

模拟试题一

一、填空题（每空 2 分，共 40 分）

1. 导体的热稳定是指_____。
2. 水平方向布置的三相平行导体在发生三相短路时，最大电动力出现在相上，其计算公式为_____。
3. 在进行矩形硬导体的动稳定校验时，当每相为单条矩形时，工程计算目的是_____；当每相为多条矩形时，工程计算目的是_____。
4. 少油式断路器中油的用途是_____。
5. 在降压变电所低压母线侧发生短路，母线分列运行比母线并列运行时，其短路电流要_____。（大或小）
6. 计算导体的长期发热时，发热时间常数 T_t 的物理含义是_____。
7. 发电厂的厂用电备用方式，采用明备用方式与暗备用方式相比，厂用工作变压器的容量_____。（增大或减小）
8. 电力系统由发电厂、_____、_____和_____组成。
9. 发电机引出线导体截面积是按_____选择的，而配电装置的母线截面积则是按_____选择的。
10. 矩形截面导体竖放比平放散热效果_____。（好或差）
11. 大型火力发电厂厂用电系统接线通常都根据_____的接线原则，采用的接线形式。
12. 高压断路器开断交流电路时，决定熄弧的基本因素是_____和_____。电弧不再重燃的条件是_____。

二、选择题（每空 3 分，共 12 分）

在每小题列出的四个选项中只有一个选项是符合题目要求的，请将正确选项前的字母填在题后的括号内。

- 1、隔离开关的用途之一是___。（ ）
A、切断负荷电流
B、切断短路电流
C、拉合小电流回路
D、拉合大电流回路
- 2、双母线接线采用双母线同时运行时，具有单母线分段接线的特点，___。（ ）
A、因此，双母线接线与单母线与单母线分段接线是等效的
B、但单母线分段接线具有更大的运行灵活性
C、并且两者的设备数量一样
D、但双母线接线具有更大的运行灵活性
- 3、如果要求任一组母线发生短路故障均不会影响各支路供电，则应选用___。（ ）
A、双母线接线
B、双母线分段带旁路接线
C、二分之三接线
D、多角形接线
- 4、热稳定是指电器通过短路电流时，电器的导体和绝缘部分不因短路电流的热效应使其温度超过它的___而造成损坏妨碍继续工作的性能。（ ）
A、长期工作时的最高允许温度

- B、长期工作时的最高允许温升
- C、短路时的最高允许温度
- D、短路时的最高允许温升

三、按要求完成下面各题（共 48 分）

已知发电机额定电压 10.5kV，额定功率 20MW，功率因数 0.8，最大负荷利用小时 $T_{\max}=3200\text{h}$ 。发电机引出线三相短路电流数据为 $I''=28\text{kA}$ ， $I_{\text{tk}/2}=22\text{kA}$ ， $I_{\text{tk}}=20\text{kA}$ 。短路电流冲击系数为 1.8。继电保护动作时间为 0.1s，断路器全开断时间为 0.2s。三相母线水平布置，绝缘子跨距 1.2m，相间距离 0.7m，周围环境温度 28°C 。

- ① 计算发电机引出线的经济截面；（6 分）
- ② 若选用 $2\times(80\times 8)$ 的铝矩形母线且导体平放，计算其能否满足导体正常发热的要求；（6 分）
- ③ 按②中所选导体计算短路前母线工作温度；（2 分）
- ④ 按②中所选导体计算短路时最高工作温度；（12 分）
- ⑤ 计算热稳定最小截面；（4 分）
- ⑥ 按②中所选导体计算作用在母线上的最大电动力；（4 分）
- ⑦ 按②中所选导体计算每相 2 条导体间的电动力；（8 分）
- ⑧ 按②中所选导体计算由条间允许应力决定的条间衬垫的最大允许跨距。（6 分）

发电厂电气部分模拟考试试题一答案

一、填空题（40 分）

1. 导体的短时最高发热温度不超过导体材料的短时最高允许温度

$$1.73 \times 10^{-7} \cdot \frac{L}{a} \cdot i_{sh}^2$$

2. B 相

3. 已知材料允许应力确定绝缘子最大允许跨距 已知材料应力和绝缘子跨距确定最大允许衬垫跨距

4. 灭弧介质

5. 小

6. 在绝热状态下，导体温升达到稳定温升所需的时间

7. 减小

8. 变电站、输电线路、用户

9. 经济电流密度 长期发热运行电流

10. 好

11. 按炉分段 单母线分段

12. 弧隙电压恢复强度 弧隙介质恢复强度 弧隙介质恢复强度 > 弧隙电压恢复强度

二、选择题（12 分）

- 1、C 2、D 3、C 4、C

三、按要求完成下面各题（48 分）

- ① 计算发电机引出线的经济截面；（6 分）

$$I_{\max} = 1.05I_{GN} = 1.05 \cdot \left(\frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 10.5 \times 10^3 \times 0.8} \right) = 1443A \quad (2)$$

分)

根据 $T_{\max} = 3200h$, 查得经济电流密度 $J = 1.06 (A/mm^2)$ (2)

分)

则发电机引出线的经济截面为: $S_J = I_N/J = 1443/1.06 = 1361 (mm^2)$ (2)

分)

② 若选用 $2 \times (80 \times 8)$ 的铝矩形母线且导体平放, 计算其能否满足导体正常发热的要求; (6分)

按导体平放, 查得 $2 \times (80 \times 8)$ 的铝矩形母线的 $I_{al} = 1858A$, $K_s = 1.27$. (2)

分)

计算温度修正系数 $K_{\theta} = \sqrt{\frac{70-28}{70-25}} = 0.966$, (2)

分)

则实际载流量为 $K_{\theta} \cdot I_{al} = 0.966 \times 1858 = 1795$ (2)

分)

显然, $I_{\max} = 1443 < 1795$, 可见能满足导体正常发热的要求

③ 按②中所选导体计算短路前母线工作温度; (2分)

$$\theta_i = \theta_0 + (\theta_{al} - \theta_0) \cdot \frac{I_{\max}^2}{I_{al}^2} = 28 + (70 - 28) \cdot \frac{1443^2}{1795^2} = 55^{\circ}C \quad (2)$$

分)

④ 按②中所选导体计算短路时最高工作温度; (12分)

短路切除时间 $t_k = t_{pr} + t_{ab} = 0.1 + 0.2 = 0.3(s)$ (2)

分)

周期分量热效应为

$$Q_p = \frac{t_k}{12} \cdot (I^2 + 10 \cdot I_{t_k/2}^2 + I_k^2) = \frac{0.3}{12} \cdot (28^2 + 10 \cdot 22^2 + 20^2) = 150.6(kA^2 \cdot s) \quad (2)$$

分)

因为 $t_k = 0.3(s) < 1(s)$, 查表得非周期分量等效时间 $T = 0.2(s)$, 则非周期分量热效应

$$Q_{np} = T \cdot I^2 = 0.2 \cdot 28^2 = 156.8(kA^2 \cdot s) \quad (2)$$

分)

短路全电流热效应 $Q_k = Q_p + Q_{np} = 150.6 + 156.8 = 307.4(kA^2 \cdot s)$

由 $\theta_i = 55^{\circ}C$ 查得 $A_i = 0.45 \times 10^{16} (J/\Omega \cdot m^4)$ (2)

分)

$$\therefore A_f = A_i + \frac{Q_k}{S^2} = 0.45 \times 10^{16} + \frac{307.4 \times 10^6}{(2 \times 0.08 \times 0.008)^2} = 0.468 \times 10^{16} \quad (2)$$

则

分)

查得导体短路时最高工作温度 $\theta_f = 65^{\circ}C$ (2)

分)

⑤ 计算热稳定最小截面；（4分）

由 $\theta_i = 55^\circ C$ ，查得 $C = 93$ (2分)

$$\therefore S_{\min} = \sqrt{Q_k \cdot K_s} / C = \sqrt{307.4 \times 10^6 \cdot 1.27} / 93 = 212.5(mm^2) \quad (2分)$$

⑥ 按②中所选导体计算作用在母线上的最大电动力；（4分）

冲击电流为 $i_{sh} = K_{sh} \cdot \sqrt{2} \cdot I'' = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 28 = 71.4(kA)$ (2分)

则最大电动力

$$F_{\max} = 1.73 \times 10^{-7} \cdot \frac{1}{a} \cdot i_{sh}^2 = 1.73 \times 10^{-7} \cdot \frac{1}{0.7} \cdot 71.4^2 \times 10^6 = 1260(N/m) \quad (2分)$$

⑦ 按②中所选导体计算每相 2 条导体间的电动力；

由 $\frac{b}{h} = \frac{8}{80} = 0.1$ (2分)

和 $\frac{a-b}{b+h} = \frac{2b-b}{b+h} = \frac{8}{8+80} = 0.09$ (2分)

查得形状系数 $K = 0.4$ (2分)

则每相 2 条导体间的电动力

$$f_{b1-2} = 2.5 \times 10^{-8} \cdot \frac{1}{b} \cdot i_{sh}^2 \cdot K = 2.5 \times 10^{-8} \cdot \frac{1}{0.008} \cdot 71.4^2 \times 10^6 \cdot 0.4 = 6372.45(N/m) \quad (2分)$$

⑧ 按②中所选导体计算由条间允许应力决定的条间衬垫的最大允许跨距。（6分）

由于母线为 2 条且平放，所以母线相当于相间电动力的截面系数（抗弯矩）等于

$$W_{ph} = 0.333 \cdot bh^2 = 0.333 \cdot 0.008 \cdot 0.08^2 = 17.05 \times 10^{-6}(m^3)$$

(2分)

$$\sigma_{ph} = \frac{M}{W_{ph}} = \frac{F_{\max} \cdot L^2}{10W_{ph}} = \frac{1260 \times 1.2^2}{10 \times 17.05 \times 10^{-6}} = 10.64 \times 10^6(Pa)$$

则相间应力

(2分)

由材料的条间允许应力决定的条间衬垫的最大跨距等于

$$l_{b\max} = b \times \sqrt{\frac{2h\sigma_{bal}}{f_{b1-2}}} = b \times \sqrt{\frac{2h(\sigma_{al} - \sigma_{ph})}{f_{b1-2}}} = 0.008 \times \sqrt{\frac{2 \times 0.08 \times (70 - 10.64) \times 10^6}{6372.45}} = 0.31$$

(2分)

模拟考试试题二

、填空题（每题 2 分，共 40 分）

1. 电力系统由_____、_____、_____和_____组成。
2. 发电机引出线导体的截面积按_____选择，而配电装置母线的截面积则是按_____选择的。
3. 大型火力发电厂厂用电系统接线通常都根据_____的接线原则，采用_____的接线形式。
4. 水平方向布置的三相平行导体在发生三相短路时，最大电动力出现在_____相上，其计算公式为_____。
5. 在进行矩形硬导体的动稳定校验时，当每相为单条矩形时，工程计算目的是_____；当每相为多条矩形时，工程计算目的是_____。
6. 高压断路器开断交流电路时，决定熄弧的基本因素是_____和_____。电弧不再重燃的条件是_____。
7. 发电厂的厂用电备用方式，采用明备用方式与暗备用方式相比，厂用工作变压器的容量_____。
(填增大或减小)
8. 加装旁路母线的唯一目的是_____。
9. 厂用供电电源包括_____、_____和_____。

二、问答题（每题 5 分，共 15 分）

1. 电流互感器的误差产生的原因是什么？如何减小误差？
2. 导体的载流量是根据什么确定的？提高载流量可以采取哪些措施？
3. 第一台电抗器的型号是 NKL-10-500-3，第二台电抗器的型号是 NKL-10-300-5，哪一台电抗器的限流作用大？请通过计算说明为什么？

三、按要求完成下面各题（共 45 分）

某 $3 \times 50MW$ （功率因数为 0.8）热电厂电气主接线如下页图所示。已知：10.5KV 负荷（不

含厂用电）高峰 30MW，低谷 15MW。10.5KV 母线短路电流 $I'' = 80KA$ ， $I_{tk}/2 = 73KA$ ， $I_{tk} = 70KA$ 。

配电装置室内最高温度为 35°C。厂用电率为 10%。请解答下列问题：

1. 电气主接线的形式：（每空 3 分）
110KV 侧为_____；10.5KV 侧为_____；35KV 侧为_____；
2. G1、G2 发电机出口断路器应选型_____；（2 分）
3. 变压器 T1、T2、T3 容量选择计算式：ST1=ST2=_____；ST3=_____。（6 分）
4. 若 G1、G2 发电机出口各相载流导体选用三条 $125 \times 10mm^2$ 矩形铝材，当按照如下页图所示的 (a)、(b)、(c) 三种方式布置时：（每空 2 分）
■相间电动力计算中，母线形状系数取值_____；条间电动力计算时，边条与中间的形状系数取值为_____；边与边条的形状系数取值为_____；
■相间计算应力的截面系数（即抗弯矩），对于图 (b) 为_____；对于图 (c) 为_____；
■条间计算应力的截面系数（即抗弯矩），对于图 (a) 为_____；对于图 (b) 为_____；

■当上述发电机出口导体按照. 图(a) 布置时, 若 10.5KV 母线短路, 切除短路的继电保护动作为 4 秒, 断路器全开断时间为 0.2 秒, 试计算: (14 分)

- ①短路时母线最高温度为多少?
- ②在满足热稳定条件下, 母线最小截面积应为多少?

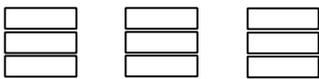
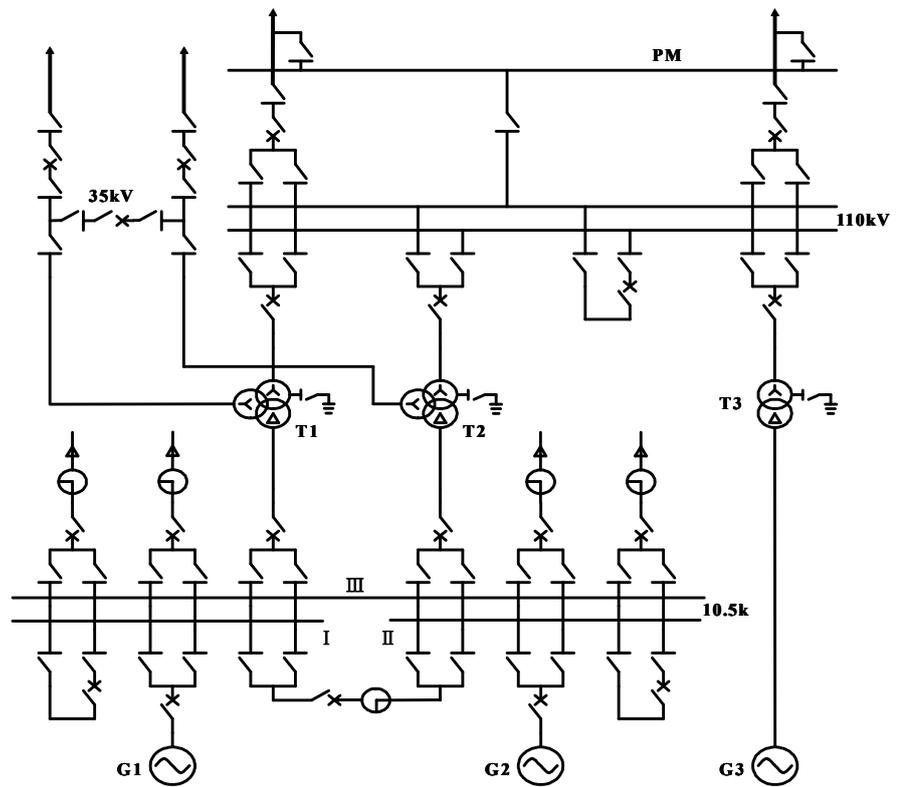


图 b

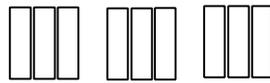


图 a

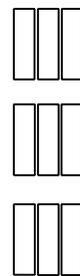


图 c

一、填空题（每空 2 分，共 40 分）

1. 发电厂 变电站 输电线路 用户
2. 经济电流密度 长期发热运行电流
3. 按炉分段 单母线分段

4. B $1.73 \times 10^{-7} \cdot \frac{L}{a} \cdot i_{sh}^2$

5. 已知材料允许应力确定绝缘子最大允许跨距 已知材料应力和绝缘子跨距确定最大允许衬垫跨距
6. 弧隙电压恢复强度 弧隙介质恢复强度 弧隙介质恢复强度 > 弧隙电压恢复强度
7. 减小
8. 不停电检修出线断路器
9. 工作电源 启动和备用电源 事故保安电源

二、问答题（每题 5 分）

1. 课本 p96-p97
2. 课本 p51
3. 百分电抗是以电抗器自身额定值为基准值的标么值乘以 100。即：

$$X_L \% = \frac{X_L}{U_N / \sqrt{3} I_N} \times 100\% \quad , \text{所以电抗器电抗的有名值为:} \quad X_L = X_L \% \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} I_N} . \text{由此公}$$

式，则：第二台 NKL-10-300-5 的 $X_{L1} = 5 \cdot \frac{10}{\sqrt{3} \times 0.3} = 96.225$; 第一台 NKL-10-500-3 的

$$X_{L1} = 3 \cdot \frac{10}{\sqrt{3} \times 0.5} = 34.641 \quad , \text{因此，第二台电抗器的限流效果好。}$$

三、按要求完成下面各题（共 45 分）

- 1、双母线带旁路母联兼作旁路 双母线分段 内桥
- 2、SN4-10G/5000

3、 $S_{T1} = S_{T2} = \left\{ \frac{2 \times 50 - 15 - 2 \times 50 \times 10\%}{2 \times 0.8} \right\} = 46.87 MVA \quad S_{T3} = \left\{ \frac{50}{0.8} \right\} = 62.5 MVA$

- 4、■ 1 0.37 0.57

■ $bh^2 / 2 = 78.13 (cm^3) \quad bh^2 / 2 = 78.13 (cm^3)$

■ $b^2 h / 6 = 2.08 (cm^3) \quad b^2 h / 6 = 2.08 (cm^3)$

■ ① $I_{max} = 1.05 I_{GN} = 1.05 \cdot \left\{ \frac{50 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 10.5 \times 10^3 \times 0.8} \right\} = 3608 A$

