

# 电力系统分析

## 2022 年秋季学期线上期末试题

任课教师：郭庆来

考试时间：2023 年 1 月 2 日

### 一、判断题 (10 分)

1. 开式网络结构简单，供电可靠性高。
2. 互联大电网有助于减少总装机容量和备用容量。
3. 增加日负荷曲线的峰谷差有助于提高电网运行经济性。
4. 装机容量越大，电力系统频率越难稳定。
5. 视在功率可以直接相加，而复功率不能直接相加。
6. 在三相平衡交流电力系统中，输电线路上传送的三相总功率是交变的。
7. 对一个非线性自治系统，如果能够找到大扰动稳定的通用分析方法，就可以不再进行小扰动稳定分析了。
8. 同步电机 abc 三相数学模型经过经典派克变换后电感矩阵的有名值是对称的。
9. 同步发电机突然发生三相短路后，定子绕组中含有基波周期交流、直流分量，以及其他分量。
10. 在输送功率一定时，功率极限越大，静态稳定储备系数越小。

### 二、选择题 (18 分)

1. (多选) 关于潮流计算方法，以下说法错误的是 ( )  
A. PQ 分解法中的  $B'$  和  $B''$  矩阵都是对称复数矩阵

- B. PQ 分解法是在牛顿法基础上通过合理简化得到的，本质上是通过计算精度的下降换取了计算速度的提升
- C. 在牛顿拉夫逊法中，雅可比矩阵是具有稀疏特性的对称矩阵，其元素在迭代过程中会变化
- D. 牛顿法的计算收敛性好于 PQ 分解法
2. (单选) 由 6 根同样导线分别组成以下两种对称排列的三相架空输电线，甲为双分裂型，其单位长等值电抗为  $x_1$ ，单位长等值电纳为  $b_1$ ，乙为双回路型，其单位长等值电抗为  $x_2$ ，单位长等值电纳为  $b_2$ ，并且图中 1 和 D 都远大于  $d$ ，则  $x_1$ ( )  $x_2$ ， $b_1$ ( )  $b_2$ 。
- A. 小于；小于                      B. 小于；大于（非两倍）  
 C. 大于（非两倍）；小于          D. 小于；等于  
 E. 大于（非两倍）；两倍于      F. 大于（非两倍）；大于（非两倍）  
 G. 两倍于；两倍于
3. (单选) 计算双绕组变压器的等值参数时，选择变压器额定值作为标幺计算的基准值，那么空载损耗的标幺值在数值上等于 ( )，短路电压的标幺值在数值上等于 ( )
- A. 串联电阻的标幺值  $R_T^*$ ；串联电抗的标幺值  $X_T^*$   
 B. 串联电抗的标幺值  $X_T^*$ ；串联电阻的标幺值  $R_T^*$   
 C. 串联电抗的标幺值  $X_T^*$ ；励磁电导的标幺值  $G_T^*$   
 D. 励磁电导的标幺值  $G_T^*$ ；串联电抗的标幺值  $X_T^*$   
 E. 励磁电导的标幺值  $G_T^*$ ；励磁电纳的标幺值  $B_T^*$   
 F. 励磁电纳的标幺值  $B_T^*$ ；励磁电导的标幺值  $G_T^*$   
 G. 串联电抗的标幺值  $X_T^*$ ；励磁电纳的标幺值  $B_T^*$   
 H. 串联电阻的标幺值  $R_T^*$ ；励磁电纳的标幺值  $B_T^*$
4. (单选) 根据统计，电力系统输电线短路故障以 ( ) 概率最大，而 ( ) 对电力系统安全稳定运行威胁最大。
- A. 单相接地；三相短路              B. 三相短路；三相短路  
 C. 三相短路；单相接地              D. 两相短路；两相短路接地  
 E. 单相接地；两相短路接地          F. 三相短路；两相短路接地
5. (单选) 下列措施中，不能提高发电机输出电磁功率能力的是 ( )
- A. 对发电机施加强行励磁              B. 在输电线上串联接入电容器

- C. 联锁切除部分发电机                                      D. 采用并联无功补偿，提高线路电压

6. (单选) 对称分量法适用于 ( )

A. 三相对称的非线性系统                                  B. 三相对称的线性系统  
C. 三相对称的非线性和线性系统                        D. 单相系统

7. (单选) 下列措施可减小系统的零序电抗而不改变其正序电抗、负序电抗的是 ( )

A. 输电线路中串联电容器                                  B. 变压器中性点与大地之间串联电容器  
C. 输电线路中串联电抗器                                  D. 变压器中性点与大地之间串联电抗器

8. (单选) 空载运行的同步发电机端三相短路后，定子绕组短路电流交流分量分别经历超暂态过程、暂态过程达到稳态，超暂态过程对应的时间常数为 ( )

A. D 绕组与励磁绕组均短路时，定子绕组的时间常数  
B. D 绕组开路、励磁绕组短路时，定子绕组的时间常数  
C. 定子绕组与励磁绕组均短路时，D 绕组的时间常数  
D. 定子绕组开路、励磁绕组短路时，D 绕组的时间常数  
E. D 绕组开路、定子绕组短路时，励磁绕组的时间常数  
F. D 绕组与定子绕组均短路时，励磁绕组的时间常数

9. (单选) 空载运行的同步发电机端三相短路后，定子绕组短路电流交流分量分别经历超暂态过程、暂态过程达到稳态，暂态过程对应的时间常数为 ( )

A. D 绕组与励磁绕组均短路时，定子绕组的时间常数  
B. D 绕组开路、励磁绕组短路时，定子绕组的时间常数  
C. 定子绕组与励磁绕组均短路时，D 绕组的时间常数  
D. 定子绕组开路、励磁绕组短路时，D 绕组的时间常数  
E. D 绕组开路、定子绕组短路时，励磁绕组的时间常数  
F. D 绕组与定子绕组均短路时，励磁绕组的时间常数

