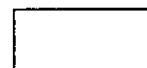


绝密★启用前



2010 年同等学力人员申请硕士学位
学科综合水平全国统一考试

电气工程试卷

第一部分 基础理论知识（必答题）

第二部分 专门知识（共五组，任选一组作答）

考生须知

1. 本试卷满分为 100 分，其中第一部分基础理论知识 60 分，每位考生必答；第二部分专门知识共有 5 组试题，每组试题 40 分，考生可任选一组作答，多选者按首选组计分。
2. 请考生务必将本人考号最后两位数字填写在本页右上角方框内。
3. 考生一律用蓝色或黑色墨水笔在答题纸指定位置上按规定要求作答，未做在指定位置上的答案一律无效。
4. 监考员收卷时，考生须配合监考员验收，并请监考员在准考证上签字（作为考生交卷的凭据）。否则，若发生答卷遗失，责任由考生自负。

第一部分：基础理论知识 (60分)

(含电工基础理论部分、微机原理及应用基础部分)

电工基础理论部分 (共45分。其中电路部分30分，电磁场部分15分)

一、填空题 (每空1分，共10分)

1. 一非正弦周期电流 $i = 2 + 2\sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ) + \sqrt{2} \sin(2\omega t - 60^\circ) \text{A}$ ，则其有效值 $I =$ _____。
2. 一个由4个节点、7条支路组成的电路，其独立节点数 $n =$ _____，独立回路数 $l =$ _____。
3. 试确定图1所示电路的戴维南等效电路。其开路电压 $U_{oc} =$ _____，等效电阻 $R_i =$ _____。

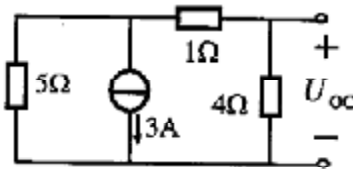


图1

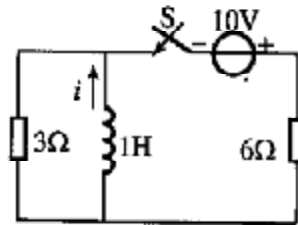


图2

4. 图2所示电路， $t = 0$ 时开关S闭合。电流 i 的初始值 $i(0^+) =$ _____，换路后电路的时间常数 $\tau =$ _____。
5. 在静电场中，等电位区域中的电场强度处处为 _____。
6. 恒定磁场的基本方程 (微分形式) 为 _____ 和 _____。

二、计算题 (35分)

1. (8分) 求图3电路中的电流 i_c 。

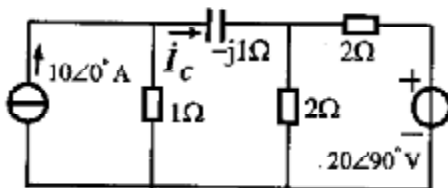


图3

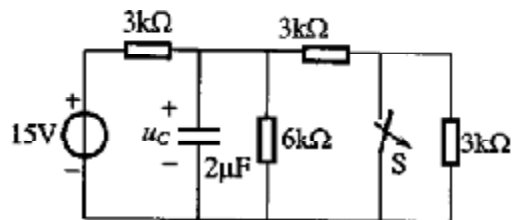


图4

2. (8分) 电路如图4所示，开关S处于闭合状态，电路已达稳态。 $t = 0$ 时开关S断开，求 $u_c(t)$ 。

5. 下面四个无符号数的大小顺序正确的是_____。

- A. 0FEH>250D>371Q>1111101B B. 0FEH>1111101B>250D>371Q
C. 250D>0FEH>1111101B>371Q D. 1111101B>250H>371Q>0EFH

二、填空题（每空 1 分，共 5 分）

1. 设 $X=-18$, $Y=-80$, 若以 16 位二进制补码表示, 则 $[X+Y]_{补} = \underline{\hspace{2cm}}$, $[X-Y]_{补} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
2. 在串行通讯中, 波特率的含义为_____。
3. 一条指令（机器指令）由_____和_____两个基本部分构成。

