
现实中的优化问题

2004 数学建模国赛 B 题第三问

米科润 19 信计二班

201905755824

June 2, 2021

目录

1	Background and Problem	1
2	Data	2
3	Algorithm implementation	3
4	Code and result	4

1 Background and Problem

电力从生产到使用的四大环节——发电、输电、配电和用电是瞬间完成的。我国电力市场初期是发电侧电力市场，采取交易与调度一体化的模式。电网公司在组织交易、调度和配送时，必须遵循电网“安全第一”的原则，同时要制订一个电力市场交易规则，按照购电费用最小的经济目标来运作。市场交易-调度中心根据负荷预报和交易规则制订满足电网安全运行的调度计划。各发电机组的出力（发电功率）分配方案；在执行调度计划的过程中，还需实时调度承担 AGC（自动发电控制）辅助服务的机组出力，以跟踪电网中实时变化的负荷。

设某电网有若干台发电机组和若干条主要线路，每条线路上的有功潮流（输电功率和方向）取决于电网结构和各发电机组的出力。电网每条线路上的有功潮流的绝对值有一安全限值，限值还具有一定的相对安全裕度（即在应急情况下潮流绝对值可以超过限值的百分比的上限）。如果各机组出力分配方案使某条线路上的有功潮流的绝对值超出限值，称为输电阻塞。当发生输电阻塞时，需要研究如何制订既安全又经济的调度计划。

电力市场交易规则：

1. 以 15 分钟为一个时段组织交易，每台机组在当前时段开始时刻前给出下一个时段的报价。各机组将可用出力由低到高分成至多 10 段报价，每个段的长度称为段容量，每个段容量报一个价（称为段价），段价按段序数单调不减。在最低技术出力以下的报价一般为负值，表示愿意付费维持发电以避免停机带来更大的损失。

2. 在当前时段内，市场交易-调度中心根据下一个时段的负荷预报，每台机组的报价、当前出力和出力改变速率，按段价从低到高选取各机组的段容量或其部分（见下面注释），直到它们之和等于预报的负荷，这时每个机组被选入的段容量或其部分之和形成该时段该机组的出力分配预案（初始交易结果）。最后一个被选入的段价（最高段价）称为该时段的清算价，该时段全部机组的所有出力均按清算价结算。

注释：

(a) 每个时段的负荷预报和机组出力分配计划的参照时刻均为该时段结束时刻。

(b) 机组当前出力是对机组在当前时段结束时刻实际出力的预测值。

(c) 假设每台机组单位时间内能增加或减少的出力相同，该出力值称为该机组的爬坡速率。由于机组爬坡速率的约束，可能导致选取它的某个段容量的部分。

(d) 为了使得各机组计划出力之和等于预报的负荷需求，清算价对应的段容量可能只选取部分。

你需要做的工作如下：

假设下一个时段预报的负荷需求是 982.4MW，表 3、表 4 和表 5 分别给出了各机组的段容量、段价和爬坡速率的数据，试按照电力市场规则给出下一个时段各机组的出力分配预案。

2 Data

表 1: 各机组段容量

机组\段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	70	0	50	0	0	30	0	0	0	40
2	30	0	20	8	15	6	2	0	0	8
3	110	0	40	0	30	0	20	40	0	40
4	55	5	10	10	10	10	15	0	0	1
5	75	5	15	0	15	15	0	10	10	10
6	95	0	10	20	0	15	10	20	0	10
7	50	15	5	15	10	10	5	10	3	2
8	70	0	20	0	20	0	20	10	15	5

表 2: 各机组段价

机组\段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-505	0	124	168	210	252	312	330	363	489
2	-560	0	182	203	245	300	320	360	410	495
3	-610	0	152	189	233	258	308	356	415	500
4	-500	150	170	200	255	302	325	380	435	800
5	-590	0	116	146	188	215	250	310	396	510
6	-607	0	159	173	205	252	305	380	405	520
7	-500	120	180	251	260	306	315	335	348	548
8	-800	153	183	233	253	283	303	318	400	800

表 3: 各机组的爬坡速率

机组	1	2	3	4	5	6	7	8
速率	2.2	1	3.2	1.3	1.8	2	1.4	1.8

3 Algorithm implementation

通过段容量以及段价的表格，经过段容量的累加得到下列矩阵：

$$\begin{pmatrix} 70 & 70 & 120 & 120 & 120 & 150 & 150 & 150 & 150 & 190 \\ 30 & 30 & 50 & 58 & 73 & 79 & 81 & 81 & 81 & 89 \\ 110 & 110 & 150 & 150 & 180 & 180 & 200 & 240 & 240 & 280 \\ 55 & 60 & 70 & 80 & 90 & 100 & 115 & 115 & 115 & 116 \\ 75 & 80 & 95 & 95 & 110 & 125 & 125 & 135 & 145 & 155 \\ 95 & 95 & 105 & 125 & 125 & 140 & 150 & 170 & 170 & 180 \\ 50 & 65 & 70 & 85 & 95 & 105 & 110 & 120 & 123 & 125 \\ 70 & 70 & 90 & 90 & 110 & 110 & 139 & 140 & 155 & 160 \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中，每一列代表当前段的累加容量，每一行代表机组。

