

大作业说明

2021. 9. 3

一、问题背景

1. 核心背景知识

下文红色字是关键概念，要注意理解。

之前在树的上机题里面提及电力系统中有许多“节点”，又称作“母线”（bus）。

这里再引入一个具体的概念：“**电气连接点**”。

电力系统的每个设备一般会有 1 到 3 个电气连接点。比如开关两端各有一个连接点，一旦闭合，两个连接点就是“**电气互联**”的。一旦开断，这两个连接点可能“**电气隔离**”的，也就是电流无法流通。（**但是如果通过别的设备连上了，也可能电气互联**）。

电力设备的名称繁多，但是在此简化处理：

第一类包括**发电机**、**负荷**（用电设备如电动机），属于**单端设备**，只有一个电气连接点。电力系统其实就是把电从发电机送到。可以把单端设备理解为一端接大地的双端设备。

第二类叫**开关**，实际中包括隔离开关、闸刀、断路器等（不用深究）。开关是**双端设备**，有两个电气连接点，有闭合（1）和开断（0）两种状态，闭合就会导致“电气互联”，开断可能导致“电气隔离”。

第三类叫**输电线路**，是双端设备，有两个电气连接点，有两种状态：运行（1）与切除（0）。和开关类似，运行导致“电气互联”，切除可能导致电气隔离。但是输电线路有阻抗（类似电阻），会影响后面介绍的母线的判断。

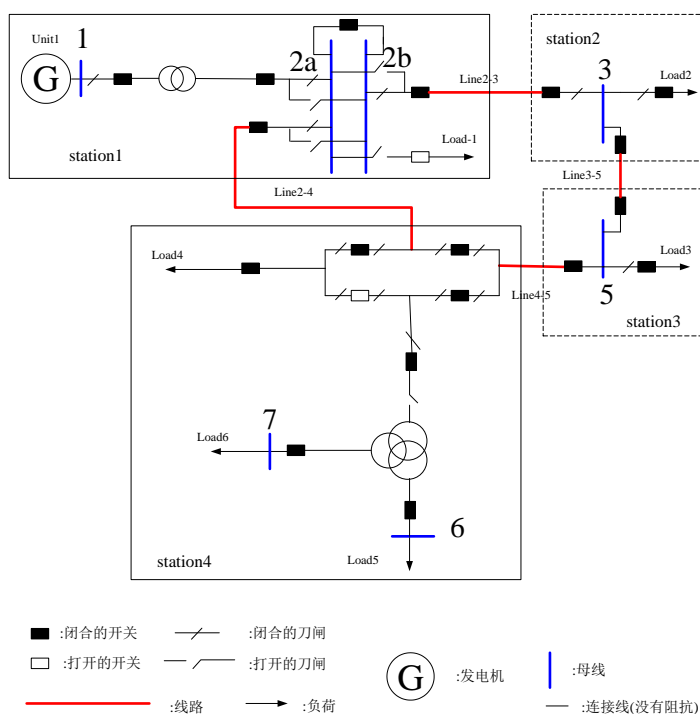


图 1 4 个变电站内部及站间的设备连接图

在电力系统中，用**闭合的开关**连接起来的电气连接点，可以简化成为一条**母线或者说节点**（bus）。母线上电压是相等的。要注意，**输电线路连接的两个电气连接点不能认为是一条母线**，因为输电线路是有**阻抗（和电阻类似）**的，线路两端电压不一定相等。

在节点的基础上，需要研究电网的“**拓扑岛**”。拓扑岛内所有的节点电气互联，岛

与岛之间电气隔离。电气互联的拓扑岛内，一旦有某个发电机故障无法为自己的用户供电，其他发电机就能把电送过去补救。一般而言，一个地区的电力系统都是互联的，很少希望分成多个拓扑岛运行的情况，那样是很不安全的。除非局部发生了严重故障，这时系统会主动分裂拓扑岛，把故障隔离在局部。