图(a)为竖放,查表得 $I_{a125^{\circ}c} = 4243 A$, $K_{\theta} = 0.88$,集肤效应系数 $K_s = 1.8$

所以 $I_{a135^{\circ}c} = 0.88 \times 4243 A = 3734 A > 3608 A$

导体正常运行温度 $\theta_i = \theta_0 + (\theta_{a1} - \theta_0) \cdot \frac{I_{max}^2}{I_{a135^{\circ}c}^2} = 35 + (70 - 35) \cdot \frac{3608^2}{3734^2} = 67.7^{\circ}c$

查得 $A_i = 0.5 \times 10^{16} (J / \Omega \cdot m^4)$

短路计算时间 $t_k = t_{pr} + t_{ab} = 4 + 0.2 = 4.2s > 1s$, 不计非周期分量热效应

$\therefore Q_K = Q_P = \frac{t_K}{12} \cdot (I^2 + 10 \cdot I_{tk/2}^2 + I_{tk}^2) = \frac{4.2}{12} \cdot (80^2 + 10 \cdot 73^2 + 70^2) = 22607 \times 10^6$

$$\therefore A_f = A_i + \frac{Q_K}{S^2} = 0.5 \times 10^{16} + \frac{22607 \times 10^6}{(3 \times 0.125 \times 0.01)^2} = 0.7 \times 10^{16}$$

查得 $\theta_f = 95^\circ \text{C}$ ($85^\circ \text{C} - 100^\circ \text{C}$ 均可)

②由 $\theta_i = 67.7^\circ \text{C}$, 查得 $C = 88$

$$\therefore S_{\min} = \sqrt{Q_K \cdot K_S / C} = \sqrt{22607 \times 10^6 \cdot 1.8 / 88} = 2292 (\text{mm}^2)$$

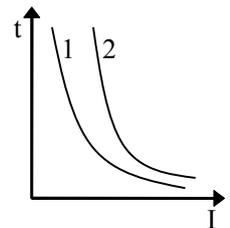
考试试题三

一、填空题 (每题 2 分, 共 40 分)

- 火力发电厂的能量转换过程是_____能——_____能——_____能——_____能。
- 电流互感器正常运行时二次侧不允许_____。
- 导体热量的耗散有_____、_____和_____三种形式。
- 按输出能源分, 火电厂分为_____电厂和_____电厂。
- 在进行矩形硬导体的动稳定校验时, 当每相为单条矩形时, 工程计算目的是_____; 当每相为多条矩形时, 工程计算目的是_____。
- 根据运行状态, 自启动可分为_____、_____和_____三类。
- 发电厂的厂用电备用方式, 采用暗备用方式与明备用方式相比, 厂用工作变压器的容量_____。(填增大或减小)
- 加装旁路母线的唯一目的是_____。
- 厂用供电电源包括_____、_____和_____。

二、单项选择题 (每题 2 分, 共 20 分)

- 导体长期发热的稳定温升与_____有关。
A. 起始温升 B. 起始温升和载流量 C. 载流量
- 大中型发电厂, 特别是火力发电厂的厂用电备用方式, 常利用_____方式。
A. 明备用 B. 暗备用 C. 与系统相连的主变兼作备用
- 少油式断路器中油的用途是_____。
A. 灭弧介质 B. 灭弧介质和绝缘介质 C. 绝缘介质
- 如图有两个同样材料的高压熔断器安秒特性, 则_____熔体的截面小。
A. 1 号熔断器 B. 2 号熔断器 C. 两个一样
- 铝母线短路时的发热允许温度是
A. 70°C B. 98°C C. 200°C D. 300°C
- 断路器的开断时间是指从接受分闸命令瞬间起到
A. 所有电弧触头均分离的瞬间为止 B. 各极触头间电弧最终熄灭为止
C. 首相触头电弧熄灭为止 D. 主触头分离瞬间为止
- 装设分段电抗器的作用是
A. 限制母线回路中的短路电流 B. 吸收多余的无功功率
C. 改善母线的电压质量 D. 改进用户的功率因数
- 线路停电的操作顺序是
A. 先分母线隔离开关, 再分线路隔离开关, 最后分断路器
B. 先分线路隔离开关, 再分母线隔离开关, 最后分断路器



- C. 先分断路器，再分母线隔离开关，最后分线路隔离开关
- D. 先分断路器，再分线路隔离开关，最后分母线隔离开关

9、三相电动力计算公式中的形状系数 K_f 决定于

- A. 导体的机械强度
- B. 导体的形状
- C. 导体的布置位置
- D. 导体的形状及相对位置

10、热稳定是指电器通过短路电流时，电器的导体和绝缘部分不因短路电流的热效应使其温度超过它的____而造成损坏妨碍继续工作的性能。

- A、长期工作时的最高允许温度
- B、长期工作时的最高允许温升
- C、短路时的最高允许温度
- D、短路时的最高允许温升

三、计算题（共 40 分）

选择某电厂 10kV 屋内配电装置汇流母线。已知母线 $I_{max}=3464A$ ，三相导体长边垂直布置，相间距离 $a=0.75m$ ，绝缘子跨距 1.2m。母线短路电流 $I'' = 51kA$ ，短路热效应 $QK=1003 (kA)^2*s$ ，环境温度 $35^{\circ}C$ 。铝导体弹性模量 $E=7 \times 10^{10}Pa$ ，母线频率系数 $N_f=3.56$ 。

发电厂电气部分模拟考试试题三答案

一、填空题（每空 2 分，共 40 分）

1. 化学能 热能 机械能 电能
2. 开路
3. 对流 辐射 导热
4. 热 凝汽式（无顺序）
5. 已知材料允许应力确定绝缘子最大允许跨距 已知材料应力和绝缘子跨距确定最大允许衬垫跨距
6. 失压自启动 空载自启动 带负荷自启动
7. 增大
8. 不停电检修出线断路器
9. 工作电源 启动和备用电源 事故保安电源

二、选择题（每题 2 分，共 20 分）

1.C 2.A 3.A 4.A 5.C 6.B 7.A 8.D 9.D 10.C

三、计算题（40 分）

解：(1) 按长期发热允许电流选择截面

选用 $3 \times (125 \times 10)$ 的铝矩形母线且导体竖放。

查附表 1 得 $|a| = 4243A$, $K_f = 1.8$ 。

计算温度修正系数，

$$K_\theta = \sqrt{\frac{70-35}{70-25}} = 0.88$$

则实际载流量为

$$K_\theta \cdot I_{al} = 0.88 \times 4243 = 3734(A)$$

显然， $I_{max} = 3464A < 3734A$ ，可见能满足导体正常发热的要求

② 热稳定校验

短路前母线工作温度

$$\theta_w = \theta + (\theta_{al} - \theta) \cdot \frac{I_{max}^2}{I_{al35^\circ C}^2} = 35 + (70 - 35) \cdot \frac{3464^2}{3734^2} = 65^\circ C$$

计算热稳定最小截面

由， $\theta_w = 65^\circ C$ 查得 $C = 89$

则满足热稳定最小截面

$$S_{min} = \sqrt{Q_k \cdot K_f} / C = \sqrt{1003 \times 10^6 \times 1.8} / 89 = 477.4(mm^2) < 3750(mm^2)$$

满足热稳定要求

③ 动稳定校验

$$m = h \times b \times \rho_w = 0.125 \times 0.01 \times 2700 = 3.375(kg/m)$$

$$J = bh^3 / 12 = 0.01 \times 0.125^3 / 12 = 1.63 \times 10^{-6}(m^4)$$

$$f_1 = \frac{N_f}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} = \frac{3.56}{1.2^2} \sqrt{\frac{7 \times 10^{10} \times 1.63 \times 10^{-6}}{3.375}} = 454.5(Hz) \approx 155(Hz)$$

可不计共振影响

冲击电流为 $i_{sh} = K_{sh} \times \sqrt{2} \times I'' = 1.9 \times \sqrt{2} \times 51 = 137.19(kA)$

则母线相间应力

$$f_{ph} = 1.73 \times 10^{-7} \times \frac{1}{a} \cdot i_{sh}^2 = 1.73 \times 10^{-7} \times \frac{1}{0.75} \times 137190^2 = 4341(N/m)$$

$$W_{ph} = 0.5 \cdot bh^2 = 0.5 \times 0.01 \cdot 0.125^2 = 78.125 \times 10^{-6}(m^3)$$

$$\sigma_{ph} = \frac{f_{ph} \cdot L^2}{10W_{ph}} = \frac{4341 \times 1.2^2}{10 \times 78.125 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^6(Pa)$$

母线同相条间作用应力计算

由 $\frac{b}{h} = \frac{10}{125} = 0.08$

和 $\frac{2b-b}{b+h} = \frac{10}{10+125} = 0.074, \frac{4b-b}{b+h} = \frac{30}{10+125} = 0.222$

查得形状系数

$$K_{12} = 0.37, K_{13} = 0.57$$

则

$$f_b = 8(K_{12} + K_{13}) \times 10^{-9} \times \frac{1}{b} \times i_{sh}^2$$
$$= 8(0.37 + 0.57) \times 10^{-9} \times \frac{1}{0.01} \times 137190^2 = 14153(Pa)$$

临界跨距 **L_{cr}** 及条间衬垫最大跨距 **L_{bmax}** 分别为

$$L_{cr} = \lambda b \sqrt[4]{h/f_b} = 1197 \times 0.01 \times \sqrt[4]{0.125/14153} = 0.65(m)$$

$$L_{bmax} = b \times \sqrt{\frac{2h\sigma_{bal}}{f_b}} = b \times \sqrt{\frac{2h(\sigma_{al} - \sigma_{ph})}{f_b}}$$
$$= 0.01 \times \sqrt{\frac{2 \times 0.125 \times (70 - 8) \times 10^6}{14153}} = 0.33(m)$$

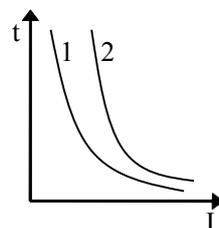
所选衬垫跨距 **L_b** 应小于 **L_{cr}** 及条间最大跨距 **L_{bmax}**
为了便于安装，每跨绝缘子中设 **3** 个衬垫

$$L_b = 1.2/4 = 0.3(m)$$

试题四

一、单项选择题（每题 2 分，共 14 分）

- 导体长期发热的稳定温升与_____有关。
A. 起始温升 B. 起始温升和载流量 C. 载流量
- 发电机引出线导体截面是按_____选择的。
A. 长期发热允许电流 B. 经济电流密度 C. 负荷电流
- 大中型发电厂，特别是火力发电厂的厂用电备用方式，常利用_____方式。
A. 明备用 B. 暗备用 C. 与系统相连的主变兼作备用
- 配电装置的母线截面是按_____选择的。
A. 长期发热允许电流 B. 经济电流密度 C. 机械强度
- 发电厂的厂用电备用方式，采用明备用方式与暗备用方式相比，厂用工作变压器容量_____。
A. 增大 B. 减小 C. 相等
- 少油式断路器中油的用途是_____。
A. 灭弧介质 B. 灭弧介质和绝缘介质 C. 绝缘介质
- 如图有两个同样材料的高压熔断器安秒特性，则_____熔体的截面小。
A. 1 号熔断器 B. 2 号熔断器 C. 两个一样



二、填空题（每空 2 分，共 26 分）

- 大型火力发电厂厂用电系统接线通常都根据_____的接线原则，采用_____的接线形式。
- 水平方向布置的三相平行导体在发生三相短路时，最大电动力出现在_____相上，其计算公式为_____。
- 在进行矩形导体的动稳定校验时，当每相为单条矩形时，工程计算目的是_____；当每相为多条矩形时，工程计算目的是_____。
- 高压断路器开断交流电路时，决定熄弧的基本因素是_____和_____。电弧不再重燃的条件是_____。
- 加装旁路母线的唯一目的是_____。
- 厂用供电电源包括_____、_____和_____。

三、问答题（每题 5 分，共 15 分）

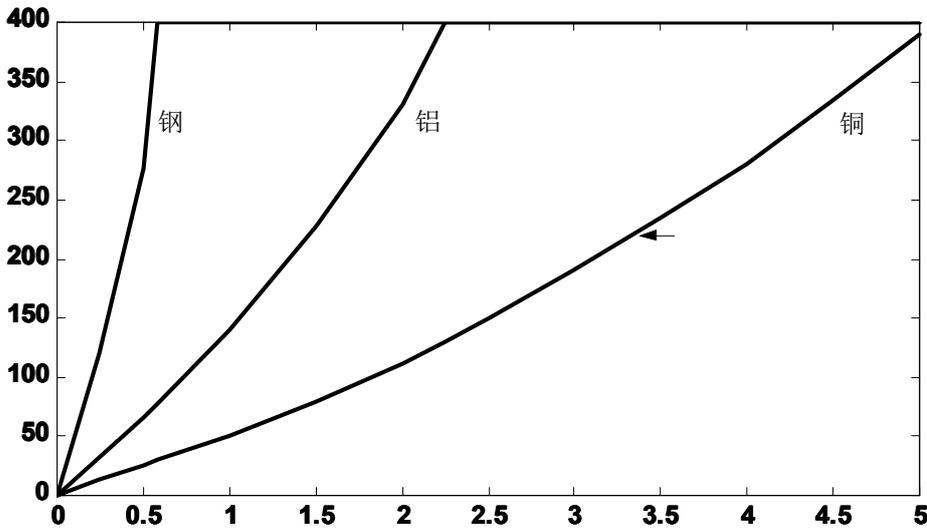
- 为何电流互感器正常运行时二次侧不允许开路，电压互感器正常运行时二次侧不允许短路？
- 什么叫导体的长期发热和短时发热？计算它们的目的是什么？
- 第一台电抗器的型号是 NKL-10-300-5，第二台电抗器的型号是 NKL-10-500-3，哪一台电抗器的限流作用大？请通过计算说明为什么？

四、按要求完成下面各题（共 45 分）

某 10kV 户内配电装置中，环境温度为 25℃，母线采用三相水平布置，相间距离 $a = 25\text{cm}$ ，同相两个相邻绝缘子距离 $L = 100\text{cm}$ ，跨距数大于 2。通过母线的短路电流值： $I'' = 30\text{kA}$ ， $I_{tk/2} = 26\text{kA}$ ， $I_{tk} = 23\text{kA}$ 。短路电流通过时间 $t = 1.6\text{s}$ 。回路最大工作电流为 450A。请解答如下问题：

1. 选择该回路采用矩形铝母线的截面（不考虑按经济电流密度选择）。
2. 计算母线正常工作时和短路时的温度。
3. 计算满足热稳定的最小允许截面积。
4. 计算母线短路时的电动力。
5. 计算满足母线动稳定的绝缘子最大允许跨距。

$\theta = f(A)$ 曲线可参考下图：



注：所有答案一律写在答题纸上。

发电厂电气部分模拟考试试题四答案

一、选择题（每题 2 分）

1	2	3	4	5	6	7
C	B	A	A	B	A	A

二、填空题（每空 2 分）

1. 按炉分段 单母线分段

$$1.73 \times 10^{-7} \cdot \frac{L}{a} \cdot i_{sh}^2$$

2. B

3. 已知材料允许应力确定绝缘子最大允许跨距 已知材料应力和绝缘子跨距确定最大允许衬垫跨距

4. 弧隙电压恢复强度 弧隙介质恢复强度 弧隙介质恢复强度 > 弧隙电压恢复强度

5. 不停电检修出线断路器

6. 工作电源 启动和备用电源 事故保安电源

三、问答题（每题 5 分）

1. 课本 p184 p188

2. 课本 p55、p68

3. 百分电抗是以电抗器自身额定值为基准值的标么值乘以 100。即：

$$X_L \% = \frac{X_L}{U_N / \sqrt{3} I_N} \times 100\% \quad , \text{所以电抗器电抗的有名值为: } X_L = X_L \% \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} I_N} \text{。由此公$$

式，则：

$$\text{第一台 NKL-10-300-5 的 } X_{L1} = 5 \cdot \frac{10}{\sqrt{3} \times 0.3} = 96.225 \quad ; \text{ (2 分)}$$

$$\text{第二台 NKL-10-500-3 的 } X_{L1} = 3 \cdot \frac{10}{\sqrt{3} \times 0.5} = 34.641 \quad , \text{因此, 第一台电抗器的限流效果好。}$$

(3 分)

四、按要求完成下面各题（共 45 分）

1. 选择该回路采用的矩形铝母线：

查课本附录后，选用截面积为 $(40 \times 4) \text{ mm}^2$ 的单条矩形导体，布置方式为三相水平，每相导体竖放。由此查得其载流量为 $I_{al} = 480\text{A}$ 。当环境温度为 25°C 时，温度修正系数等于 1，因此实际的载流量也就等于 480A 。从而满足 $I_{al} \geq I_{\max}$ 的条件。

2. 计算母线正常工作时和短路时的温度：

母线正常工作时的温度为

$$\theta_i = \theta_0 + (\theta_{al} - \theta_0) \cdot \frac{I_{\max}^2}{I_{al}^2} = 25 + (70 - 25) \cdot \frac{450^2}{480^2} = 65$$

查曲线得 $A_i = 0.45 \times 10^{16} (\text{J} / \Omega \cdot \text{m}^4)$ 。

短路电流热效应为

$$Q_k = \frac{t_k}{12} \cdot (I^2 + 10 \cdot I_{(t_k/2)}^2 + I_{t_k}^2) = \frac{1.6}{12} \cdot (30^2 + 10 \cdot 26^2 + 23^2) = 1092 (\text{kA}^2 \cdot \text{s})$$

则

$$A_f = \frac{Q_k}{S^2} + A_i = 0.45 \times 10^{16} + \frac{1}{(40 \times 4 \times 10^{-6})^2} \times 1092 \times 10^6 = 4.72 \times 10^{16} (\text{J} / \Omega \cdot \text{m}^4)$$

查曲线得 $\theta_f = 400$

3. 计算满足热稳定的最小允许截面积:

由 $\theta_i = 65$ 查表得热稳定系数 $C=89$, 则满足热稳定得最小允许截面积为

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{Q_k}}{C} = \frac{\sqrt{1092 \times 10^6}}{89} = 371(\text{mm}^2)$$

查课本附录, 重新选定截面积为 $(63 \times 6.3) \text{mm}^2$ 的单条矩形导体, 其载流量 $I_{al}=949\text{A}$, 因 $S > S_{\min}$, 故热稳定合格。

4. 计算母线短路时的电动力:

单位长度导体在母线短路时的电动力为

$$f_{ph} = 1.73 \times 10^{-7} \cdot \frac{L}{a} \cdot i_{sh}^2 = 1.73 \times 10^{-7} \cdot \frac{1}{0.25} \cdot (\sqrt{2} \times 1.8 \times 30000)^2 = 4035(\text{N/m})$$

5. 计算满足动稳定的绝缘子最大允许跨距:

最大弯矩为 $M_{ph} = f_{ph} \cdot L^2 / 10 = 4035 \times 1^2 / 10 = 403.5(\text{N/m})$

截面系数为 $W_{ph} = b \cdot h^2 / 6 = 0.0063 \times 0.63^2 / 6 = 4.17 \times 10^{-6}(\text{m}^3)$

则最大相间计算应力为 $\sigma_{ph} = M_{ph} / W_{ph} = 403.5 / 4.17 \times 10^{-6} = 96.8 \times 10^6(\text{N/m}^2)$, 可见

实际应力已经大于铝导体的允许应力 $\sigma_{al} = 70 \times 10^6(\text{N/m}^2)$ 了。

满足动稳定的绝缘子最大允许跨距为

$$L_{\max} = \sqrt{10 \cdot \sigma_{al} \cdot W_{ph} / f_{ph}} = \sqrt{10 \times 70 \times 10^6 \times 4.17 \times 10^{-6} / 4035} = 0.85(\text{m})$$

所以选取同相两个相邻绝缘子的距离为 0.80m, 就可以满足动稳定。

全国 2009 年 1 月自考发电厂电气主系统试题

一、单项选择题 (本大题共 15 小题, 每小题 1 分, 共 15 分)

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的, 请将其代码填写在题后的括号内。错选、多选或未选均无分。

1. 近阴极效应对熄灭下列哪种电气设备的电弧特别有利? (A)

A. 低压电器 B. 中压电器

C. 高压电器 D. 配电装置

2. 根据对电气主接线的基本要求, 设计电气主接线时首先要考虑 (D)

A. 采用有母线的接线形式 B. 采用无母线的接线形式

C. 尽量降低投资、少占耕地 D. 保证必要的可靠性和电能质量要求

3. 下列选项中不属于单母线接线优点的是 (B)

A. 便于扩建 B. 可靠性高

C. 接线简单 D. 投资少

4. 由于发电厂厂用电一般采用可靠性高的成套配电装置, 因而其高、低压母线应采用

(C)

- A. 双母线接线 B. 桥形接线
- C. 双母线带旁路母线接线 D. 单母线或单母线分段接线
5. 由发电机电压母线引接厂用电源的方式适用于(B)
- A. 大、中型发电厂 B. 中、小型发电厂
- C. 大型发电厂 D. 小型发电厂
6. 为保证大型枢纽变电所所用电的供电可靠性, 应装设的工作变压器和备用变压器台数分别为(C)
- A. 一台, 一台 B. 两台, 一台
- C. 两台, 两台 D. 三台, 两台
7. 屋内配电装置和屋外配电装置是按(A)
- A. 电气设备安装场所的不同区分的 B. 电气设备安装方式的不同区分的
- C. 电气设备型号的不同区分的 D. 电气设备尺寸的不同区分的
8. 安全净距是配电装置处于何种电压或内部过电压时, 其空气隙均不会被击穿的最小距离?
- (C)
- A. 平均电压 B. 额定电压
- C. 最高工作电压 D. 最低工作电压
9. 当按经济电流密度选择的标准截面 SN_2 小于按最大工作电流选择的标准截面 SN_1 时, 若以 SN_2 作为母线的截面, 则不能满足(C)
- A. 正常发热要求 B. 动稳定要求
- C. 热稳定要求 D. 短时过负荷发热要求
10. 根据我国目前高压断路器生产的情况和各类断路器的技术特点, 一般 110~330kV 配电装置中不采用(B)
- A. 真空断路器 B. 空气断路器
- C. 少油断路器 D. SF6 断路器
11. 蓄电池组直流操作电源通常的运行方式分为(D)
- A. 充电方式和放电方式
- B. 充电—放电方式和放电—充电方式
- C. 充电—放电方式和充电—放电—充电方式
- D. 充电—放电方式和浮充电方式

12. 变压器负荷能力的大小与(D)
- A. 变压器容量、负荷持续时间和环境温度有关
B. 变压器容量、负荷持续时间和绝缘老化有关
C. 负荷持续时间、环境温度和绝缘老化有关
D. 变压器容量、负荷持续时间、环境温度和绝缘老化有关
13. 泄露电流试验电路的主要组成设备,除了调压设备、试验变压器和高压二极管外,还有()
- A. 电压表 B. 功率表
C. 频率表 D. 微安表
14. 下列选项中属于内部过电压的是(C)
- A. 反击雷过电压 B. 感应雷过电压
C. 谐振过电压 D. 大气过电压
15. 下列选项中属于防止直击雷过电压的有效措施是(C)
- A. 装设并联电容器 B. 装设并联金属氧化锌避雷器
C. 装设避雷针与避雷线 D. 采用隔离变压器

二、填空题(本大题共 10 小题,每小题 1 分,共 10 分)

请在每小题的空格中填上正确答案。错填、不填均无分。

16. 电弧弧柱区在产生游离的同时,还存在着去游离现象,去游离主要包括复合和_扩散_____两种形式。
17. 发电厂或变电所中的_____按照设计要求连接而构成的电路称为电气主接线。
18. 火电厂中的给水泵、送风机等设备属于_0 型_____负荷。
19. 母线三角形布置适用于_____kV 大中容量的配电装置。
20. 三相导体垂直布置时,边缘相所受的电动力相对_____。
21. 操作电源按电源性质分为_____两类。
22. 无励磁调压变压器分接头为-7.5%时,若无制造厂的规定,则其_____应相应降低 2.5%。
23. 一般在容量不大于_____kVA、额定电压在 110kV 以下的变压器中采用油自然循环空气自然冷却的冷却系统。
24. 测量绝缘电阻时,通常将加压后_____的电阻值视为被试品的真实电阻。
25. 内过电压的幅值与电网的_____有直接关系。

三、名词解释题(本大题共 5 小题, 每小题 3 分, 共 15 分)

- 26. 区域变电所
- 27. 发电厂的启动电源
- 28. 电气设备的最大工作电压
- 29. 离子位移极化
- 30. 操作过电压

四、简答题(本大题共 6 小题, 每小题 5 分, 共 30 分)

- 31. 发电厂厂用电供电电压有哪几级?确定厂用电供电电压时应考虑哪些因素?
- 32. 何谓半高型配电装置?它有何特点?
- 33. 一般高压成套开关柜的闭锁应具备的“五防”功能是指什么?
- 34. 何谓变压器的强迫油循环水冷却系统?与强迫油循环风冷却系统相比, 它有何特点?
- 35. 电介质的电导有哪些特点?
- 36. 避雷针的“避雷”原理是什么?

五、绘图题(本大题共 1 小题, 10 分)

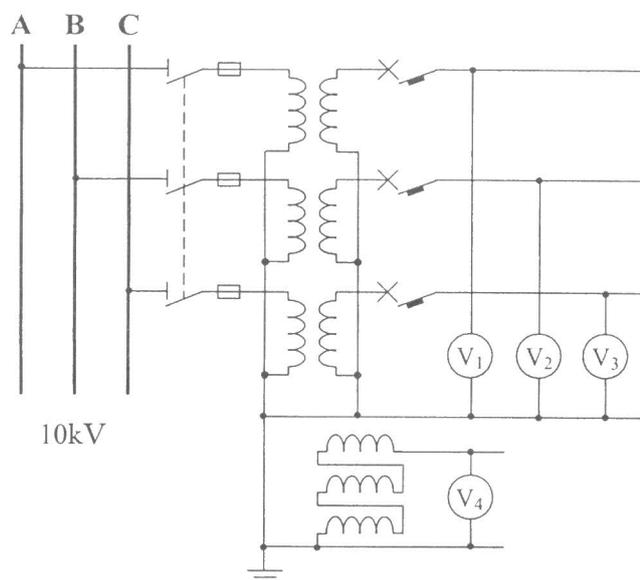
- 37. 试画出外桥接线电气主接线图, 并说明为什么它适用于变压器需要经常投切的场合?

六、计算题(本大题共 2 小题, 每小题 10 分, 共 20 分)

38. 某台 JSJW 型 10kV 三相五柱式电压互感器如题 38 图所示。第一副绕组接有三块电压表 V₁、V₂、V₃, 第二副绕组开口处接有电压表 V₄。试求:

- (1)正常运行时 V₁、V₂、V₃、V₄ 的读数为多少?
- (2)当电网 A 相接地时, V₁、V₂、V₃、V₄ 的读数又为多少?

(注: V₁、V₂、V₃ 的读数应折算到 10kV 侧)



题 38 图

39. 某 10kV 屋内配电装置中, 环境温度为 25°C, 母线采用三相水平排列平放, 相间距离 $a=25\text{cm}$, 同相两个相邻绝缘子距离 $L=100\text{cm}$ 。通过母线的短路电流值: $I(3)''=35\text{kA}$, $I_{0.6}=30\text{kA}$, $I_{1.2}=26\text{kA}$ 。短路电流通过时间 $t=1.2\text{s}$ 。若导体长期工作发热允许温升为 45°C, 试按照热稳定要求选择该回路采用矩形铝母线的截面(不同工作温度下裸母线的 C 值如题 39 表所示; 可供选择的标准矩形铝母线有: 5×40、5×50、6.3×63、63×8、80×6.3、80×8mm²)。

题 39 表 不同工作温度下硬铝及铝合金的 C 值

工作温度(°C)	40	45	50	55	60
C 值	99	97	95	93	91
工作温度(°C)	70	80	90	100	
C 值	87	83	81	75	

《发电厂电气设备部分》综合复习资料

一. 选择题

- 发生短路时, 电动力的频率为: []
 - 50 赫兹
 - 主要为 50 赫兹和 50 赫兹
- 熔断器的熔断时间与电流间的关系曲线称为: []
 - 安秒特性
 - 伏安特性
- 水平排列、间距相同的三根导体, 两边分别为流过 A 相、C 相, 中间 B 相电流。三相对称短路时, 受力最大的一相为: []
 - A 相
 - B 相
 - C 相
- 变压器并联运行时, 必须满足: []
 - 连接严格组别一致
 - 变比严格一致
 - 阻抗严格一致
 - 容量严格一致

5. 变压器的最大效率发生在。[]
- A. $\beta = 1$ B. $\beta = 0.6-0.8$
6. 一般来说,凝汽式火电厂与热电厂相比,效率较__,容量较__,距离负荷中心较__。[]
- A. 高; 小; 远 B. 高; 大; 远 C. 低; 大; 远 D. 高; 小; 近
7. 一般说来,核电厂与或火电厂相比,造价__,运行成本__。[]
- A. 高; 低 B. 高; 高 C. 低; 高 D. 低; 低
8. 发热会使导体机械强度下降,绝缘性能降低,接触电阻增大等。为了保证导体可靠地工作,按照有关规定,导体正常工作温度不应超过__,导体通过短路电流时,短路最高允许温度高于正常允许温度,对于铝导体,可取__。[]
- A. 25°C; 180°C B. 70°C; 200°C
9. 水平排列、间距相同的三根导体,两边分别为流过 A 相、C 相,中间 B 相电流。三相对称短路时,受力最大的一相为: []
- A. A 相 B. B 相 C. C 相
10. 三相短路最大电动力与两相短路最大电动力之比为: []
- A. 2 B. 1.73/1.5 C. 1.5/1.73
11. 一般的,凝汽式发电厂的效率为: []
- A. 30-40% B. 60-70%
12. 变压器原边电压幅值不变,但频率升高,则变压器的空载电流变化情况: []
- A. 减小 B. 增大 C. 不变
13. 两台变压器主接线采用外桥接线时,适合_____的场合。[]
- A. 变压器检修频繁 B. 断路器检修频繁
14. 下面对发电厂的描述最准确的是: []
- A. 火电厂因其耗能大,效率低,已经不承担主要电力负荷。
- B. 我国的水力发电承担主要电力负荷,我国的水力资源已经得到大力开发。
- C. 凝汽式电厂效率高于热电厂,因此我国正大力发展凝汽式大型火电厂。
- D. 水电厂运行灵活,效率高,且具有调相、调峰、事故备用的功能,可提高电网运行的灵活性、可靠性。
15. 假设现有两种电气主接线方案,第一种方案投资大,但运行费用低;第二种方案按投资小,但运行费用高。为了对两种方案进行取舍,通常将第一种方案__年节省的运行费用和该方案多投入的资金进行比较,这种方法叫做_____法。[]

- A. 5, 抵偿年限法 B. 10, 抵偿投资法 C. 10, 动态比较法
16. 如果导体的固有频率接近 50Hz 或 100Hz 时, 导体的电动力会: []
- A. 增大 B. 减小
17. 6-35kV 电网, 中性点_____, 称为_____接地系统。[]。
- A. 直接接地; 小电流 B. 直接接地; 大电流 C. 不接地或经消弧线圈接地; 小电流
18. 提高线路的输电电压, 可以减小电路的: []
- A. 功率损耗
- B. 电压降
- C. 无功损耗
- D. 功率损耗和电压降
19. 变压器的 []可以求得变压器的阻抗电压。
- A. 空载试验
- B. 耐压试验
- C. 功率因数测量
- D. 短路试验
20. 中性点直接接地的 220kV 以上供电系统变压器高压侧绕组接法为: []
- A. YN B. Y C. Δ
21. 当载流量较大, 大于 8000A 以上的发电机出口母线, 应采用的母线形式: []
- A. 矩形母线 B. 槽形母线 C. 管形母线
22. 下面是几种油浸式变压器的冷却方式, 冷却效果最好的是[]:
- A. 油浸自冷 B. 油浸风冷 C. 导向油循环强制风冷
23. 关于互感器, 下列说法正确的是: []
- A. 电压互感器并联在电路中, 近乎开路运行; 电压互感器并联的表计越少, 测量值越准确。
- B. 电流互感器串联在电路中, 近乎短路运行; 电流互感器串联的表计越少, 测量值越准确。
- C. 电流互感器必须进行动稳定和热稳定校验。
- D. 为了保证安全, 电流互感器和电压互感器二次侧都必须装熔断器。
24. 关于电弧的描述, 下列说法正确的是: []
- A. 电弧燃烧时, 弧柱的电阻接近为零。
- B. 断路器带负荷合闸时, 不会产生电弧。
- C. 真空中没有导电物质, 因此不会产生电弧。

- D. 隔离开关和断路器一样，具有完善的灭弧能力。
25. 倒闸操作时，如果要对某一回路断电，正确的操作程序是：[]
- A. 先断开断路器，后断开隔离开关
- B. 先断开隔离开关，后断开断路器
26. 测量绝缘电阻时，应在兆欧表____读取绝缘电阻的数值。[]
- A. 转速上升时的某一时刻
- B. 转速下降时的某一时刻
- C. 达到 50%额定转速，待指针稳定后
- D. 达到额定转速，待指针稳定后
27. 关于导体的发热和散热，以下说法错误的是：[]
- A. 导体表面越粗糙，散热效果越差
- B. 导体表面涂深色漆，散热效果好
- C. 导体竖放，要比横放散热效果好。
28. 对于高层建筑、地下建筑等场合，选择变压器的形式应为：[]
- A. 油变压器
- B. 干式变压器
29. 发电机出口附近短路电流周期分量的变化顺序是：[]
- A. 超瞬态分量 I'' → 瞬态分量 I' → 稳定周期分量 I_{∞}
- B. 瞬态分量 I' → 稳定周期分量 I_{∞} → 超瞬态分量 I''
- C. 稳定周期分量 I_{∞} → 瞬态分量 I' → 超瞬态分量 I''

二. 填空题

1. 我国能源工业发展的方针是：开发与节约并重，以____为中心，____为基础，大力发展____，积极发展____，积极开发石油和天然气。推广节电、节煤技术和____联产，发展余热利用，继续执行以煤代油，努力提高能源利用率，减轻环境污染。
2. 断路器具有完善的____能力，可以分断工作电流和____电流。
3. 变电所中，既承担功率交换，又兼有供配电功能的变电所是_____。
4. 为了增加单母线接线的可靠性，可采取以下措施（举两例）：_____、_____。
5. 发电厂和变电所中，通常把生产和分配电能、流过大电流，承受高电压的设备称为____次设备。把测量、控制、保护的设备称为____次设备。发电机属于____次设备，电流互感

器属于____次设备。

6. 为了使发电厂或变电所的配电装置布置简单，运行检修方便，一般升高电压等级不宜过多，通常以____级电压为宜，最多不应超过____级。

7. 发电厂和变电所中，把主要设备连接起来，表明电能送入和分配关系的电路，称为_____。

8. 对于电气主接线的基本要求，概括的说应包括____性、____性、____性三个方面。确定主接线方式时，应首先保证供电的_____。

9. 在生产实际中，对于双路进线的厂矿企业，在开关柜及母线可靠性满足要求的情况下，确定主接线方式时，应首先采用_____的主接线方式，选择变压器台数选择为____台，变压器容量选择，遵循“百分之____”原则。

10. 对于发电厂，出线回路较少时，为了节省设备，简化接线，常采用_____接线。

11. 导体截面一般_____选择。当导体传输容量大，导体的最大负荷利用小时数大于 5000 小时，且长度超过 20 米时，则应按_____选择。对于传输距离较远时，还要进行_____校验。

