frac{71,428 - 60}{2 \cdot 0,01} = 571,4 \text{ MW}, \quad PG_3 = \frac{71,428 - 50}{2 \cdot 0,04} = 267,85 \text{ MW}$$

Бидејќи $PG_1 > PG_1^{\max}$

избираме $PG_1 = PG_1^{\max} = 500 \text{ MW}$ потоа остатокот од моќноста $1500 - 500 = 1000 \text{ MW}$ го распределуваме на генераторите 2 и 3.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 1000 + \frac{60}{0,01} + \frac{50}{0,04}}{\frac{1}{0,01} + \frac{1}{0,04}} = 74 \text{ €/MWh}, \quad PG_2 = \frac{74 - 60}{2 \cdot 0,01} = 700 \text{ MW}, \quad PG_3 = \frac{74 - 50}{2 \cdot 0,04} = 300 \text{ MW}$$

Трошоци $f_1 = 27500 \text{ €/h}$, $f_2 = 46900 \text{ €/h}$, $f_3 = 18600 \text{ €/h}$, $F = 93000 \text{ €/h}$,

$$\text{цена } c = \frac{F_{\Sigma}}{P_{\Sigma}} = \frac{93000}{1500} = 62 \text{ €/MWh}$$

б) Бидејќи генераторите 1 и 3 се на мах дополнителната моќност ќе ја обезбеди генератор 2:

$$F_d = (a_2 + b_2 \cdot P_d + c_2 \cdot P_d^2) - f_2 = (0 + 60 \cdot 705 + 0,01 \cdot 705^2) - 46900 = 370,25 \text{ €/h}, \text{ трошок}$$

приход $70 \text{ €/MWh} \cdot 5 \text{ MW} = 350 \text{ €/h}$, профит $350 \text{ €/h} - 370,25 \text{ €/h} = -20,25 \text{ €/h}$, профит за ден $24 \cdot 20,25 = -486 \text{ €}$

в) Треба да се провери дали еден или повеќе генератори се на максимум, ако е тоа така нема да важи дека $\Delta F = \lambda \cdot \Delta P$ каде за λ се зема последната пресметана вредност.

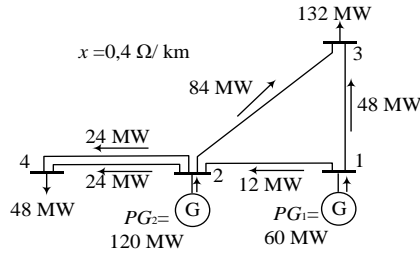
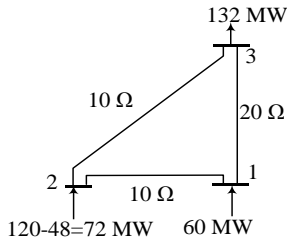
Задача 2.

а) Slack=3

$$-\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{1}{10} + \frac{1}{20} & -\frac{1}{10} \\ -\frac{1}{10} & \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{X} = (-\mathbf{B})^{-1} = \frac{1}{\det(-\mathbf{B})} \begin{bmatrix} \frac{1}{10} + \frac{1}{10} & \frac{1}{10} \\ \frac{1}{10} & \frac{1}{10} + \frac{1}{20} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 10 & 5 \\ 5 & 7,5 \end{bmatrix} \Omega;$$

$$\mathbf{PI} = \begin{bmatrix} 60 \\ 72 \end{bmatrix} \text{ MW}; \quad \boldsymbol{\theta} = \mathbf{X} \cdot \mathbf{PI} = \begin{bmatrix} 960 \\ 840 \end{bmatrix} \text{ MW} \cdot \Omega; \quad P_{1-2} = \frac{960 - 840}{10} = 12 \text{ MW}; \quad P_{1-3} = \frac{960 - 0}{20} = 48 \text{ MW};$$

$$P_{2-3} = \frac{840 - 0}{10} = 84 \text{ MW}; \quad P_{2-4} = \frac{48}{2} = 24 \text{ MW} \text{ радијални паралелни гранки}$$

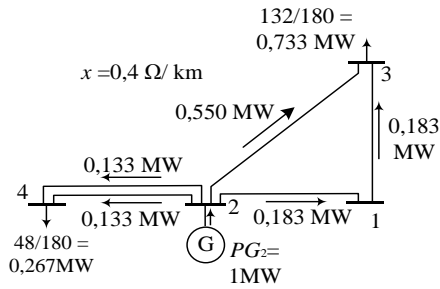


$$\Delta P'_{2-4} = \frac{P_{2-4}^2}{\cos^2 \varphi \cdot U_n^2} \cdot r \cdot l_{2-4}$$

$$\Delta P'_{2-4} = \frac{24^2}{0,9^2 \cdot 110^2} \cdot 0,13 \cdot 60$$

$$\Delta P_{2-4} = 2 \cdot \Delta P'_{2-4} = 0,916 \text{ MW}$$

б)



$$P_{2-4} = \frac{48/180}{2} = 0,133 \text{ MW}; P_{2-3} = 132/180 \cdot \frac{30}{40} = 0,550 \text{ MW}$$

$$P_{2-1} = P_{1-3} = 132/180 - 0,550 = 0,183 \text{ MW}$$

Елементите од матрица H кои се однесуваат на паралелните гранки 2-4 се исти независно од генераторот бидејќи гранките се радијални и на нивниот крај има потрошувач и низ нив ќе тече истата моќност независно од генераторот.

в) $0,3 \cdot PG_1 + 0,55 \cdot PG_2 = 70$; $PG_1 + PG_2 = 180$ решение; $PG_1 = 116 \text{ MW}$, $PG_2 = 64 \text{ MW}$

I колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (10.04.2014)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС (прикажан на сликата 1) во кој постојат 3 генератори, при што вкупната моќност на потрошувачите во системот изнесува 500 MW. Да се одредат:

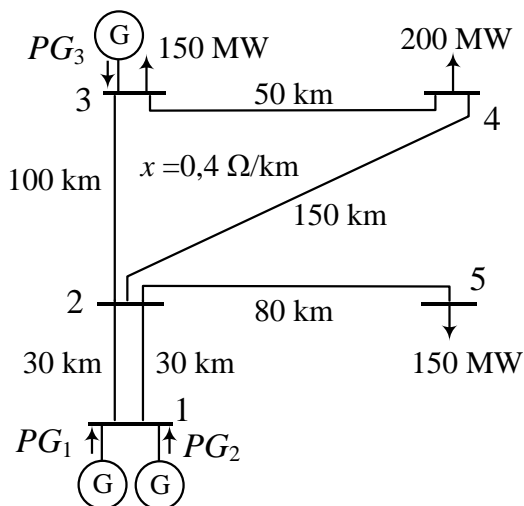
- а) Оптималните моќности на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh). (25п.)
- б) Ако моќностите на генераторите изнесуваат $PG_1=150$ MW, $PG_2=170$ MW, $PG_3=180$ MW без користење на матрица H да се одреди распределба на моќностите низ гранките од мрежата дадена на сликата 1. (25 п.)
- в) Да се одредат елементите од колона на матрицата H која што одговара на генераторот G_1 ? Кои ќе бидат елементите од колона на матрицата H која што одговара на генераторот G_2 (да се образложи вториот одговор)? (25 п.)
- г) Со користење на матрицата H (Табела 2.) да се одреди како може да се променат моќностите на генераторите во однос на дадените вредности под б) за текот на моќност во гранката 2-3 да биде еднаков на 0 MW. Дали е можен ваков режим на работа? (25 п.)

Табела 1. Податоци за генераторите

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	120	250	100	75	0,08
2	150	250	100	65	0,08
3	150	225	200	70	0,05

Табела 2. Матрица H

		Генератор		
		G_1	G_2	G_3
Гранка	1-2	0,5	0,5	0
	1-2	0,5	0,5	0
	2-5	0,3	0,3	0,3
	2-3	0,4	0,4	-0,267
	2-4	0,3	0,3	-0,033
	3-4	0,1	0,1	0,433



Слика 1. Разгледувана мрежа

**Решенија на задачите од I колоквиум по предметот МЕНАџМЕНТ НА ЕЕС
одржан на 10.04.2014**

Задача 1.

$$a) \lambda = \frac{2 \cdot 500 + \frac{75}{0,08} + \frac{65}{0,08} + \frac{70}{0,05}}{\frac{1}{0,08} + \frac{1}{0,08} + \frac{1}{0,05}} = 92,222 \text{ €/MWh}, \quad PG_1 = \frac{92,222 - 75}{2 \cdot 0,08} = 107,638 \text{ MW},$$

$$PG_2 = \frac{92,222 - 65}{2 \cdot 0,08} = 170,138 \text{ MW}, \quad PG_3 = \frac{92,222 - 70}{2 \cdot 0,05} = 222,222 \text{ MW}. \text{ Бидејќи } PG_1 < PG_2^{\min}$$

избираме $PG_1 = PG_1^{\min} = 120 \text{ MW}$ потоа остатокот од моќноста $500 - 120 = 380 \text{ MW}$ го распределуваме на генераторите 2 и 3.

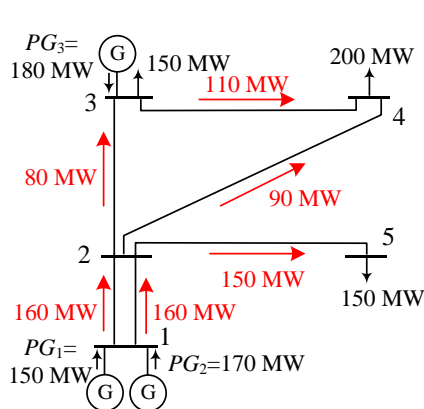
$$\lambda = \frac{2 \cdot 380 + \frac{65}{0,08} + \frac{70}{0,05}}{\frac{1}{0,08} + \frac{1}{0,05}} = 91,462 \text{ €/MWh}, \quad PG_2 = \frac{91,462 - 65}{2 \cdot 0,08} = 165,388 \text{ MW},$$

$$PG_3 = \frac{91,462 - 70}{2 \cdot 0,05} = 214,620 \text{ MW}$$

$$\text{Трошоци } F = 40816 \text{ €/h, цена } c = \frac{F_{\Sigma}}{P_{\Sigma}} = \frac{40816}{500} = 81,6 \text{ €/MWh}$$

б) Тековите на моќности низ паралелните гранките 1-2, кои се радијални гранки ќе бидат $PGR_{1-2} = (PG_1 + PG_2) / 2 = (150 + 170) / 2 = 160 \text{ MW}$ исто така во радијалната гранка 2-5, текот на моќноста ќе биде еднаков на моќноста на потрошувачот $PGR_{2-5} = 100 \text{ MW}$. Имајќи го во предвид ова позната е инјектираната моќност во јазолот 2 која изнесува 220 MW . Познати се инјектираните моќности и во јазлите 3 и 4 па за мрежата кај овие три јазли (2,3,4) може да се пресметаат тековите на моќност со користење на DC моделот. Нека јазолот 2 е балансен јазол.

$$(-B) = \begin{bmatrix} B_{33} & B_{34} \\ B_{43} & B_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{100 \cdot 0,4} + \frac{1}{50 \cdot 0,4} & -\frac{1}{50 \cdot 0,4} \\ -\frac{1}{50 \cdot 0,4} & \frac{1}{150 \cdot 0,4} + \frac{1}{50 \cdot 0,4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,075 & -0,05 \\ -0,05 & 0,067 \end{bmatrix}; \det(-B) = 0,0025;$$



Слика 2.

$$X = (-B)^{-1} = \frac{1}{0,0025} \begin{bmatrix} 0,0667 & 0,05 \\ 0,05 & 0,075 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 26,68 & 20 \\ 20 & 30 \end{bmatrix} \Omega;$$

$$PI = \begin{bmatrix} 180 - 150 \\ -200 \end{bmatrix};$$

$$\theta = X \cdot PI = \begin{bmatrix} 26,68 & 20 \\ 20 & 30 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 30 \\ -200 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3200 \\ -5400 \end{bmatrix} \text{ MW} \cdot \Omega;$$

$$PGR_{2-4} = \frac{\theta_2 - \theta_4}{X_{2-4}} = \frac{0 - (-5400)}{0,4 \cdot 150} = 90 \text{ MW};$$

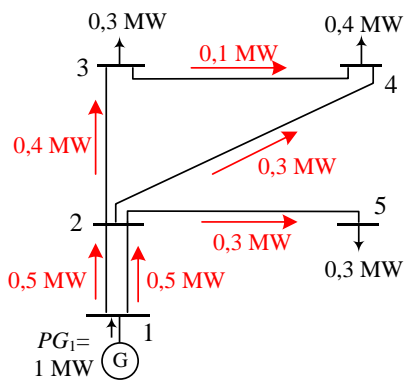
$$PGR_{2-3} = \frac{\theta_2 - \theta_3}{X_{2-3}} = \frac{0 - (-3200)}{0,4 \cdot 100} = 80 \text{ MW};$$

$$PGR_{3-4} = \frac{\theta_3 - \theta_4}{X_{2-4}} = \frac{-3200 - (-5400)}{0,4 \cdot 50} = 110 \text{ MW}$$

в) Поставуваме генератор со моќност од 1 MW, во јазолот 1. Потрошувачите ги претставуваме со коефициентите на учество во вкупната потрошувачка т.е во јазлите 3 и 5 ќе имаме потрошувач од $150/500 = 0,3$ MW, а во јазолот 4 потрошувач од $200/500 = 0,4$ MW (слика 3).

Поради тоа што паралелните гранки 1-2 се радијални и идентични низ нив ќе тече пола од моќноста на генераторот т.е. по 0,5 MW, додека во гранката 2-5 која е исто така радијална ќе тече моќност еднаква на моќноста на потрошувачот од јазол 5 т.е. 0,3 MW (слика 3).

Тековите на моќности во делот од мрежата меѓу јазлите 2, 3 и 4 ги добиваме со DC моделот



Слика 3.

$$\theta = X \cdot PI = \begin{bmatrix} 26,68 & 20 \\ 20 & 30 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0,3 \\ -0,4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -16 \\ -18 \end{bmatrix} \text{ MW} \cdot \Omega$$

$$PGR_{2-4} = \frac{\theta_2 - \theta_4}{X_{2-4}} = \frac{0 - (-18)}{0,4 \cdot 150} = 0,3 \text{ MW};$$

$$PGR_{2-3} = \frac{\theta_2 - \theta_3}{X_{2-4}} = \frac{0 - (-16)}{0,4 \cdot 100} = 0,4 \text{ MW};$$

$$PGR_{3-4} = \frac{\theta_3 - \theta_4}{X_{2-4}} = \frac{-16 - (-18)}{0,4 \cdot 50} = 0,1 \text{ MW}$$

Тековите на моќности во гранките се воедно и елементите од колоната на матрицата H која одговара на генератор 1.

Бидејќи генераторот 2 е поврзан во истиот јазол како генератор 1, елементите од колоната на матрицата H која одговара на овој генератор се идентични со елементите од колоната која одговара на генератор 1.

г) Од матрицата H имаме равенка: $PGR_{2-3} = 0,4 \cdot PG_1 + 0,4 \cdot PG_2 - 0,267 \cdot PG_3 = 0 \text{ MW}$; додека од билансот на моќности имаме: $PG_1 + PG_2 + PG_3 = 500 \text{ MW}$.

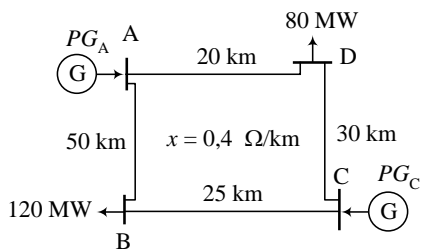
Значи имаме систем од 2 равенки со три непознати кој има безброј решенија бидејќи за гранката 2-3 не е битно колкава ќе биде моќноста на секој од генераторите 1 и 2 туку битен е нивниот збир $\Rightarrow PG_1 + PG_2 = 500 - PG_3$; Ако ова се замени во првата равенка се добива една равенка со една непозната: $0,4 \cdot (500 - PG_3) - 0,267 \cdot PG_3 = 0 \Rightarrow PG_3 = 300 \text{ MW}$; од тука се добива и збирната моќност на генераторите прилучени во јазол 1: $PG_1 + PG_2 = 200 \text{ MW}$

Овој режим на работа не е можен бидејќи генераторот 3 ја надминува максималната моќност додека збирот на моќностите на генераторите 1 и 2 е помал од збирот на нивните минимални моќности (кој е 270 MW).

II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (04.06.2007)

Задача 1. На сликата 1.1 е даден ЕЕС за кој моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табелата 1.1. Сите водови имаат надолжна реактанција $x = 0,4 \Omega/\text{km}$, нивните максимално дозволени моќности изнесуваат 100 MW, а нивните должини се дадени на сликата. Во табелата 1.2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со имињата на генераторските јазли. Моќност за испорака на моќност во мрежата, односно параметарот LSC на мрежата, изнесува 297,6 MW при што генераторите ги имаат следните моќности $PG_A = 178,6 \text{ MW}$ и $PG_C = 119 \text{ MW}$. Во таквиот режим на работа гранките $A \square D$ и $B \square C$ се оптоварени до максимум, што значи само тие се критични гранки во мрежата. Ако поради некои причини моќноста на генераторот A се фиксира на 150 MW да се одреди колкава ќе биде можноста за испорака на моќност во мрежата во тој случај.

(30 п.)



Табела 1.1.

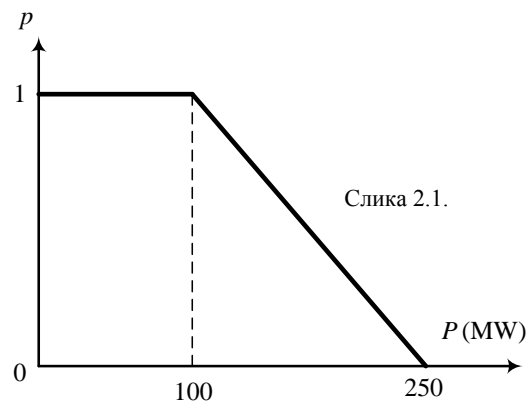
Јазел	$P_{\min}(\text{MW})$	$P_{\max}(\text{MW})$
A	120	200
C	105	180

Табела 1.2.

	A	C
A \square B	0,424	0,024
A \square D	0,576	\square 0,024
B \square C	\square 0,176	\square 0,576
C \square D	\square 0,176	0,424

Слика 1.1.

Задача 2. Еден ЕЕС се состои од два генератори од кои генераторот 1 има помали производни трошоци. Нивните карактеристики се $P_1 = 200 \text{ MW}$, $q_1 = 0,5$ и $P_2 = 200 \text{ MW}$, $q_2 = 0,4$. Месечната инверзна крива на траење на оптоварувањето се состои од два праволиниски сегменти како што тоа е прикажано на сликата 2.1. Со примена на методот на пробабилистичка симулација на работата на ЕЕС да се пресмета очекувано производство на електрична енергија на двата генератори и да се пресмета параметарот ENS .



Слика 2.1.

(30 п.)

Бонус прашање бр. 1. Ако во една мрежа се додаде нова гранка тогаш за можноста за испорака на моќност во мрежата важи следното:

- а) секогаш се намалува б) се зголемува ако новата гранка е паралелна со постојна гранка
в) нема генерално правило г) секогаш се зголемува

(5 п.)

Бонус прашање бр. 2. Ако можноста за испорака на моќност во една мрежа се пресмета според методот на Нахман тогаш во споредба со пресметката според методот на Гарвер ќе се добие (да се образложи одговорот):

- а) поголема вредност б) не може да се одговори на прашањето
 в) иста вредност г) помала вредност

(10 п.)

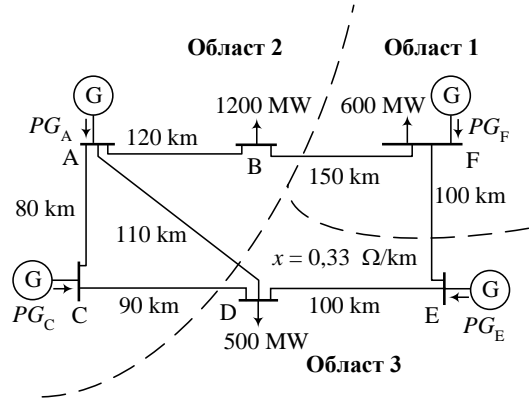
Задача 3. На сликата 3.1 е прикажан еден ЕЕС кој се состои од 3 области. Моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табелата 3.1. Во табелата 3.2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со имињата на генераторските јазли. Максимално дозволената моќност за сите гранки од мрежата изнесува 1000 MW. Потребно е:

- а) Да се одредат моќностите на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални за случајот кога областа 2 извезува 100 MW во областа 1 и 150 MW во областа 3 (ограничувањата за мрежата да се занемарат). Потоа за областа 1 да се пресметаат моќностите на интерконективните водови.

(30 п.)

- б) При моќности на генераторите $PG_A = 600$ MW, $PG_C = 600$ MW, $PG_E = 500$ MW и $PG_F = 600$ MW (нема увоз/извоз) договорен е извоз од областа 2 во областа 1 со вредност од 50 MW. При тоа извозот ќе го прави генераторот А. За колкав износ ќе се промени моќноста во гранката В–F?

(10 п.)



Слика 3.1.

Табела 3.2.

Табела 3.1.