在正常运行中，调度中心不能直接了解整个电网是否分裂成了多个拓扑岛，所以才需要通过海量设备传输上来的信息判断。请编程找出拓扑岛。

2. 拓展阅读（可以不读，不影响基础与提高部分，供创新部分参考）（这些功能相关的数据并不会出现在基础与提高的测试文件中）
- 1) 发电机、负荷实际上都是有功率取值的，而且要求同一个拓扑岛内发用电功率平衡。发电机的功率有调节范围限制。而且调节可能收取额外费用，不同发电机报价各不相同。
 - 2) 发电机与线路有定期检修的需求，需要记录最迟检修时间。调度人员根据系统需求，可设置离最迟检修时间若干天以内的设备退出运行进行检修。
 - 3) 除了线路，还有变压器。变压器类似线路，也是可以电气互联但是两端电压不等的双端设备。事实上还有三端变压器。
 - 4) 电力系统中，阻抗和功率事实上都是复数。

二、功能介绍

1. 基础数据部分：

电气设备表.txt

ID	设备	位置	状态
201	开关	FROM 401 TO 402	STATUS 1
202	开关	FROM 404 TO 403	STATUS 1
113	发电机	AT 401	STATUS 1
301	输电线路	FROM 402 TO 403	STATUS 1 x 0.1
203	开关	FROM 404 TO 406	STATUS 1
101	负荷	AT 406	STATUS 1
204	开关	FROM 404 TO 405	STATUS 1
112	发电机	AT 405	STATUS 1

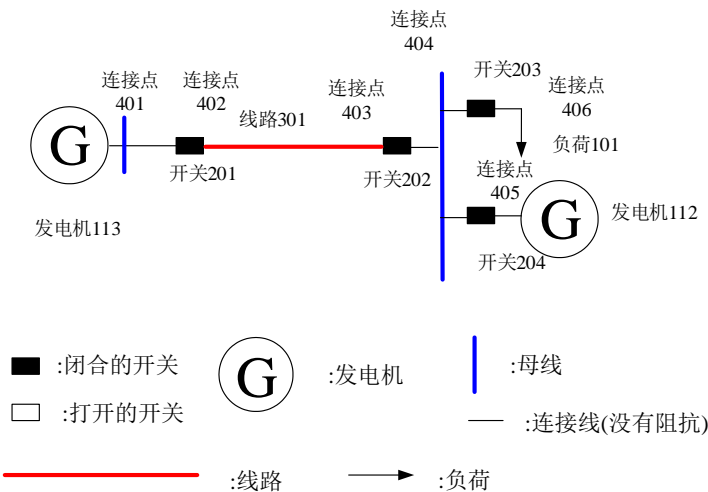


图 2 简易系统结构图

2. 操作部分:

操作部分采用文件与控制台互动。

操作指令集有: (默认小写)

A. 基础部分: 数据库功能

- 1) insert 206 开关 FROM 401 TO 404 STATUS 1: 插入设备信息。
- 2) delete ID=101: 删除 ID 对应的设备
- 3) change ID=101 AT 405 STATUS 1: 修改设备数据
- 4) print ID=113: 输出 ID 对应的设备全部信息。
- 5) find fromto=402: 找到电气连接点是 402 的设备 ID。
- 6) execute op.txt: 读入文件 op.txt, 依次执行内部全部操作 (输出在控制台)。

B. 提高部分: 图论

- 7) update model: 更新模型, 即把电气连接点合并成节点, 基于节点生成导纳矩阵与拓扑岛, 并输出节点数量、拓扑岛数量、拓扑岛节点数。拓扑岛节点数根据包含节点数量排序输出。拓扑岛则根据输出节点数的顺序编号, 编号从 1 开始算。

以下是为了验证更新的模型是否正确, 保证先 update model 才会密集执行以下操作:

- 8) get artic: 输出全部关节点编号
- 9) get island d: 输出拓扑岛 d 中的节点编号。
- 10) get bus ID=202: 输出 ID=202 的设备所在的节点编号。如果是输电线路或两端处于不同节点的开关, 输出两端节点编号。
- 11) get equip i: 输出连接到节点 i 的设备 ID。如果有开关或线路的一端连接在 i 上, 也要输出对应的开关或线路。
- 12) get line i j: 输出两端节点编号为 i j 的输电线路 ID。
- 13) get Y i j: 输出导纳矩阵第 i 行第 j 列的数据

