

## 题目 1:

(1)

$$H_1 = \begin{bmatrix} 1 & \eta_1 & 0 \\ 0 & \eta_2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_2 = [\eta_3 \quad 1] = [3 \quad 1]$$

$$H_3 = [1 \quad \eta_4] = [1 \quad 0.8]$$

$$A_{1, 3 \times 9} = \begin{matrix} \text{电} \\ \text{气} \\ \text{热} \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{2, 2 \times 9} = \begin{matrix} \text{电} \\ \text{冷} \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{3, 2 \times 9} = \begin{matrix} \text{冷} \\ \text{热} \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

% 此处 H、A 矩阵的行顺序也必须按照同样的能量种类排列

$$Z = H * A$$

$$Z_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.3 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Z_2 = [0 \quad 3 \quad 0 \quad 0 \quad 3 \quad 0 \quad 0 \quad -1 \quad 0]$$

$$Z_3 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0.8 \quad 0 \quad -1]$$

(2)

$$X = \begin{matrix} \text{电} \\ \text{气} \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{matrix} \text{电} \\ \text{冷} \\ \text{热} \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(3)

支路能量流向量:  $V = [V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9]^T$

$$V_{in} = [V_1 + V_2, V_3]^T$$

$$V_{out} = [V_1 + V_4, V_8 + V_9, V_6]^T$$

能源枢纽综合方程如下:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} V = \begin{bmatrix} V_{in} \\ V_{out} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \\ V_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 + V_2 \\ V_3 \\ V_1 + V_4 \\ V_8 + V_9 \\ V_6 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{为不可逆矩阵，选择最}$$

大无关组形成  $Q_B$

$$Q_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad Q_F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 3 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad Y \text{ 按照 } Q \text{ 相同的极大无关组选取方法，分解为 } Y_B \text{ 与 } Y_F$$

$$Y_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad Y_F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

由  $V_{out} = [-Y_B Q_B^{-1} R \quad Y_F - Y_B Q_B^{-1} Q_F] \begin{bmatrix} V_{in} \\ V_F \end{bmatrix}$ ，将以上各矩阵带入此式，可得：

$$V_{out} = \begin{bmatrix} 1 & 0.3 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 3 & 0.8 \\ 0 & 0.4 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{in} \\ V_F \end{bmatrix}$$

自由度分析：Q 矩阵的行数为 6，支路数为 9，自由度为 3

Branch number	Branch_type	From	To
1	1	-1	0
2	1	-1	2
3	1	1	2
4	2	-1	1
5	3	2	0
6	1	1	0
7	4	1	0
8	4	1	3
9	3	3	0
10	2	-1	4
11	4	4	3
12	4	4	0

多能源系统建模与分析 第2次作业

李金航 2024210730

结果显示：

A 矩阵：

A{1, 1}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0

A{1, 2}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0

A{1, 3}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0

A{1, 4}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1

从上至下依次为 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>

H 矩阵：

H{1, 1}			
	1	2	3
1	1	0.3000	0
2	0	0.4000	1

H{1, 2}		
	1	2
1	3	1

H{1, 3}		
	1	2
1	1	0.8000

H{1, 4}		
	1	2
1	0.9500	1

从上至下依次为 H<sub>1</sub>、H<sub>2</sub>、H<sub>3</sub>、H<sub>4</sub>

Z 矩阵：

Z{1, 1}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	-1	0.3000	0	-1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0.4000	0	0	-1	-1	0	0	0	0

Z{1, 2}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	3	3	0	-1	0	0	0	0	0	0	0

Z{1, 3}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0.8000	-1	0	0.8000	0

Z{1, 4}												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9500	-1	-1

从上至下依次为 Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>

x 矩阵：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Y 矩阵:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

代码见: question2.m

题目 3:

先算出  $V_{in}$  与  $V_{out}$  的关系

由公式  $V_{out} = [-Y_B Q_B^{-1} R \quad Y_F - Y_B Q_B^{-1} Q_F] \begin{bmatrix} V_{in} \\ V_F \end{bmatrix}$ , C 矩阵如下图所示