Јазел	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
A	400	900	50	12	0,05
C	400	800	60	16	0,07
E	300	500	110	20	0,10
F	350	600	100	18	0,12

	A	C	E	F
A□B	0,562	0,503	0,251	0,065
A□C	0,172	0,519	0,099	0,026
A□D	0,266	0,016	0,152	0,039
C□D	0,172	0,481	0,099	0,026
B□F	0,040	0,019	0,271	0,457
D□E	0,221	0,279	0,469	0,282
E□F	0,221	0,279	0,532	0,282

Решенија на задачите од II колоквиум по предметот МЕНАѢМЕНТ НА ЕЕС, одржан на 4.6.2007

1) Користејќи ја релацијата $PGR = H \cdot PG$ можеме да напишеме:

$$PGR_{A-D} = 0,576 \cdot 150 - 0,024 \cdot PG_C,$$

$$PGR_{B-C} = -0,176 \cdot 150 - 0,576 \cdot PG_C,$$

$$PG_C = 105 \text{ MW} \Rightarrow PGR_{A-D} = 83,9 \text{ MW},$$

$$PG_C = 105 \text{ MW} \Rightarrow PGR_{B-C} = -86,9 \text{ MW},$$

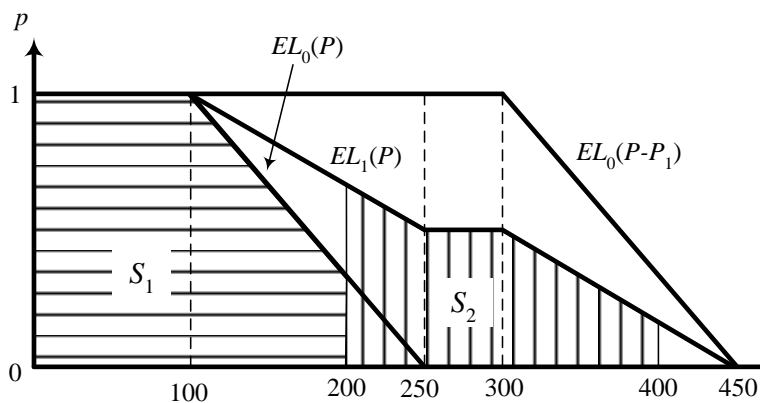
$$PG_C = 180 \text{ MW} \Rightarrow PGR_{A-D} = 82,1 \text{ MW},$$

$$PG_C = 180 \text{ MW} \Rightarrow PGR_{B-C} = -135,4 \text{ MW},$$

PGR_{A-D} е секогаш позитивна и помала од PGR_{B-C} е секогаш негативна и при 100 MW, гранката нема да биде максимумот на PG_C е оптоварена со повеќе од преоптоварена без разлика на моќноста PG_C . 100 MW (по апсолутна вредност).

За гранката В – С да не е преоптоварена треба да е исполнето $-0,176 \cdot 150 - 0,576 \cdot PG_C = -100$ од каде што се добива $PG_C = 127,8 \text{ MW}$. Според тоа $LSC = 150 + 127,8 = 277,8 \text{ MW}$.

2)



$$EL_1(P) = p_1 \cdot EL_0(P) + q_1 \cdot EL_0(P - P_1) = 0,5 \cdot EL_0(P) + 0,5 \cdot EL_0(P - 200);$$

$$EL_1(250) = 0,5 \cdot EL_0(250) + 0,5 \cdot EL_0(50) = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 1 = 0,5;$$

$$EL_1(300) = 0,5 \cdot EL_0(300) + 0,5 \cdot EL_0(100) = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 1 = 0,5;$$

$$EL_1(450) = 0,5 \cdot EL_0(450) + 0,5 \cdot EL_0(250) = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0 = 0;$$

$$EL_0(200) = \frac{50}{150} = \frac{1}{3};$$

$$S_1 = 100 \cdot 1 + 100 \cdot \frac{1 + \frac{1}{3}}{2} = 166,667 \text{ MW};$$

$$E_1 = p_1 \cdot S_1 \cdot T = 0,5 \cdot 166,667 \cdot 720 = 60000 \text{ MWh};$$

$$EL_1(200) = 0,5 + \frac{50}{150} \cdot 0,5 = \frac{2}{3};$$

$$EL_1(400) = \frac{50}{150} \cdot 0,5 = \frac{1}{6};$$

$$S_2 = 50 \cdot \frac{\frac{2}{3} + 0,5}{2} + 50 \cdot 0,5 + 100 \cdot \frac{0,5 + \frac{1}{6}}{2} = 87,5 \text{ MW};$$

$$E_2 = p_2 \cdot S_2 \cdot T = 0,6 \cdot 87,5 \cdot 720 = 37800 \text{ MWh}; \quad W = \left(100 \cdot 1 + \frac{150 \cdot 1}{2} \right) = 126000 \text{ MWh};$$

$$ENS = W - E_1 - E_2 = 28200 \text{ MWh}$$

3а). Област 1: $PG_F = 600 - 100 = 500 \text{ MW}$; Област 3: $PG_E = 500 - 150 = 350 \text{ MW}$;

Област 2: $PG_A + PG_C = 1200 + 100 + 150 = 1450 \text{ MW}$;

$$\lambda = \frac{2 \cdot 1450 + \frac{12}{0,05} + \frac{16}{0,07}}{\frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,07}} = 98,25 \quad \text{€/MWh};$$

$$PG_A = \frac{98,25 - 12}{2 \cdot 0,05} = 862,5 \text{ MW};$$

$$PG_C = 1450 - 862,5 = 587,5 \text{ MW};$$

$$P_{B-F} = 0,04 \cdot 862,5 - 0,019 \cdot 587,5 - 0,271 \cdot 350 - 0,457 \cdot 500 = -300 \text{ MW};$$

$$P_{E-F} + P_{B-F} = \Delta P_{21}; \quad P_{E-F} = \Delta P_{21} - P_{B-F} = 100 - (-300) = 400 \text{ MW}.$$

3б). Според дистрибутивниот фактор за трансфер на моќности важи

$$\Delta P_{B-F} = [0,04 - (-0,457)] \cdot 50 = 24,85 \text{ MW};$$

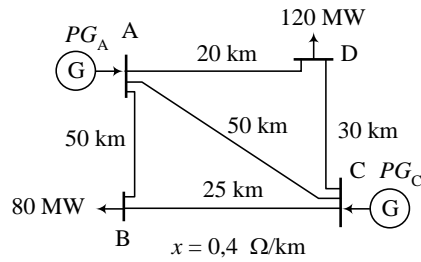
Бонус прашање бр. 1: За точни одговри се сметаат б) или в).

Бонус прашање бр. 2: Точен е одговорот г) затоа што во моделот на Нахман се земени предвид загубите на моќност во системот кои се одземаат од функцијата на цел.

II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (04.06.2008)

Задача 1. За ЕЕС прикажан на сликата 1 матрицата H е дадена во табелата 1 при што редиците се означени со имињата на гранките за кои што таа се однесува, а колоните се означени со имињата на генераторските јазли. При пресметувањето на можноста за испорака на моќност во мрежата, односно параметарот LSC на мрежата, добиено е дека моќноста на генераторот во јазелот C треба да изнесува $PG_C = 190$ MW. Колку изнесува параметарот LSC на мрежата ако е познато дека во неа гранката $A-D$ е критична во поглед на преоптоварување. Максимално дозволените моќности за сите гранки изнесуваат 100 MW.

(30 п.)



Табела 1.

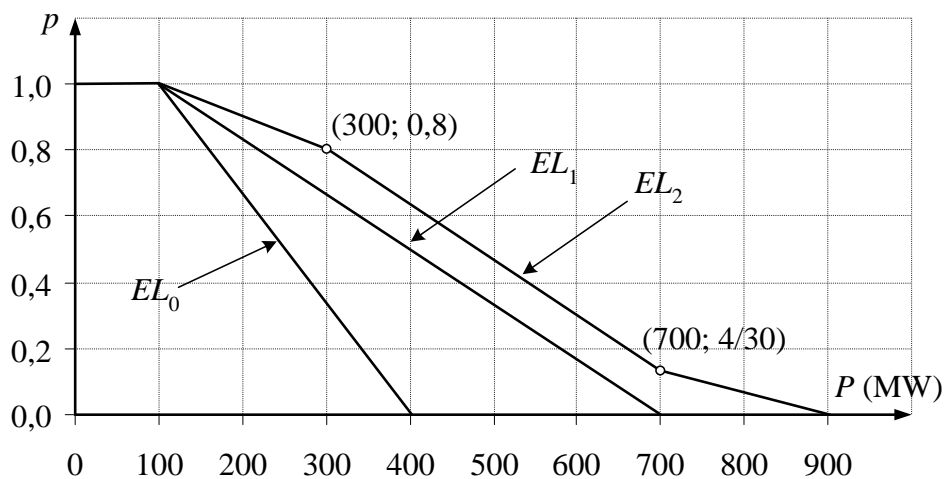
	A	C
A-B	0,26	0,01
A-D	0,55	0,175
A-C	0,19	-0,185
B-C	-0,14	-0,39
C-D	0,05	0,425

Слика 1.

Задача 2. Еден ЕЕС се состои од два генератори од кои генераторот 1 има помали производни трошоци. Нивните карактеристики се $P_1 = 300$ MW, $q_1 = 0,5$ и $P_2 = 200$ MW, $q_2 = 0,4$. Месечната инверзна крива на траење на оптоварувањето се состои од два праволиниски сегменти како што тоа е прикажано на сликата 2 (линија EL_0). Со примена на методот на пробалистичка симулација на работата на ЕЕС одредени се кривите EL_1 и EL_2 кои што исто така се прикажани на сликата. Да се одреди:

- очекувано производство на електрична енергија на двата генератори,
- параметарот ENS ,
- дали може од сликата 2 да се процели дали параметарот $LOLP$ е поголем од 0,4?

(30 п.)



Слика 2.

Бонус прашање бр. 1. Ако во една мрежа се исклучи една гранка дали е можно да се добие поголема вредност за можноста за испорака на моќност во мрежата? (да се образложи одговорот)

(5 п.)

Бонус прашање бр. 2. Ако можноста за испорака на моќност во една мрежа се пресмета според методот на Нахман тогаш во споредба со пресметката според методот на Гарвер ќе се добие (да се образложи одговорот):

- а) иста вредност б) помала вредност
в) поголема вредност г) не може да се одговори на прашањето

(5 п.)

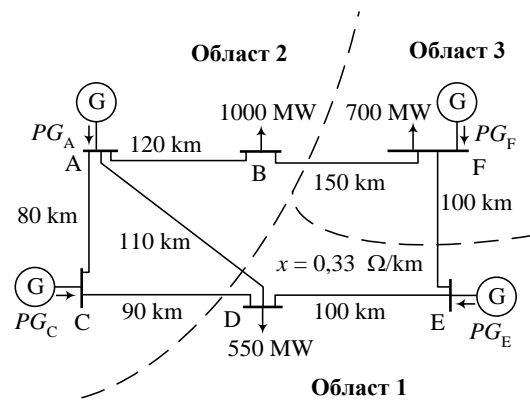
Задача 3. На сликата 3 е прикажан еден ЕЕС кој што се состои од 3 области при што моќностите на потрошувачите се дадени на сликата. Во табелата 2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со имињата на генераторските јазли. Максимално дозволената моќност за сите гранки од мрежата изнесува 1000 MW.

- а) Познато е дека моќноста на генераторот во јазелот А изнесува $PG_A = 600$ MW и дека областите 1 и 2 извезуваат по 100 MW во областа 3. Да се одредат моќностите на останатите генераторите во дадениот ЕЕС, а потоа за областа 3 да се пресметаат моќностите на интерконективните водови. Да се покаже графички дека областа 3 увезува вкупно 200 MW.

(20 п.)

- б) Нека извозот од областа 1 кон областа 3 се зголеми на вредност од 110 MW. Да се одреди за колкав износ ќе се промени моќноста во гранката E-F?

(20 п.)



Слика 3.

Табела 2.

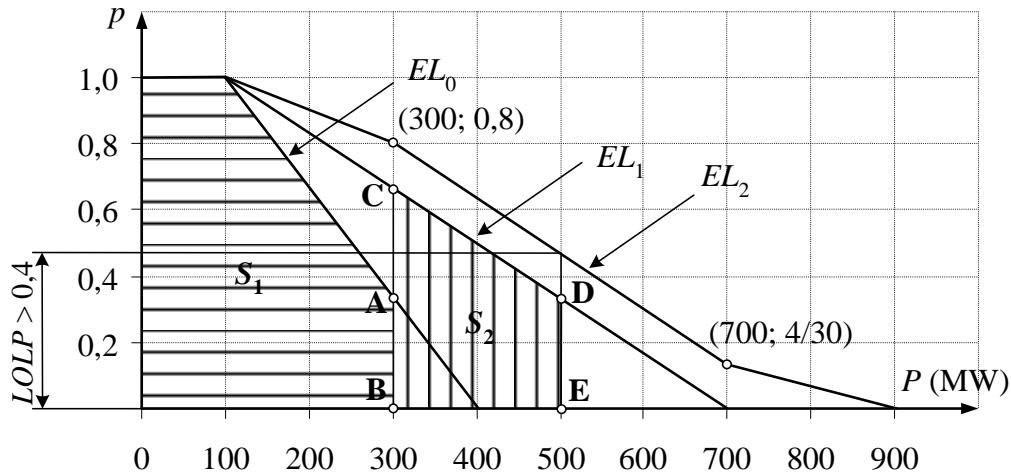
	A	C	E	F
A-B	0,530	0,472	0,219	0,033
A-C	0,185	0,507	0,086	0,013
A-D	0,285	0,035	0,133	0,020
C-D	0,185	0,493	0,086	0,013
B-F	0,086	0,027	0,225	0,411
D-E	0,225	0,284	0,464	0,278
E-F	0,225	0,284	0,536	0,278

**Решенија на задачите од II колоквиум по предметот
МЕНАѢМЕНТ НА ЕЕС, одржан на 4.6.2008**

- 1) Користејќи ја релацијата $PG_R = H \cdot PG$ за гранката A-D можеме да напишеме:
 $PG_{A-D} = 0,55 \cdot PG_A + 0,175 \cdot PG_C = 0,55 \cdot PG_A + 0,175 \cdot 190 = 0,55 \cdot PG_A + 33,25$.

За гранката А – D да не е преоптоварена треба да е исполнето $0,55 \cdot PG_A + 33,25 = 100$ од каде што се добива $PG_A = \frac{100 - 33,25}{0,55} = 121,4 \text{ MW}$. Според тоа $LSC = 190 + 121,4 = 311,4 \text{ MW}$.

2)



$$\frac{\overline{AB}}{100} = \frac{1}{300} \Rightarrow \overline{AB} = \frac{1}{3};$$

$$S_1 = 100 \cdot 1 + 200 \cdot \frac{1 + \overline{AB}}{2} = 233,333 \text{ MW};$$

$$E_1 = p_1 \cdot S_1 \cdot T = 0,5 \cdot 233,333 \cdot 720 = 84000 \text{ MWh};$$

$$\frac{\overline{CB}}{400} = \frac{1}{600} \Rightarrow \overline{CB} = \frac{2}{3}; \quad \frac{\overline{DE}}{200} = \frac{1}{600} \Rightarrow \overline{DE} = \frac{1}{3}; \quad S_2 = \frac{\overline{CB} + \overline{DE}}{2} \cdot 200 = 100 \text{ MW};$$

$$E_2 = p_2 \cdot S_2 \cdot T = 0,6 \cdot 100 \cdot 720 = 43200 \text{ MWh};$$

$$W = \left(100 \cdot 1 + \frac{300 \cdot 1}{2} \right) \cdot 720 = 180000 \text{ MWh}; \quad ENS = W - E_1 - E_2 = 52800 \text{ MWh}.$$

Од сликата се гледа дека е $LOLP > 0,4$.

3а). Област 1: $PG_E = 550 + 100 = 650 \text{ MW}$; Област 3:

$$PG_F = 700 - 200 = 500 \text{ MW};$$

Област 2: $PG_A = 600 \text{ MW}$;

$$PG_A + PG_C = 1000 + 100 = 1100 \text{ MW} \Rightarrow PG_C = 500 \text{ MW};$$

$$P_{B-F} = 0,086 \cdot 600 + 0,027 \cdot 500 - 0,225 \cdot 650 - 0,411 \cdot 500 = -286,7 \text{ MW};$$

;

$$P_{E-F} = 0,225 \cdot 600 + 0,284 \cdot 500 + 0,536 \cdot 650 - 0,278 \cdot 500 = 486,4 \text{ MW};$$

;

Во областа 3 влегуваат 486,7 MW, а излегуваат 286,7 MW што значи дека во неа остануваат 200 MW, односно таа област толку увезува.

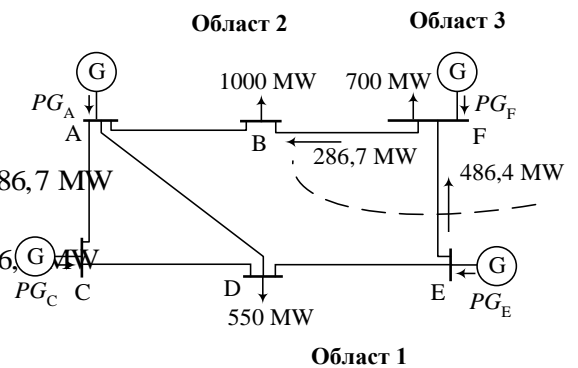
3б). Дистрибутивниот фактор за трансакција на моќност од генераторот Е на генераторот F изнесува:

$$PTDF_{E-F,EF} = H_{73} - H_{74} = 0,536 - (-0,278) = 0,814;$$

$$\Delta P_{E-F} = PTDF_{E-F,EF} \cdot \Delta P^{tran} = 0,814 \cdot 10 = 8,14 \text{ MW};$$

Бонус прашање бр. 1: Можно е во случај кога гранката која што се исклучува има мала преносна моќ, а е поставена на таква положба во мрежата така што низ неа тече голема моќност.

Бонус прашање бр. 2: Точен е одговорот б) затоа што во моделот на Нахман се земени предвид загубите на моќност во системот кои се одземаат од функцијата на цел.

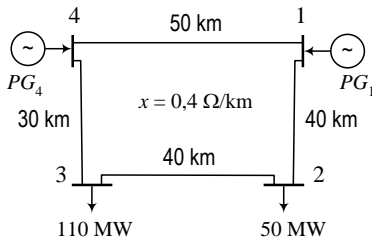


II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (26.5.2009)

Задача 1. На сликата 1 е даден ЕЕС за кој моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Сите водови имаат надолжна реактанција

$x = 0,4 \Omega/\text{km}$, нивните максимално дозволени моќности изнесуваат 85 MW, а нивните должини се дадени на сликата. Во табелата 2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со редните броеви на генераторските јазли.

- Даден е работен режим во којшто се познати моќностите на генераторите $PG_1 = 70 \text{ MW}$ и $PG_4 = 90 \text{ MW}$. Да се провери дали тој работен режим ги задоволува сите технички ограничувања во системот, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh).
- Поаѓајќи од работниот режим под а) се разгледува трансакција на моќност во којашто генераторот 1 ја зголемува својата моќност, а генераторот 4 ја намалува. Да се одреди колкава треба да биде трансакцијата на моќност за гранката 4-3 да се оптовари со моќност еднаква на максимално дозволената моќност. Колкави се моќностите на генераторите во тој случај?
- Бонус.* Да се покаже дека гранката 1-4 во никој случај, при какви било моќности на генераторите, не може да биде преоптоварена.



Слика 1.

Табела 1.

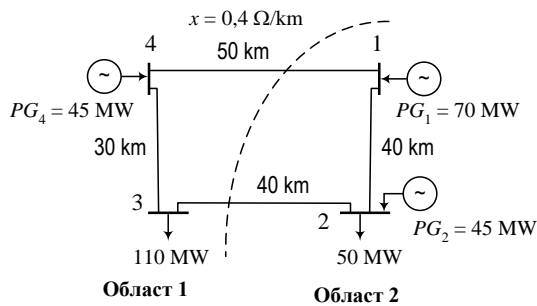
Јазел	$PG_{\min}(\text{MW})$	$PG_{\max}(\text{MW})$	$b(\text{€/MWh})$
1	70	110	65
4	40	95	50

Табела 2.

	1	4
1-2	0,58	0,27
1-4	0,42	-0,27
4-3	0,42	0,73
2-3	0,27	-0,05

Задача 2. На сликата 2 е прикажан еден ЕЕС којшто се состои од 2 области. Моќностите на потрошувачите и генераторите се дадени на сликата. За генераторите е познато дека можат да работат во опсегот од 0 до 100 MW. Матрицата H е дадена во табелата 3 при што редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со редните броеви на генераторските јазли. Максимално дозволената моќност за сите гранки од мрежата изнесува 85 MW.

- Да се одреди колкави се размените помеѓу областите во дадениот режим?
- Познато е дека моќноста во гранката 1-4 изнесува 24,9 MW. Да се одреди моќноста во гранката 2-3 без да се користи матрицата H .
- Разгледуваме проблем на определување на ТТС при што генераторот 1 ја зголемува својата ја зголемува својата моќност, а генераторот 4 ја намалува. Да се одреди вредноста на ТТС при што ќе се земе предвид само гранката 1-4. Колкава ќе биде вредноста на моќноста во гранката 1-4 во тој случај?



Табела 3.

	1	2	4
1-2	0,58	-0,17	0,27
1-4	0,42	0,17	-0,27
4-3	0,42	0,17	0,73
2-3	0,27	0,52	-0,05

Слика 2.

Поени: 1а) 25, 1б) 25, 1в) 20, 2а) 10, 2б) 15, 2в) 25.