三、简答题（5 分）

1. (3 分) 程序阅读理解（其中：1A - 8086, 1B - 8031, 两者择一, 不重复记分。）

(1A) 执行下列程序段:

```
OR AL, AL
JZ L1
SAR AL, 1
JZ L2
RCL AL, 1
NOT AL
JZ L3
...
L1: ...
...
L2: ...
...
L3: ...
...
```

请回答: 当 $AL = \underline{\text{①}}$ 时, 执行该程序转向 L1; 当 $AL = \underline{\text{②}}$ 时, 执行该程序转向 L2; 当 $AL = \underline{\text{③}}$ 时, 执行该程序转向 L3。

(1B) 设 $(A)=0FFH$, $(R3)=0FH$, $(R0)=40H$, $(40H)=00H$ 。执行下列程序段:

```
INC A
INC R3
INC @R0
```

请问: A 的内容为 ①; R3 的内容为 ②; 40H 的内容为 ③。

2. (2 分) 关于输入输出操作 (I/O) 寻址方式分类, 请问什么是存储器映像的 I/O 寻址? 什么是 I/O 隔离寻址?

第二部分 专门知识 (40 分)

(注:本部分由 B₁~B₅ 五组试题构成,每位考生可任选做其中的一组试题,若选做多组试题,则按首选组计分)

B₁ 卷 (40 分): 电力系统分析

一、填空题 (每空 1 分,共 10 分)

1. 我国高压输电线路的输电方式有_____和_____。
2. 电力系统对继电保护的四项基本要求是_____性、_____性、_____性和_____性。
3. 采用分裂导线使输电线路的电抗_____,原因是_____。
4. 发电机以低于额定功率因数运行较之按额定功率因数运行时,其发出的_____功率减少,而_____功率增加。

二、简答题 (20 分)

1. (5 分) 简述电力系统是如何实现频率的一次和二次调整。
2. (5 分) 简述电力系统有哪些无功电源及它们的特点。
3. (5 分) 简述电力系统潮流计算时平衡节点的选择原则及作用。
4. (5 分) 简述中性点直接接地系统发生接地短路时零序电压、电流的分布特点。

三、计算题 (10 分)

某变电所装有一台容量为 31.5MVA, 额定变比为 110kV/10kV 的降压变压器, 已知变压器低压侧的最大负荷 $S_{\max}=33.6+j25.2\text{MVA}$, 最小负荷 $S_{\min}=25+j20\text{MVA}$, 变电所的高压母线电压在最大负荷时保持 105kV, 最小负荷时保持 107.5 kV, 变压器归算到高压侧的阻抗为 $Z_T=2.44+j40.33\Omega$ 。若欲保证变电所低压母线电压最大负荷时 $U_{\max}=10\text{ kV}$, 最小负荷时 $U_{\min}=10.5\text{ kV}$, 试选择变压器的分接头 (忽略变压器功率损耗和电压降横分量, 分接头每 $\pm 2.5\%$ 为一挡, 共 4 挡)。

B₂卷(40分): 电机学

一、填空题(每空1分,共10分)

1. 某种型号的单相变压器,一次绕组加额定电压空载运行时,磁路饱和。若在制造时误将一台变压器的一次绕组匝数减少了10%,则当这台变压器一次绕组仍加额定电压空载运行,其他条件不变时,下列各量的变化情况为(定性分析即可):励磁电抗_____,励磁电流_____,一次绕组漏电抗_____。
2. 一台极对数 $p=2$ 的交流电机,定子三相对称绕组 U、V、W 通入的电流分别为 $i_U = I_m \sin \omega t$, $i_V = I_m \sin(\omega t + 120^\circ)$ 和 $i_W = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$,产生的三相合成基波磁通势,其转速为_____ r/min(答案用已知量表示),其转向是从 U 相绕组转向_____相绕组。
3. 一台并励直流发电机,电刷位于几何中性线,转速不变。负载电流增大后电枢端电压降低,其原因是_____。
4. 一台三相水轮发电机与无限大电网并联运行时,若失去励磁(励磁电流为零),则它能否向电网发出有功功率_____,向电网发出的无功功率的性质为_____。
5. 一台三相感应电机,极对数为 p ,额定频率为 f_N ,额定转速为 n_N 。为了得到其额定运行时的等效电路,首先需要进行_____归算。归算后,基波气隙磁场在转子绕组中感应的相电动势的大小变为原来的_____倍。