C. 创新部分:

根据拓扑岛、电网的具体业务特点, 自行设计功能并演示。允许对一切输入输出格式进行修改, 但需要演示, 写输入输出。

思路来源可以参考前面的拓展阅读, 也可以跟老师及助教讨论。

三、输入输出示例 (>>后面为输入, //后面为注释不会输入)

打开程序自动读入电气设备表.txt 并建好初始设备表。

```
>> insert 155 负荷 AT 401 STATUS 0
OK //只要是不需要输出的, 就把代码中的执行结果码 status 输出
>> change ID=155 STATUS 1 AT 404 //可以用[域] [值] [域] [值] ... 修改, 允许
域的顺序不同
OK
>> delete ID=155
OK
>> execute op.txt
OK
OK
OK//op.txt 写的是上面的指令, 所以重复执行一遍, 输出三个 OK。操作文件当中不会
再引用其他文件, 内部包含的指令可以是你实现出来的所有指令。
```

```

>>print ID=112
112 发电机 AT 405 STATUS 1
>>find fromto 404
202
203
204 //不要求排序
>>update model
Bus: 2
Island: 1
Island bus number: 2
//此时物理模型如图 2 所示。
>> change ID=203 STATUS 0
OK
>>update model
Bus: 3
Island: 2
Island bus number: 2 1//可以从多到少，也可以从少到多，不过第一个输出了 2，就
指定了节点数量为 2 的拓扑岛为 1 号拓扑岛。如果输出的是 1，就指定节点数量为 1 的
拓扑岛为 1 号拓扑岛。
>>get artic
NULL//这个图比较简单，没有关节点，如果有则输出 ID，不要求排序
>>get island 1
1 2//节点编号随意，我们只关心这些节点对应哪些设备。由于选择节点数为 2 的拓扑
岛为 1 号拓扑岛，所以输出的节点有两个。
>>get equip 1
113
201
301//选择 1 号拓扑岛的 1 号节点看有什么设备。是图中线路左侧部分。所以输出这三
个设备。
>>get bus 201
1
>>get line 1 2
301//若找不到输出 NULL
>>get Y 1 2

```

10//Y 矩阵的生成规则类似数组上机题，只不过 $y=1/x$ ，也就是在完全没有线路的、节点孤立的系统中，Y 矩阵是全 0 矩阵；在节点 i、j 之间加入一条电抗为 x 的线路，执行

$$\begin{bmatrix} a_{ii} & a_{ij} \\ a_{ji} & a_{jj} \end{bmatrix} += \begin{bmatrix} -\frac{1}{x} & \frac{1}{x} \\ \frac{1}{x} & -\frac{1}{x} \end{bmatrix};$$

这里 $x=0.1$ ，因此 $a_{12} = 10$ 。由于本题只有一条线路，因此导纳矩阵生成完毕；如果还有其他线路，继续执行以上添加线路的操作，把所有线路逐一添加到导纳矩阵中。

四、求解要求

1. 基本要求:

- a) 正确性: 在所有合法输入, 能正确输出。请注意极端场景, 也就是 n 比较大等情况。
- b) 效率与低存储量: 算法执行时间短, 存储空间占用少。再次强调释放无用空间。
- c) 可读性: 变量名有含义, 适当写注释。
- d) 健壮性: 遇到不合法输入时不至于出错。

2. 方法要求:

数据结构不限。可自行选择, 自行修改。

3. 提交文件要求:

展示前一天提交代码, 说明文档, 输入文件, 与大作业完成情况表 (见附件)。

展示完提交 PPT 存档。

【需要提交输入文件, 因为如果你修改了标准的输入文件, 助教检查作业发现无法运行, 就不确定是理解错你的新功能格式, 还是你的代码本身有问题。】

4. 场景特点

设备数量规模巨大, 且可能有较大变动。

最高频率读取的是导纳矩阵的特定位置元素。

最高频率变动的其实是发电机与负荷的功率, 但是本题基础与提高部分不涉及。

较高频率的变动是负荷设备的增删与修改。

开关与线路设备运行状态的调整是中频的。

Update model 也是中频的。

其他操作的频率可以与助教和老师进一步讨论得出。

说明:

- 1) 设备数量规模要认真考虑, 避免空间溢出导致程序崩溃。
- 2) 操作频率的高低, 一般不需要考虑也能得出正常性能的代码设计, 仅用于追求极致性能优化的同学研究。