Решенија на задачите од II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС, одржан на 26.5.2009

1) а) Моќностите на генераторите се во дозволениот опсег.

$$PGR = H \cdot PG = \begin{bmatrix} 0,58 & 0,27 \\ 0,42 & -0,27 \\ 0,42 & 0,73 \\ 0,27 & -0,05 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 70 \\ 90 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 64,9 \\ 5,1 \\ 95,1 \\ 14,4 \end{bmatrix} \text{ MW}, \text{ од каде што се гледа дека гранката 4-3 е}$$

преоптоварена, што значи дека режимот на работа е технички неприфатлив.

$$F = 65 \cdot 70 + 50 \cdot 90 = 9050 \text{ €/h}, \quad F' = \frac{F}{PP} = \frac{9050}{160} = 56,56 \text{ €/MWh}.$$

б) За моќноста на гранката 4-3 да стане еднаква со максимално дозволената таа треба да се промени за вредност $\Delta PGR_{3-4} = PGR_{3-4}^{\max} - PGR_{4-3} = 85 - 95,1 = -10,1 \text{ MW}$.

$$\Delta PGR_{4-3} = PTDF_{4-3,14} \cdot \Delta P^{tran}; \quad \Delta P^{tran} = \frac{\Delta PGR_{4-3}}{PTDF_{4-3,14}} = \frac{\Delta PGR_{4-3}}{H_{31} - H_{32}} = \frac{-10,1}{0,42 - 0,73} = 32,6 \text{ MW};$$

$$PG_1 = 70 + 32,6 = 102,6 \text{ MW}; \quad PG_4 = 90 - 32,6 = 57,4 \text{ MW}.$$

в) Најголема моќност во гранката ќе се добие ако на генераторите за кои што во матрицата H има позитивни вредности им се зададе максимална моќност, а на генераторите со негативни коефициенти им се зададе минимална моќност. Најмала моќност, пак, ќе се добие кога на генераторите за кои што во матрицата H има позитивни вредности им се зададе минимална моќност, а на генераторите со негативни коефициенти им се зададе максимална моќност.

$$PGR_{1-4}^{(1)} = 0,42 \cdot PG_1^{\max} - 0,27 \cdot PG_4^{\min} = 0,42 \cdot 110 - 0,27 \cdot 40 = 35,4 \text{ MW};$$

$$PGR_{1-4}^{(2)} = 0,42 \cdot PG_1^{\min} - 0,27 \cdot PG_4^{\max} = 0,42 \cdot 70 - 0,27 \cdot 95 = 3,75 \text{ MW};$$

Бидејќи двете вредности се помеѓу -85 и 85 при ни една друга комбинација на моќностите на генераторите нема да биде преоптоварена.

2) а) $\Delta P_{1-2} = \left(\sum PG - \sum PP \right) \Big|_{\text{област 1}} = 70 + 45 - 50 = 65 \text{ MW}$, што значи областа 1 извезува 65 MW во областа 2.

$$\text{б) } PGR_{1-4} + PGR_{2-3} = \Delta P_{1-2}; \quad PGR_{2-3} = \Delta P_{1-2} - PGR_{1-4} = 65 - 24,9 = 40,1 \text{ MW}.$$

в) Генераторот 1 најмногу може да ја зголеми моќноста за 30 MW, а генераторот 2 најмногу може да ја намали моќноста за 40 MW. Според тоа технички можна е најголема промена на моќноста во износ од 30 MW. Во тој случај моќноста во гранката 1-4 ќе се промени за износ $\Delta PGR_{1-4} = PTDF_{1-4,12} \cdot \Delta P^{tran} = (H_{21} - H_{23}) \cdot \Delta P^{tran} = [0,42 - (0,27)] \cdot 30 = 20,7 \text{ MW}$,

така што новата моќност ќе биде

$\Delta PGR_{1-4} = 24,9 + 20,7 = 45,6 \text{ MW}$, што е помалку од 85 MW што значи режимот на работа е прифатлив. Според тоа размената на моќност ќе се зголеми за 30 MW во однос на основното сценарио и ќе имаме $TTC = 65 + 30 = 95 \text{ MW}$.

Забелешка: Ако сакавме гранката 1-4 да се оптовари до максимум требаше да биде

$\Delta PGR_{1-4} = 85 - 24,9 = 60,1 \text{ MW}$ од каде што следува $\Delta P^{tran} = \frac{60,1}{0,42 - (0,27)} = 87,1 \text{ MW}$. Но

ваквиот работен режим не е можен заради ограничените моќности на генераторите. Во овој случај би испаднало

$PG_1 = 70 + 87,1 = 157,1 \text{ MW}$; $PG_4 = 45 - 87,1 = -42,1 \text{ MW}$.

II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (14.5.2010)

Задача 1. На сликата 1 е даден ЕЕС за кој моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Сите водови имаат надолжна реактанција

$x = 0,4 \Omega/\text{km}$, нивните максимално дозволени моќности изнесуваат 85 MW, а нивните должини се дадени на сликата. Во табелата 2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со редните броеви на генераторските јазли.

а) Даден е работен режим во којшто се познати моќностите на генераторите $PG_1 = 97 \text{ MW}$ и $PG_4 = 63 \text{ MW}$. Да се провери дали тој работен режим ги задоволува сите технички ограничувања во системот, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh).

(25 п.)

б) Поаѓајќи од работниот режим под а) да се одреди колкава треба да биде трансакција на моќност помеѓу генераторите 1 и 4 така што гранката 1-2 да биде оптоварена со максимално дозволената моќност. Колкави се моќностите на генераторите во тој случај?

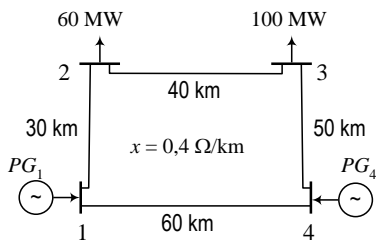
(25 п.)

в) Да се одреди можноста за испорака на моќност во системот (LSC) ако е познато дека моќноста на генераторот во јазелот 1 изнесува 80 MW.

(30 п.)

г) Нека системот од задачата 1 се состои од две области при што е познато дека јазлите 1 и 2 се наоѓаат во областа 1, додека јазлите 3 и 4 се во областа 2. Да се одреди колкава е размената на моќност помеѓу областите во режимот даден во задачата 1 а). Пресметките да се направат на два начина: Со споредба на моќностите на генераторите и потрошувачите и со користење на моќностите во соодветните гранки.

(20 п.)



Слика 1.

Табела 1.

Јазел	$PG_{\min}(\text{MW})$	$PG_{\max}(\text{MW})$	$b(\text{€/MWh})$
1	80	100	60
4	50	90	55

Табела 2.

	1	4
1-2	0,69	0,36
1-4	0,31	-0,36
4-3	0,31	0,64
2-3	0,32	-0,01

Бонус прашање бр. 1. Во еден систем некој надземен вод е препотоварен, поради што се предлага напречниот пресек на неговите спроводници да се зголеми за два пати. Дали со тоа ќе се реши проблемот? Дали во тој случај можеме да очекуваме дека некој друг вод ќе се преоптовари? (Да се образложи одговорот).

(10 п.)

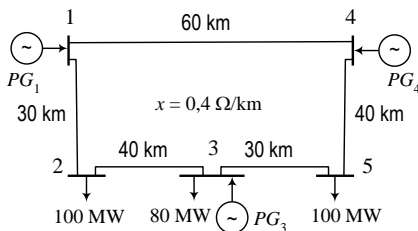
Бонус прашање бр. 2. Во еден систем некој надземен вод е недоволно оптоварен, поради што се предлага напречниот пресек на неговите спроводници да се зголеми за два пати. Дали со тоа ќе се реши проблемот? (Да се образложи одговорот).

(10 п.)

II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (16.05.2011)

Задача 1. На сликата 1 е даден ЕЕС за кој моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Во табелата 2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со редните броеви на генераторските јазли. Сите водови имаат максимално дозволени моќности од 90 MW.

- а) При пресметувањето на можноста за испорака на моќност во мрежата, односно параметарот LSC на мрежата, добиено е дека генераторите 3 и 4 можат да ја зголемат својата моќност до максимум. Дали може тоа да го направи и генераторот 1 така што во системот не би имало редуција на моќност кај потрошувачите ($\square PP = 100+80+100 = \square PG = 100+90+90$)? Да се смета дека критични гранки се 1-2 и 4-5. Колку изнесува параметарот LSC во тој случај? (20 поени)
- б) Доколку во системот има рестрикции за тие да се надминат е предложено да се дозволи преоптоварување на гранката 1-2 за 10%. Дали тоа ќе помогне така што во тој случај ќе се добие дека е можен работен режим со $LSC = 280$ MW? (20 поени)
- в) Бонус: Од матрицата H се гледа дека сумата на елементите од редиците за гранките 4-1 и 4-5 и колоната за генераторот 4 изнесува $0,37 + 0,63 = 1$. Зошто сумата на елементите од редиците за гранките 3-2 и 3-5 и колоната за генераторот 3 не изнесува 1 туку таа е $0,34 + 0,37 = 0,71$? (20 поени)



Слика 1.

Табела 1.

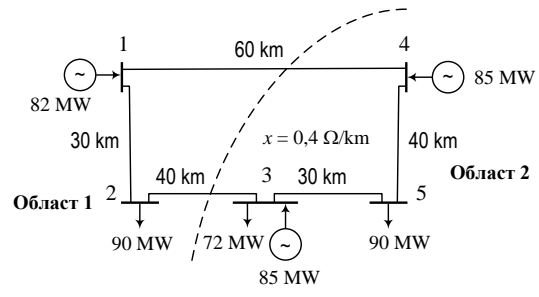
Јазел	PG_{\min} (MW)	PG_{\max} (MW)
1	70	100
3	50	90
4	60	90

Табела 2.

	1	3	4
1-2	0,67	0,02	0,37
4-1	\square 0,33	0,02	0,37
3-2	\square 0,31	0,34	\square 0,01
3-5	0,03	0,37	\square 0,27
4-5	0,33	\square 0,02	0,63

Задача 2. Го разгледуваме системот од сликата 1 кој на сликата 2 е поделен на 2 области. Покрај тоа моќностите на потрошувачите се намалени на 90%, а трите генератори имаат моќности како на сликата 2.

- а) Да се одреди колкави се размените на моќности помеѓу областите во дадениот режим? (20 поени)
- б) Поаѓајќи од работниот режим од сликата 2 во системот е договорена трансакција на моќност од областа 1 во областа 2. При тоа во областа 1 моќноста ќе ја зголемува генераторот 1, додека во областа 2 моќноста ја намалува генераторот 3. Колкава најголема трансакција може да се направи за да не дојде до преоптоварување на гранката 1-2? (20 поени)
- в) Поаѓајќи од работниот режим од сликата 2 во системот е договорена трансакција на моќност од областа 2 во областа 1. При тоа во областа 2 моќноста ќе ја зголемува генераторот 3, додека во областа 1 моќноста ја намалува генераторот 1. Колкава најголема трансакција може да се направи за да не дојде до преоптоварување на гранката 1-2? (20 поени)



Слика 1.

Решенија на задачите од II колоквиум по предметот
МЕНАџМЕНТ НА ЕЕС, одржан на
16.05.2011

Задача 1.

а) Гранка 1-2

$$0,67 \cdot P_{G1} + 0,02 \cdot 90 + 0,37 \cdot 90 = 90$$

$$P_{G1} = \frac{1 - 0,02 - 0,37}{0,67} \cdot 90 = 81,94 \text{ MW} < 100 \text{ MW}$$

Гранка 4-5

$$0,33 \cdot P_{G1} + 0,02 \cdot 90 + 0,63 \cdot 90 = 90$$

$$P_{G1} = \frac{1 + 0,02 - 0,63}{0,33} \cdot 90 = 106,364 \text{ MW} > 100 \text{ MW}$$

Генераторот 1 не може да даде 90 MW поради
гранката 1-2, во мрежата не има резерви.

$$LSC = 81,94 + 90 + 90 = 261,94 \text{ MW}$$

б) Нека е:

$$P_{G1} = 100 \text{ MW}, P_{G3} = 90 \text{ MW}, P_{G4} = 90 \text{ MW}$$

$$P_{GR_{1-2}} = 0,67 \cdot 100 + 0,02 \cdot 90 + 0,37 \cdot 90 = 102,1 \text{ MW}$$

$$\text{Преобременувањето е } r = \frac{102,1}{90} = 1,134, \text{ в.е.}$$

Гранката 1-2 е преобременета за 13,4%.

Дозволатата за преобременување од 10% нема да биде исполнета.

в) Веднаш до генераторот 3 има подрачје од 80 MW.
Твоа значи дека од него во мрежата се набавува
дел од подрачјето во јазлице 2 и 5. Нивното
учество во вкупната сума е $\frac{100+100}{100+80+100} = 0,71$.

Задача 2.

а) Областа 1

$$P_G - P_D = 82 - 90 = -8 \text{ MW}$$

областа 1 обезбета 8 MW до областа 2

б) При оптимална база:

$$P_{GR_{1-2}} = 0,67 \cdot 82 + 0,02 \cdot 85 + 0,37 \cdot 85 = 88,09 \text{ MW}$$

Линија 1-2 може да се оптимизира за уште:

$$\Delta P_{GR_{1-2}} = 90 - 88,09 = 1,91 \text{ MW}$$

$$PTDF = \underset{\substack{\uparrow \\ H_{1-2,1}}}{0,67} - \underset{\substack{\uparrow \\ H_{1-2,3}}}{0,02} = 0,65$$

$$\Delta P_{GR_{1-2}} = PTDF \cdot \Delta P_{trans}$$

$$\Delta P_{trans} = \frac{\Delta P_{GR_{1-2}}}{PTDF} = \frac{1,91}{0,65} = 2,938 \text{ MW}$$

$$в) PTDF = 0,02 - 0,67 = -0,65$$

Бидејќи $PTDF < 0$ при оптимална база линија 1-2 не се оптимизира

$$\Delta P_{GR_{1-2}} < 0 \quad \swarrow$$

тоа значи дека P_{G3} може да зголеми до максимум

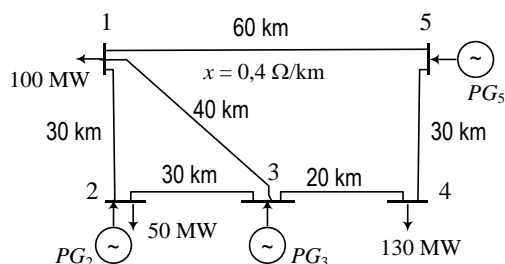
$$P_{G3} = 90 \text{ MW} \quad \Delta P_{trans} = 90 - 85 = 5 \text{ MW}$$

$$P_{GR_{1-2}} = 88,09 - 0,65 \cdot 5 = 84,84 \text{ MW}$$

II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (15.05.2012)

Задача 1. На сликата 1 е даден ЕЕС за кој моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Во табелата 2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со редните броеви на генераторските јазли. Сите водови имаат максимално дозволени моќности од 85 MW.

- а) При пресметувањето на можноста за испорака на моќност во мрежата, односно параметарот LSC на мрежата, добиено е дека генераторите 2 и 5 можат да ја зголемат својата моќност до максимум. Колкава најмногу може да биде моќноста на генераторот во јазол 3 за да нема преоптоварувања во системот? Да се смета дека критична гранка е гранката 3-4. Колку изнесува параметарот LSC во тој случај? За колкав износ може да се зголеми потрошувачката на потрошувачите, а да нема преоптоварувања во системот? (20 поени)
- б) Ако моќноста на генераторот 3 се фиксира на $PG_3 = 100$ MW. Да се одреди параметарот LSC во тој случај ако се знае дека само еден од останатите генератори може да достигне максимална вредност на моќноста, критична гранка повторно е гранката 3-4. Каква е вредноста на LSC во однос со случајот под а) и зошто се разликува? (20 поени)



Слика 1.

Табела 1.

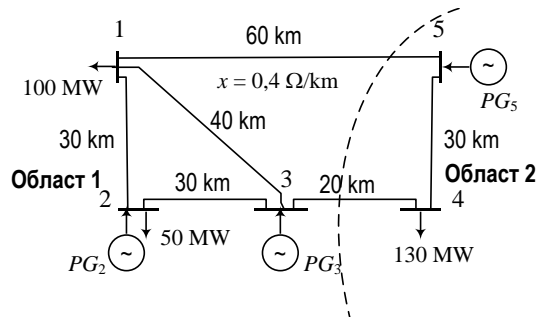
Јазел	PG_{\min} (MW)	PG_{\max} (MW)
2	80	150
3	80	150
5	70	100

Табела 2.

	2	3	5
1-2	-0.421	-0.085	0.00
2-3	0.401	-0.264	-0.11
3-1	0.015	0.261	0.03
3-4	0.385	0.475	-0.15
4-5	-0.079	0.011	-0.61
5-1	-0.079	0.011	0.38

Задача 2. Го разгледуваме системот од сликата 1 кој на сликата 2 е поделен на 2 области. а трите генератори имаат моќности $PG_2 = 100$ MW, $PG_3 = 100$ MW и $PG_5 = 80$ MW.

- а) Да се одреди колкави се размените на моќности помеѓу областите во дадениот режим? (10 поени)
- б) Поаѓајќи од работниот режим од делот под а), во системот е договорена трансакција на моќност од областа 2 во областа 1. При тоа во областа 1 моќноста ја намалува генераторот 3. Како оваа трансакција влијае врз оптовареноста на гранката 3-4 (дали ја оптоварува или растоварува)? Дали ќе може моќноста на генераторот 5 да се зголеми на максимум без да дојде до преоптоварување на гранка во системот? (25 поени)
- в) Поаѓајќи од работниот режим од делот под а), во системот е договорена трансакција на моќност од областа 1 во областа 2. При тоа во областа 1 моќноста ќе ја зголемува генераторот 3. Колкава најголема трансакција може да се направи за да не дојде до преоптоварување на гранката 3-4? Дали ќе се овозможи поголема трансакција на моќност од област 1 во област 2 ако моќноста ја зголемува генераторот 2. Колкава ќе биде размената на моќност во овој случај? (25 поени)



Слика 2.

**Решенија на задачите од II колоквиум по предметот
МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС, одржан на 16.05.2011**

Задача 1.

а) $PG_2 = 150 \text{ MW}$, $PG_5 = 100 \text{ MW}$ Критичната гранка треба да биде максимално оптоварена:

$$PGR_{3-4} = 0,385 \cdot 150 + 0,475 \cdot PG_3 - 0,152 \cdot 100 = 85, \Rightarrow PG_3 = 89,3 \text{ MW}$$

$LSC = 339,3 \text{ MW}$ Потрошувачката може да се зголеми за $59,3 \text{ MW}$ (21%)

б) $PG_3 = 100 \text{ MW}$

1) претпоставуваме дека $PG_5 = PG_{5\max} = 100 \text{ MW}$ и ја одредуваме PG_2

$$PGR_{3-4} = 0,385 \cdot PG_2 + 0,475 \cdot 100 - 0,152 \cdot 100 = 85 \quad \Rightarrow PG_2 = 136,9 \text{ MW},$$

$$\sum PG = 336,9 \text{ MW}$$

2) претпоставуваме дека $PG_2 = PG_{2\max} = 150 \text{ MW}$ и ја одредуваме PG_5

$$PGR_{3-4} = 0,385 \cdot 150 + 0,475 \cdot 100 - 0,152 \cdot PG_5 = 85 \quad \Rightarrow PG_5 = 133 \text{ MW} > PG_{5\max}, \text{ овој}$$

режим не е можен

Според тоа $LSC = 336,9 \text{ MW}$, во овој случај параметарот LSC е помал од случајот под

а) бидејќи кај оптимизационата постапка е додадено уште едно ограничување: $PG_3 = 100 \text{ MW}$.

Задача 2.