二、问答题(每小题5分,共10分)

1. 如何测定三相电力变压器的短路电阻和短路电抗?
2. 一台 p 对极的三相交流电机,定子槽数为 $12p$,若布置 60° 相带三相对称双层绕组,则每相绕组在一个相带中有多少个线圈?某相绕组中一个线圈的感应电动势与该相绕组的感应电动势有何区别?

三、计算题(每小题7.5分,共15分)

1. 一台并励直流电动机,磁路线性,额定值为: $U_N = 220 \text{ V}$, $I_N = 32 \text{ A}$, $n_N = 1000 \text{ r/min}$,电枢回路总电阻(包括电刷接触电阻) $R_a = 0.2 \Omega$,励磁回路总电阻 $R_f = 110 \Omega$,不计空载转矩。
 - (1) 若负载转矩减至其额定值的 $1/2$,电源电压降低为 $0.75U_N$,求电动机稳态时的转速 n ;
 - (2) 若将此直流电动机用原动机拖动作为发电机运行,电枢端电压仍保持为 $U_N = 220 \text{ V}$,求其输出功率为零时的电磁转矩 T 。

2. 一台并联于无限大电网运行的三相隐极同步发电机, 额定电压 $U_N = 2300\text{V}$ (星形联结), 额定容量 $S_N = 100\text{kV} \cdot \text{A}$, 忽略电枢绕组电阻, 磁路线性。已知同步电抗 $X_s = 64.4\Omega$, 发电机空载时, 其转轴上的输入功率为 3.06kW 。

(1) 求发电机输出额定电流, 功率因数 $\cos\varphi = 0.8$ (滞后) 时的功角 δ 和磁极磁通势感应的相电动势 E_0 ;

(2) 保持励磁电流不变, 求功角为 25° 时发电机的电磁功率 P_M 和输入功率 P_1 。

四、论述题 (5 分)

试分析增大一台三相感应电动机转子绕组的电阻 (如增大 10%) 对其机械特性以及拖动恒转矩负载时的转速、效率、定子功率因数的影响 (定性分析即可)。

B₃ 卷 (40 分): 高电压与绝缘技术

一、填空题 (每空 1 分, 共 10 分)。

1. 气体电离所需的能量称为_____, 它也可用_____表示, 两者的关系为前者等于后者乘以_____。
2. 对于常温下的放电过程, _____是最重要的电离方式。
3. 用兆欧表测量绝缘电阻时, 屏蔽端子的作用是_____。
4. 串级试验变压器的级数一般不超过 3 级的原因是_____和_____。
5. 测量球隙测量的是工频高电压的_____, 而高压静电电压表测量到的是其_____。
6. 高电压技术中 MOA 的含意是_____。

二、简答题 (每小题 5 分, 共 10 分)

1. 简述确定 220kV 及以下电压等级的电力设备和 330kV 及以上电压等级电力设备的基准绝缘水平的异同。
2. 简述工程液体介质击穿的小桥理论。

三、计算题 (10 分)

现有一台电容式电压分压器, 已知其高压臂电容为 400pF , 欲使用它进行 2000kV 工频高电压的测量, 希望输出的低压侧电压值为 500V , 问低压臂电容应选多大?