12. 并联运行的变压器所分担的工作电流与变压器的_____成反比。

13. 导体正常运行时，发热主要来自导体的_____损耗。

14. 当供电距离较远、容量较大时，应校验其电压损失，一般应满足电压损失不大于____%。

15. 导体散热途径有三，但主要通过_____和_____两种方式散热。

16. 由于趋肤（集肤）效应，导体的交流电阻比直流电阻_____。

17. 选择电气设备选择时，一般先按_____条件选择，再按_____条件校验。

18. 由于发电机一般都装有阻尼绕组，发电机短路时，发电机的阻抗不是常数，使得短路电流周期分量中依次经过_____分量、_____分量、_____分量。

19. 开关电器切断或关合电流大于____，电压大于_____的电路时，就会产生____。当空起中电场强度超过_____V/m 时，阴极电子就会被电场力拉出而飞向阳极。

20. 电弧的产生过程是这样的：当电器的触头刚分开时，触头间距离小，场强大，触头电子被拉出，这种游离方式称为_____发射，它是触头最初产生导电离子的原因。随着触头温度升高，触头电子运动加剧，形成_____发射。随之而来的_____游离和____游离，使得弧隙间的电子和离子大量增加，电弧继续维持燃烧。

21. 电弧发生游离的同时，还伴随着是带电质点减少的_____过程，去游离主要形式为和_____。

22. 短路前负荷电流为零，电压初相位等于 90° 时发生短路，短路过程直接进入稳态短路过程，非周期分量电流为_____。
23. 发电机的冷却方式很大程度决定它容量的大小，大容量发电机的冷却方式通常采用方式。
24. 变压器的正常过负荷于事故过负荷相比，事故过负荷是以损失_____为代价的，而正常过负荷则不是。
25. 当电弧电流刚刚过零后很短的时间内，会在电弧的阴极区聚集正电荷离子层，它的初始介质强度可达 150-250V，对电弧的熄灭很有利。这种现象称为_____效应。
26. 交流电流形成的电弧在电流过零点时，电弧瞬间_____。此时采取有效措施可以有效地灭弧。
27. 交流电弧能否熄灭，取决于电弧电流过零时，_____和_____之间的竞争。

三. 判断题

1. 设计电气主接线时，当可靠性和经济性发生矛盾时，首先满足可靠性。
2. 电缆的动稳定由厂家保证，选择电缆时可以不考虑。
3. 导体短路时，产热全部用来使导体自身温度升高，可认为是一个绝热过程，_____ 此时导体的比热容和电阻率不是常数。
4. 无限大容量系统短路时，短路电流周期分量幅值不变。
5. 系统阻抗相比于供电系统阻抗很小，系统容量相比于供电系统容量大很多，就可以看作是无穷大容量系统。
6. 高压系统短路电流非周期分量衰减得慢，低压系统短路电流非周期分量衰减得快。
7. 短路电流非周期分量在任何短路情况下都是最大的，它不因短路时刻、断路前工作电流大小的不同而不同。
8. 短路冲击电流发生在最严重短路发生后的 0.01 秒。
9. 按照经济电流密度选择导体截面，可使导体的年计算费用最低，但在导体运行时可能超温。
10. 经济电流密度是从经济的角度来考虑选择导体截面的，长期发热允许电流是从长期发热温度方面考虑的，因此满足经济电流密度条件不一定满足长期发热条件。
11. 当海拔升高，电器的绝缘水平降低；当环境温度升高，电器的允许电流减小。
12. 校验电器热稳定时，应该考虑电器在最严重发热情况下开断短路电流，验算热稳定的计

算时间 t_k 应包括后备保护动作时间 t_{pr} 和断路器固有分闸时间 t_{in} 之和。校验电器动稳定时，应该考虑电器在最严重的情况下开断短路电流，故电器的开断时间 t_{br} 应为主保护动作时间 t_{pr1} 和断路器的全开断时间 t_{ab} 之和。由此看来，校验热稳定时计算时间长，检验动稳定时计算时间短。

13. 电器的热稳定校验是为了检验电器当短路发生时，在电流热效应下，电器的温升是否超过它的最高允许温度。

14. 动稳定校验是为了检验电器在短路发生时，在电流的电动力作用下，电器承受的应力是否超出电器的最大允许应力。

15. 选择高压隔离开关时，校验项目和断路器相同，但无需进行开断电流和短路关合电流校验。

16. 高压隔离开关具有一定分合小电流的能力，可以分合避雷器、电压互感器、空载母线、励磁电流不超过 2A 的空载变压器、充电电流不超过 5A 的空载线路等。

17. 双母线接线中的隔离开关不仅仅作为隔离电压作用，也作为倒闸操作的操作电器。

18. 跌落式高压熔断器具有短路、过负荷保护能力，属于自产气灭弧电器。

19. 开关具有短路保护功能。

20. 负荷开关具有短路保护功能。

21. 重合闸的作用是检验是否存在永久性断路故障，尽快恢复供电。

22. 石英砂填料式熔断器具有限流作用，与之相连的电器可以不进行动稳定校验。

23. 选择电压互感器和电流互感器都需要进行容量计算。

24. 加速开关的开断速度，有利于快速拉长电弧，促进电弧熄灭。

25. 变压器原边和副边之间的压降是由于副边电流在变压器漏阻抗上的压降引起的，和原边电流大小无关。

26. 变电所中主变压器一般采用三相式变压器，其容量应根据电力系统 5~10 年的发展规划进行选择。

27. 选择熔断器时，熔断器额定电压不能高于电网电压太多，以免引起熔断时过电压和熄弧困难。

28. 为了提供 3 次谐波电流通路，大型芯式电力变压器的高、低压绕组一般有 Δ 接法的绕组。

四. 简答题

1. 短路电流有什么危害？电气主接线的设计及运行过程中，通常采取哪些措施减小短路电

流？

2. 说出短路发生时，最大短路电流形成的特点和条件。
3. 导体长期发热和短时发热的特点有哪些？
4. 开关电器中，交流电弧是怎样产生的和熄灭的？（参看课本）
5. 隔离开关与断路器的主要区别在哪里？它们的操作程序应如何正确配合？为防止误操作通常采用哪些措施？
6. 结合自己的工作实践，说说变电所（或发电厂）如何选择主变压器？
7. 电流互感器的副边绕组不能开路，为什么？
8. 为了兼顾绝缘材料成本和接地保护装置动作的可靠性，一般规定，对于 35kV 以下电力系统，采用中性点非直接接地系统（中性电不接地或经消弧线圈接地），又称小电流接地系统。对于 110kV 以上高压电力系统，皆采用中性点直接接地系统。请具体说明其中的原因。
9. 什么是冲击短路电流？在设备选择时有什么意义？
10. 为什么要用互感器？简述其工作原理和使用注意事项。
11. 简要说明校验电器的动稳定和热稳定的方法。

五. 计算题

1. 某水电厂主接线设计中，初步选出以下两种方案。其经济指标如下，如果以 5 年作为综合投资回收年限，请用抵偿年限法，决定哪个方案可行。（设平均电价为 0.2 元/Kwh）

方案比较的经济指标：

	投资（万元）	电能损耗（万 Kwh）	折旧费（万元）	维修费（万元）
方案 1	800	300	10	12
方案 2	600	350	25	20

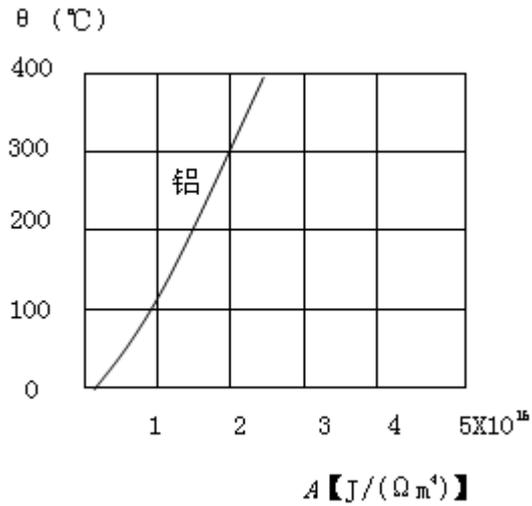
2. 发电机出线铝导体型号为 LWY-100*8mm²，正常工作电压为 $U_n=10.5\text{KV}$ ，正常负荷电流为 $I_w=2000\text{A}$ 。正常负荷时，导体的温度为 $\theta_i=50^\circ\text{C}$ 。继电保护动作时间为 $t_{pr}=1\text{s}$ ，断路器全开断时间为 $t_{ab}=0.2\text{s}$ 。短路电流 $I''=32\text{KA}$ ， $I_{0.6}=25\text{KA}$ ， $I_{1.2}=15\text{KA}$ 。

- ① 校验导体的热稳定。
- ② 求导体的单位长度受力最大值。
- ③ 若只考虑满足导体的热稳定要求，不计集肤效应因素，求导体的最小截面积。

附表一：非周期分量等效时间 T 的确定

短路点	T(s)	
	$t_k \leq 0.1s$	$t_k > 0.1s$
发电机出口及母线	0.15s	0.2s

附表二： $\theta = f(A)$ 曲线



公式提示：

$$t_k = t_{pr} + t_{ab}$$

$$Q_p = \frac{t_k}{12} (I''^2 + 10 I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_{t_k}^2)$$

$$Q_{np} = T I''^2$$

$$Q_k = Q_p + Q_{np}$$

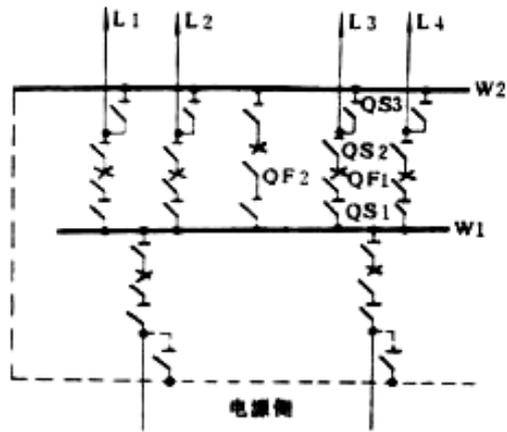
$$A_f = \frac{1}{S^2} Q_k + A_i$$

$$i_{sh} = 2.55 I''$$

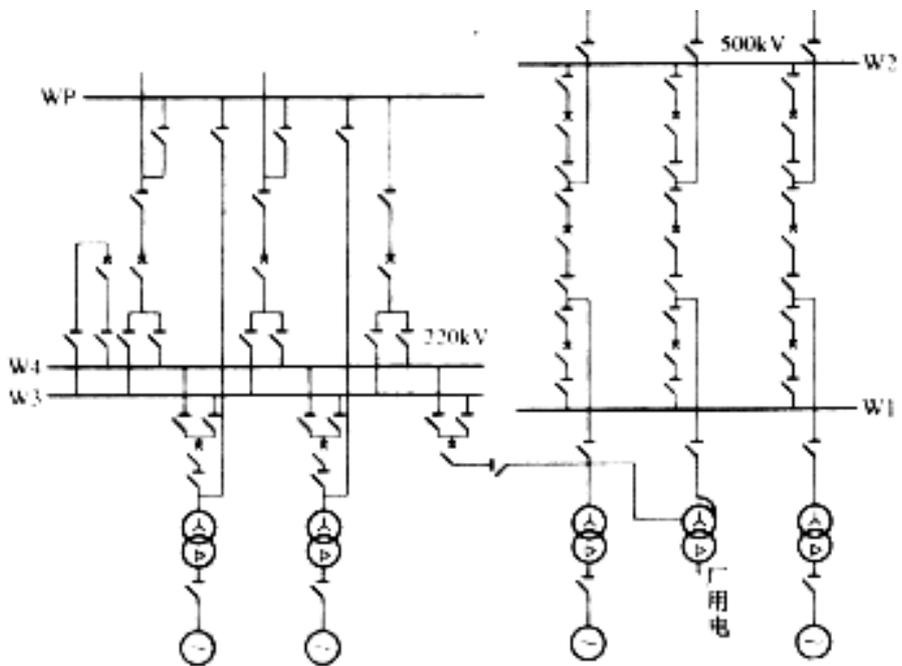
$$F_{max} = 1.73 \times 10^{-7} i_{sh}^2 \frac{1}{a} (N/m)$$

六. 分析题

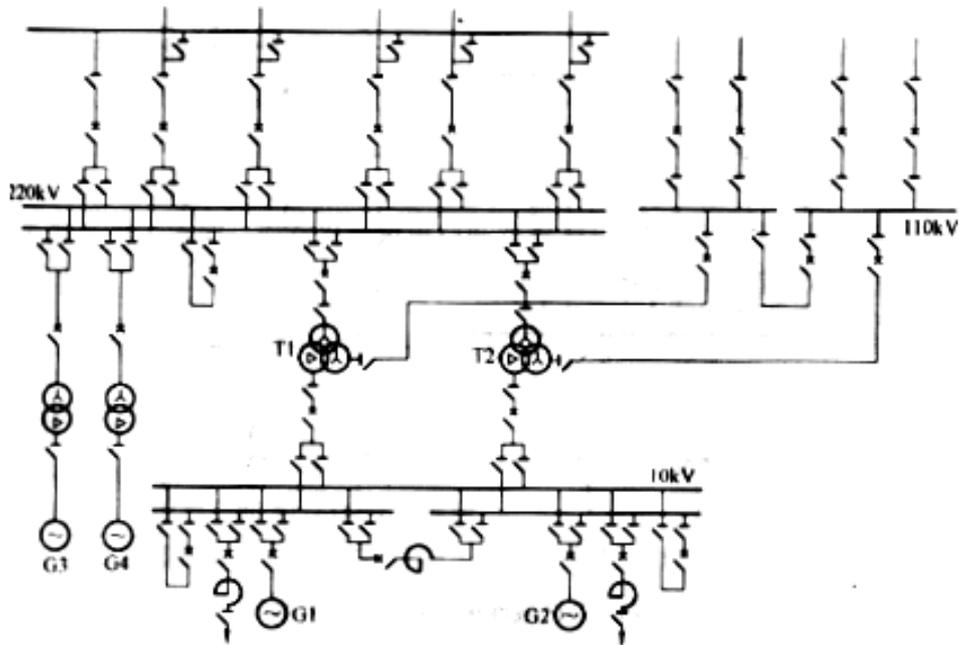
1. 如下图所示，当检修馈线回路 L3 的断路器时，如何进行倒闸操作？



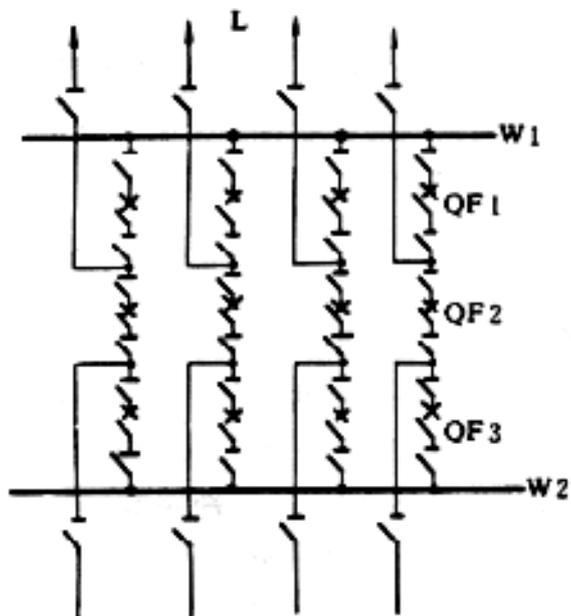
2. 说出下图最可能为哪一类型发电厂的电气主接线，并分析其主要特点：



3. 说出下列主接线形式，分析主要特点。



4. 说出下列主接线形式，分析主要特点。



七. 设计题

1. 某 220KV 系统的重要变电所，装有两台 120MVA、220/110KV 主变压器。高压侧（220kv）有 2 回电源进线，2 回馈出线；低压侧（110kv）有 10 回出线，负荷性质为 I、II 类负荷，不允许停电检修断路器。设计电气主接线方式并简要分析。

一. 选择题

1. B 2. A 3. B 4. A 5. B 6. C 7. A 8. B 9. B 10. B 11. A 12. A 13. A 14. D 15. A
16. A
17. C 18. D 19. D 20. A 21. C 22. C 23. C 24. A 25. A 26. D 27. A 28. B 29. A

二. 填空题

1. 煤炭、电力、水电、核电、热电
2. 灭弧、事故短路
3. 中间变电所
4. 单母线分段、单母线加旁路
5. 一次、二次、一次、二次
6. 两、三
7. 电气主接线。
8. 可靠、灵活、经济、可靠性。
9. 单母线分段、2、70
10. 单元
11. 按长期允许发热电流、经济电流密度、电压损失
12. 短路阻抗
13. 电阻
14. 5 %
15. 对流、辐射
16. 大
17. 正常发热条件（额定条件）、短路
18. 超瞬态、瞬态、稳态
19. 8-100mA、10-20V、电弧、 3×10^6
20. 强电子、热电子、碰撞、热
21. 去游离、复合、扩散
22. 0
23. 氢气内冷
24. （变压器正常、预期）寿命
25. 近阴极

26. 熄灭

27. 弧隙 介质 强度的恢复速度、系统电压的上升速度

三. 判断题

1. (√) 2. (√) 3. (√) 4. (√) 5. (√) 6. (√) 7. (X) 8. (√) 9.
(√)

10. (√) 11. (√) 12. (√) 13. (√) 14. (√) 15. (√) 16. (√) 17.
(√)

18. (√) 19. (X) 20. (X) 21. (√) 22. (√) 23. (√) 24. (√) 25.
(X)

26. (√) 27. (√) 28. (√)

四. 简答题

1. 答：短路电流的危害分为热损害和电动力损害。发热会使得电器：机械强度下降；接触电阻增加；绝缘性能降低。电动力也会使点七届鞋就够发生变性扭曲而损坏。

另外短路还会引起停电，影响系统稳定，产生电磁干扰等危害。

短路电流使得电路的电器选择规格加大，增加投资。

减少短路电流的措施：(1) 采用合理的主接线形势和运行方式，例如采用单元接线、硬母线分段、变压器分列运行等，减少短路电流；(2) 加装限流电抗器：线路电抗器、母线电抗器、分裂电抗器。(3) 采用低压分列绕组变压器。