а) Област 1: $\sum PG = 200 \text{ MW}$, $\sum PP = 150 \text{ MW} \Rightarrow$ извезува 50 MW

Област 2: $\sum PG = 80 \text{ MW}$, $\sum PP = 130 \text{ MW} \Rightarrow$ увезува 50 MW

б) Област 2: зголемува генератор 5, Област 1: намалува генератор 3

$PTDF_{3-4,5 \rightarrow 1} = H_{3-4,5} - H_{3-4,1} = -0,152 - 0,385 = -0,537$ трансакцијата ја растоварува гранката

Ако $PG_5 = PG_{5\max} = 100 \text{ MW}$, $\Delta P_{tr} = 20 \text{ MW}$, $PG_3 = PG = 80 \text{ MW}$

$$PGR = H \cdot \begin{bmatrix} 100 \\ 80 \\ 100 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -42 \\ 7,5 \\ 26 \\ 61 \\ -69 \\ 31 \end{bmatrix} \text{ MW нема преоптоварување.}$$

в) Област 1: зголемува генератор 3, Област 2: намалува генератор 5 (критична гранка 3-4)

$PTDF_{3-4,3 \rightarrow 5} = H_{3-4,3} - H_{3-4,5} = 0,475 + 0,152 = 0,627$ трансакцијата ја оптоварува гранката

$PGR_{3-4} = 0,385 \cdot 100 + 0,475 \cdot 100 - 0,152 \cdot 80 = 73,84 \text{ MW}$ може да се оптовари за $\Delta PGR_{3-4 \max} = 11,16 \text{ MW}$

$$\Delta PGR_{3-4 \max} = PTDF_{3-4,3 \rightarrow 5} \cdot \Delta P_{tr3 \rightarrow 5 \max} \Rightarrow \Delta P_{tr3 \rightarrow 5 \max} = \frac{\Delta PGR_{3-4 \max}}{PTDF_{3-4,3 \rightarrow 5}} = \frac{11,16}{0,627} = 17,8 \text{ MW}$$

Област 1: зголемува генератор 2, Област 2: намалува генератор 5 (критична гранка 3-4)

$PTDF_{3-4,2 \rightarrow 5} = H_{3-4,2} - H_{3-4,5} = 0,385 + 0,152 = 0,537$ трансакцијата ја оптоварува гранката

$PGR_{3-4} = 0,385 \cdot 100 + 0,475 \cdot 100 - 0,152 \cdot 80 = 73,84 \text{ MW}$ може да се оптовари за $\Delta PGR_{3-4 \max} = 11,16 \text{ MW}$

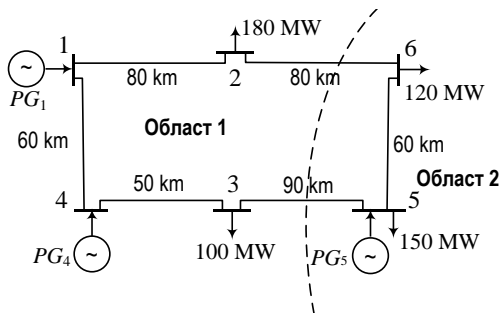
$$\Delta PGR_{3-4 \max} = PTDF_{3-4,2 \rightarrow 5} \cdot \Delta P_{tr2 \rightarrow 5 \max} \Rightarrow \Delta P_{tr2 \rightarrow 5 \max} = \frac{\Delta PGR_{3-4 \max}}{PTDF_{3-4,2 \rightarrow 5}} = \frac{11,16}{0,537} = 20,8 \text{ MW}$$

бидејќи $PTDF$ е помал оваа трансакција помалку ја оптоварува критичаната гранка и затоа е можна поголема трансакција. Во овој случај областа 1 извезува 70,8 MW.

II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (20.05.2013)

Задача 1. На сликата 1 е дадена 220 kV мрежа за која должините на водовите и моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Сите водови имаат надолжна реактанција $x = 0,4 \Omega/\text{km}$, нивните максимално дозволени моќности изнесуваат 160 MW, а должините се дадени на сликата. Во табелата 2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со редните броеви на генераторските јазли.

- а) Се разгледува режим на работа при кој $PG_1=150 \text{ MW}$, $PG_4=50 \text{ MW}$ и $PG_5=350 \text{ MW}$. Да се провери дали се задоволени сите технички ограничувања во системот, да се одредат трошоците за работа на системот и цената на ел. енергија? **(10 поени)**
- б) Во системот се врши трансфер на моќност при што генераторот 1 ја зголемува својата моќност додека генераторот 5 ја намалува својата моќност. Што ќе се случи со тековите на моќности на гранките 1-2 и 5-6 (дали ќе се зголемат или намалат)? **(10 поени)**
- в) Колкава најмногу може да биде трансакцијата на моќност за случајот под б) за ни една од гранките 1-2 и 5-6 да не се преоптовари? Доколку гранките немаа ограничена максимална моќност дали ќе можеше да се постигне работен режим со помали трошоци? **(25 поени)**
- г) За колку проценти може да се зголеми моќноста на потрошувачите, а мрежата да биде во состојба да ја испорача таа моќност? Притоа се знае дека во таквиот режим на работа генераторите 4 и 5 можат да ја зголемат својата моќност на максимум и гранката 1-2 е критична. **(20 поени)**
- д) Го разгледуваме системот од сликата 1 ако истиот е поделен на 2 области, при што во областа 1 припаѓаат јазлите 1-4, додека во област 2 се јазлите 5 и 6, да се одреди колкави се размените на моќност помеѓу областите во режимот зададен под а). **(10 поени)**



Слика 1.

Табела 1.

Јаз.	PG_{\min} (MW)	PG_{\max} (MW)	b (€/MWh)
1	100	350	50
4	50	80	70
5	100	350	80

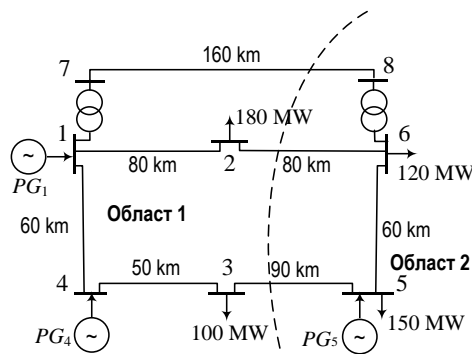
Табела 2.

	1	4	5
1-2	0,577	0,435	0,10
2-6	0,250	0,107	-0,22
1-4	0,423	-0,435	-0,10
4-3	0,423	0,565	-0,10
3-5	0,241	0,384	-0,23
5-6	-0,032	0,111	0,4

Задача 2. Во системот од задача 1 е додаден 400 kV интерконективен вод (со $x=0,4 \Omega/\text{km}$) помеѓу јазелот 1 и јазелот 6 (слика 2). Водот е поврзан на 220 kV мрежа преку два трансформатори 220/400 kV/kV со моќности од 500 MVA ($X_T=11,62 \Omega$ сведена на 220 kV). Разгледуваме работен режим во кој што гранката 1-2 е максимално оптоварена (160 MW), а низ 400 kV вод се пренесува моќност од 105,2 MW.

За колку ќе се зголеми преносот на моќност низ 400 kV вод, ако аголот на трансформаторот меѓу јазлите 1 и 7 е се зголеми за $\delta=5^\circ$? Дали за истата вредност ќе се промени и моќноста во гранката 1-2 (да се образложи).

(25 поени)



Слика 2.

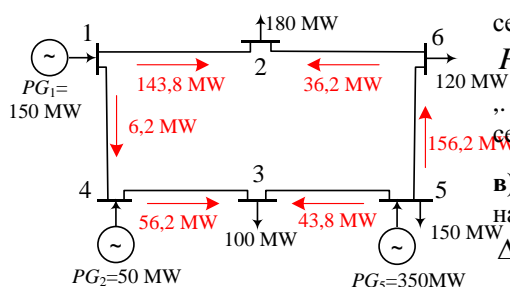
Решенија на задачите од II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС, одржан на 20.05.2013

Задача 1.

а) $PGR=H \cdot PG$, сите технички б) ограничувања се задоволени

ограничувања се задоволени

$$PTDF_{5-6,1 \rightarrow 5} = H_{5-6,1} - H_{5-6,5} = -0,032 - 0,444 = -0,476 < 0$$



се намалува текот на моќност низ гранката 5-6.

$$PTDF_{1-2,1 \rightarrow 5} = H_{1-2,1} - H_{1-2,5} = 0,577 - 0,101 = 0,476 > 0$$

..

се зголемува текот на моќност низ гранката 1-2.

в) Бидејќи гранката 1-2 се дооптоварува, трансакцијата на моќност е ограничена од макс. моќност во оваа гранка

$$\Delta PGR_{1-2 \max} = PGR_{1-2 \max} - PGR_{1-2} = 160 - 143,8 = 16,2 \text{ MW}$$

$$F = PG_1 \cdot b_1 + PG_4 \cdot b_4 + PG_5 \cdot b_5 = 39000 \Rightarrow \Delta P_{ir1 \rightarrow 5 \max} = \frac{\Delta PGR_{1-2 \max}}{PTDF_{1-2,1 \rightarrow 5}} = \frac{16,2}{0,476} = 34 \text{ MW}$$

€/h

$$c = F / \sum PG = 39000 / 550 = 70,91 \text{ €/MWh}$$

MWh

Трансакцијата ги намалува трошоците во системот и кога не би постоеле ограничувања од мрежата, трансакцијата би можела да биде поголема, со што трошоците за работа на системот уште повеќе би се намалиле.

г) $PG_4 = 80 \text{ MW}$; $PG_5 = 80 \text{ MW}$ гранката 1-2 е максимално оптоварена

$$PGR_{1-2} = 0,577 \cdot PG_1 + 0,435 \cdot 80 + 0,101 \cdot 360 = 160$$

$$\Rightarrow PG_1 = 1 / 0,577 (160 - 0,435 \cdot 80 - 0,101 \cdot 350) = 155,7 \text{ MW}$$

$$LSC = 155,7 + 80 + 350 = 585,7 \text{ MW}; \Delta PP\% = (585,7 - 550) / 550 = 6,5\%$$

д) Област 1: $\sum PG = 200 \text{ MW}$, $\sum PP = 280 \text{ MW} \Rightarrow$ увезува 80 MW

Област 2: $\sum PG = 350 \text{ MW}$, $\sum PP = 270 \text{ MW} \Rightarrow$ извезува 80 MW

Задача 2.

Ги одредуваме промените на текови на моќност поради изместувањето на фазниот агол на тр. 1-7 по принцип на суперпозиција.

Реактанции на гранките од мрежата на 220 kV:

$$X_{7-8}^{220} = x \cdot 160 \cdot \left(\frac{220}{400} \right)^2 = 19,36 \Omega;$$

$$X_{1-2-6}^{220} = x \cdot 160 = 64 \Omega;$$

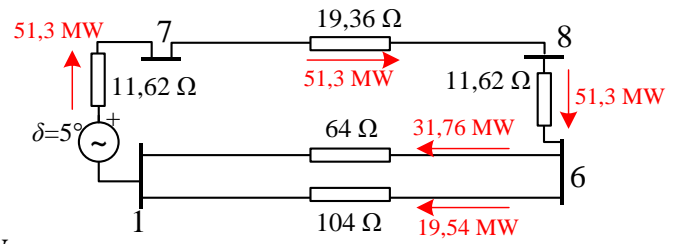
Моќноста низ гранката 7-8 ќе се зголеми за 51,3 MW и ќе биде 156,5 MW, додека гранката 1-2 ќе се растовари за моќност помала од 51,3 MW, бидејќи моќноста на контурата се дели на два дела во делот на 220 kV мрежа.

$$X_{1-4-3-5-6}^{220} = x \cdot 260 = 104 \Omega$$

$$Z_B^{220} = \frac{U_B^2}{S_B} = \frac{220^2}{100} = 484 \Omega$$

$$P_{kontura} = \frac{\delta(rad)}{X_{kontura}(p.u.)};$$

$$P_{kontura} = \frac{5 \cdot \pi / 180}{2 \cdot 11,62 + 19,36 + 64 \parallel 104} = 51,3 \text{ MW}$$



Слика 3

II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС (15.05.2014)

Задача 1. На сликата 1 е даден ЕЕС за кој моќностите на потрошувачите се дадени на сликата, додека податоците за генераторите се дадени во табела 1. Во табела 2 е дадена матрицата H кај која редиците се означени со имињата на гранките за кои таа се однесува, а колоните се означени со редните броеви на генераторските јазли. Сите водови имаат максимално дозволени моќности од 600 MW.

а) Се разгледува режим со моќности на генераторите $PG_2 = 700$ MW, $PG_3 = 600$ MW, $PG_{5-1} = 450$ MW и $PG_{5-2} = 500$ MW. Да се провери дали се задоволени сите технички ограничувања во системот?

(20 поени)

б) Да се пресмета можноста за испорака на моќност (LSC) на мрежата, ако се знае дека при пресметката на LSC генераторот во јазол 3 може да ја зголеми својата моќност до максимум и критична е гранката 2-1. Дали е можно снабдување на потрошувачите ако потрошувачката пропорционално се зголеми за 15 MW?

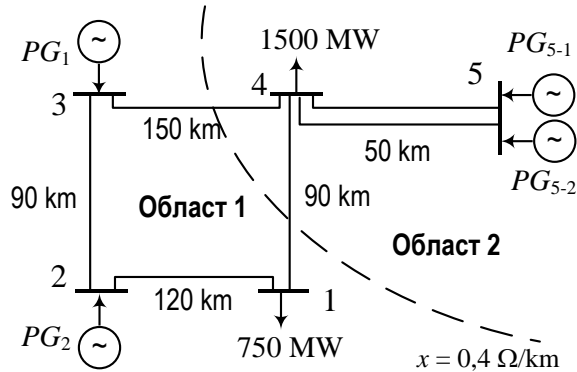
(20 поени)

в) Се претпоставува дека системот е поделен на две области: Област 1 (јазли 1, 2, 3) и Област 2 (јазли 4 и 5). За работниот режим под а) да се одреди колкава е размената на моќност помеѓу областите? Пресметката да се изврши на два начини.

(10 поени)

г) Поаѓајќи од работниот режим под а) се разгледува трансакција на моќност во која генераторот 5-1 ја зголемува моќноста, додека генераторот 2 ја намалува моќноста. Колкава треба да биде трансакцијата на моќност за гранката 2-1 да не биде преоптоварена? Колкави би биле моќностите на генераторите по трансакцијата? Дали може да се изведе оваа трансакција?

(20 поени)



Слика 1.

Табела 1.

Јазел	PG_{\min} (MW)	PG_{\max} (MW)
2	400	700
3	500	600
5-1	400	600
5-2	500	700

Табела 2.

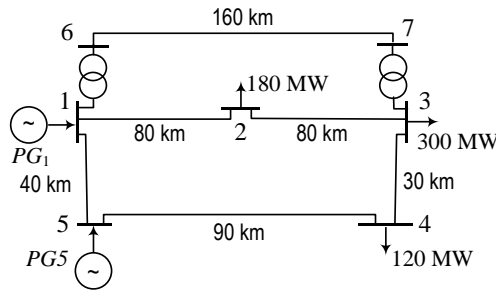
	2	3	5-1	5-2
2-1	0,6	0,4	0,067	0,067
1-4	0,267	0,067	-0,267	-0,267
2-3	0,4	-0,4	-0,067	-0,067
3-4	0,4	0,6	-0,067	-0,067
4-5	0	0	-0,5	-0,5
4-5	0	0	-0,5	-0,5

Задача 2. Се разгледува ЕЕС од слика 2. во кој постојат две напонски нивоа: 400 kV (вод 6-7) и напонско ниво од 220 kV (останатиот дел од мрежата). 400 kV вод 6-7 е поврзан на 220 kV мрежа преку два трансформатори 220/400 kV/kV со моќности од 500 MVA ($X_T = 12 \Omega$ сведена на 220 kV). Разгледуваме работен режим во кој што низ гранката 1-2 е тече моќност од 223 MW, а низ 400 kV вод се пренесува моќност од 196 MW. Трансформаторот помеѓу јазлите 1 и 6 е со можност за промена на фазниот агол на напонот.

За колкав агол δ ќе треба да се помести фазниот агол на напонот во јазол 6 за текот на моќност низ гранката 1-2 да се намали на 180 MW?

(За сите водови $x = 0,4 \Omega/\text{km}$, $S_b = 100$ MVA)

(30 поени)



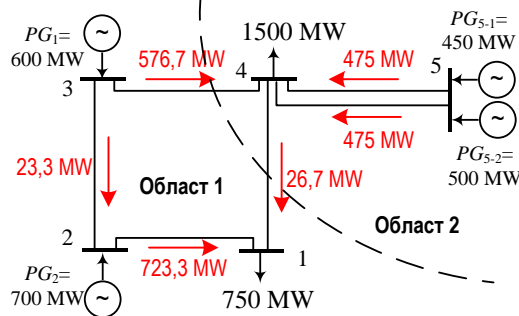
Слика 2.

Решенија на задачите од II колоквиум по предметот МЕНАЏМЕНТ НА ЕЕС, одржан на 15.05.2014

Задача 1.

а) Сите генератори се во граници.

$$PGR = H \cdot PG,$$



Слика 3

Не се задоволени техничките ограничувања бидејќи гранката 2-1 е преоптоварена.

г) $PTDF_{2-1,5-1 \rightarrow 2} = H_{2-1,5-1} - H_{2-1,2} = 0,067 - 0,6 = -0,533 < 0$, трансакцијата ја растоварува гранката.

$$\Delta PGR_{2-1} = -(PGR_{2-1} - PGR_{2-1max}) = -(723,3 - 600) = -123,3 \text{ MW}$$

Текоот на моќност низ гранката треба да се намали за 123,3 MW. Потребната трансакција на моќност е:

$$\Delta P_{ir5-1 \rightarrow 2} = \frac{\Delta PGR_{2-1}}{PTDF_{2-1,5-1 \rightarrow 2}} = \frac{-123,3}{-0,533} = 231,3 \text{ MW}$$

По трансакцијата $PG_{5-1} = 450 + 231,3 = 681,3 \text{ MW} > PG_{5-1max} = 600 \text{ MW}$;

$$PG_2 = 700 - 231,3 = 468,7 \text{ MW}$$

Бидејќи генераторот 5-1 го надминува техничкиот максимум трансакцијата не е можна.

Задача 2.

Ги одредуваме промените на текови на моќност поради изместувањето на фазниот агол на тр. 1-6 по принцип на суперпозиција.

Деловите од мрежата 1-2-3 и 1-5-4-3 се еквивалентираат со по една гранка (слика 4).

Реактанции на гранките од мрежата сведени на 220 kV:

б) Бидејќи моќноста на генераторот во јазол 3 може да се зголеми до максимум: $PG_3 = 600 \text{ MW}$. Бидејќи секој од паралелните водови 5-4 можат да пренесе најмногу по 600 MW: $PG_{5-1} + PG_{5-2} = 1200 \text{ MW}$. Критичната гранка треба да е оптоварена до максимум:

$$PGR_{2-1} = 0,6 \cdot PG_2 + 0,4 \cdot 600 + 0,067 \cdot 1200 = 600 \text{ MW}$$

$$\Rightarrow PG_2 = 466 \text{ MW} \Rightarrow LSC = PG_2 + PG_3 + PG_{5,1} + PG_{5,2} = 2266 \text{ MW}$$

При зголемување на потрошувачите од 2250 MW на 2265 MW $< LSC$ можат да се снабдат сите потрошувачи.

в) Област 1: $\sum PG = 1300 \text{ MW}$, $\sum PP = 750 \text{ MW} \Rightarrow$ извезува 550 MW

Област 2: $\sum PG = 950 \text{ MW}$, $\sum PP = 1500 \text{ MW} \Rightarrow$ увезува 550 MW

Извоз од област 1 во област

$$PGR_{3-4} + PGR_{1-4} = 576,7 - 26,7 = 550 \text{ MW}$$

Значи моќноста низ контурата е:

$$P_{kontura} = 86 \text{ MW}$$

$$X_{6-7}^{220} = x \cdot 160 \cdot \left(\frac{220}{400}\right)^2 = 19,36 \Omega;$$

$$X_{1-2-3}^{220} = x \cdot (80 + 80) = 64 \Omega;$$

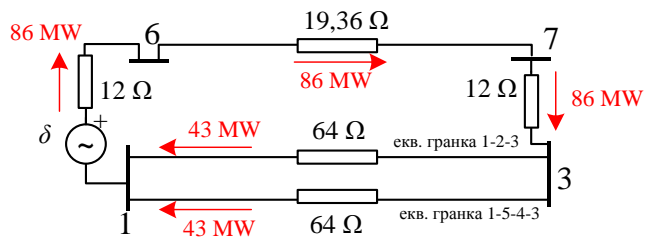
$$X_{1-5-4-3}^{220} = x \cdot (40 + 90 + 30) = 64 \Omega$$

$$Z_B^{220} = \frac{U_B^2}{S_B} = \frac{220^2}{100} = 484 \Omega$$

$$X_{kontura}^{220} = 64 \Pi 64 + 12 + 19,36 + 12 = 75,36 \Omega$$

$$X_{kontura} (p.u.) = \frac{75,36}{484} = 0,156 p.u.$$

За да се намали моќноста во гранка 1-2 од 223 MW на 180 MW (за 43 MW), во еквивалентното коло на слика 4 низ еквивалентната гранка 1-2-3, која ја содржи гранка 1-2 треба да течат 43 MW во насока од 3 кон 1 (за да се растовари гранката). Бидејќи двете еквивалентни гранки се со исти реактанции и низ еkv. гранка 1-5-4-3 ќе течат 43 MW во насока од 3 кон 1.



Слика 4

Од моќноста која тече низ контурата и еквивалентна реактанција на контурата се добива потребниот агол на измесување на напонот:

$$P_{kontura} (p.u.) = \frac{\delta(rad)}{X_{kontura} (p.u.)} \Rightarrow$$

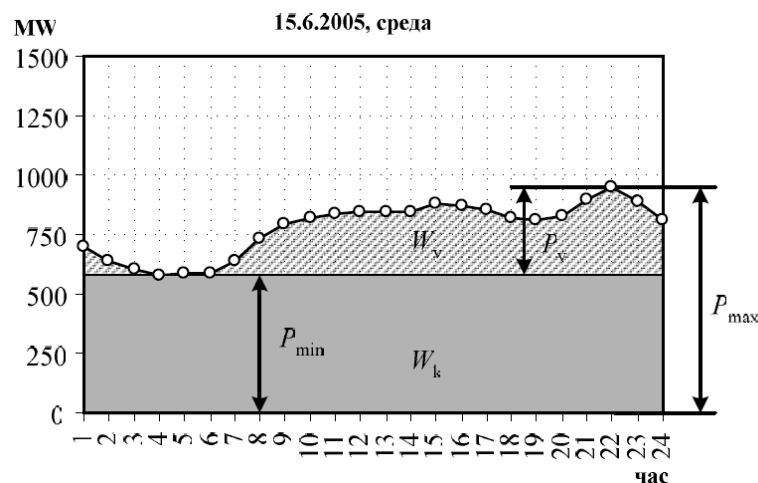
$$\delta(rad) = P_{kontura} (p.u.) \cdot X_{kontura} (p.u.) = 0,86 \cdot 0,156 = 0,134 rad$$

$$\delta = 0,134 \cdot \frac{180}{\pi} = 7,7^\circ$$

Задача 1. Во текот на еден ден во еден ЕЕС потрошувачката на електрична енергија изнесува $W = 26652$ MWh, при што варијабилната енергија изнесува $W_v = 6588$ MWh. Освен тоа познато е дека факторот на оптоварување изнесува $f = 0,849$. Да се определат: минималната моќност P_{min} , средната моќност P_{sr} , максималната моќност P_{max} , варијабилната моќност P_v и константната енергија W_k .