### 三、填空题 (10 分)

1. (3 分) 一个 10 节点的系统，其中有 2 个 PV 节点，1 个 PQV 节点，2 个平衡节点，4 个 PQ 节点以及 1 个 P 节点，在直角坐标系下进行潮流计算，共有  个电压

方程；在极坐标下进行潮流计算，共有\_\_\_\_\_个有功方程，\_\_\_\_\_个无功方程。

2. (2 分) 假定 2 机系统的发电成本曲线分别为  $C_1(P_{G1})=6000+390P_{G1}+0.3P_{G1}^2$  (¥/MWh)

和  $C_2(P_{G2})=4000+620P_{G2}+0.2P_{G2}^2$  (¥/MWh)，出力限制分别为  $300\text{MW} \leq P_{G1} \leq 450\text{MW}$

和  $200\text{MW} \leq P_{G2} \leq 500\text{MW}$ ，若总负荷为 810MW，忽略网损，则最优经济出力为

$P_{G1}=\text{_____MW}$ ,  $P_{G2}=\text{_____MW}$ 。

3. (2 分) 一台汽轮发动机，在无载额定电压下发生机端三相突然短路，最大冲击电流应发生在三相定子电流直流分量初值 \_\_\_\_\_（最大/最小/任意）的一相，因为\_\_\_\_\_。

4. (1 分) 电力系统中某三相对称元件序阻抗的定义为\_\_\_\_\_。

5. (2 分) 电力系统的暂态过程包括\_\_\_\_\_三类，本课程重点关注的是\_\_\_\_\_。

#### 四、简答题 (15 分)

1. (5 分) 请从功率平衡的角度，分析为何在我国的北方省份，冬季弃风问题会更严重？

2. (5 分) 已知一个电力系统包含两个不同的电压等级 ( $U_{N1}$  和  $U_{N2}$ )，系统中接入了一个升压变压器（电源侧）和一个降压变压器（负荷侧），那么这两台变压器的额定变比（高压/低压），谁的更大？为什么？

3. (5 分) 试举出以新能源为主体新型电力系统与传统电力系统在动态特性和稳定性方面的区别（不少于三方面）。

## 五、计算题 (49 分)

1. (6 分) 对于如下图所示电网，图上标出了每条支路的阻抗值，选择节点 7 作为参考节点。试求该网络的节点阻抗矩阵。

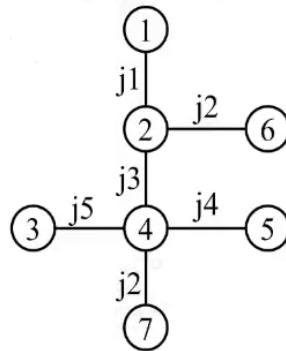


图 1

2. (11 分) 某电力系统有 3 台额定功率为 100MW 的发电机，每台发电机的调速器的调差系统  $\delta_0^* = 2.5\%$ ，额定频率  $f_N = 50\text{Hz}$ ，系统总负荷  $P_D = 180\text{MW}$ ，负荷的频率调节效应系数  $K_D^* = 0$ 。初始情况系统在额定频率运行，当系统增加负荷 32MW 时：
- (a) 初始情况下 3 台机组平均承担负荷，计算系统频率变化值；(4 分)
  - (b) 初始情况下 1 台发电机满载，另外 2 台机组平均承担剩余负荷，计算系统频率变化值；(3 分)
  - (c) 初始情况下 3 台机组平均承担负荷。如何通过改变一台机组的调差系数，使系统频率变化值相对于 (a) 减半？(4 分)

3. (15 分) 如下图三母线系统，图中标注量均为已知量，各条支路的导纳值均已给出，变比  $t$  为实数，试求：

- (a) 各母线的类型：(3 分)
- (b) 网络的节点导纳矩阵：(3 分)
- (c) 在极坐标形式的 N-R 法中，试写出所有参与迭代的潮流方程：(3 分)
- (d) 写出极坐标形式的 N-R 法的 Jacobian 阵各元素的表达式（不要用功率的形式表示）：(3 分)
- (e) 若采用 PQ 分解法，写出  $B'$  和  $B''$  矩阵，并简述其迭代程式：(2 分)
- (f) 如果潮流计算结束时，发现 1 号节点的无功注入越上限，如何调整才能使之回到限内？(2 分)

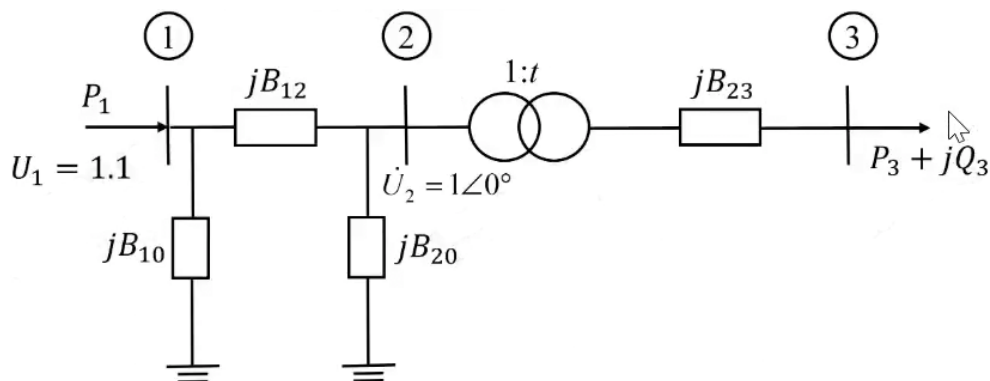


图 2