2. 答：①短路阻抗角接近 90° ，短路电流近似纯感性电流；②短路前负荷电流为零；③短路时的电压初相位为 0° 。

3. 答：导体长期发热时，发热量和散热量相等，导体温度不变，导体的比热容和电阻率是常数。此时的导体，电动力可以忽略，温度一般不会高于导体的长期发热允许温度，导体可以长期稳定工作。

短时发热时，导体的发热时间很短，发热量很大，温度上升很快，可以忽略导体的散热，认为导体处于绝热升温过程，此时题目的比热容和电阻率不是常数，也随导体温度变化而变化。此时的导体电动力很大，发热很多，温升很高，不能持续长的时间，对导体的热稳定和动稳定是一个考验。

4. 参看课本

5. 略

6. 略

7. 答：副边电流的去磁作用消失，原边电流全部变为励磁电流，使得铁心磁通大大饱和，而且磁通波形畸变严重。饱和的磁通使得铁心发热严重，甚至烧坏铁心线圈。畸变的磁通使原副绕组感应出很高的电压，容易使绕组绝缘击穿。

8. 答：接地方式的选择，兼顾绝缘成本和供电可靠性。当电压很高时，例如对于 110-220KV 以上，采用大电流接地系统，可以减小绝缘材料成本。由于此时电压高，绝缘成本高，供电可靠性必须让位于减小绝缘成本。采用中性点接地方式运行，发生单相接地时，另两相对地电压不会升高，因此绝缘材料容易满足。但是，这种接地方式接地短路的电流大，为保护电器设备，保护装置不得不很快动作，从而一定程度上降低了供电可靠性。

对于 6-35KV 供电系统，电压不是很高，因此电器绝缘容易满足，可靠性变成主要问题。采用小电流接地系统，可以增加供电可靠性。这是因为，发生单相接地时，虽然另两相对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍，但电压水平较低，绝缘依旧容易满足，而且因为接地电流不会很大，系统仍然可以继续运行一段时间，增加了供电可靠性。

对于低压 1KV 以下电压供电系统，采用中性点接地运行，可以保证用电安全。此时绝缘不是问题，中性点接地运行，可以平衡大地电位，保护设备和人员安全。

9. 答：最严重短路发生后半个周期（0.01 秒）时的短路电流值称为短路冲击电流。此时电流的幅值最大。该电流常用来校验电气设备的动稳定性。

10. 略

11. 答：校验动稳定就是校验电器的能通过的最大电流是否大于安装地点的最大短路电流，校验热稳定时，校验电器的 $I_t^2 t$ 是否大于安装地点的热效应 Q_k 。

五. 计算题

1. 解：

$$t = \frac{Q_1 - Q_2}{U_2 - U_1} = \frac{800 - 600}{395 - 322} = 2.7()$$

由此可见，方案 1 虽然投资高，但多投的资金可以在 2.7 年以后通过节约损耗（包括电能损耗、折旧费、维修费）得以补偿。所以 t 小于 5 年，应该用方案 1。

2.（该题答案参看课本）

解：

①1、校验导体的热稳定

a. 求短路电流的热效应 Q_k

短路电流通过的时间

$$t_k = t_{pr} + t_{ab} = 1 + 0.2 = 1.2 \text{ s}$$

短路电流周期分量热效应

$$Q_p = \frac{t_k}{12} (I''^2 + 10 I_{\frac{t_k}{2}}^2 + I_k^2) = \frac{1.2}{12} (32^2 + 10 \times 25^2 + 15^2) = 749.9 (\text{kA})^2 \text{ s}$$

短路电流非周期分量热效应根据短路点可知，非周期分量等效时间等于 0.2s

$$Q_{np} = T I''^2 = 0.2 \times 32^2 = 204.8 (\text{kA})^2 \text{ s}$$

短路电流热效应

$$Q_k = Q_p + Q_{np} = 749.9 + 204.8 = 754.7 (\text{kA}^2) \text{ s}$$

b. 求导体最高发热温度

引导体的初始温度等于 $\theta_i = 50^\circ\text{C}$ ，查铝导体的在此温度下的加热系数

$$A_i = 0.4 \times 10^{16} \text{ J}/(\Omega \text{m}^4)$$

$$A_f = \frac{1}{S^2} Q_k + A_i = \frac{1}{\left(\frac{100}{1000} \times \frac{8}{1000}\right)^2} 754.7 \times 10^6 + 0.4 \times 10^{16} = 0.518 \times 10^{16} \text{ J}/(\Omega \text{m}^4)$$

再由图查得此时铝导体对应的最终发热温度

$\theta_f = 70^\circ\text{C}$ ，小于铝导体的最高允许温度 200°C 。

可知铝导体的最高温度未超过允许值，导体能满足热稳定要求。

②求导体的最大电动力

导体的短路电流冲击值

$$i_{sh} = 2.55 I'' = 2.55 \times 32 = 81.6 \text{ kA}$$

导体短路时的电动力（设导体的间距 a）

$$F_{\max} = 1.73 \times 10^{-7} i_{sh}^2 \frac{1}{a} = 1.73 \times 10^{-7} \times (81.6 \times 10^3)^2 \frac{1}{a} = \frac{1151.9}{a} (\text{N/m})$$

③ 若只考虑导体的热稳定要求，求导体的最小截面

由于铝导体最高允许温度 $\theta_f = 200^\circ\text{C}$ ，查铝导体对应的加热系数，可得下式

$$A_f = 1.4 \times 10^{16} \text{ J}/(\Omega \text{m}^4) = \frac{1}{S^2} Q_k + A_i = \frac{1}{S^2} \times 754.7 \times 10^6 + 0.4 \times 10^{16}$$

解得导体的最小截面积（也可利用公式 $S = \frac{\sqrt{A_f - A_i}}{\sqrt{Q_k}}$ ）

$$S = 275 \times 10^{-6} m^2 = 275(mm)^2$$

六. 分析题

1. 答：遵从先通后短的原则。

①先给旁路母线 W2 充电：合上进线与旁路母线相连的隔离开关，合上 QS3。

②断开 L3 与主母线 W1 的连接。断开 QF1，然后断开 QS1 和 QS2。

③QF1 开关停电完成，进行检修。

2. 答：

①该主接线形式为区域性火力发电厂电气主接线。

②4 台发电机，两台发电机接 220kV（中压）母线，另两台发电机接 500kV（高压）母线。

③发电机发出负荷主要外送系统，发电机电压级输出负荷较少。

④220kV 母线双母线加旁路接线，专用旁路断路器，而且变压器进线回路也接入旁路母线，进一步增加了可靠性。

⑤500kV 母线侧采用 1 台半断路器接线，也具有相当的可靠性。

⑥三绕组自耦变压器既可以作为两升高电压级之间的联络变压器，低压绕组也可以作厂用电源

3. 答：

①该电气主接线形式为中型热电厂电气主接线。

②该热电厂 4 台发电机，G1、G2 两台发电机负荷主要满足地方负荷，剩余负荷通过三绕组变压器 T1、T2 送至两个升高电压级 110kV 和 220kV。发电机出口母线采用双母线结构，可靠性得到保证。采用三绕组变压器可以使得当任何一侧故障时，其余两级电压仍可维持联系，保证继续供电。

③G3、G4 两台发电机负荷外送。采用“一机一变”的单元接线，简化接线，节约投资。

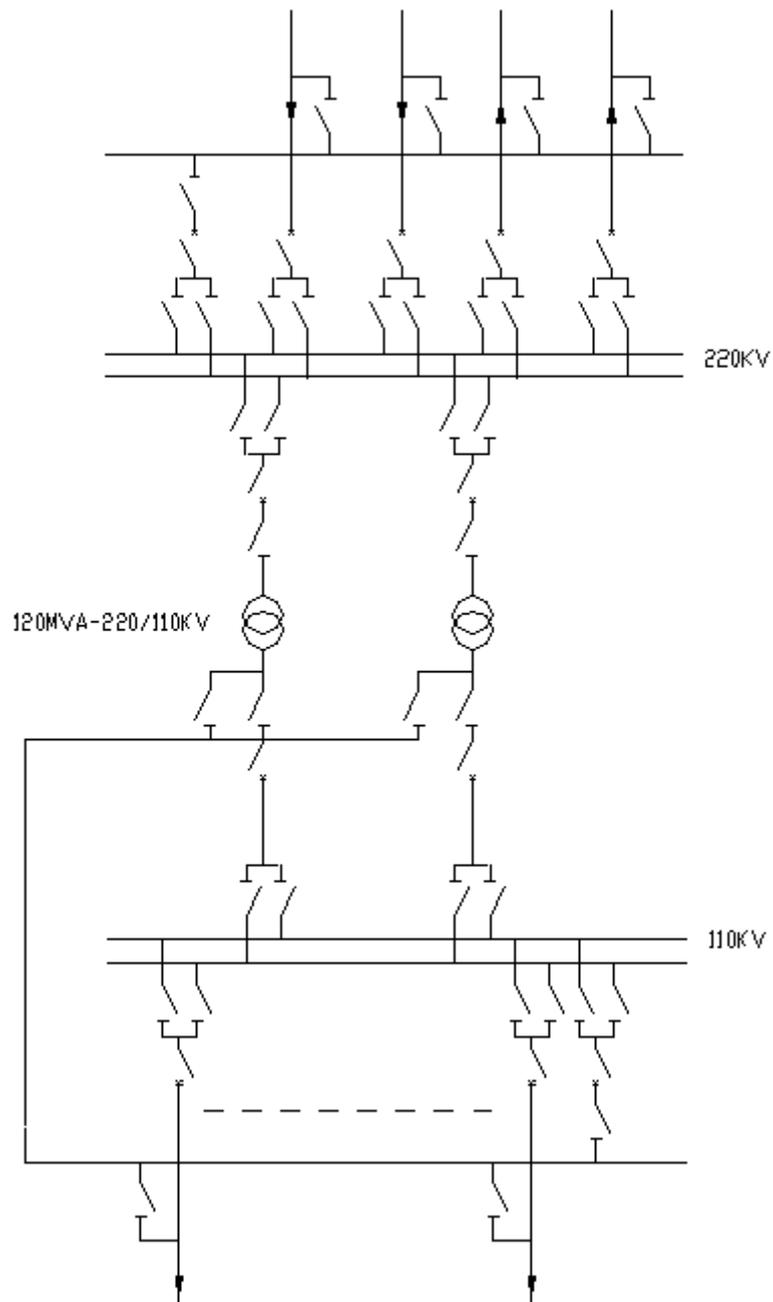
④220kV 侧母线由于较为重要，出现较多，和系统联系较为密切，故采用双母线接线。出线侧接旁路母线，并设有专门的旁路断路器。不论哪一条母线或出线断路器出现故障，都可以不停电检修。变压器侧不设旁路母线，因为变压器高压侧断路器一般故障较少，可以和发电机、变压器同时检修。

⑤110kV 侧母线采用单母线分段接线，平时分段运行，可减少短路电流。对于重要用户，可以同时从两段母线上接入，实现双回路供电。

4. 略

七. 设计题

1. 答:



“发电厂电气主系统试题” A

一、填空(15分)

1. 电压互感器的一次组 联接入被测电路,运行中其二次绕组不允许_____路。
2. 开关电器加速电弧熄灭的方法有_____、_____、_____和_____。
3. 隔离开关的作用是_____、_____和_____。
4. 电气设备的预防性试验可分为_____性试验和_____性试验两大类。
5. 电介质极化的形式主要有_____式极化、_____式极化、_____式极化和_____极化。
6. 配电装置可分为_____式配电装置、_____式配电装置和成套式配电装置。
7. 选择隔离开关时应考虑的选择与校验项目有:按型式选择、按_____选择、按_____选择、校验_____、校验_____。
8. 输电线路的停电操作步骤是:首先拉开_____ ;再拉开_____ ;最后拉开_____。
9. 两台变压器并联运行的条件是两台变压器的_____、_____和_____。
10. 发电厂自用电率为发电厂_____与_____。

二、单选题(10分)

1. 熔断器额定电流是指熔断器的()部分允许通过的最大长期工作电流。
A. 熔管。B. 熔件。C. 熔管、载流部分和底座。D. 载流部分和底座。
2. 变压器正常过负荷是根据高峰负荷时过负荷绝缘寿命损失增加,低负荷时绝缘寿命损失减少,在两者相互补偿使变压器总的寿命损失()条件确定的。
A. 不加大。B. 略加大。C. 略减小。
3. 选择断路器时,应要求断路器的额定开断电流()断路器开断时所通过的最大短路电流。
A. 不大于。B. 不小于。C. 小于。D. 大于。
4. 断路器控制回路中,防跳继电器的作用是()。
A. 防止断路器跳跃。B. 防止断路器跳跃和保护继电保护装置的出口继电器触点。
C. 防止断路器跳闸时间过长。D. 防止断路器跳跃和防止断路器合闸时间过长。
5. 同一相母线中绝缘子之间的距离()临界垮距时,其动稳定合格。
A. 不大于。B. 小于。C. 大于。D. 不小于。

三、名词解释(15分)

1. 熔断器的极限断路电流:
2. 断路器的分闸时间:
3. 断路器的额定开断电流:
4. 行波:
5. 母线的最小允许截面:

四、问答题(20分)

1. 什么是 I 类厂用负荷? I 类厂用负荷对供电电源有哪些要求。
C 规则。°2. 什么是变压器绝缘老化的 6
3. 简述使用三相电压表进行进行交流绝缘监察的工作原理。
4. 运行中电流互感器器什么不允许开路。

5. 摇表的工作原理。

五、绘图题（24分）

1. 绘出具有2个电源、3个引出线的单母线带旁路的主接线图。

2. 绘出内桥式接线的主接线图。

3. 绘出10kV三相五柱式电压互感器的接线。

4. 绘出两相是式电流互感器接线，并标出三相电流路径。

六、选择测量用电流互感器的条件。（8分）

七、某电气设备直径为5m，高17m。欲在距该设备边缘7m处安装1支独立避雷针对设备进行直击雷保护，请选择避雷针高度。（8分）

“发电厂电气主系统试题” A

答案

一、填空(15分)

1. 并。短。

2. 气体吹动。多断口。电弧与固体介质接触。金属灭弧栅。

3. 隔离电压。切换电路。拉合小电流。

4. 破坏。非破坏。

5. 电子。离子。耦极子。夹层。

6. 屋内。屋外。

7. 额定电压。额定电流。机械负荷。动稳定。热稳定。

8. 断路器。线路隔离开关。母线隔离开关。

9. 接线组别相同。变比相同。短路电压相同。

10. 同一时间内发电厂自用电。发电厂的发电量之比。

二、单选题（10分）

1. C。2. A。3. B。4. B。5. A。

三、名词解释（15分）

1. 熔断器的极限断路电流：是指其能够可靠切断的最大电流。

2. 断路器的分闸时间：处于合闸状态的断路器，从分闸回路接受分闸命令(脉冲)瞬间起，直到所有灭弧触头均分离瞬间的时间间隔。

3. 断路器的额定开断电流：断路器在频率为50Hz的瞬态恢复电压下，能够开断的最大短路电流值。

4. 行波：沿导线传播的电压波、电流波统称为行波，其实质是电磁能量沿导线传播。

5. 母线的最小允许截面：短路电流通过母线后母线的温度恰好升高到短路时最高允许时，所要求最小的母线截面积。

四、问答题（20分）

1. I类厂用负荷对供电有何要求？

答：I类负荷指短时(即手动切换恢复供电所需的时间)的停电可能影响人身或设备安全，使生产停顿或发电量大量下降的负荷。I类负荷应由两个独立电源供电，当一个电源消失后，另一个电源要立即自动投入继续供电。为此，I类负荷的电源应配置备用电源自动投入装置。

C规则。°2. 什么是变压器绝缘老化的6

C，其使用年限将减少一半的规则。°答：变压器绕组的温度每增加6

3. 简述使用三相电压表进行交流绝缘检察的工作原理。

答：小电流接地系统绝缘在正常或发生接地时，各相对地电压不同。当系统绝缘在正常时，各相对地电压等于电源的相电压；当系统绝缘损坏发生一相金属性接地时，故障相对地电压为零，而其它两相对地电压将升至到电源的线电压。因此，可利用电压表（经电压互感器）测量系统三相对地电压，根据各相对地电压的变化监视交流系统的绝缘状况。

4. 运行中电流互感器器什么不允许开路。

答：电流互感器正常工作时，二次回路近于短路状态。这时二次电流所产生的二次绕组磁动势 F_2 对一次绕组磁动势 F_1 有去磁作用，因此合成磁势 $F_0 = F_1 - F_2$ 不大，合成磁通 ϕ_0 也不大，二次绕组内感应电动势 E_2 的数值最多不超过几十伏。因此，为了减少电流互感器的尺寸和造价，互感器铁心的截面是根据电流互感器在正常工作状态下合磁磁通 ϕ_0 很小而设计的。

使用中的电流互感器如果发生二次回路开路，二次绕组磁动势 F_2 等于零，一次绕组磁动势 F_1 仍保持不变，且全部用于激磁，合成磁势 $F_0 = F_1$ ，这时的 F_0 较正常时的合成磁势 $(F_1 - F_2)$ 增大了许多倍，使得铁心中的磁通急剧地增加而达到饱和状态。由于铁心饱和致使磁通波形变为平顶波，因为感应电动势正比于磁通的变化率 $d\phi/dt$ ，所以这时二次绕组内将感应出很高的感应电动势 e_2 。二次绕组开路时二次绕组的感应电动势 e_2 是尖顶的非正弦波，其峰值可达数千伏之高，这对工作人员和二次设备以及二次电缆的绝缘都是极危险的。另一影响是，因铁心内磁通的剧增，引起铁心损耗增大，造成严重发热也会使电流互感器烧毁。第三个影响是因铁心剩磁过大，使电流互感器的误差增加。

5. 摇表的工作原理。

答：摇表（兆欧表）是由电源（发电机 G ）和磁电系流比计（测量机构）等组成，其原理接线如下图所示，图中 G 为发电机， RA 、 RV 分别为流比计电流线圈 LA 和电压线圈 LV 相串联的固定电阻。