Решение:

Дефинициите за варијабилна и константна енергија се илустративно прикажани на слика 1.



Слика 1. Поделба на дијаграмот на оптоварување на константен и варијабилен

Според сликата 1. минималната моќност на дијаграмот на оптоварување можеме да ја пресметаме од константната енергија.

$$W_k = W - W_v = 26652 - 6588 = 20064 \text{ MWh}$$

$$W_k = P_{\min} \cdot T \Rightarrow P_{\min} = \frac{W_k}{T} = \frac{20064}{24} = 836 \text{ MW}$$

Средната моќност ја пресметуваме како количник од вкупната енергија и должината на траење на разгледуваниот период (ден).

$$P_{sr} = \frac{W}{T} = \frac{26652}{24} = 1110,5 \text{ MW}$$

Максималната моќност можеме да ја добиеме од факторот на оптоварување:

$$f = \frac{W}{P_{\max} \cdot T} \Rightarrow P_{\max} = \frac{W}{f \cdot T} = \frac{26652}{0,849 \cdot 24} = 1308 \text{ MW}$$

Варијабилната моќност ја пресметуваме како разлика од максималната и минималната моќност (слика 1).

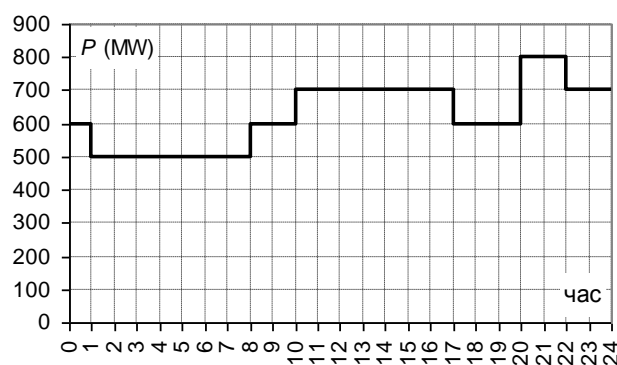
$$P_v = P_{\max} - P_{\min} = 1308 - 836 = 472 \text{ MW}$$

Задача 2. Вредностите на часовните оптоварувања во текот на еден ден во еден ЕЕС се дадени во табелата 1. и се прикажани графички на сликата 2. Потребно е:

- да се одреди минималната моќност P_{\min} , максималната моќност P_{\max} , енергијата W и факторот на оптоварување f ,
- да се одреди константната енергија W_k , варијабилната енергија W_v и варијабилната моќност P_v ,
- да се нацрта кривата на траење на оптоварувањето.

Табела 1.

Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P (MW)	600	500	500	500	500	500	500	500	600	600	700	700
Час	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P (MW)	700	700	700	700	700	600	600	600	800	800	700	700



Слика 2. Дневен дијаграм на оптоварување

Решение:

а) Минималната и максималната моќност со која е оптоварен ЕЕС, можат директно да се отчитаат од податоците за дијаграмот на оптоварување.

$$P_{\min} = 500 \text{ MW}; P_{\max} = 800 \text{ MW};$$

Вкупната енергија ја пресметуваме според равенката:

$$W = \sum_i P_i \cdot t_i = 7 \cdot 500 + 6 \cdot 600 + 9 \cdot 700 + 2 \cdot 800 = 15000 \text{ MWh};$$

Факторот на оптоварување го прсметуваме според следната релација:

$$f = \frac{W}{P_{\max} \cdot T} = \frac{15000}{800 \cdot 24} = 0,781$$

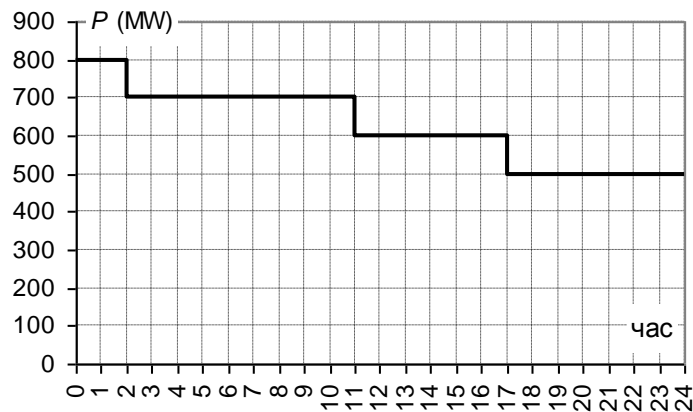
б) Константната енергија, варијабилната енергија и варијабилната моќност се прсметуваат на следниот начин:

$$W_k = P_{\min} \cdot T = 500 \cdot 24 = 12000 \text{ MWh};$$

$$W_v = W - W_k = 15000 - 12000 = 3000 \text{ MWh};$$

$$P_v = P_{\max} - P_{\min} = 800 - 500 = 300 \text{ MW}$$

в) Кривата на траење на оптоварувањето е всушност подредениот дијаграм на оптоварување кој е претставен на следната слика:



Слика 3. Крива на траење на оптоварувањето

Од кривата на траење на оптоварувањето се добива дополнителна информација за временското траење на секое оптоварување.

Задача 3. Во табелата 2 дадени се податоци за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС којшто се состои од 3 генератори. Вкупната моќност на сите потрошувачи во системот изнесува 900 MW. Потребно е да се одредат моќностите на генераторите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални.

Табела 2.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	350	500	0	55	0,008
2	210	300	0	60	0,004
3	245	350	0	50	0,020

Нека во системот се појави нов потрошувач којшто бара моќност од 5 MW. Колку пари ќе заработиме за еден ден ако му продаваме електрична енергија по цена од 75 €/MWh?

Решение:

Вредноста на лагранжовиот мултипликатор ја прсметуваме според следната релација:

$$\lambda = \frac{2P_p + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{c_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{c_i}} \quad \text{т.е.} \quad \lambda = \frac{2 \cdot 900 + \frac{55}{0,008} + \frac{60}{0,004} + \frac{50}{0,02}}{\frac{1}{0,008} + \frac{1}{0,004} + \frac{1}{0,02}} = 61,588 \text{ €/MWh},$$

Моќностите на генераторите ги пресметуваме според следната равенка:

$$P_i = \frac{\lambda - b_i}{2c_i} \quad \text{т.е.}$$

$$P_1 = \frac{61,588 - 55}{2 \cdot 0,008} = 411,75 \text{ MW},$$

$$P_2 = \frac{61,588 - 60}{2 \cdot 0,004} = 198,5 \text{ MW},$$

$$P_3 = \frac{61,588 - 50}{2 \cdot 0,02} = 289,7 \text{ MW}.$$

Бидејќи за вториот генератор $P_2 < P_2^{\min}$ т.е. не е исполнет техничкиот услов за овој генератор, ја избираме минималната технички дозволена моќност $P_2 = P_2^{\min} = 210 \text{ MW}$, потоа остатокот од моќноста $900 - 210 = 690 \text{ MW}$ го распределуваме на генераторите 1 и 3.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 690 + \frac{55}{0,008} + \frac{50}{0,02}}{\frac{1}{0,008} + \frac{1}{0,02}} = 61,457 \text{ €/MWh},$$

$$P_1 = \frac{61,457 - 55}{2 \cdot 0,008} = 403,563 \text{ MW},$$

$$P_3 = \frac{61,457 - 50}{2 \cdot 0,02} = 286,425 \text{ MW}$$

За мали промени на генерираната моќност функцијата на зависност на трошоците од произведената моќност можеме да сметаме дека е линеарна т.е. да извршиме нејзина линеаризација во околината на решението. Притоа се покажува дека прирастот на трошоците по единица моќност е еднаков на лагранжовиот мултипликатор.

Според тоа за да се произведат допознателни 5 MW моќност трошоците ќе се зголемат за :

$$\Delta F = \Delta P \cdot \lambda = 5 \cdot 61,457 = 307,29 \text{ €/h}$$

Од продажбата на електричната енергија ќе се добие приход од:

$$5 \text{ MW} \cdot 75 \text{ €/MWh} = 375 \text{ €/h}$$

Според тоа профитот по час ќе биде:

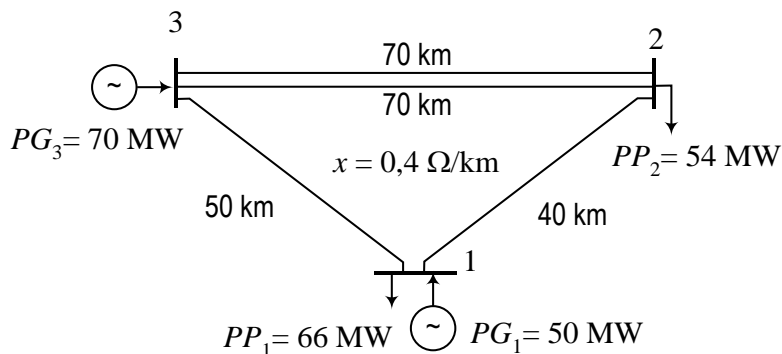
$$375 \text{ €/h} - 307,29 \text{ €/h} = 67,71 \text{ €/h}$$

Значи за еден ден ќе заработиме:

$$24 \text{ h} \cdot 67,71 \text{ €/h} = 1625 \text{ €}$$

Задача 4. На сликата 4. е даден еден ЕЕС во којшто постојат два генератора во јазлите 1 и 3 и два потрошувачи во јазлите 1 и 2. Нивните моќности се дадени на сликата. Врските помеѓу генераторите и потрошувачите се направени со надземни водови со иста надолжна реактанција $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$. Должините на водовите, се исто така, прикажани на сликата. Да се определи:

- Распределбата на моќностите во гранките од мрежата,
- Колоната од матрицата H која што одговара на генераторот во јазелот 1.



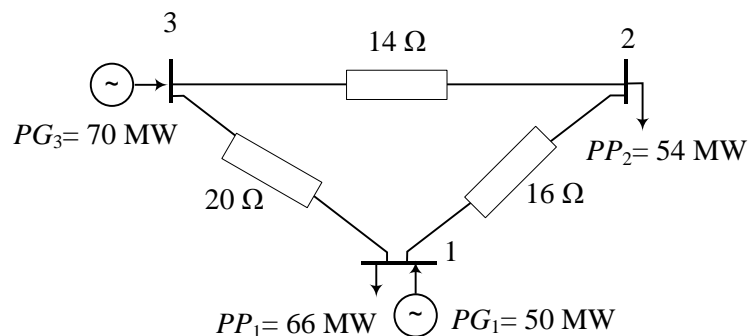
Слика 4. Разгледуван ЕЕС

- Да се одредат вредности на моќностите на генераторите така што моќноста во една од паралелните гранки 3-2 ќе биде еднаква на моќноста во гранката 3-1. При тоа е познато дека матрицата H изнесува

$$H = \begin{matrix} & \begin{matrix} G_1 & G_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 3-2 \\ 3-1 \\ 1-2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,072 & 0,272 \\ 0,072 & 0,272 \\ 0,306 & -0,094 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Решение:

- Еквивалентната шема на системот е дадена на слика 5.



Слика 5. Еквивалентна шема на разгледуваниот ЕЕС

Ќе сметаме дека јазолот број 3 е балансен јазол и за него $\theta=0$. Значи ќе имаме два јазли со непознати фазни агли на напонот. Значи во случајот ќе треба да се реши систем од две линеарни равенки со две непознати, кој во матрична форма е претставен на следниот начин.

$$P = -B \cdot \theta$$

Од еквивалентната шема можеме да ја одредиме матрицата на коефициенти $-B$:

$$-B = \begin{bmatrix} \frac{1}{20} + \frac{1}{16} & -\frac{1}{16} \\ -\frac{1}{16} & \frac{1}{16} + \frac{1}{14} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,1125 & -0,0625 \\ -0,0625 & 0,13393 \end{bmatrix} S,$$

Од системот на равенки како решение ќе ги добиеме непознатите фазни агли на напоните на јазлите. Системот го решаваме со инверзија на матрица:

$$\theta = X \cdot P \text{ каде } X = (-B)^{-1}$$

Матрицата X ја пресметуваме како инверзна матрица на следниот начин:

$$X = (-B)^{-1} = \frac{1}{0,01116} \cdot \begin{bmatrix} 0,13393 & -0,0625 \\ -0,0625 & 0,1125 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 & 5,6 \\ 5,6 & 10,08 \end{bmatrix} \Omega.$$

Фазните агли ги пресметуваме на следниот начин:

$$\theta = \begin{bmatrix} 12 & 5,6 \\ 5,6 & 10,08 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -16 \\ -54 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -494,4 \\ -633,92 \end{bmatrix} MW \cdot \Omega,$$

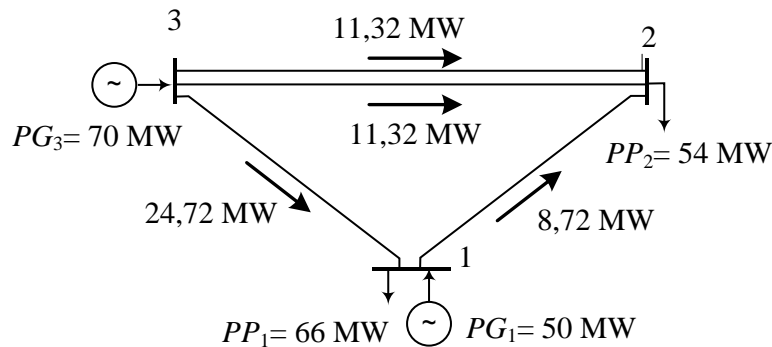
Тековите на моќности низ гранките според DC моделот се пресметуваат со равенката:

$$P_{k-l} = \frac{\theta_k - \theta_l}{X_{k-l}}$$

Пресметаните вредности се следните:

$$PGR_{3-2} = \frac{0 - (-633,92)}{28} = 22,64 MW ; PGR_{3-1} = \frac{0 - (-494,4)}{20} = 24,72 MW ;$$

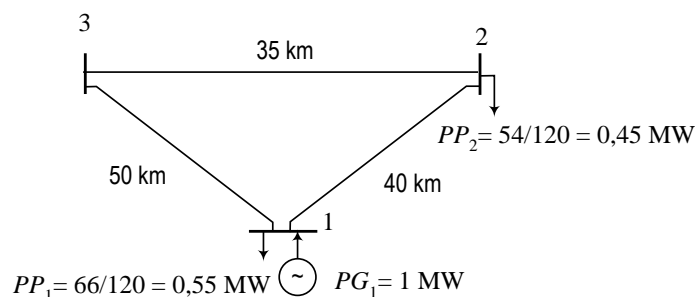
$$PGR_{1-2} = \frac{-494,4 + 633,92}{16} = 8,72 MW .$$



Слика 6. Распределба на моќност во разгледуваниот ЕЕС

б) За да ја одредиме матрицата H сите потрошувачи ги претставуваме со нивните коефициенти на учество во вкупната потрошувачка.

За да ја одредиме колоната од матрицата H која одговара на генераторот во јазолот 1 во тој јазол поставуваме генератор со моќност од 1 MW (слика 7).



Слика 7. Одредување на првата колона од матрица H

Моќностите во гранките можеме да ги одредиме со струен делител во којшто ќе оперираме со должините во km затоа што сите гранки имаат исто x .

$$PGR_{3-2, \text{екв.}} = \frac{40}{85 + 40} \cdot 0,45 = 0,144 \text{ MW};$$

$$PGR_{3-2} = \frac{PGR_{3-2, \text{екв.}}}{2} = 0,072 \text{ MW}$$

$$PGR_{3-1} = -PGR_{3-2, \text{екв.}} = -0,144 \text{ MW};$$

$$PGR_{1-2} = \frac{85}{85 + 40} \cdot 0,45 = 0,306 \text{ MW}.$$

Ова воедно се и елементите од првата колона од матрицата H .

в) Со користење на матрицата H , можеме да пресметуваме текови на моќности во зависност од моќностите на генераторите.

$$H = \begin{matrix} & \begin{matrix} G_1 & G_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 3-2 \\ 3-1 \\ 1-2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,072 & 0,272 \\ -0,144 & 0,456 \\ 0,306 & -0,094 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Според тоа моќностите во една од гранките 3-2 и гранката 3-1 ќе бидат:

$$PGR_{3-2} = 0,072 \cdot PG_1 + 0,272 \cdot PG_3$$

$$PGR_{3-1} = -0,144 \cdot PG_1 + 0,456 \cdot PG_3$$

Од условот на задачата овие моќности треба да бидат еднакви т.е.:

$$0,072 \cdot PG_1 + 0,272 \cdot PG_3 = -0,144 \cdot PG_1 + 0,456 \cdot PG_3 \Rightarrow PG_1 = \frac{0,184}{0,216} \cdot PG_3$$

Покрај тоа треба да биде задоволен условот за баланс на моќности во системот т.е. вкупната моќност на генераторите да биде еднаква на вкупната моќност на потрошувачите:

$$PG_1 + PG_3 = 120$$

Од последните две равенки (систем од две равенки со две непознати) можеме да ги одредиме бараните моќности на генераторите:

$$\left(\frac{0,184}{0,216} + 1 \right) \cdot PG_3 = 120$$

$$PG_3 = 64,8 \text{ MW}; PG_1 = 120 - PG_3 = 55,2 \text{ MW}.$$

Задача 5. На сликата 8. е даден ЕЕС чиј што номинален напон е 110 kV и во кој јазелот 2 е балансен. Сите водови во системот имаат надолжна импеданција $z = r + jx = (0,13 +$

$j0,4) \Omega/\text{km}$, нивните максимално дозволени моќности изнесуваат 50 MW, а нивните должини се дадени на сликата. Водот 3 – 4 е изведен од два вода во паралела со должина од 60 km кои што се еквивалентирани со еден вод со должина од 30 km така што може да се смета дека неговата максимално дозволена моќност изнесува 100 MW. Индексите на јазлите на гранките и генераторите се дадени во табелата 3.

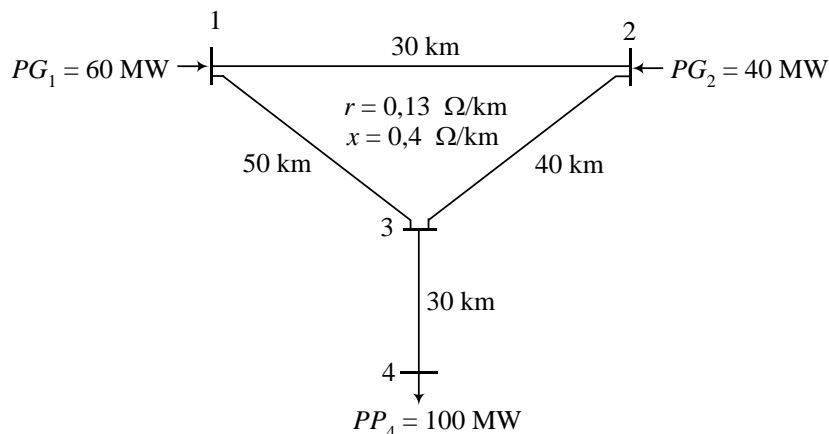
Табела 3.

Гранка	Почетен јазел	Краен јазел
1	1	2
2	1	3
3	2	3
4	3	4

Генератор	Јазел
1	1
2	2

Матрицата \mathbf{H} за системот е:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0,42 & -0,33 \\ 0,58 & 0,33 \\ 0,42 & 0,67 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}.$$



Слика 8. Разгледуван ЕЕС

- да се одредат моќностите во гранките од мрежата и да се пресметаат загубите на моќност во гранката 3 – 4 ако факторот на моќност изнесува 0,9. Решението да се прикаже графички на сликата на мрежата.
- колкави треба да бидат моќностите на генераторите за моќностите во гранките 1 – 3 и 2 – 3 да изнесуваат по 50 MW?

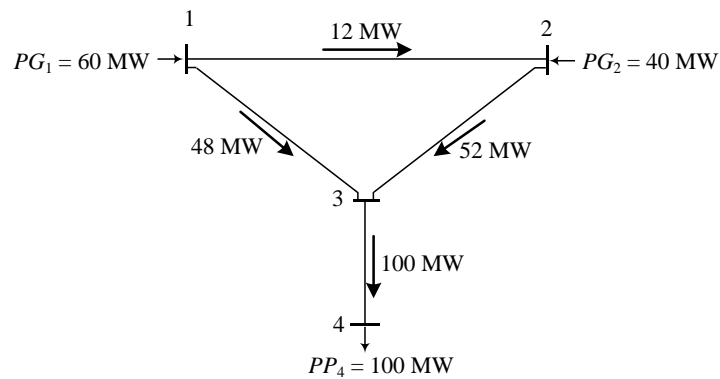
Решение:

а) Бидејќи гранката 3-4 е радијална гранка на која е поврзан само еден потрошувач, имајќи во предвид дека за пресметка на текови на моќности се користи упростениот DC модел на системот, текот на моќност низ оваа гранка ќе биде 100 MW.