采取 0-1 决策模型，其中决策变量 λ_i^j 函数有如下表达式：

$$\lambda_i^k = \begin{cases} 1 & \text{机组 } i \text{ 在 } k \text{ 时段出力} \\ 0 & \text{机组 } i \text{ 没有在 } k \text{ 时段出力} \end{cases}$$

将 M_i^* 表示第 i 台机组的最高报价，则

$$M_i^* = \sum_{k=1}^{10} \lambda_i^k \times M_{ik} \quad (2)$$

根据对清算价的理解，把 i 台机组的最高报价作为清算价，为了满足经济性需求，使得清算价达到最小，即 M_i^* 的最大值达到最小作为目标函数。

$$\begin{aligned} \min \quad & \max M_i^* \\ \text{s.t} \quad & \sum_{i=1}^8 P_{Ai} \geq P_A \\ & \sum_{j=1}^{10} \lambda_i^j = 1 \\ & P_{Ai} \leq P_{Ni} + 15 \times v_i \\ & P_{Ai} \geq P_{Ni} - 15 \times v_i \end{aligned}$$

上述规划问题中 P_A 即题中的总体负荷需求即 982.4MW, P_{Ai} 即为所求的各机分配预案。 P_{Ni} 为机组 i 初始时刻的出力值，即各机组方案 0 所对应的出力值，

v_i 为机组 i 的爬坡速率，运用这两个不等式约束条件充分考虑各机组能够出力的阈值，进而确定各机组能够出力的范围。

通过对上述问题调用 matlab 中线性规划问题进行求解，输入预报负荷需求 $P_A=982.4\text{MW}$ ，将会得到各机组分配预案：

	机组 1	机组 2	机组 3	机组 4	机组 5	机组 6	机组 7	机组 8
出力	150	79	180	99.5	125	140	95	113.9
清算价	303							

4 Code and result

```

1      clc , clear
2      o=ones (1,12); z=zeros (1,12); beq=ones (8,1); z1=zeros (8,1);
3      T=xlsread ( 'question3' , 'A1:L8' );
4      P=xlsread ( 'question3' , 'A10:L17' );
5      xx=xlsread ( 'question3' , 'A19:H19' );
6      v=xlsread ( 'question3' , 'A20:H20' );
7      T1=xx+15.*v; T2=xx-15.*v;
8      intcon=1:97; c=zeros (96,1); c=[c;1];
9      Aeq=[o,z,z,z,z,z,z,z,z,0;
10         z,o,z,z,z,z,z,z,z,0;
11         z,z,o,z,z,z,z,z,z,0;
12         z,z,z,o,z,z,z,z,z,0;
13         z,z,z,z,o,z,z,z,z,0;
14         z,z,z,z,z,o,z,z,z,0;
15         z,z,z,z,z,z,o,z,z,0;
16         z,z,z,z,z,z,z,o,0];
17      A=[T(1,:) , z,z,z,z,z,z,z,z,0;
18         z,T(2,:) , z,z,z,z,z,z,z,0;
19         z,z,T(3,:) , z,z,z,z,z,z,0;
20         z,z,z,T(4,:) , z,z,z,z,z,0;
21         z,z,z,z,T(5,:) , z,z,z,z,0;
22         z,z,z,z,z,T(6,:) , z,z,z,0;
23         z,z,z,z,z,z,T(7,:) , z,0;
24         z,z,z,z,z,z,z,T(8,:) , 0;
25         -T(1,:) , z,z,z,z,z,z,z,z,0;

```

```

26      z,-T(2,:),z,z,z,z,z,z,0;
27      z,z,-T(3,:),z,z,z,z,z,z,0;
28      z,z,z,-T(4,:),z,z,z,z,z,z,0;
29      z,z,z,z,-T(5,:),z,z,z,z,z,z,0;
30      z,z,z,z,z,-T(6,:),z,z,z,z,z,z,0;
31      z,z,z,z,z,z,-T(7,:),z,z,z,z,z,z,0;
32      z,z,z,z,z,z,z,-T(8,:),z,z,z,z,z,z,0;
33      -T(1,:),-T(2,:),-T(3,:),-T(4,:),-T(5,:),-T(6,:),...
34      -T(7,:),-T(8,:),0;
35      P(1,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;
36      z,P(2,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;
37      z,z,P(3,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;
38      z,z,z,P(4,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;
39      z,z,z,z,P(5,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;
40      z,z,z,z,z,P(6,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;
41      z,z,z,z,z,z,P(7,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;
42      z,z,z,z,z,z,z,P(8,:),z,z,z,z,z,z,z,z,-1;];
43      b=[T1';-T2';-982.4;z1];
44      lb=zeros(97,1);ub=ones(96,1);ub=[ub;1000];
45      [x,fval,exitflag]=intlinprog(c,intcon,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
46      X=['清算价格为: ',num2str(x(97))];
47      disp(X);x=x(1:96);x0=reshape(x,12,8)';[row,col]=find(x0~=0);

```

结果如下：

```

fval =

    303

exitflag =

     1

清算价格为： 303

```

图 1: result