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.3000	-0.3333	0	0	-0.3158	-0.3158
2	0	0	1	0	1	0	0
3	0	0.4000	0	0	-1.2500	0.5789	0.5789

本题中由于考虑分布式光伏, 则在电负荷侧应当加以修正, 则以  $V_1$  至  $V_{12}$  作为变量, 价格作为目标函数, 输入输出平衡关系、支路传输容量限制作为约束条件, 利用 `gurobi`、`yalmmap` 进行线性优化求解, 得出结果

一天内最优运行成本: 4744419.1915 元

系统 24 小时电输入和气输入数据与曲线:

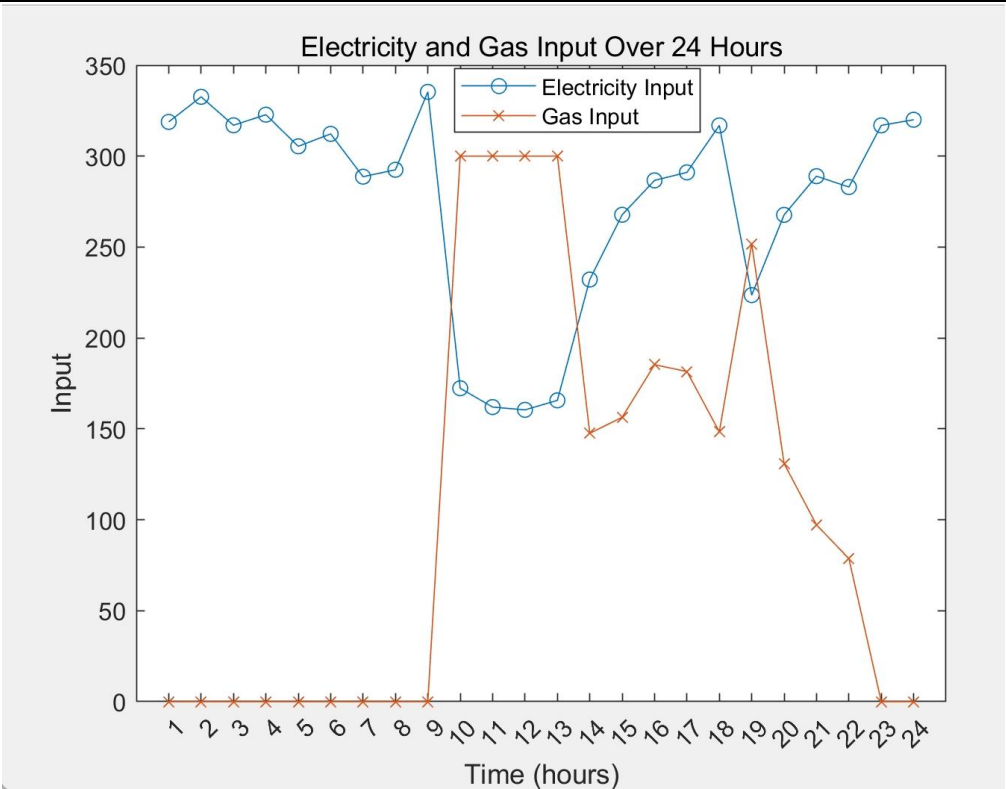
小时	1	2	3	4	5	6	7	8
电输入	318.85	332.64	316.97	322.81	305.41	312.25	288.71	292.51
小时	9	10	11	12	13	14	15	16
电输入	335.36	172.34	161.99	160.46	165.68	232.13	267.76	286.67
小时	17	18	19	20	21	22	23	24
电输入	291.08	316.91	223.59	267.70	288.98	283.02	316.92	320.02

24 小时电输入

小时	1	2	3	4	5	6	7	8
气输入	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小时	9	10	11	12	13	14	15	16
气输入	0.00	300.00	300.00	300.00	300.00	147.60	156.35	185.30
小时	17	18	19	20	21	22	23	24
气输入	181.55	148.35	251.78	130.93	97.20	78.68	0.00	0.00

24 小时气输入

曲线:



代码见: question3.m