Бидејќи е дадена матрицата \mathbf{H} за системот, тековите на моќности низ гранките можеме да ги пресметаме според следната матрична релација:

$$PGR = H \cdot PG = \begin{bmatrix} 0,42 & -0,33 \\ 0,58 & 0,33 \\ 0,42 & 0,67 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 60 \\ 40 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 48 \\ 52 \\ 100 \end{bmatrix} \text{ MW}$$

Тековите на моќности се прикажани графички на следната слика:



Слика 9. Текови на моќност за разгледуваниот ЕЕС

Загубите на активна моќност во гранката 3-4 ќе бидат следните:

$$\Delta P_{3-4} = \frac{PGR_{3-4}^2}{U_n^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot R_{2-4} = \frac{100^2}{110^2 \cdot 0,9^2} \cdot 0,13 \cdot 30 = 3,979 \text{ MW}$$

б) За да биде исполнет условот од задачата треба:

$$PGR_{1-3} = 0,58 \cdot PG_1 + 0,33 \cdot PG_2 = 50$$

$$PGR_{2-3} = 0,42 \cdot PG_1 + 0,67 \cdot PG_2 = 50$$

Со решавање на овој систем од две линеарни равенки со две непознати се добива:

$$PG_1 = 68 \text{ MW}$$

$$PG_2 = 32 \text{ MW}$$

I колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (30.11.2007)

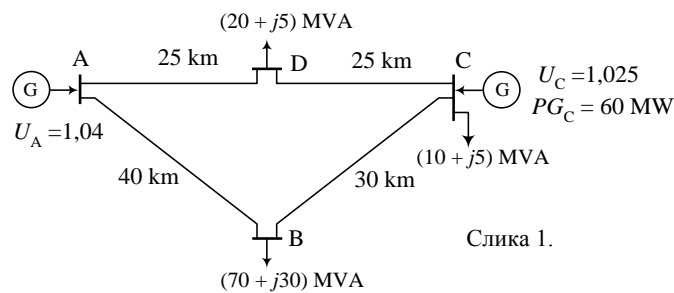
1. Во една трафостаница со номинални напони 400 kV и 110 kV инсталиран е трансформатор со номинални напони $400 \pm 5 \times 2,5\% / 115,5$ kV/kV при што регулационата преклопка се наоѓа на позиција 0. Дали во еквивалентната шема на овој трансформатор ќе ги има попречните гранки \underline{Y}_2 и \underline{Y}_3 ? Да се образложи одговорот.

(15 п.)

2. На сликата 1 е даден ЕЕС со номинален напон од 110 kV во кој постојат два потрошувачи во јазлите B и D кои се напојуваат преку два генератори кои се наоѓаат во јазлите A и C. При тоа е познато дека ефективните вредности на напоните на јазлите A и C се $U_A = 1,04$ и $U_C = 1,025$, додека активната моќност на генераторот во јазелот C изнесува 60 MW. Сите водови ги имаат следните надолжни параметри $r = 0,12 \ \Omega/\text{km}$, $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$ и $b = 2,8 \ \text{S}/\text{km}$, а нивните должини се дадени на сликата. Потребно е:

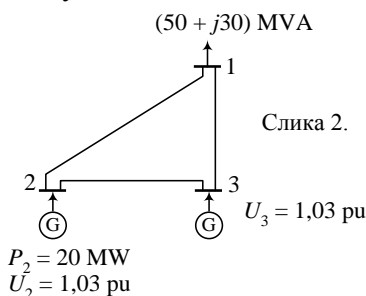
- a) да се изврши класификација и нумерација на јазлите,
- b) да се одреди редот на матриците \mathbf{B}' и \mathbf{B}'' (со образложение) и потоа да се пресмета елементот од матрицата \mathbf{B}' кој што се однесува на јазелот D,
- v) да се одреди колку најмалку треба да изнесува активната моќност на генераторот во балансниот јазел.

(15 п.)



Слика 1.

3. За ЕЕС прикажан на сликата 2 познати се матрицата на адмитанции (во единечни вредности), како и ефективните вредности на напоните (во единечни вредности) и нивните фазни агли (во степени). Да се пресметаат загубите на активна моќност во системот ако базната моќност изнесува $S_b = 100$ MVA.



Слика 2.

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} 3 - j6 & -2 + j4 & -1 + j2 \\ -2 + j4 & 4 - j10 & -2 + j6 \\ -1 + j2 & -2 + j6 & 3 - j8 \end{bmatrix} \quad \mathbf{U} = \begin{bmatrix} 0,952 \\ 1,03 \\ 1,03 \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{\theta} = \begin{bmatrix} -3,48 \\ -1,12 \\ 0 \end{bmatrix}$$

(25 п.)

4. По извршени 2 итерации според брзиот метод со раздвојување за системот од сликата 2 пресметани се следните вредности на инјектираните моќности во јазлите ($S_b = 100 \text{ MVA}$):

$$P_1 = -0,506657 \text{ pu},$$

$$P_2 = 0,207719 \text{ pu},$$

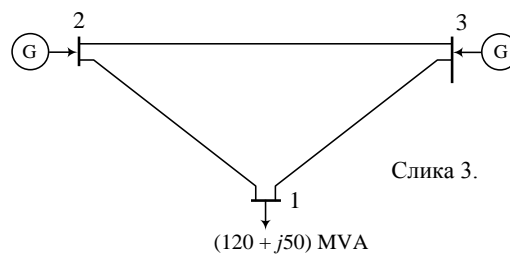
$$Q_1 = -0,303263 \text{ pu}.$$

Дали можеме да сметаме дека итеративниот процес е завршен доколку е $\varepsilon = 0,001 \text{ pu}$?

(15 п.)

5. На сликата 3 е прикажан едноставен ЕЕС во кој минималните и максималните дозволени вредности на напоните на сите јазли изнесуваат 0,95 pu и 1,05 pu, додека максимално дозволените привидни моќности на сите гранки изнесуваат 1,2 pu. Податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Се разгледува оптимален режим на работа во кој е направена минимизација на производните трошоци на генераторите. Потребно е:

- да се напише изразот за функцијата на цел, а потоа да се пресмета нејзината вредност ако моќностите на генераторите се $PG_2 = 0,72 \text{ pu}$ и $PG_3 = 0,5 \text{ pu}$ ($S_b = 100 \text{ MVA}$),
- да се идентификуваат контролните и зависните променливи во системот,
- да се одреди колку ограничувања од типот на равенство ќе има при оптимизацијата и да се напише едно од нив,
- да се напише едно ограничување од типот на неравенство за една контролна и една зависна променлива во системот.



Табела 1. Карактеристики на генераторите

Јазел	$P_{\min}(\text{MW})$	$P_{\max}(\text{MW})$	$a (\text{€/h})$	$b (\text{€/MWh})$	$c (\text{€/MW}^2\text{h})$	$Q_{\min}(\text{Mvar})$	$Q_{\max}(\text{Mvar})$
2	50	100	0	20	0	0	40
3	50	120	0	15	0	-10	40

(30 п.)

I колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (15.11.2008)

1. Намотките на еден трансформатор се поврзани во мрежи чии што базни напони се 220 kV и 110 kV. Трансформатор е со следните номинални напони $231 \pm 4 \times 2,5\% / 115,5$ kV/kV при што регулационата преклопка се наоѓа на позиција 0. Дали во еквивалентната шема на овој трансформатор ќе ги има попречните гранки Y_2 и Y_3 ? Да се образложи одговорот.

(20 п.)

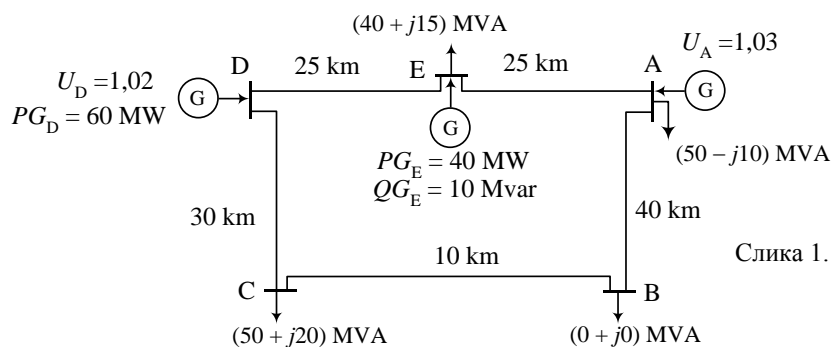
2. На сликата 1 е даден ЕЕС со номинален напон од 110 kV во кој што постојат неколку потрошувачи кои што се напојуваат преку три генератори во јазлите А, D и E. При тоа е познато дека ефективните вредности на напоните на јазлите А и D се $U_A = 1,03$ и $U_D = 1,02$, а познати се и активните моќности на генераторите во јазлите D и E, како и реактивната моќност на генераторот во јазелот E. Сите водови ги имаат следните надолжни параметри $r = 0,1 \ \Omega/\text{km}$, $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$ и $b = 0 \ \text{S}/\text{km}$, а нивните должини се дадени на сликата. Потребно е:

- а) да се изврши класификација и нумерација на јазлите,
- б) да се одреди редот на матриците B' и B'' (со образложение) и потоа да се пресмета елементот од матрицата B'' кој што се однесува на јазелот B,
- в) да се одреди колку најмалку треба да изнесува активната моќност на генераторот во балансниот јазел.
- г) за колку ќе се промени редот на матрицата B'' ако генераторот во јазелот C има активна моќност еднаква на нула, а и понатаму ја одржува вредноста на напонот на јазелот C на вредност од 1,02? Да се образложи одговорот.

(40 п.)

- д) *Бонус прашање:* дали е можно да се процени колку најмалку треба да изнесува реактивната моќност на генераторот во балансниот јазел? (Да се образложи одговорот.)

(10 п.)



3. За ЕЕС од сликата 1 е познато дека минималните и максималните дозволени вредности на напоните на сите јазли изнесуваат 0,95 pu и 1,05 pu, додека максимално дозволениите привидни моќности на сите гранки изнесуваат 1,2 pu. Податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Се разгледува оптимален режим на работа во кој е направена минимизација на производните трошоци на генераторите. Потребно е:

- а) да се напише изразот за функцијата на цел, а потоа да се пресмета нејзината вредност ако моќностите на генераторите се $PG_A = 0,5$ pu, $PG_D = 0,5$ pu и $PG_E = 0,45$ pu ($S_b = 100$ MVA),
- б) да се идентификуваат контролните и зависните променливи во системот,
- в) да се одреди колку ограничувања од типот на равенство ќе има при оптимизацијата и да се напише едно од нив,
- г) да се напише едно ограничување од типот на неравенство за една контролна и една зависна променлива во системот.
- д) дали матрицата GEN со која што се опишуваат генераторите во ЕЕС од сликата 1 ќе биде иста за случаите кога ја користиме програмата PF.m (пресметка на напоните и тековите на моќност) и кога ја користиме програмата OPF_F.m (пресметка на оптималните текови на моќност)?

Табела 1. Карактеристики на генераторите

Јазел	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)	Q_{\min} (Mvar)	Q_{\max} (Mvar)
A	50	100	0	40	0	0	40
D	50	120	0	50	0	-10	40
E	50	120	0	50	0	-10	40

(40 п.)

I колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (27.11.2009)

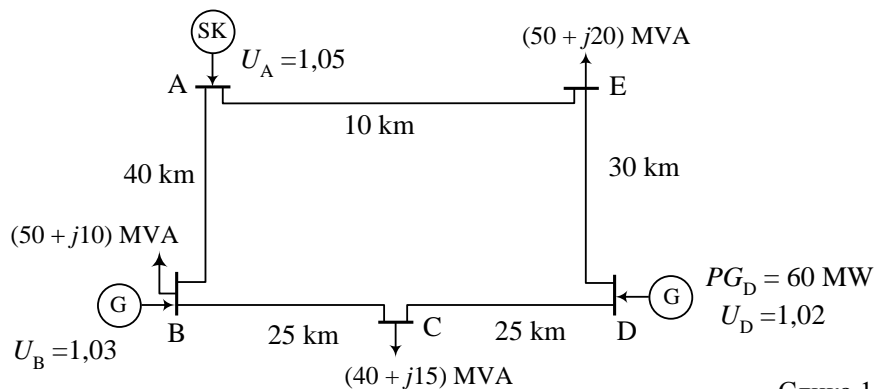
Задача 1. На сликата 1 е даден ЕЕС со номинален напон од 110 kV во којшто постојат три потрошувачи во јазлите В, С и Е коишто се напојуваат од два генератора во јазлите В и D. При тоа е познато дека ефективните вредности на напоните на јазлите В и D се $U_B = 1,03$ и $U_D = 1,02$, а во системот постои и синхрон компензатор во јазелот А којшто има задача да го одржува напонот на вредност $U_A = 1,05$. Во системот се познати активните и реактивните моќности на потрошувачите како и активната моќност на генераторот во јазелот D (прикажани се на сликата). Сите водови ги имаат следните надолжни параметри $r = 0,1 \ \Omega/\text{km}$, $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$ и $b = 0 \ \text{S}/\text{km}$, а нивните должини се дадени на сликата. Потребно е:

- а) да се пресметаат параметрите на водот А-Е во единечни вредности ($S_b = 100 \text{ MVA}$),
- б) да се изврши класификација и нумерација на јазлите,
- в) да се одреди редот на матриците \mathbf{B}' и \mathbf{B}'' (со образложение) и потоа да се пресмета елементот од матрицата \mathbf{B}'' којшто се однесува на јазелот С (да се користи верзијата ХВ),
- г) да се одредат загубите на активна и реактивна моќност во преносната мрежа ако со пресметки е добиено дека инјектираните моќности во јазлите изнесуваат

$$\underline{S} = \begin{bmatrix} j65,2932 \\ 30,9937 - j3,9409 \\ -40 - j15 \\ 60 - j22,3751 \\ -50 - j20 \end{bmatrix} \text{ MVA.}$$

- д) *Бонус:* да се процени (со образложение) за колку ќе се зголемат загубите на активна и реактивна моќност во преносната мрежа ако потрошувачот во јазелот В ја зголеми својата моќност за 10%.

(5×10 п.)



Слика 1.

Задача 2. За ЕЕС од сликата 1 е познато дека минималните и максималните дозволени вредности на напоните на сите јазли изнесуваат 0,95 pu и 1,05 pu, додека максимално дозволените привидни моќности на сите гранки изнесуваат 1,2 pu. Податоците за генераторите се дадени во табелата 1, а за синхронизираниот компензатор е познато дека може да има реактивна моќност во интервалот од 0 до 50 Mvar. Се разгледува оптимален режим на работа во којшто е направена минимизација на производните трошоци на генераторите. Потребно е:

- да се напише изразот за функцијата на цел, а потоа да се пресмета нејзината вредност ако моќностите на генераторите се $PG_B = 0,5$ pu и $PG_D = 0,909$ pu ($S_b = 100$ MVA),
- да се напишат контролните и зависните променливи во системот,
- Бонус:* да се утврди дали се исполнети ограничувањата за зависните променливи кај генераторите врз основа на работниот режим даден на сликата 1 познавајќи ги и инјектираните моќности во јазлите

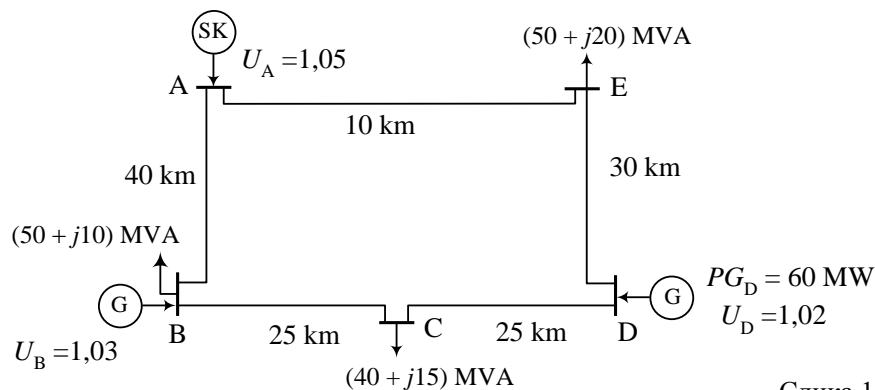
$$\underline{S} = \begin{bmatrix} j65,2932 \\ 30,9937 - j3,9409 \\ -40 - j15 \\ 60 - j22,3751 \\ -50 - j20 \end{bmatrix} \text{ MVA,}$$

- да се одреди колку ограничувања од типот на равенство ќе има при оптимизацијата и да се напише едно од нив,
- да се напише едно ограничување од типот на неравенство за една зависна променлива во системот.

Табела 1. Карактеристики на генераторите

Јазел	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)	Q_{\min} (Mvar)	Q_{\max} (Mvar)
B	50	100	0	60	5	0	40
D	50	120	0	80	1	-10	40

(5×10 п.)



Слика 1.

I колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (05.11.2010)

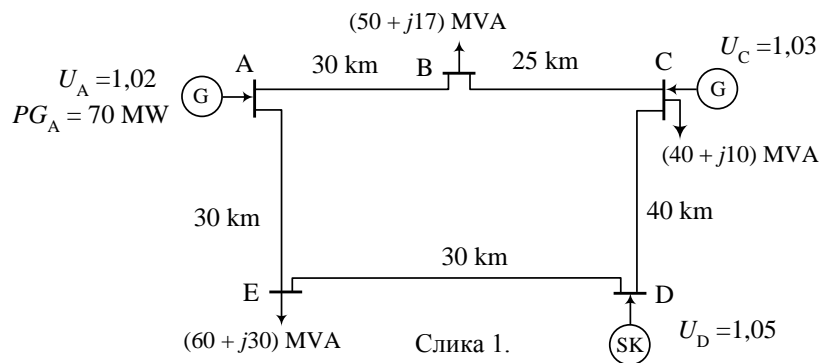
Задача 1. На сликата 1 е даден ЕЕС со номинален напон од 110 kV во којшто постојат три потрошувачи во јазлите В, С и Е коишто се напојуваат од два генератора во јазлите А и С. При тоа е познато дека ефективните вредности на напоните на јазлите А и С се $U_A = 1,02$ и $U_C = 1,03$, а во системот постои и синхрон компензатор во јазелот А којшто има задача да го одржува напонот на вредност $U_D = 1,05$. Во системот се познати активните и реактивните моќности на потрошувачите како и активната моќност на генераторот во јазелот А (прикажани се на сликата). Сите водови ги имаат следните надолжни параметри $r = 0,1 \ \Omega/\text{km}$, $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$ и $b = 0 \ \text{S}/\text{km}$, а нивните должини се дадени на сликата. Потребно е:

- а) да се пресметаат параметрите на водот А-Е во единечни вредности ($S_b = 100 \text{ MVA}$),
- б) да се изврши класификација и нумерација на јазлите,
- в) да се одреди редот на матриците \mathbf{B}' и \mathbf{B}'' (со образложение) и потоа да се пресмета елементот од матрицата \mathbf{B}'' којшто се однесува на јазелот Е (да се користи верзијата ХВ),
- г) да се одредат загубите на активна и реактивна моќност во преносната мрежа ако со пресметки е добиено дека инјектираните моќности во јазлите изнесуваат

$$\underline{S} = \begin{matrix} \text{A} \\ \text{B} \\ \text{C} \\ \text{D} \\ \text{E} \end{matrix} \begin{bmatrix} 70 - j0,378 \\ -50 - j17 \\ 41,349 - j3,156 \\ j55,929 \\ -60 - j30 \end{bmatrix} \text{ MVA} .$$

- д) *Бонус:* да се процени (со образложение) за колку ќе се зголемат загубите на активна и реактивна моќност во преносната мрежа ако потрошувачот во јазелот С ја зголеми својата моќност за 10 MW. Матрицата \underline{Y} е дадена под сликата 1.

(10 + 15 + 15 + 10 + 15 п.)



Матрица \underline{Y}

	A	B	C	D	E
A	4,745 - j18,980	-2,373 + j9,490	0	0	-2,373 + j9,490
B	-2,373 + j9,490	5,220 - j20,878	-2,847 + j11,388	0	0
C	0	-2,847 + j11,388	4,626 - j18,506	-1,779 + j7,118	0
D	0	0	-1,779 + j7,118	4,152 - j16,608	-2,373 + j9,490
E	-2,373 + j9,490	0	0	-2,373 + j9,490	4,745 - j18,980

Задача 2. За ЕЕС од сликата 1 е познато дека минималните и максималните дозволени вредности на напоните на сите јазли изнесуваат 0,95 pu и 1,05 pu, додека максимално дозволениот привидни моќности на сите гранки изнесуваат 1,2 pu. Податоците за генераторите се дадени во табелата 1, а за синхронизатор е познато дека може да има реактивна моќност во интервалот од 0 до 40 Mvar. Се разгледува оптимален режим на работа во којшто е направена минимизација на производните трошоци на генераторите. Потребно е:

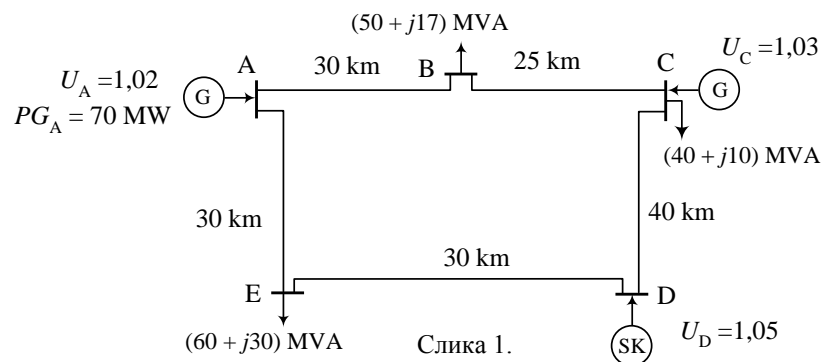
- да се напише изразот за функцијата на цел, а потоа да се пресмета нејзината вредност ако моќностите на генераторите се $PG_A = 101,3 \text{ MW}$ и $PG_C = 50 \text{ MW}$ ($S_b = 100 \text{ MVA}$),
- да се наведат контролните и состојбените променливи во системот,
- да се одреди колку ограничувања од типот на неравенство ќе има при оптимизацијата и да се напише едно од нив,
- да се утврди дали се исполнети ограничувањата за зависните променливи кај генераторите врз основа на работниот режим даден на сликата 1 познавајќи ги и инјектираните моќности во јазлите

$$\underline{S} = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} \begin{bmatrix} 70 - j0,378 \\ -50 - j17 \\ 41,349 - j3,156 \\ j55,929 \\ -60 - j30 \end{bmatrix} \text{ MVA},$$

Табела 1. Карактеристики на генераторите

Јазел	$P_{\min}(\text{MW})$	$P_{\max}(\text{MW})$	$a (\text{€/h})$	$b (\text{€/MWh})$	$c (\text{€/MW}^2\text{h})$	$Q_{\min}(\text{Mvar})$	$Q_{\max}(\text{Mvar})$
A	50	120	0	80	1	-10	40
C	50	100	0	60	5	0	40

(10 + 10 + 15 + 15 п.)