摇表（兆欧表）原理接线

与并联电路中的电流比值有关，即： α 直流发电机的电压加至两个并联的电流线圈和电压线圈回路，其中被测电阻串入电流线圈回路（接在 E 、 L 端子之间）。由于磁电系流比计处于不均匀磁场中，所以两个线圈所受力与线圈在磁场中所处位置有关。因为两个线圈绕制的方向不同，当两个线圈中通过电流时会产生不同方向的转动力矩。在两个线圈力矩差的作用下，使其转动部分带动指针转动，两个线圈所受力矩也随之改变，只有转动到力矩差为零时才停止转动。显然，指针的偏转角

$$\alpha = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

式中 I_1 —电流线圈 LA 中的电流；

I_2 —电压线圈 LV 中的电流

的大小反映了被测电阻值的大小。兆欧表在额定电压下， I_2 为一定值，但被测电阻 R_i 与电流线圈 LA 相串联，所以 I_1 的大小随 R_i 转的数值而改变，于是 R_i 的大小决定了指针偏转角的位置。因此，在摇表的刻度盘上，便可直接读取被测品的绝缘电阻值。 α 由于并联支路电流的分配与其电阻值成反比，所以偏转角

五、绘图题（24 分）

1. 绘出具有 2 个电源、3 个引出线的单母线带旁路的主接线图。

2. 绘出内桥是式接线的主接线图。

答案参见教材图 2—9(a)。

3. 绘出 10kV 三相五柱式电压互感器的接线。

答案参见教材图 1—65 (e)。

4. 绘出两相式电流互感器接线，并标出三相电流。

答案参见教材图 1—60(c)。

六、选择测量用电流互感器的条件。(8分)

答：1. 型式的选择：根据电流互感器安装的场所和使用条件，选择电流互感器的绝缘结构、安装方式、结构型式等。

2. 按额定电压选择：要求电流互感器的额定电压不小于装设电流互感器回路所在电网的额定电压。

3. 按额定电流选择：要求电流互感器的一次额定电流不小于装设电抗器回路的最大持续工作电流。

4. 按准确度级选择：要求电流互感器的准确度级应符合其二次测量仪表对准确度的要求。

5. 校验二次负荷：要求电流互感器的二次负荷不超过规定准确度下所允许的最大负荷。

6. 校验热稳定：要求电流互感器允许的热效应（即电流互感器的热稳定倍数 K_h 与电流互感器一次额定电流乘积的平方再乘以 t ）不小于短路电流的热效应。

7. 校验动稳定

(1) 校验互感器内部动稳定的条件是互感器允许通过的极限电流（峰值）不小于通过互感器的最大三相冲击短路电流（峰值）。

(2) 校验电流互感器外部动稳定，要求电流互感器一次侧端部的允许作用力不小于电流互感器一次侧瓷绝缘端部所受的最大电动力。

七、某电气设备直径为 5m，高 17m。欲在距该设备边缘 7m 处安装 1 支独立避雷针对设备进行直击雷保护，请选择避雷针高度。(8分)

解：C 点为安装避雷针的地点，图中 A 点为距避雷针保护的最远点，故 $h_x=17m$, $r_x=12m$ 。

30m。 <math>h/2, h> 假设避雷针高度为 h ，且 $h > 30m$

根据单支避雷针保护范围计算公式 $r_x=(h-h_x)P$ 的关系，选取 避雷针高度

$h=(r_x/P)+ h_x=(12/1)+17=29m$

29m>计算结果与假设相符，取 h

1=12m×hX=17m 时的保护半径为： $r_{X1}=(h-h_X)P=(29-17)$

29m 时，电气设备在避雷针的保护范围之内，故选 >取 h

B.2-4,6-8

C.1-2,5-6

D.3-4,7-8

12. 决定变压器绝缘老化速度的关键因素是()

A. 氧化

B. 温度

C. 湿度

D. 油中分解的劣化物

13. 为避免变压器事故过负荷时绝缘老化过快,绕组最热点温度不得超过()

A. 85℃

B. 98℃

C. 105℃

D. 140℃

14. 对夹层绝缘或有机绝缘材料的设备,如果变流耐压试验后绝缘电阻比耐压试验前下降(),则认为试品不合格。

A. 40%

B. 30%

C. 20%

D. 10%

第二部分 非选择题

二、判断改错题(本大题共 7 小题,每小题 2 分,共 14 分)判断下列命题正误,正确的在其题干后的括号内打“√”,错误的打“×”,并改正。

15. 发电厂或变电所所选用的电气主接线形式不仅影响其配电装置布置和供电可靠性,而且影响其二次接线和继电保护。()

16. 如果向旁路母线充电不成功,则旁路母线无电压。()

17. 断路器的额定电流不得小于装设断路器回路的最大短路电流。()

18. 电流互感器的二次负荷是由其二次回路的电流决定的。()

19. 两台短路电压不同的变压器并联运行时,两台变压器的负荷之比与其短路电压成正比,与其额定容量成反比。()

20. 当被试品绝缘有缺陷或受潮时,泄漏电流将急剧增加,其伏安特性为线性关系。()

21. 接地电阻的冲击系数与接地体的结构形状无关。()

三、填空题(本大题共 10 小题,每小题 1 分,共 10 分)

22. 为了改善短形母线的冷却条件并减少集肤效应的影响,通常采用_____的矩形母线。

23. 电源支路将电能送至母线,引出线从母线得到电能。因此,母线起_____作用。

24. 厂用电所消耗的电量占发电厂总发电量的百分数称为_____。

25. 厂用电一般采用可靠性高的成套配电装置。因此,厂用高、低压母线应采用_____接线。

26. 我国目前生产的 3~35KV 高压开关柜可分为_____两种。

27. 短路电流通过导体时产生的热量几乎全部用于_____。

28. 隔离开关的闭锁装置可分为_____两大类。

29. 变压器绝缘老化的 6℃ 规则即指变压器绕组的温度每增加 6℃,其使用年限将_____。

30. 电介质在电场作用下,不论是内部荷电质点移动还是极分子转向都要从电场中吸收能量。这些能量将转变为热能损失掉。这种现象称为_____。

31. 雷电流通过避雷器时,在避雷器上所产生的最大电压降称为_____。

四、名词解释题(本大题共 5 小题,每小题 3 分,共 15 分)

32. 熔断器的额定电流

33. 低压母线与高压母线串接启动

34. 安全净距

35. 同期并列

36. 交流耐压试验

五、问答题(本大题共 5 小题,每小题 5 分,共 25 分)

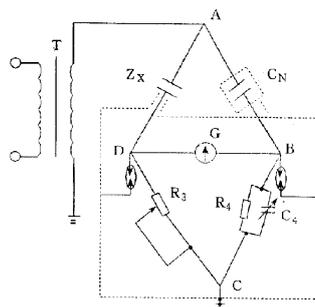
37. 电弧弧柱区复合速度与哪些因素有关?

38. 为什么三相三柱式电压互感器的一次绕组不允许采用 Y_0 接线?

39. 发电厂和变电所电流互感器和电压互感器的配置要考虑哪几方面的要求?

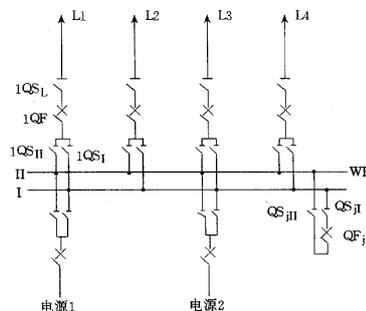
40. 什么是断路器的“跳跃”现象?为防止产生“跳跃”现象,对断路器的控制回路提出了什么要求?

41. 西林电桥的正接线如图所示,简述其测量被试品 $\text{tg}\delta$ 的基本原理及正接线的适用场合。



六、绘图题(本大题共 1 小题,共 8 分)

42. 请在如图所示的主接线图上加上旁路母线,要求将母联断路器兼作旁路断路器。加上旁路母线后,如果用 QF_j 代替 $1QF$, 试指出母线的运行方式以及旁路断路器支路和引出线 $L1$ 支路中各断路器和隔离开关的状态位置。



七、计算题 (本大题共 2 小题, 每小题 7 分, 共 14 分)

43. 某 10KV 屋内配电装置中, 环境温度为 25°C , 回路最大工作电流 $I_{\text{max}}=800\text{A}$, 该回路通过的最大三相短路电流为: $I'' = I_{1s} = I_{2s} = 30\text{kA}$, 短路电流持续时间 $t=2\text{s}$ 。拟将现有的一台 $\text{SN}_{10}-10/1000$ 型断路器用在该回路中, 该断路器的额定开断电流 $I_{\text{NO}}=31.5\text{kA}$, 额定峰值耐受电流 $i_p = 74\text{kA}$, 2 秒热稳定电流 $I_{2s}=31.5\text{kA}$ 。

试问: (1) 这台断路器是否满足动稳定和热稳定要求;

(2) 若不满足要求, 可采取什么措施使其满足要求。

一、单项选择题（本大题共 14 小题，每小题 1 分，共 14 分）

- 1.A 2.A 3.C 4.B 5.D 6.A 7.A
8.C 9.C 10.C 11.D 12.B 13.D 14.B

二、判断改错题（本大题共 7 小题，每小题 2 分，共 14 分）

- 15.√
16.√
17.×，“短路”改为“持续工作”
18.×，“二次回路电流”改为“二次回路阻抗”或“二次回路电阻”或“二次回路压降”
19.×，“与其短路电压成正比”改为“与其短路电压成反比”；“与其额定容量成反比”改为“与其额定容量成正比”。
20.×，“线性”改为“非线性”或“非直线”
21.×，“无关”改为“有关”

三、填空题（本大题共 10 小题，每小题 1 分，共 10 分）

- 22.厚度较小
23.汇集和分配电能的
24.厂用电率
25.单母线和单母分段
26.固定式和手车式
27.导体温度的升高
28.机械闭锁和电气闭锁
29.减少一半
30.电介质的损耗
31.避雷器的残压

四、名词解释题（本大题共 5 小题，每小题 3 分，共 15 分）

- 32.熔断器的额定电流是指其熔管、载流部分和底座接触部分允许的最大长期工作电流。
33.低压母线与高压母线串接启动,是指低压厂用变压器串联在高压厂用变压器下,高、低压电动机同时自启动的情况。
34.在配电装置的间隔距离中,最基本的距离是空气中的(最小)安全距离。安全净距表示在此距离下,配电装置处于最高工作电压或内部过电压时,其空气间隙均不会被击穿的最小距离。
35.将发电机并入电力系统的操作称为同期并列。
36.交流耐压试验是给被试品施加工频 50Hz 的试验电压,并保持一定时间,用于检查被试品绝缘水平的试验。

五、问答题(本大题共 5 小题,每小题 5 分,共 25 分)

- 37.电弧弧柱区复合速度与弧柱区的电场强度、弧隙温度、电弧截面、弧柱区离子浓度以及弧柱区气体压力等因素有关。
38.如果将三相三柱式电压互感器一次绕组中性点接地后接入中性点非直接接地系统,则当系统中发生一相金属性接地时,互感器的三相一次绕组中会有零序电压出现。此时,零序电压对应的零序磁通需要经过很长的空气隙构成回路,必然引起零序励磁电流的剧增,会烧坏电压互感器。
39.要考虑电气测量仪表、继电保护、自动调节励磁、同期以及其它自动装置等方面的要求。
40.断路器在一次合闸操作时产生多次合、跳闸的现象称为断路器的“跳跃”现象。为防止产生“跳跃”现象,要求控制回路在每次手动或自动合闸操作时只允许一次合

闸，若第一次合闸后发生事故跳闸，则应有闭锁措施，保证不再第二次合闸。

41.(1) 测 $\text{tg}\delta$ 的基本原理：当电桥平衡时 (G 指示为零)，有 $Z_X Z_4 = Z_3 Z_N$ 其

中， $Z_3 = R_3$ ， $Z_4 = R_4 // \frac{1}{j\omega C_4}$ ， $Z_N = \frac{1}{j\omega C_N}$ ， Z_X 为被试品阻抗，设

$Z_X = R_X // \frac{1}{j\omega C_X}$ 。将 Z_3 、 Z_4 、 Z_N 、 Z_X 代入上式并令等式两边实部和虚部分别相

等，则得到 $\text{tg}\delta = \frac{1}{\omega C_X R_X} = \omega C_4 R_4$

当 $f = 50\text{Hz}$ ， $\omega = 100\pi$ ，制造电桥时，取 $R_4 = 10000 / \pi (\Omega)$

则得 $\text{tg}\delta = C_4 \times 10^6$

以上 C_4 是以法拉为单位的。因此，当电桥平衡时，被试品的 $\text{tg}\delta$ 值即为 C_4 的微法值。

(2) 适用场合：西林电桥正接式适用于实验室试验和被试设备可以对地绝缘的现场试验。

六、绘图题(本大题共 1 小题,共 8 分)

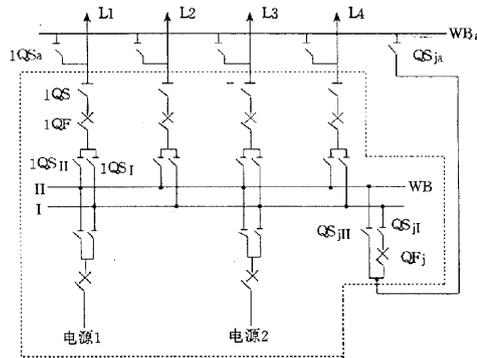
【参考答案 1】

42.(1) 根据题意所加旁路母线和旁路断路器支路如图所示

(2) 当 QF_j 代替 $1QF$ 时

(a) 母线运行方式为 I 组为工作母线，II 组为备用母线，旁路母线带电运行；

(b) QS_{jI} 、 QF_j 、 QS_{ja} 、 $1QS_a$ 合状态；



QS_{jII} 、 $1QS$ 、 $1QF$ 、 $1QS_I$ 、 $1QS_{II}$ 断状态。

注：1. 虚线框外为按题意要求加上的部分。

2. 此为“参考答案 1”的图。

【参考答案 2】

(1) 根据题意所加旁路母线同“参考答案 1”，但图中 QS_{ja} 连至 QS_{jI} 的 QF_j 侧。

(2) 当 QF_j 代替 $1QF$ 时，

(a) 母线运行方式为 II 组为工作母线，I 组为备用母线，旁路母线带电运行；

(b) QS_{jII} 、 QF_j 、 $1QS_a$ 合状态;

QS_{jI} 、 $1QS$ 、 $1QF$ 、 $1QS_I$ 、 $1QS_{II}$ 断状态。

七、计算题 (本大题共 2 小题, 每小题 7 分, 共 14 分)

43.(1) 动稳定校验

$$\text{因为 } i_{im}^{(3)} = \sqrt{2}K_{im}I'' = \sqrt{2} \times 1.8 \times 30 = 76.4(\text{kA})$$

$$i_p = 74(\text{kA})$$

所以 $i_p < i_{im}^{(3)}$ 故动稳定不满足要求。

(2) 热稳定校验

短路电流发热的等值时间 $t_{eq} = 2(\text{s})$

$$Q_K = I_{2s}^2 t_{eq} = 30^2 \times 2 = 1800(\text{kA}^2 \cdot \text{s})$$

或: 短路电流持续时间 $t = 2\text{s}$, 取 $Q_K \approx Q_{KP}$, 故

$$\begin{aligned} Q_K &= Q_{KP} = \frac{t}{12} \cdot (I''^2 + 10I_{KP(t/2)}^2 + I_{KP,t}^2) \\ &= \frac{t}{12} \cdot (I''^2 + 10 \cdot I_{KP,1s}^2 + I_{KP,2s}^2) \\ &= \frac{t}{12} \cdot (30^2 + 10 \times 30^2 + 30^2) \\ &= 30^2 \times 2 = 1800(\text{kA}^2 \cdot \text{s}) \end{aligned}$$

$$Q_p = I_t^2 t = 31.5^2 \times 2 = 1984.5(\text{kA}^2 \cdot \text{s})$$

所以, $Q_p > Q_K$ 热稳定满足要求。

(3) 可在回路中串入限流电抗器对短路电流进行限制, 则该断路器可满足要求。

浙江省 2002 年 1 月高等教育自学考试 发电厂电气主系统试题

一、单项选择题(在每小题的四个备选答案中, 选出一个正确答案, 并将正确答案的序号填在题干的括号内。每小题 1 分, 共 14 分)

1. 磁力启动器不具有() 功能。

A. 过负荷保护

B. 短路保护

C. 低电压保护

D. 欠压保护

2. 电压互感器的一次额定电压应等于()

A. 100 或 $100/\sqrt{3}$ 伏

B. $100\sqrt{3}$ 或 $\times 100\sqrt{3}$ 伏

- C. 所在电网的额定电压
D. 100 或 $\sqrt{2} \times 100$ 伏
3. 断路器的分闸时间是从断路器接受分闸命令瞬间起, 到断路器()的时间间隔。
A. 各极触头刚分离瞬间
B. 各极触头间的电弧最终熄灭瞬间为止
C. 主触头的电弧熄灭瞬间
D. 某一相电弧的熄灭瞬间
4. 线路隔离开关的线路侧, 通常装有接地闸刀开关, 其主要作用是当线路停电之后, 合入接地刀闸, 将它作为()使用。
A. 防雷接地
B. 保护接地
C. 工作接地
D. 三相短路接地线
5. 大容量、超高压的大型发电厂在电力系统中起着极其重要的作用, 担负着系统的基本基荷, 供电范围很广, 其主要特征有()
A. 单机容量为 125MW 以上, 发电厂总装机容量在 1000MW 及以上, 连接系统的电压为 220kV 及以上
B. 单机容量在 200MW 以上, 发电厂总装机容量在 1000MW 及以上, 连接系统的电压为 330kV 及以上
C. 单机容量在 300MW 以上, 发电厂总装机容量在 1000MW 及以上, 连接系统的电压为 220kV 及以上
D. 单机容量在 600MW 以上, 发电厂总装机容量在 1000MW 及以上, 连接系统的电压为 220kV 及以上
6. 如果要求任一组母线发生短路故障均不会影响各支路供电, 则应选用()
A. 双母线接线
B. 双母线分段带旁路接线
C. 二分之三接线
D. 单母线分段接线
7. 当发电机电压与高压厂用母线为同一电压等级时, 应由发电机电压母线经()接到高压厂用母线。
A. 隔离开关和限流电抗器
B. 隔离开关和高压厂用变压器
C. 隔离开关、断路器和高压厂用变压器
D. 隔离开关、断路器和限流电抗器
8. 某变电所 220 千伏配电装置的布置形式是将母线及母线隔离开关的安装位置抬高, 构成母线与断路器、电流互感器等设备重叠布置。这种布置方式称为()
A. 半高型布置
B. 高型布置
C. 普通中型布置
D. 分相中型布置
9. 无励磁调压变压器在额定电压()范围内改换分接头位置时, 其额定容量不变。
A. $\pm 5\%$
B. $+5\%$, -10%
C. $+10\%$, -5%
D. $\pm 10\%$
10. 三相导体短路的最大电动力不受()影响。
A. 跨距
B. 长期允许电流
C. 相间距离
D. 三相短路时的冲击电流
11. 在下列电气设备选择中, 不需要进行热稳定校验的电气设备有()
A. 断路器
B. 母线
C. 支持绝缘子
D. 电抗器
12. 断路器“防跳”装置的作用是()
A. 防止断路器拒动
B. 保证断路器可靠地熄弧
C. 正确表示断路器的位置状态
D. 避免断路器发生多次“合一跳”
13. 在具有电气-机械防跳的断路器控制、信号回路中, 绿灯发平光表示()
A. 断路器处于合闸位置、监视跳闸回路和控制电源完好的作用

- B.断路器处于跳闸位置、监视合闸回路和控制电源完好的作用
- C.断路器处于闭锁信号状态、监视合闸回路和控制电源完好的作用
- D.断路器处于发信号状态、监视跳闸回路和控制电源完好的作用

14.电介质的荷电质点在电场作用下, 对应于电场方向产生位移的现象称为()

- A.电介质极化
- B.电介质电导
- C.电介质损耗
- D.电介质击穿

二、判断改错题(判断下列各题, 正确的在题后括号内打“√”, 错的打“×”, 并改正。每小题2分, 共14分)

- 1.自动空气开关是低压开关中较完善的一种自动开关, 具有限制短路电流等保护功能。()
- 2.电压互感器是一种特殊的二次侧短路的降压变压器。()
- 3.二分之三接线在正常运行时, 其两组母线同时工作, 所有断路器均为闭合状态运行。()
- 4.发电机-三绕组变压器接线在发电机出口处装设断路器和隔离开关, 在三绕组变压器的其余两侧也装设断路器和隔离开关, 其目的是便于三绕组变压器低压侧断路器检修时, 不影响其他两个绕组的正常运行。()
- 5.采用分裂电抗器代替普通电抗器减小了限制短路电流的作用。()
- 6.电压互感器的配置应根据电气测量仪表、继电保护装置、自动装置和自动调节励磁的要求配置, 并且还需考虑同期的需要。()
- 7.变压器的负荷能力是指变压器在某段时间内允许输出的容量, 与变压器的额定容量相同。()

三、填空题(每小题1分, 共10分)

- 1.采用多断口灭弧是利用_____方法达到加速熄弧的目的。
- 2.真空断路器是利用真空的_____来实现灭弧的断路器。
- 3.为了保证人身与设备的安全, 互感器二次侧必须_____, 以免在互感器的一、二次绕组之间的绝缘损坏时二次设备上出现危险的高电压。
- 4.引出线停电操作必须按照断路器、_____和_____顺序依次拉开。
- 5.凝汽式火电厂的厂用电率一般为_____。
- 6.电器设备与载流导体选择的一般条件是_____。
- 7.一般凡装设_____的回路均应装设电流互感器, 除此以外发电机或变压器的_____也应装设电流互感器, 这是电流互感器的配置原则。
- 8.在发电厂中, 当断路器断开时其两侧可能出现由两个电源分别供电的电力系统时, 该断路器的装设点称为_____。
- 9.变压器绝缘的老化主要受温度、湿度、氧化和油中分解的劣化物质等影响, 其中_____是决定绝缘老化速度的关键因素。
- 10.波阻抗与线路的_____无关, 只与线路的_____有关。

四、名词解释(每小题3分, 共15分)

- 1.碰撞游离
- 2.启动电源
- 3.成套式配电装置
- 4.中央信号装置
- 5.避雷器残压

五、问答题(每小题5分, 共25分)

- 1.为什么电流互感器二次回路内不允许安装熔断器?
- 2.当母线动稳定不合格时, 可以采用哪些措施减小母线应力?

- 3.断路器控制回路是如何实现既能手动操作，又能自动操作的？
- 4.试分析两台短路电压不同的变压器并联对负荷分配的影响。
- 5.何谓西林电桥的“反接线”，试验时要注意什么问题？

六、绘图题(共 8 分)

画出两台变压器，两台引出线的内桥形电气主接线图，并写出变压器 1T 正常退出时的操作步骤。

七、计算题(每小题 7 分，共 14 分)

- 1.某发电厂的高压厂用母线电压为 3kV，高压厂用变压器为双绕组有载调压变压器，其参数如下：额定容量 $S_{NTh}=20\text{MVA}$ ，短路电压 $u_{K\%}=9.5$ ，高压自启动电动机总功率为 10360kW，电动机的 $\eta_N \cdot \cos \phi_N=0.8$ ，启动电流倍数 $K_{yh}=6$ ，试问当高压厂用母线已带负荷 5200kW 情况下，该组电动机能否顺利自启动。
- 2.某 10kV 屋内配电装置中，回路最大工作电流为 450A，室内环境温度 25℃。通过该回路的最大短路电流 $I'' = I_{0.8} = I_{1.6} = 23\text{kA}$ ，短路电流持续时间 $t=1.6\text{s}$ 。现该装置采用三相水平排列的母线，相间距离 $a=25\text{cm}$ ，同相两个相邻绝缘子的距离 $L=100\text{cm}$ ，跨距数大于 2，母线选为铝材，截面 $S=63 \times 6.3\text{mm}^2$ ， $I_N=910\text{A}$ 。试确定该母线是否满足热稳定和动稳定(已知：母线热稳定系数 $C=99$ ，截面系数为 $4.17 \times 10^{-6}\text{m}^3$ ，铝母线允许应力为 $70 \times 10^6\text{Pa}$)。

一、单项选择题(每小题 1 分，共 14 分)

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 1.B | 2.C | 3.A | 4.D | 5.B |
| 6.C | 7.D | 8.A | 9.A | 10.B |
| 11.C | 12.D | 13.B | 14.A | |

二、判断改错题(每小题 2 分，共 14 分)

- 1.×，“限制短路电流”改为“过负荷、欠压及瞬时短路”
- 2.×，“短路”改为“开路”或“空载”
- 3.√
- 4.×，“低压侧”改为“任一侧”
- 5.×，“减小”改为“增强”
- 6.√
- 7.×，“相同”改为“不一定相同”

三、填空题(每小题 1 分，共 10 分)

- 1.降低每个断口的恢复电压
- 2.高介质强度
- 3.有一点接地
- 4.负荷侧隔离开关 母线侧隔离开关
- 5.5%~8%
- 6.按正常工作条件选择，按短路情况进行动、热稳定校验
- 7.断路器 中性点
- 8.同期点
- 9.温度
- 10.长度 特性

四、名词解释(每小题 3 分，共 15 分)

- 1.当高速运动的自由电子具有足够的动能时，在自由电子与中性质点碰撞的过程中，使中性质点内的一个或几个电子脱离原子核的束缚，脱离原有的运动轨道，使原中性质点形成正离子和自由电子的现象称为碰撞游离。

- 2.启动电源是指厂用工作电源完全消失时，保证机组重新启动的厂用电源。
- 3.制造厂成套供应设备，运抵现场需组装而成。
- 4.用灯光和音响，反映异常或事故的信号装置。
- 5.雷电流通过避雷器时，所产生的最大电压降。。

五、问答题(每小题 5 分，共 25 分)

- 1.1)熔断器的熔件是电路中的薄弱元件，容易断路，从而造成电流互感器二次侧回路在运行中的开路，
 - 2)引起二次感应电势增大，危及人身、设备安全，
 - 3)铁芯内磁通剧增，引起铁芯损耗增大，严重发热烧毁电流互感器，
 - 4)铁芯剩磁过大，使电流互感器误差增大。

2.措施：1)改变母线的布置方式

- 2)增大母线截面
- 3)增大母线相间距离
- 4)减小短路电流
- 5)减小绝缘子跨距

3.1)在手动合闸接点两侧并联自动合闸装置出口中间继电器的动合触点，

2)在手动跳闸接点两侧并联继电保护装置出口中间继电器的动合触点，

4.两台变压器变比相同，短路阻抗分别为 Z_{k1} 和 Z_{k2} ，

在并联运行时满足： $I_1 \cdot I_{k1} = I_{II} \cdot I_{k2}$

所以：
$$\frac{I_1}{I_{II}} = \frac{Z_{k2}}{Z_{k1}}$$

若短路阻抗角相同，分子、分母同乘以 $\sqrt{3} U_{NI}$

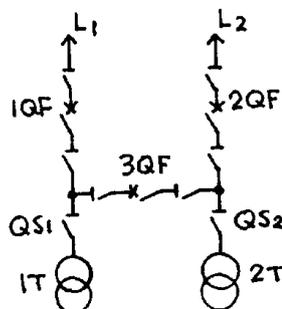
有：
$$\frac{S_I}{S_{II}} = \frac{\sqrt{3} U_{NI} Z_{k2}}{\sqrt{3} U_{NI} Z_{k1}} = \frac{S_{NI} U_{*KII}}{S_{NII} U_{*KI}}$$

结论：两台变压器的负荷之比与额定容量成正比，与短路电压成反比。短路电压小者，承担负荷大，有可能造成某台变压器过负荷。

5. “反接线”指被试物有一极固定接地。

试验时需使用绝缘连杆来调节电桥，以保证安全操作。

六、画图题(共 8 分)



变压器 1T 正常退出运行时的操作步骤：

- 1)拉开 1QF
- 2)拉开 3QF
- 3)拉开 QS_I

七、计算题(每小题 7 分，共 14 分)

1.取基准容量 $S_j=20000\text{kVA}$ ，基准电压 $U_j=3\text{kV}$

- B. 2—4, 6—8
- C. 1—2, 5—6
- D. 3—4, 7—8

4. 电介质的电导与外加电压有关。通常在接近击穿电压时，其绝缘电阻（ ）
- A. 保持不变
 - B. 急剧下降
 - C. 缓慢下降
 - D. 急剧上升
5. 工作接地是指（ ）
- A. 为保证工作人员安全而采取的接地措施
 - B. 为保护电气设备而采取的接地措施
 - C. 为保证电力系统正常情况和事故情况下能可靠工作而采取的接地措施
 - D. 为防止雷击而采取的接地措施
6. 屋外配电装置中隔离开关和互感器均采用（ ）
- A. 低式布置
 - B. 中式布置
 - C. 半高式布置
 - D. 高式布置
7. 三相三柱式电压互感器可以用来测量（ ）
- A. 线电压
 - B. 相电压
 - C. 零序电压
 - D. 负序电压
8. 若 10kV 母线垂直布置，则（ ）
- A. 中间相承受的电动力最小
 - B. 中间相承受的电动力最大
 - C. 两边相承受的电动力最大
 - D. 三相承受的电动力相等
9. 变压器冷却系统有（ ）
- A. 油自然循环空气自然冷却系统和强迫油循环水冷却系统两种
 - B. 油自然循环强迫空气冷却系统和强迫油循环水冷却系统两种
 - C. 油自然循环冷却系统和强迫油循环水冷却系统两种
 - D. 油自然循环冷却系统和强迫油循环冷却系统两种
10. 为了便于监视发电机并网前的工作状态，发电机定子回路的仪表应接在（ ）
- A. 发电机中性点互感器的二次侧
 - B. 发电机转子侧互感器的二次侧
 - C. 发电机出口处互感器的二次侧
 - D. 发电机中性点及转子侧互感器的二次侧
11. 在大接地电流系统中，如接地电流大于 4000A，则接地装置的接地电阻不应超过（ ）
- A. 10 Ω
 - B. 5 Ω
 - C. 1 Ω
 - D. 0.5 Ω
12. 电气主接线是指（ ）
- A. 发电厂或变电所一、二次设备间的连接关系

四、简答题（本大题共 6 小题，每小题 5 分，共 30 分）

31. 火电厂厂用电的 I 类负荷指的是哪些设备(最少列举四种)?它们对供电电源有何要求?
32. 雷击的危害主要有哪些?
33. 交流耐压试验为什么又称为破坏性试验?
34. 电流互感器的配置原则是什么?
35. 高压断路器的用途是什么?隔离开关与其配合时的操作原则是什么?
36. 减小母线应力的措施有哪些

五、绘图题（本大题共 1 小题，10 分）

37. 某发电厂有 3 台 300MW 发电机和三条 500kV 出线，其中发电机和双绕组主变压器采用单元接线，变压器高压侧的一次接线拟采用一台半断路器接线。试画出该发电厂的电气主接线图。

六、计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

38. 某 10kV 屋内配电装置中，环境温度为 25℃，回路最大工作电流为 500A。该回路通过的最大短路电流： $I'' = I_{0.8} = I_{1.6} = 25\text{kA}$ ，短路电流持续时间 $t = 1.6\text{s}$ 。根据题 38 表技术参数，试计算并选择该回路最适用的高压断路器。

题 38 表 10kV 高压断路器主要技术参数

型号	U_N (kV)	I_N (A)	S_{N0} (MVA)	I_{N0} (kA)	i_p (kA)	4s 热稳定电流 (kA)
SN ₁ -10	10	600	200	11.6	52	21
SN ₃ -10	10	2000	500	29	75	35
SN ₈ -10	10	600	350	23	65	23
SN ₁₀ -10	10	600	300	28.9	52	20.2
SN ₁₀ -10	10	1000	500	28.9	71	29
SN ₁₁ -10	10	600	350	25	62	25

39. 有两台并联运行的变压器，除变比不同外，其它参数完全相同(如题 39 表所示)。试求并联运行的平衡电流占变压器一次侧额定电流的百分比。

题 39 表 变压器参数

参 数	变压器 I	变压器 II
S_N (kVA)	80000	80000
U_{N1}/U_{N2} (kV)	220/38.5	220/37
$U_k\%$	10.5	10.5

2005年10月高等教育自学考试全国统一命题考试

发电厂电气主系统试题答案及评分参考

(课程代码 2301)

一、单项选择题 (本大题共15小题,每小题1分,共15分)

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. A | 2. B | 3. D | 4. B | 5. C |
| 6. D | 7. A | 8. B | 9. D | 10. C |
| 11. D | 12. C | 13. A | 14. A | 15. B |

二、填空题 (本大题共10小题,每小题1分,共10分)

- | | | |
|-------------|-----------|--------------------------------------|
| 16. 浮充电 | 17. 绝缘与灭弧 | 18. $3 \times 10^8 \text{m/s}$ (或光速) |
| 19. 最严重短路情况 | 20. 微安表 | 21. 机械强度 |
| 22. 98 | 23. 极化 | 24. 2 |
25. 反向二次电压(或 $-\dot{U}_2$)

三、名词解释题 (本大题共5小题,每小题3分,共15分)

26. 雷电通过避雷器时,所产生的最大电压降称为避雷器的残压。
27. 从断路器首先分离主回路触头脱离电接触起到各极触头之间电弧最终熄灭瞬间为止的时间间隔。
28. 串联在引出线或分段母线之间用于限制短路电流的电抗器称为限流电抗器。限流电抗器往往用于电压等级较低的10kV配电装置中。
29. 安全净距表示在此距离下,配电装置处于最高工作电压或内部过电压时,其空气间隙均不会被击穿的最小距离。
30. 采用自动装置调整电压与频率,在满足准同期条件后由自动装置发出合闸脉冲,完成准同期操作合闸的同期方式称为自动准同期。

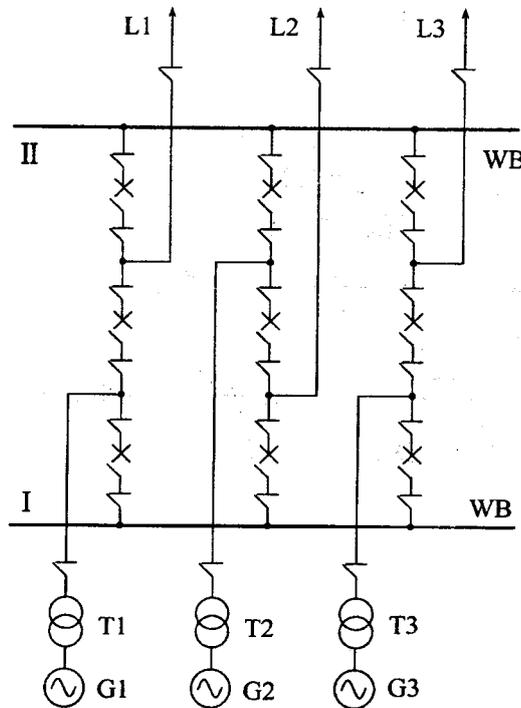
四、简答题 (本大题共6小题,每小题5分,共30分)

31. (1)火电厂的I类负荷有给水泵、送风机、吸风机、硅整流装置、主变压器强油水冷电源、凝结水泵等。(2分)
- (2)对供电电源的要求:①I类负荷应由两个独立电源供电。(1分)
- ②电源应配备备用电源自动投入装置。(1分)
- ③应保证I类负荷的电动机能可靠自启动。(1分)
- (注:(1)中答对4种即给2分)
32. 雷击的危害主要有以下方面:
- (1)雷击时产生很高的电压危及电气设备和电力系统的安全;(2分)
- (2)产生很大的雷电流,在放电通道上产生弧光和高温,损坏设备或造成火灾;(2分)
- (3)造成人员或牲畜伤亡。(1分)

33. (1)这类试验是模仿绝缘在运行中可能遇到的危险过电压状态,(1分)对绝缘施加等价的高电压进行试验,考验绝缘的耐压强度;(2分)
 (2)在试验过程中可能会给绝缘带来一定损坏,因而称为破坏性试验。(2分)
34. (1)一般凡装设断路器的回路均应装设电流互感器;(2分)
 (2)发电机中性点应装设电流互感器;(2分)
 (3)变压器中性点也应装设电流互感器。(1分)
35. (1)高压断路器的用途是在正常运行时接通与断开电路,在故障情况下断开电路。(2分)
 (2)隔离开关与断路器配合操作应遵守“先通后断”原则,(1分)即送电时先合上隔离开关,再合上断路器,停电时,先断开断路器,再断开隔离开关。(2分)
36. (1)减小相邻绝缘子之间的距离;(1分)
 (2)改变母线的布置方法,增加截面系数;(1分)
 (3)增大母线截面,使母线截面系数增大;(1分)
 (4)增加母线相间距离 a 值,减小最大电动力;(1分)
 (5)减小短路电流值,减小最大电动力。(1分)

五、绘图题 (本大题共 1 小题,10 分)

37.