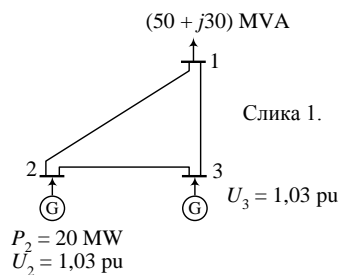


I колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (24.11.2011)

Задача 1. Во една трафостаница со номинални напони 400 kV и 110 kV инсталиран е трансформатор со номинални напони $400 \pm 5 \times 2,5\% / 115,5$ kV/kV при што регулационата преклопка се наоѓа на позиција 0. Дали во еквивалентната шема на овој трансформатор ќе ги има попречните гранки \underline{Y}_2 и \underline{Y}_3 ? Да се образложи одговорот.

(10 п.)

Задача 2. За ЕЕС прикажан на сликата 1 познати се матрицата на адмитанции (во единечни вредности), како и ефективните вредности на напоните (во единечни вредности) и нивните фазни агли (во степени). Исто така е познато дека базната моќност изнесува $S_b = 100$ MVA. Дали врз основа на дадените податоци може да се пресметаат загубите на активна моќност во системот? Ако одговорот е позитивен да се наведе постапка (без нумерички пресметки) според која би се пресметале загубите. Доколку одговорот е негативен да се даде образложение зошто е негативен.



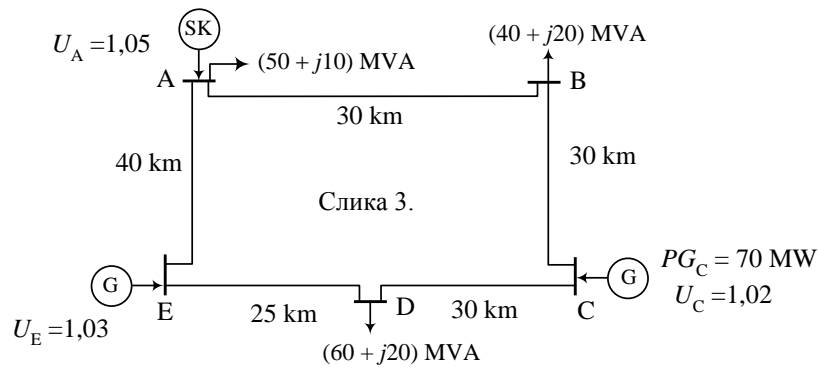
$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} 3 - j6 & -2 + j4 & -1 + j2 \\ -2 + j4 & 4 - j10 & -2 + j6 \\ -1 + j2 & -2 + j6 & 3 - j8 \end{bmatrix} \quad \underline{U} = \begin{bmatrix} 0,952 \\ 1,03 \\ 1,03 \end{bmatrix} \quad \underline{\theta} = \begin{bmatrix} -3,48 \\ -1,12 \\ 0 \end{bmatrix}$$

(20 п.)

Задача 3. На сликата 3 е даден ЕЕС со номинален напон од 110 kV во којшто постојат три потрошувачи во јазлите А, В и D коишто се напојуваат од два генератора во јазлите С и Е. При тоа е познато дека ефективните вредности на напоните на јазлите С и Е се $U_C = 1,02$ и $U_E = 1,03$, а во системот постои и синхрон компензатор во јазелот А којшто има задача да го одржува напонот на вредност $U_A = 1,05$. Во системот се познати активните и реактивните моќности на потрошувачите како и активната моќност на генераторот во јазелот С (прикажани се на сликата). Сите водови ги имаат следните надолжни параметри $r = 0,1 \ \Omega/\text{km}$, $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$ и $b = 0 \ \text{S}/\text{km}$, а нивните должини се дадени на сликата. Потребно е:

- а) да се пресметаат параметрите на водот В-С во единечни вредности ($S_b = 100$ MVA),
- б) да се изврши класификација и нумерација на јазлите,
- в) да се одреди редот на матриците \mathbf{B}' и \mathbf{B}'' (со образложение) и потоа да се пресмета елементот од матрицата \mathbf{B}'' којшто се однесува на јазелот С (да се користи верзијата ХВ),
- г) *Бонус:* Дали ќе настане промена на загубите на активна моќност во преносната мрежа ако потрошувачот во јазелот А ја намали својата реактивна моќност за 10 Mvar. Да се образложи одговорот.

(3×10 + 15 п.)



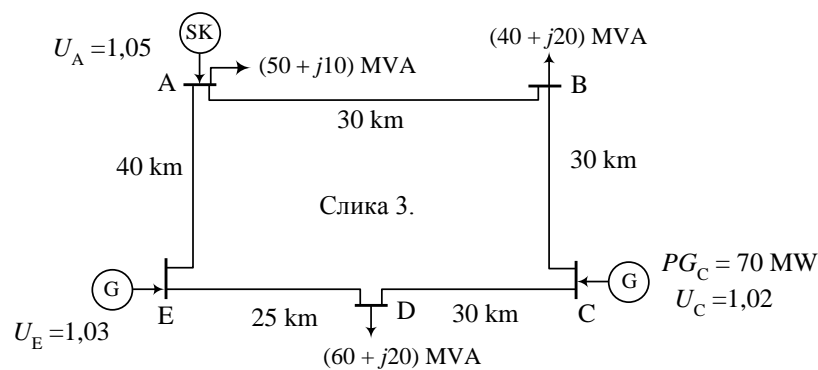
Задача 4. За ЕЕС од сликата 3 е познато дека минималните и максималните дозволени вредности на напоните на сите јазли изнесуваат 0,95 pu и 1,05 pu, додека максимално дозволениот привидни моќности на сите гранки изнесуваат 1,2 pu. Податоците за генераторите се дадени во табелата 1, а за синхронизираниот компензатор е познато дека може да има реактивна моќност во интервалот од 0 до 50 Mvar. Се разгледува оптимален режим на работа во којшто е направена минимизација на производните трошоци на генераторите. Потребно е:

- да се напише изразот за функцијата на цел, а потоа да се пресмета нејзината вредност ако моќностите на генераторите се $P_{G_C} = 81,6 \text{ MW}$ и $P_{G_C} = 70 \text{ MW}$ ($S_b = 100 \text{ MVA}$),
- да се наведат контролните и состојбените променливи во системот,
- да се одреди колку ограничувања од типот на равенство ќе има при оптимизацијата и да се напише за кои променливи се однесуваат,
- да се утврди дали се исполнети ограничувањата за зависните променливи кај синхронизираниот компензатор ако е познато дека инјектираната моќност во јазелот А изнесува $\underline{S}_A = (-50 + j13,4) \text{ MVA}$.

Табела 1. Карактеристики на генераторите

Јазел	$P_{\min}(\text{MW})$	$P_{\max}(\text{MW})$	$a (\text{€/h})$	$b (\text{€/MWh})$	$c (\text{€/MW}^2\text{h})$	$Q_{\min}(\text{Mvar})$	$Q_{\max}(\text{Mvar})$
С	40	100	0	60	0	0	50
Е	70	110	0	80	0	-20	50

(4×10 п.)

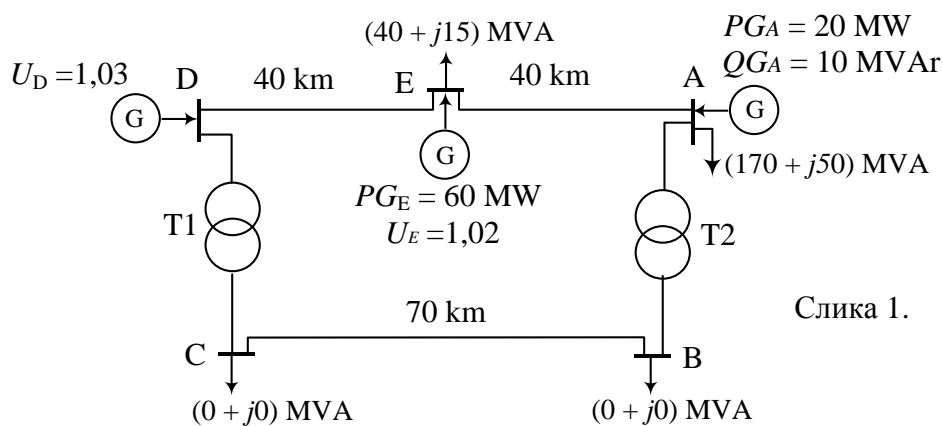


I колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (10.11.2012)

1. На сликата 1 е даден ЕЕС со номинални напони од 110 kV и 220 kV во кој што постојат неколку потрошувачи кои што се напојуваат преку три генератори во јазлите А, D и Е. При тоа е познато дека ефективните вредности на напоните на јазлите D и Е се $U_D = 1,03$ и $U_E = 1,02$, а позната е и активната моќност на генераторот во јазлот Е, како и активната и реактивната моќност на генераторот во јазол А.

Сите водови (на 110 kV и 220 kV напонско ниво) ги имаат следните надолжни параметри $r = 0,1 \ \Omega/\text{km}$, $x = 0,4 \ \Omega/\text{km}$ и $b = 2,7 \ \text{S}/\text{km}$, а нивните должини се дадени на сликата.

Трансформаторите се со преносен однос $(231 \pm 5 \times 2,5\%) / 115,5 \text{ kV}/\text{kV}$, номинална моќност од 150 MVA, и напон на куса врска од 11%, преклопката на T2 е на -5%, додека преклопката на T1 е на 0.



Слика 1.

Потребно е:

- да се изврши класификација и нумерација на јазлите,
- да се одреди редот на матриците B' и B'' (со образложение) и потоа да се пресмета елементот од матрицата B'' кој што се однесува на јазелот B,
- да се одреди колку најмалку треба да изнесува активната моќност на генераторот во балансниот јазел.
- за колку ќе се промени редот на матрицата B'' ако генераторот во јазелот Е има активна моќност еднаква на нула, а и понатаму ја одржува вредноста на напонот на јазелот Е на вредност од 1,02? Да се образложи одговорот.
- да се пресмета текот на активна моќност на почетокот на 220 kV вод C-B ако напоните на неговиот почеток и крај се еднакви $U_C = U_B = 220 \text{ kV}$ и напонот во јазелот B заостанува за 5° во однос на напонот во јазол C. При пресметката да се занемарат активната отпорност и капацитивноста на водот ($r = 0$ и $b = 0$).

(10+20+10+10+20 п.)

2. За ЕЕС од сликата 1 е познато дека минималните и максималните дозволени вредности на напоните на сите јазли изнесуваат 0,95 pu и 1,05 pu, додека максимално дозволениите привидни моќности на сите гранки изнесуваат 1,6 pu. Податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Се разгледува оптимален режим на работа во кој е направена минимизација на производните трошоци на генераторите. Потребно е:

- а) да се напише изразот за функцијата на цел, а потоа да се пресмета нејзината вредност ако моќностите на генераторите се $PG_A = 0,5$ pu, $PG_D = 1,1$ pu и $PG_E = 0,5$ pu ($S_b = 100$ MVA),
- б) да се идентификуваат контролните и зависните променливи во системот,
- в) да се одреди колку ограничувања од типот на равенство ќе има при оптимизацијата и да се напише едно од нив,
- г) да се напише едно ограничување од типот на неравенство за една контролна и една зависна променлива во системот.

Табела 1. Карактеристики на генераторите

Јазел	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)	Q_{\min} (Mvar)	Q_{\max} (Mvar)
A	0	50	0	60	0	0	40
D	50	200	0	50	0	-10	40
E	50	120	0	50	0	-10	40

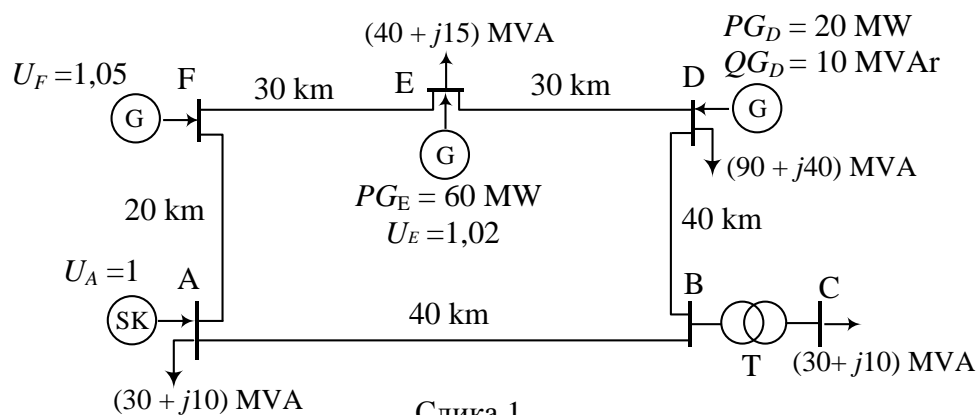
(30 п.)

I колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (15.11.2013)

1. На сликата 1 е даден ЕЕС со во кој што постојат неколку потрошувачи кои што се напојуваат преку три генератори во јазлите D, E и F. При тоа е познато дека ефективните вредности на напоните на јазлите A, E и F се $U_A = 1$ pu, $U_E = 1,02$ pu и $U_F = 1,05$ pu, а позната е и активната моќност на генераторот во јазолот E, како и активната и реактивната моќност на генераторот во јазол D.

Сите водови ги имаат следните надолжни параметри $r = 0,1 \text{ } \Omega/\text{km}$, $x = 0,4 \text{ } \Omega/\text{km}$ и $b = 2,7 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$, а нивните должини се дадени на сликата.

Трансформаторот е со преносен однос $(115,5 \pm 10 \times 1,5\%) / 10,5 \text{ kV}/\text{kV}$, номинална моќност од 31,5 MVA, и напон на куса врска од 11% ($X_T^{110} = 46,585 \text{ } \Omega$, R_T се занемарува), преклопката на T е на позиција -5.



Слика 1.

Потребно е:

- да се пресмета еквивалентната шема на трансформаторот,
- да се изврши класификација и нумерација на јазлите,
- да се одреди редот на матриците B' и B'' (со образложение) и потоа да се пресмета елементот од матрицата B'' кој што се однесува на јазелот B (XB метод),
- да се одреди колку најмалку треба да изнесува активната моќност на генераторот во балансниот јазел, ако се знае дека загубите на активна моќност во мрежата изнесуваат 2% од вкупната потрошувачка.
- да се пресмета текот на активна моќност на почетокот на вод A-B ако напоните на неговиот почеток и крај се еднакви $U_A = U_B = 110 \text{ kV}$ и напонот во јазолот B заостанува за 5° во однос на напонот во јазол A. При пресметката да се занемарат активната отпорност и капацитивноста на водот ($r = 0$ и $b = 0$).

(10+5+15+10+15 п.)

2. За ЕЕС од сликата 1 е познато дека минималните и максималните дозволени вредности на напоните на сите јазли изнесуваат 0,95 р.и. и 1,05 р.и., додека максимално дозволениите привидни моќности на сите водови изнесуваат 0,8 р.и.. Податоците за генераторите се дадени во табелата 1. Синхрониот компензатор може да произведува реактивна моќност од -15 Mvar до 30 Mvar. Се разгледува оптимален режим на работа во кој е направена минимизација на производните трошоци на генераторите. Потребно е:

- а) да се напише изразот за функцијата на цел, а потоа да се пресмета нејзината вредност ако моќностите на генераторите се $PG_D = 0,3$ р.и., $PG_E = 0,6$ р.и. и $PG_F = 1,04$ р.и. ($S_b = 100$ MVA). Колку најмалку може да изнесува функцијата на цел ако не се земат во предвид ограничувањата на моќностите низ гранките од мрежата и загубите на активна моќност во мрежата?
- б) да се идентификуваат контролните и зависните променливи во системот,
- в) да се одреди колку ограничувања од типот на равенство ќе има при оптимизацијата и да се напише едно од нив,
- г) да се напише едно ограничување од типот на неравенство за една контролна и една зависна променлива во системот.
- д) ако пресметаната инјектирана моќност во јазолот А изнесува $S_A = (-25 + j30)$ MVA, да се провери дали е направена грешка во пресметката и дали реактивната моќност на синхрониот компензатор е во дозволениите граници.

Табела 1. Карактеристики на генераторите

Јазел	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)	Q_{\min} (Mvar)	Q_{\max} (Mvar)
D	0	50	0	60	0	0	40
E	50	80	0	50	0	-10	40
F	100	200	0	40	0	-10	100

(10+5+10+10+10 п.)

II колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (25.01.2008)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС кој се состои од 3 генератори. Моќноста на сите потрошувачи во системот изнесува 240 MW. Да се одреди оптималното ангажирање на генераторите како и нивните моќности така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат трошоците.

Табела 1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	150	220	211	50	0,28
2	80	150	226	32	0,25
3	100	160	593	44	0,15

(30 п.)

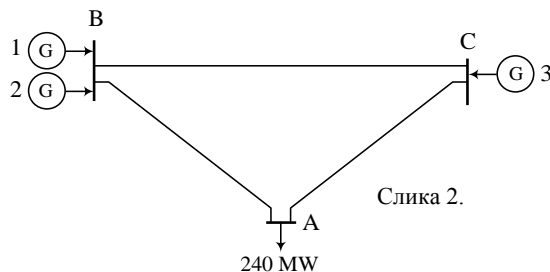
Задача 2. При решавањето на проблемот на оптимално ангажирање на 5 генератори користена е алатката Solver од Excel. При тоа вредностите на промеливите A_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) кои ги содржат статусите на вклученост/исклученост на генераторите се сместени во ќелиите G2:G6, додека вредностите на промеливите PG_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) кои ги содржат моќностите на генераторите се сместени во ќелиите H2:H6 (Слика 1). Поради одредени причини, во разгледуваниот систем, е воведено дополнително ограничување во кое се бара без оглед на трошоците генераторите 1 и 2 да мора да бидат во погон. Што треба да се нагоди во алатката Solver за да се исполни дополнителното ограничување?

	F	G	H
1	Бр.	A_i	PG_i (MW)
2	1	0	150.000
3	2	1	105.000
4	3	1	135.000
5	4	0	98.000
6	5	1	180.000

Слика 1.

(25 п.)

Задача 3. Нека трите генератори од задачата 1 се поврзани на преносна мрежа како што тоа е прикажано на сликата 2, при што е позната матрицата H . Даден е работен режим во кој без да се води сметка за мрежата одредено е дека ќе бидат ангажирани првиот и третиот генератор при што нивните моќности ќе изнесуваат 90 и 150 MW соодветно. Освен тоа е познато дека максимално дозволените моќности за сите гранки изнесуваат 130 MW. Дали ако при одредувањето на оптималното ангажирање на генераторите се води сметка за максималните моќности во гранките ќе се добие поинакво решение? Дали некоја гранка би била проблематична и зошто?

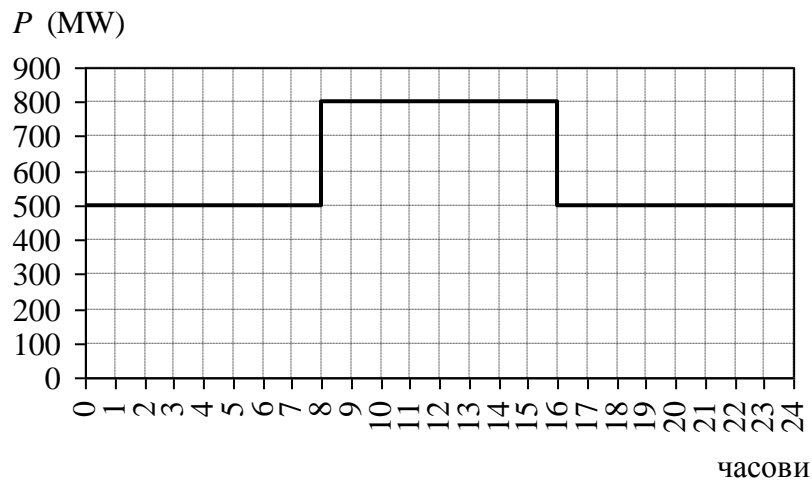


Слика 2.

$$H = \begin{matrix} B-A \\ C-A \\ C-B \end{matrix} \begin{bmatrix} 0,62 & 0,62 & 0,31 \\ 0,38 & 0,38 & 0,69 \\ -0,38 & -0,38 & 0,31 \end{bmatrix}$$

(20 п.)