答 37 图

【评分参考】

- (1)正确画出二组母线得 1 分;
 (2)图中有三个“串”电路,每个“串”电路由三台断路器和六台隔离开关组成,每画对一个“串”电路得 2 分,画对二个“串”得 4 分,画对三个“串”得 5 分;
 (3)画对一个发电机变压器组进线支路得 1 分,三个支路共 3 分;
 (4)画对三条出线(L_1, L_2, L_3)得 1 分。

六、计算题 (本大题共 2 小题, 每小题 10 分, 共 20 分)

38. (1) 选择计算:

型式: 屋内式 (1分)

电网额定电压 $U_{NW}: 10\text{kV}$ (1分)

最大工作电流 $I_{\max}: 500\text{A}$ (1分)

开断电流: $I_{0.2} = I'' = 25\text{kA}$ (1分)

冲击短路电流: $i_{\text{im}}^{(3)} = \sqrt{2}K_{\text{im}}I'' = \sqrt{2} \times 1.8 \times 25 = 63.64(\text{kA})$ (1分)

短路电流热效应: $Q_K = I''^2 t = 25^2 \times 1.6 = 1000(\text{kA}^2 \cdot \text{s})$ (1分)

(2) 选择 $\text{SN}_{10} - 10 - 1000/500$ 型高压断路器。(2分)

(注: 若选 $\text{SN}_3 - 10 - 2000/500$, 由于容量选得太大, 不得分。)

(3) 校验:(2分)

$$U_N = U_{NW}$$

$$I_N = 1000\text{A} > I_{\max} = 500\text{A}$$

$$I_{N0} = 28.9\text{kA} > I_{0.2} = 25\text{kA}$$

$$i_p = 71\text{kA} > i_{\text{im}}^{(3)} = 63.64\text{kA}$$

$$Q_p = I_t^2 \cdot t = 29^2 \times 4 = 3364(\text{kA}^2 \cdot \text{s}) > Q_k = 1000(\text{kA}^2 \cdot \text{s})$$

全部合格。

39. (1) 变压器的变比: $K_1 = U_{N1}/U_{N2} = 220/38.5 = 5.7143$ (1分)

$$K_2 = U_{N1}/U_{N2} = 220/37 = 5.9459$$
 (1分)

(2) 几何平均变比: $K_{\text{ar}} = \sqrt{K_1 K_2} = 5.8290$ (2分)

变比差的标么值: $\Delta K_* = \frac{K_2 - K_1}{K_{\text{ar}}} = \frac{5.9459 - 5.7143}{5.829} = 0.0397$ (2分)

(3) I、II 号变压器额定电流之比 $\alpha = 1$ (1分)

$$\text{故: } I_{b1*} = \frac{I_{b1}}{I_{N1}} = \frac{\Delta K_*}{U_* K \cdot (1 + \alpha)} = \frac{0.0397}{0.105 \times (1 + 1)} = 0.189$$
 (2分)

(4) 并联运行的平衡电流占变压器一次侧额定电流的 18.9% (1分)

全国 2006 年 10 月高等教育自学考试
发电厂电气主系统试题
课程代码：02301

一、单项选择题（本大题共 15 小题，每小题 1 分，共 15 分）

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，请将其代码填写在题后的括号内。错选、多选或未选均无分。

1. 矩形母线，由于冷却条件好、集肤效应小，金属材料利用率高，因此多用于（ ）
- A. 35kV 及以下电压等级配电装置中 B. 110kV 电压等级配电装置中
C. 220kV 电压等级配电装置中 D. 500kV 电压等级配电装置中
2. 为保证发电厂厂用低压单个或成组电动机可靠启动，要求母线电压不低于额定电压的（ ）
- A. 50% B. 60%
C. 70% D. 80%
3. 电气主接线的形式影响（ ）
- A. 供电可靠性，但不影响继电保护
B. 运行灵活性，但不影响二次接线
C. 二次接线和继电保护，但不影响电能质量
D. 配电装置布置
4. SF₆ 全封闭组合电器是以什么绝缘子作支撑元件的成套高压组合电器？（ ）
- A. 陶瓷 B. 玻璃钢
C. 环氧树脂 D. 陶土
5. 环境温度为 +25℃ 时，铝导体短路时发热的允许温度为（ ）
- A. 200℃ B. 300℃
C. 330℃ D. 400℃
6. 实际工程计算中，当短路电流持续时间 t 大于多少时，可以忽略短路电流非周期分量热效应的影响？（ ）
- A. 0.1 秒 B. 1 秒
C. 2 秒 D. 4 秒
7. 对于双母线接线，双母线同时运行时，（ ）
- A. 具有单母线分段接线的特点 B. 具有单母线带旁路接线的特点
C. 与单母线接线完全相同 D. 等同于单母线分段带旁路接线
8. 电压互感器的配置应根据电气测量仪表、继电保护装置、自动装置和自动调节励磁装置的要求配制，并应考虑（ ）
- A. 安装地点 B. 安装方式
C. 同期需要 D. 调压要求

9.中性点非直接接地系统中,当绝缘正常、系统三相对地电压对称时,电压互感器辅助副绕组的开口三角形两端电压为()

- A.0V
- B.100V
- C.220V
- D.380V

10.两台变压器并联运行时,必须满足绝对相等的条件是变压器的()

- A.型号相同
- B.变化相等
- C.联接组标号相同
- D.短路电压相等

11.吸收电流衰减时间视电介质性能而定,实际通常将加压后多长时间电阻值视为被试品的真实电阻?()

- A.10s
- B.30s
- C.60s
- D.120s

12.电介质在直流电压作用下,无周期性的极化,其损耗只有因()

- A.极化而引起的损耗
- B.电感而引起的损耗
- C.电容而引起的损耗
- D.电导而引起的损耗

13.某独立避雷针高26米,则它在离地面高为13米处的保护半径为()

- A.10米
- B.13米
- C.20米
- D.26米

14.对于35~100kV无避雷线的线路,在靠近变电所的一段线路上必须装设()

- A.避雷针
- B.避雷线
- C.避雷器
- D.快速继电保护

15.投切空载线路时会引起()

- A.外部过电压
- B.大气过电压
- C.谐振过电压
- D.操作过电压

二、填空题(本大题共10小题,每小题1分,共10分)

请在每小题的空格中填上正确答案。错填、不填均无分。

16.自动空气开关是低压开关电器中功能较完善的一种,它可以实现_____和欠电压保护功能,同时还可实现瞬时短路保护功能。

17.无母线电气主接线的形式有桥形接线、_____和单元接线。

18.电源支路将电能送至母线,引出线从母线得到电能,因此母线起着_____作用。

19.室内配电装置中,母线一般布置在配电装置上部,其布置形式有水平、垂直和_____三种。

20.电器的额定电流应大于或等于安装设备回路的_____。

21.中央信号装置由_____两部分组成。

22.强迫油循环水冷却系统主要适用于额定容量为_____的变压器。

23. 绝缘介质发生不可逆的老化，主要有三个过程：热过程、_____和机械损伤。

24. 行波在结点处会产生折射和反射，如果入射波遇到的波阻抗为 Z_1 ，折射波遇到的波阻抗为 Z_2 ，则_____折射系数为 $\frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$ 。

25. 当人站在距离接地设备 0.8 米，人手触到距离地面 1.8 米处时，人体的手与脚之间的电压称为_____。

三、名词解释题（本大题共 5 小题，每小题 3 分，共 15 分）

26. 配电装置

27. 限流电抗器的残余电压

28. 电气二次设备

29. 吸收比

30. 行波

四、简答题（本大题共 6 小题，每小题 5 分，共 30 分）

31. 在开关电器中，加速交流电弧熄灭方法通常有哪些？

32. 准同期并列可分为哪两种方式？简述两种方式的并列方法。

33. 三相五柱式电压互感器第一副绕组和第二副绕组的接线形式和作用有什么不同？

34. 对于我国大部分地区而言，是否需要根据气温情况修正变压器的额定容量？为什么？

35. 电介质在直流电压作用下，通过它的电流 i 可分为哪三个部分？在 $i-t$ 座标上定性画出 i 及其三个分量，并标明哪一条曲线是哪一个量？

36. 避雷器可分为哪几类？发电厂和变电所中主要使用哪几类？

五、绘图题（本大题共 1 小题，10 分）

37. 某变电所有 2 台双绕组主变压器，5 条出线，采用单母线带旁路接线，试画出该变电所的电气主接线图。

六、计算题（本大题共 2 小题，每小题 10 分，共 20 分）

38. 某高压厂用变压器的额定容量为 $S_{NTh}=20000\text{kVA}$ ，高压厂用母线已带负荷为 $S_{h1}=5000\text{kW}$ ，自启动电动机总功率为 $P_{Mh}=10500\text{kW}$ ，高压电动机启动电流倍数 $K_{Yh}=6$ ，额定功率因数 $\cos\varphi_N=0.8$ ，合成负荷为 $S_h=90000\text{kVA}$ ，若选基准容量为 $S_j=S_{NTh}=20000\text{kVA}$ ，试求高压电动机的额定效率 η_N 。

39. 某 35kV 母线通过的最大短路电流为： $I''=30\text{kA}$ ， $I_1=28\text{kA}$ ， $I_2=26\text{kA}$ ，短路持续时间 $t=2\text{s}$ 。短路前母线温度为 60°C 。若选用矩形铝母线为 $(60\times 6)\text{mm}^2$ ，试求短路后母线的最高温度 Q_K 。（导体 $\theta=f(A)$ 关系曲线见题 39 表）

题 39 表

$A (\times 10^{16}\text{J}/\Omega \cdot \text{m}^4)$	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.2
$\theta (^\circ\text{C})$	0	65	140	230	330	400

2006年10月全国高等教育自学考试

发电厂电气主系统试题答案及评分参考

(课程代码 2301)

一、单项选择题 (本大题共15小题,每小题1分,共15分)

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. A | 2. B | 3. D | 4. C | 5. A |
| 6. B | 7. A | 8. C | 9. A | 10. C |
| 11. C | 12. D | 13. B | 14. B | 15. D |

二、填空题 (本大题共10小题,每小题1分,共10分)

- | | | | |
|----------------|------------|-------------------|----------|
| 16. 过负荷 | 17. 多角形接线 | 18. 汇集和分配电能的 | |
| 19. 三角形 | 20. 最大工作电流 | 21. 事故信号装置和预告信号装置 | |
| 22. 31500kVA以上 | 23. 化学过程 | 24. 电压 | 25. 接触电压 |

三、名词解释题 (本大题共5小题,每小题3分,共15分)

26. 根据发电厂或变电所电气主接线中的各种电气设备、载流导体及其部分辅助设备的安装要求,将这些设备按照一定方式建造、安装而成的电工建筑物,通常称为配电装置。
27. 电抗器后发生短路时,电抗器前的电压。
28. 对一次设备起控制、保护、测量、监察等作用的设备称为二次设备。
29. 吸收比表示60s时的绝缘电阻与15s时的绝缘电阻之比,即: $K = \frac{R_{60}}{R_{15}}$
30. 沿导线传播的电压波、电流波统称为行波,其实质是电磁能量沿导线传播。

四、简答题 (本大题共6小题,每小题5分,共30分)

31. (1)利用气体吹动电弧灭弧;(1分)
(2)采用多断口灭弧;(1分)
(3)利用电弧与固体介质接触灭弧;(1分)
(4)将电弧分为多个串联的短电弧灭弧(金属灭弧栅灭弧)。(2分)
32. 准同期并列可分为手动准同期和自动准同期两种方式。(1分)
手动准同期并列方法是采用人工手动方式调整电压与频率,在满足准同期条件后,手动操作合闸。(2分)
自动准同期并列方法是采用自动装置调整电压与频率,在满足准同期条件后由自动装置发出合闸脉冲,完成准同期操作合闸。(2分)
33. 一次绕组接成星形,中性点接地。第一副绕组按星形接线且中性点接地,(1分)因此第一副绕组可以测量线电压和相电压。(1分)

第二副绕组按开口三角形接线,(1分)正常时,开口处电压为零,当发生接地后,开口三角形的开口处就有了电压,这个电压为零序电压。(1分)

在中性点不接地系统中可用于绝缘监视。(1分)

34. (1)不需要。(2分)

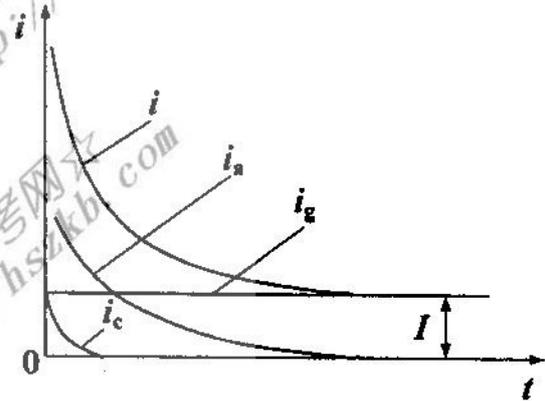
(2)因为我国大部分地区的年等值空气温度一般低于制造厂规定的 20°C ,故不需要修正。(3分)

35. 电流 i 可分为:电容电流(位移电流) i_c ,吸收电流 i_a 和泄漏电流(漏导电流) i_g 三个部分。

【评分参考】

①第一问 2 分,答出 1~2 个得 1 分,答对 3 个得 2 分。

②作图 3 分。作对四个曲线得 2 分(每作对 2 条曲线得 1 分),标注正确 1 分。



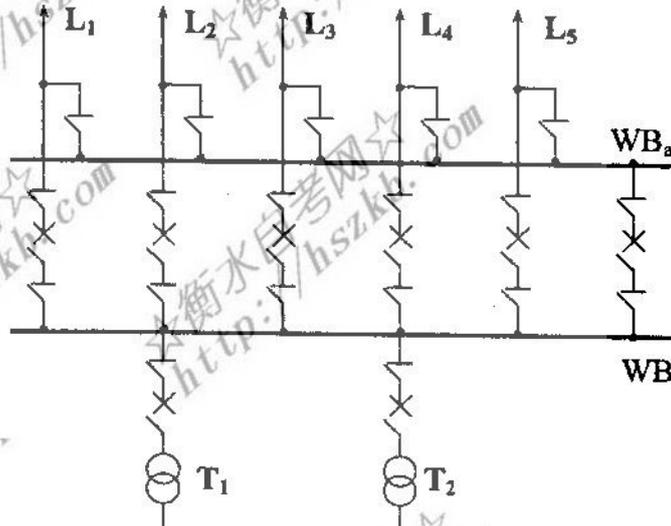
答 35 图

36. ①避雷器有保护间隙、管型避雷器、阀型避雷器、磁吹避雷器和金属氧化物避雷器。(3分)

②发电厂变电所中主要使用阀型避雷器、磁吹避雷器和金属氧化物避雷器。(2分)

五、绘图题 (本大题共 1 小题,10 分)

37.



答 37 图

【评分参考】

- (1) 母线正确 1 分。
(2) 旁路母线及旁路断路器支路正确 2 分。
(3) 每条出线支路 1 分, 包括一个断路器和二个隔离开关, 以及一个旁路隔离开关, 共 5 分。
(4) 每台变压器支路 1 分, 包括一台双绕组变压器, 一个断路器和一个隔离开关, 共 2 分。

六、计算题 (本大题共 2 小题, 每小题 10 分, 共 20 分)

38. 据题意可得:

$$S_{N*} = 90000/20000 = 4.5 \quad (2 \text{ 分})$$

$$S_{N1*} = 5000/20000 = 0.25 \quad (2 \text{ 分})$$

$$S_{Mh*} = 4.5 - 0.25 = 4.25 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\eta_N = \frac{K_{Vh} P_{Mh}}{\cos \varphi_N S_{N1*} S_{Mh*}} = \frac{6 \times 10500}{0.8 \times 20000 \times 4.25} \quad (3 \text{ 分})$$
$$= 0.9265 \quad (1 \text{ 分})$$

39. (1) $t = 2s > 1s$, $Q_{K \cdot sp} \approx 0$

$$Q_K = Q_{Kp} = \frac{t}{12} \cdot (I''^2 + 10I_{\frac{1}{2}}^2 + I_1^2) = \frac{2}{12} \cdot (30^2 + 10 \times 28^2 + 26^2)$$

$$= 1569.33 (\text{kA}^2 \cdot \text{s}) \quad (3 \text{ 分})$$

(2) $\theta_k = 60^\circ\text{C}$, $A_k = \frac{60}{65} \times 0.5 \times 10^{16} = 0.46 \times 10^{16} (\text{J}/\Omega \cdot \text{m}^4)$ (线性插值) (2 分)

(3) $A_K = \frac{Q_K}{S^2} + A_k = \frac{1569.33 \times 10^6}{(60 \times 6 \times 10^{-6})^2} + 0.46 \times 10^{16} = 1.67 \times 10^{16} (\text{J}/\Omega \cdot \text{m}^4)$ (2 分)

(4) $\theta_k = \frac{A_k - A_{1.5}}{A_{2.0} - A_{1.5}} \times (\theta_{2.0} - \theta_{1.5}) + \theta_{1.5} = \frac{1.67 - 1.5}{2.0 - 1.5} \times (330 - 230) + 230$ (2 分)
 $= 264^\circ\text{C}$ (线性插值) (1 分)