Задача 4. Во еден ЕЕС во кој работат една термоцентрала и една хидроцентрала моќноста на потрошувачите во текот на денот се менува според дијаграмот прикажан на сликата 3. Зависноста на протокот на вода од активната моќност на хидроцентралата е дадена со изразот $q_2 = 80000 + 7 \cdot P_2^2$ m³/h. Во текот на денот хидроцентралата треба да работи со константна моќност чија вредност треба да се одреди така што таа ќе потроши вкупно $6 \cdot 10^6$ m³ вода. Останатата моќност за покривање на вкупните потреби на потрошувачите се обезбедува од термоцентралата. Да се одреди колку енергија во текот на денот ќе произведе секоја од централите.



Слика 3.

(25 п.)

II колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (24.01.2009)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС кој што се состои од 3 генератори, при што од одредени причини генераторот бр. 3 мора да биде во погон. Моќноста на сите потрошувачи во системот изнесува 305 MW. Да се одреди оптималното ангажирање на генераторите како и нивните моќностите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат трошоците.

Табела 1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	150	250	0	60	0,3
2	100	200	0	70	0,3
3	160	300	0	50	0,2

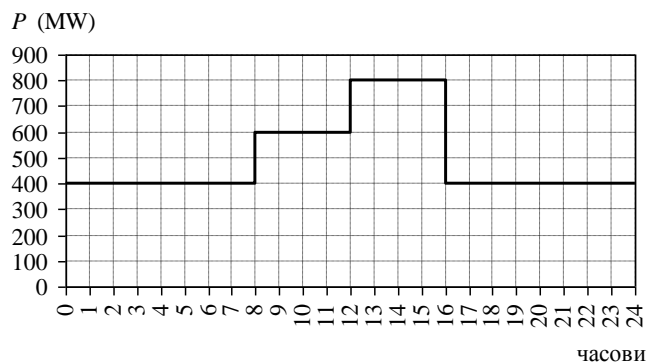
Задача 2. При решавањето на проблемот на оптимално ангажирање на 6 генератори користена е алатката Solver од Excel. При тоа вредностите на променливите A_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) кои што ги содржат статусите на вклученот/исклученост на генераторите се сместени во ќелиите G2:G7, додека вредностите на променливите PG_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) кои што ги содржат моќностите на генераторите се сместени во ќелиите H2:H7 (Слика 1). Поради одредени причини, е воведено дополнително ограничување во кое што се бара вкупната моќност на генераторите 2 и 3 да изнесува 150 MW. Што треба да се дополни во работниот лист и во алатката Solver за да се исполни дополнителното ограничување? Да се напише кратко образложение.

Задача 3. Во еден ЕЕС во кој што работат една термоцентрала и една хидроцентрала моќноста на потрошувачите во текот на денот се менува според дијаграмот прикажан на сликата 2. Зависноста на протокот на вода од активната моќност на хидроцентралата е дадена со изразот $q_2 = 50000 + 10 \cdot P_2^2$ m³/h. Се разгледуваат следните два случаја:

- Хидроцентралата е во погон во периодот од 8 до 16 часот при што таа работи со константна моќност чија што вредност треба да се одреди така што таа ќе потроши вкупно $3,6 \cdot 10^6$ m³ вода за еден ден. Останатата моќност за покривање на вкупните потреби на потрошувачите се обезбедува од термоцентралата. Да се одреди колку енергија во текот на денот ќе произведе секоја од централите ако е познато дека не постојат никакви ограничувања за нивните моќности;
- Хидроцентралата е во погон во периодот од 8 до 16 часот при што нејзината моќност треба да биде најмалку 200 MW. Останатата моќност за покривање на вкупните потреби на потрошувачите се обезбедува од термоцентралата чија што минималната моќност изнесува 400 MW, а максималната моќност изнесува 550 MW. Да се одреди колку вода во текот на денот ќе потроши хидроцентралата во ваквиот режим на работа.

	A	G	H	I
1	i	A_i	PG_i (MW)	$A_i \cdot PG_i$ (MW)
2	1	0	50.000	0.000
3	2	1	50.000	50.000
4	3	1	84.380	84.380
5	4	1	127.457	127.457
6	5	0	70.708	0.000
7	6	1	58.163	58.163

Слика 1.



Слика 2.

Поени: 1) 30; 2) 20; 3) 50.

II колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (18.12.2009)

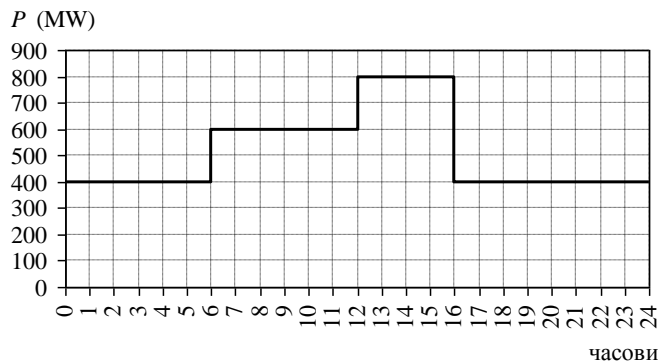
Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС кој што се состои од 3 генератори, при што од одредени причини генераторот бр. 2 мора да биде во погон. Моќноста на сите потрошувачи во системот изнесува 340 MW. Да се одреди оптималното ангажирање на генераторите како и нивните моќностите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални.

Табела 1.

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	160	270	0	70	0,25
2	120	205	0	60	0,25
3	190	320	0	50	0,2

Задача 2. Во еден ЕЕС во кој што работат една термоцентрала и една хидроцентрала моќноста на потрошувачите во текот на денот се менува според дијаграмот прикажан на сликата 1. Трошоците за работа на термоцентралата се дадени со изразот $F_1 = 50 \cdot P_1 + 0,2 \cdot P_1^2$ €/h, а зависноста на протокот на вода од активната моќност на хидроцентралата е дадена со изразот $q_2 = 367 \cdot P_2$ m³/h, при што моќноста на термоцентралата P_1 како и моќноста на хидроцентралата P_2 се изразуваат во MW. За хидроцентралата е познато и дека таа има на располагање 367000 m³ вода за еден ден. Да се решат следните случаи:

- Колку часови во денот може да работи хидроцентралата со моќност од 200 MW?
- Хидроцентралата е во погон во периодот од 11 до 16 часот при што таа работи со константна моќност чија што вредност треба да се определи така што таа ќе ја потроши сета вода предвидена за еден ден. Да се определи колкава ќе биде моќноста на термоцентралата за секој дел од денот и да се пресмета колку енергија ќе произведе секоја од централите. Потоа, за термоцентралата да се пресметаат трошоците за работа за целиот ден.
- Хидроцентралата е во погон во периодот од 6 до 16 часот при што таа работи со константна моќност чија што вредност треба да се определи така што таа ќе ја потроши сета вода предвидена за еден ден. Да се определи колкава ќе биде моќноста на термоцентралата за секој дел од денот и да се пресметаат трошоците за работа за целиот ден. Дали трошоците се поголеми во споредба со случајот под б) и зошто е тоа така?



Слика 1.

Поени: 1) 40; 2) 10 + 25 + 25.

II колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (28.12.2010)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС (прикажан на сликата 1) кој што се состои од 3 генератори, при што вкупната моќност на потрошувачите во системот изнесува 400 MW. Да се одреди:

а) Оптималното ангажирање на генераторите како и нивните моќностите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh).

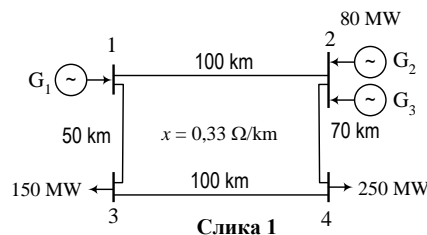
(30 п.)

б) Да се провери дали работниот режим добиен под а) е прифатлив во поглед на ограничувањата на преносната мрежа ако е познато дека секоја од гранките може да пренесе најмногу по 200 MW. Ако има проблеми да се предложи решение (со други вредности на моќностите на генераторите) во кое ќе се надмине прекршеното ограничување без притоа да се води сметка за трошоците за работа на системот. Матрицата H е дадена во табелата 2.

(30 п.)

Табела 1. Податоци за генераторите

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	155	240	0	60	0,2
2	100	195	0	70	0,2
3	150	200	0	55	0,2



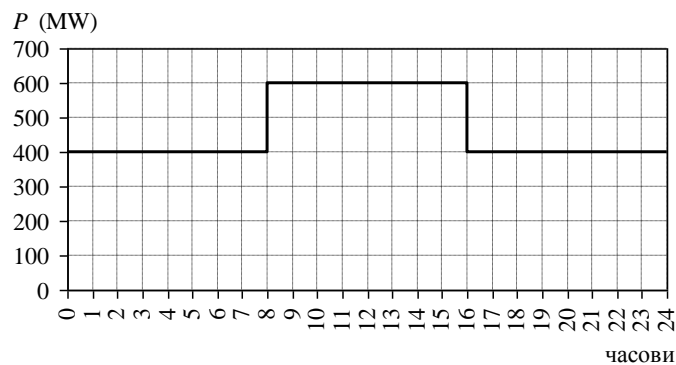
Слика 1

Табела 2. Матрица H

		Генератор		
		G_1	G_2	G_3
Гранка	1-2	0,29	□0,39	□0,39
	1-3	0,71	0,39	0,39
	3-4	0,33	0,02	0,02
	2-4	0,29	0,61	0,61

Задача 2. Во еден ЕЕС во кој што работат една термоцентрала и една хидроцентрала моќноста на потрошувачите во текот на денот се менува според дијаграмот прикажан на сликата 2. Трошоците за работа на термоцентрала се дадени со изразот $F_1 = 50 \cdot P_1$ €/h, а зависноста на протокот на вода од активната моќност на хидроцентрала е дадена со изразот $q_2 = 400 \cdot P_2$ m³/h, при што моќноста на термоцентрала P_1 како и моќноста на хидроцентрала P_2 се изразуваат во MW. За хидроцентрала е познато дека таа има на располагање 420.000 m³ вода за еден ден. Да се решат следните случаи:

- а) Колку часови во денот може да работи хидроцентрала со моќност од 200 MW? (10 п.)
- б) Хидроцентрала е во погон во периодот од 8 до 16 часот при што таа работи со константна моќност чија што вредност треба да се определи така што таа ќе ја потроши сета вода предвидена за еден ден. Да се определи колкава ќе биде моќноста на термоцентрала за секој дел од денот и да се пресмета колку енергија ќе произведе секоја од централите. Потоа, за термоцентрала да се пресметаат трошоците за работа за целиот ден. (20 п.)
- в) Дали вкупните трошоци под б) ќе се променат ако хидроцентрала е во погон во текот на целиот ден и ако таа работи со константна моќност? Да се даде кусо образложение. (10 п.)



Слика 2. Дијаграм на оптоварување

II колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (26.12.2011)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС (прикажан на сликата 1) кој што се состои од 3 генератори, при што вкупната моќност на потрошувачите во системот изнесува 405 MW. Да се одреди:

а) Оптималното ангажирање на генераторите како и нивните моќностите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh).

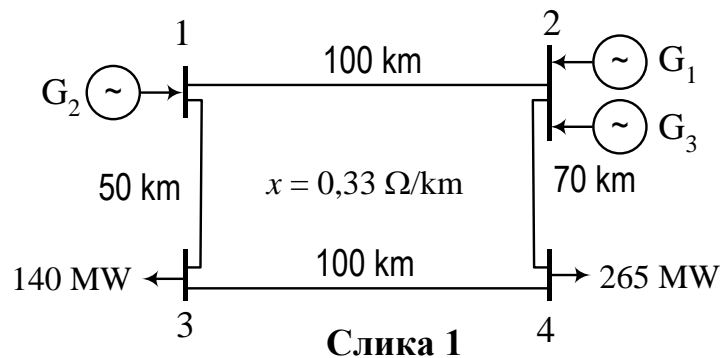
(30 п.)

б) Да се провери дали работниот режим добиен под а) е прифатлив во поглед на ограничувањата на преносната мрежа ако е познато дека секоја од гранките може да пренесе најмногу по 205 MW. Ако има проблеми да се предложи решение (со други вредности на моќностите на генераторите) во кое ќе се надмине прекршеното ограничување без притоа да се води сметка за трошоците за работа на системот. Матрицата H е дадена во табелата 2.

(30 п.)

Табела 1. Податоци за генераторите

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	130	250	0	85	0.2
2	120	170	0	90	0.2
3	120	150	0	85	0.2



Слика 1

Табела 2. Матрица H

Гранка	Генератор		
	G_1	G_2	G_3
1-2	□ 0,39	0,29	□ 0,39
1-3	0,38	0,70	0,38
3-4	0,04	0,35	0,04
2-4	0,61	0,29	0,61

Задача 2. Во еден ЕЕС во кој што работат една термоцентрала и две хидроцентрали моќноста на потрошувачите во текот на денот се менува според дијаграмот прикажан на сликата 2. Индексите со кои се означени централите се: 1) првата хидроцентрала, 2) втората хидроцентрала и 3) термоцентралата. Зависноста на протокот на вода од активната моќност кај хидроцентралите е дадена со изразите $q_1 = 400 \cdot P_1 \text{ m}^3/\text{h}$ и $q_2 = 300 \cdot P_2 \text{ m}^3/\text{h}$. Трошоците за работа на термоцентралата се дадени со изразот $f_3 = 100 \cdot P_3 \text{ €/h}$. Се разгледуваат следните два случаја:

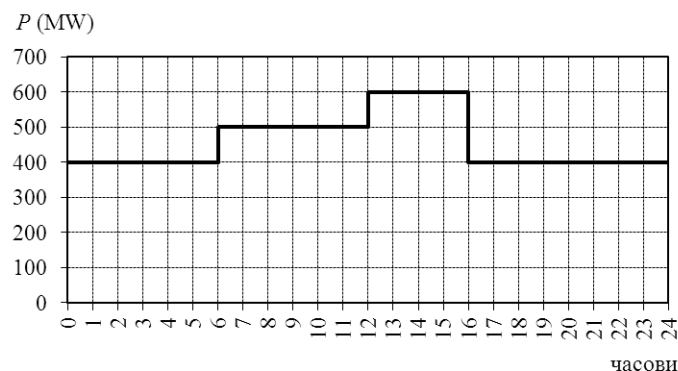
а) Термоцентралата работи со константна моќност во текот на целиот ден, додека хидроцентралите се во погон во периодот од 6 до 16 часот. Првата хидроцентрала работи со константна моќност чија што вредност треба да се одреди така што таа ќе потроши вкупно 400.000 m^3 вода. Останатата моќност за покривање на вкупните потреби на потрошувачите се обезбедува од втората хидроцентрала и од термоцентралата. Да се одреди:

- колку енергија во текот на денот ќе произведе секоја од централите ако е познато дека не постојат никакви ограничувања за нивните моќности,
- колку вода ќе потроши втората хидроцентрала.

(20 п.)

б) Работниот режим е идентичен како во случајот а) со тоа што во овој случај втората хидроцентрала смее да потроши 96.000 m^3 вода. Да се одреди за колку ќе се зголемат трошоците за работа за целиот ден за термоцентралата.

(20 п.)



Слика 2. Дијаграм на оптоварување

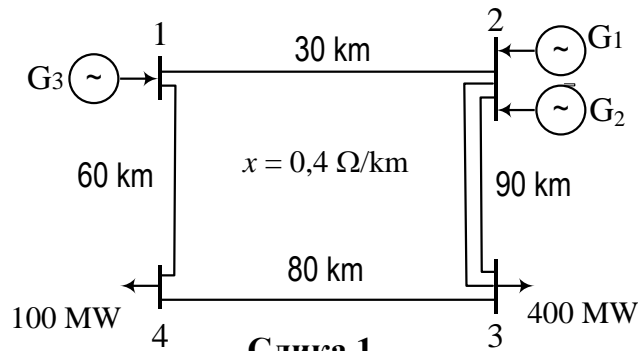
II колоквиум по предметот РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕЕС (11.12.2014)

Задача 1. Во табелата 1 се дадени податоците за карактеристиките на генераторите во еден ЕЕС (прикажан на сликата 1) во кој постојат 3 генератори, при што вкупната моќност на потрошувачите во системот изнесува 500 MW. Познато дека секоја од гранките може да пренесе најмногу по 250 MW моќност. Да се одреди:

- а) Оптималното ангажирање на генераторите како и нивните моќностите така што вкупните трошоци во системот да бидат минимални, а потоа да се пресметаат вкупните трошоци за работа (€/h) како и цената на произведената електрична енергија (€/MWh). При ангажирањето на генераторите да не се земаат во предвид ограничувањата од мрежата. Зошто не е можно да се ангажираат генераторите 2 и 3? (35 п.)
- б) Дали ќе се променат трошоците при оптимално ангажирање на генераторите добиени под а) ако се земат во предвид ограничувањата од мрежата? (10 п.)
- в) Се разгледува режим на работа со испаднат еден од паралелните водови 2-3. Дали во овој случај ќе бидат надминати ограничувањата на преносната мрежа? Ако има проблеми да се предложи решение (со други вредности на моќностите на генераторите) во кое ќе се надмине прекршеното ограничување без притоа да се води сметка за трошоците за работа на системот. (25 п.)

Табела 1. Податоци за генераторите

Бр.	P_{\min} (MW)	P_{\max} (MW)	a (€/h)	b (€/MWh)	c (€/MW ² h)
1	350	500	200	65	0.15
2	160	190	100	60	0.15
3	120	300	500	65	0.20



Слика 1

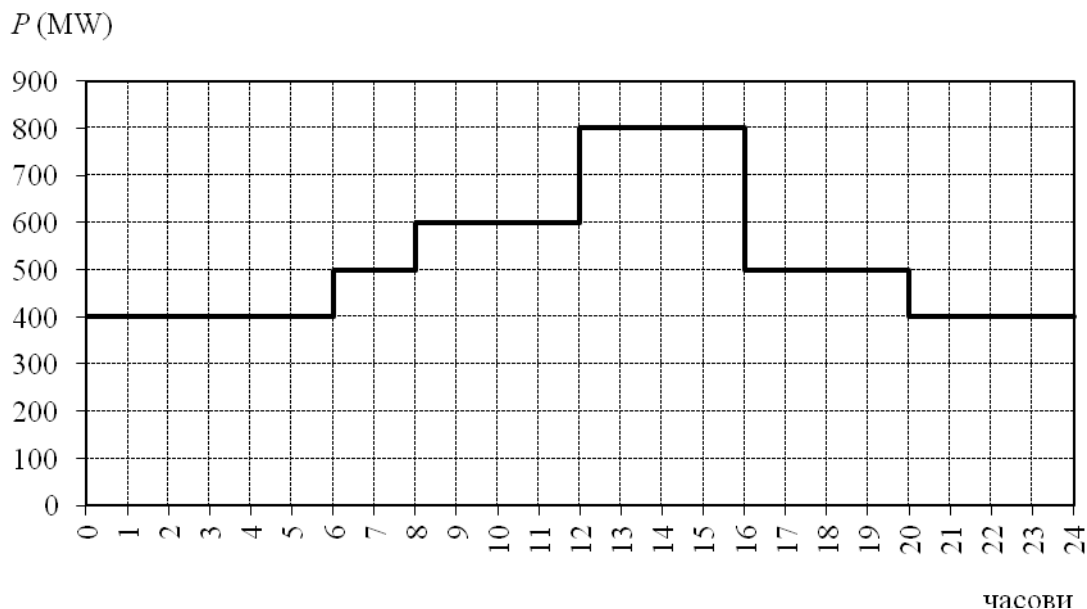
Табела 2. Матрица H

		G_1	G_2	G_3	со испад на еден вод 2-3		
		G_1	G_2	G_3	G_1	G_2	G_3
Гранка	1-2	-0.284	-0.284	0.577	-0.408	-0.408	0.477
	1-4	0.284	0.284	0.423	0.408	0.408	0.523
	4-3	0.084	0.084	0.223	0.208	0.208	0.323
	2-3	0.358	0.358	0.288	0.592	0.592	0.477
	2-3	0.358	0.358	0.288			

Задача 2. Во еден ЕЕС во кој што работат една термоцентрала и една хидроцентрала моќноста на потрошувачите во текот на денот се менува според дијаграмот прикажан на сликата 2. Трошоците за работа на термоцентрала се дадени со изразот $F_1 = 60 \cdot P_1 + 0,3 \cdot P_1^2$ €/h, а зависноста на протокот на вода од активната моќност на хидроцентрала е дадена со изразот $q_2 = 500 \cdot P_2$ m³/h, при што моќноста на термоцентрала P_1 како и моќноста на хидроцентрала P_2 се изразуваат во MW. За хидроцентрала е познато дека таа има на располагање $1,5 \cdot 10^6$ m³ вода за еден ден. Да се одредат енергијата на хидроцентрала и термоцентрала како и трошоците за работа на термоцентрала за следните случаи:

- Хидроцентрала со константна моќност во текот на целиот ден.
- Термоцентрала работи со константна моќност од 400 MW во текот на целиот ден. Дали хидроцентрала ќе има доволно вода во овој случај?
- Во кој случај се добиваат помали трошоци и зошто?

(30 п.)



Слика 2. Дијаграм на оптоварување