四、论述题 (10 分)

试述 SF₆ 气体的绝缘强度高于空气的绝缘强度的原因。

B₄卷(40分): 电力电子技术与电力拖动

一、填空题(每空1分,共10分)

1. IPM 器件中文名称为_____,它是在_____基础上集成控制和保护等电路构成的。
2. 向晶闸管施加正向阳极电压,然后向门极施加正向门极电压,晶闸管将_____,其后向门极施加反向门极电压,晶闸管将_____。
3. 电力电子整流电路的总功率因数等于_____与_____之积。
4. 对于有效值为 U 的交流输入电压,采用单相桥式全控整流电路整流,晶闸管导通角为 α ,接纯电阻负载时其输出整流平均电压为_____,接大电感负载时其输出整流平均电压为_____。
5. 异步电动机调速方案中,恒压频比调速属于转差功率_____型调速方法,转子串级调速属于转差功率_____型调速方法。

二、简答题(每小题5分,共10分)

1. 简述晶闸管额定电流的标定方法及评估晶闸管发热时的电流折算方法。
2. 画出四象限运行的桥式斩波电路,简要描述其双极性工作方式及相应输出电压范围。

三、计算题(10分)

直流电动机转速单闭环调速系统,电机参数为: $P_{\text{nom}} = 60\text{kW}$, $U_{\text{nom}} = 220\text{V}$, $I_{\text{nom}} = 305\text{A}$, $n_{\text{nom}} = 1000\text{r/min}$, $R_a = 0.03\Omega$,采用相控整流器供电,整流器电压放大系数 $K_s = 45$,整流器内阻 $R_s = 0.06\Omega$,速度反馈系数 $\alpha = 0.012\text{V}\cdot\text{min/r}$,电枢回路总电阻 $R = 0.038\Omega$,调速调节采用比例调节器,其比例系数为 $K_p = 8$,求:

- (1) 系统开环转速降落;
- (2) 系统闭环转速降落;
- (3) 对于静差率 $s \leq 5\%$,系统的调速范围 D 。

四、论述题(10分)

论述三相桥式逆变电路采用方波控制和 PWM 控制的基本工作方式并比较优缺点。

B₅卷(40分): 电网络理论和电磁场数值分析

一、填空题(每空1分,共5分)

1. 在信号流图中,凡是过一个结点的支路都以该结点为起点,这种结点称为_____。
凡是过一个结点的支路都以该结点为终点,这种结点称为_____。
2. 滤波器按功能的不同可分为: _____、_____、_____、带阻和全通。

二、简答题(5分)

节点电压方程的矩阵形式为 $AYA^T \dot{U}_n = A \dot{I}_s - AY \dot{U}_s$, 试说明式中 $A, Y, \dot{U}_n, \dot{U}_s, \dot{I}_s$ 各表示什么?

三、计算题(30分)

1. (10分) 求解图 B₅-1 所示电路的转移函数 $H(s) = U_o(s)/U_i(s)$ (图中的运算放大器是理想的运算放大器)。

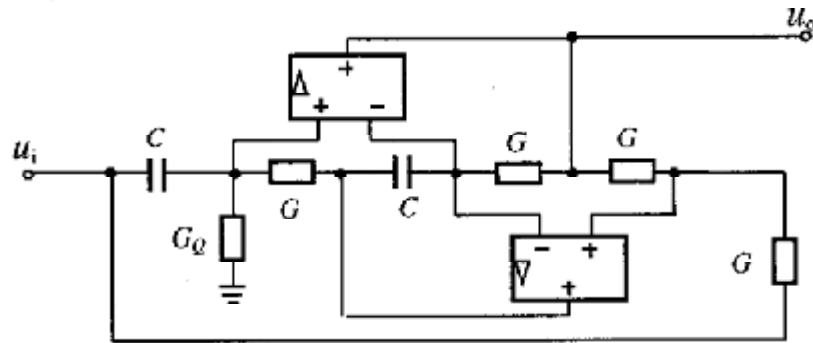


图 B₅-1

2. (10分) 对于问题

$$\begin{cases} \frac{d^2 u}{dx^2} = 10 & (0 < x < 1) \\ u(0) = 0, \quad u(1) = 10 \end{cases}$$

用伽辽金法求具有下列形式的近似解

$$u = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$$

3. (10分) 试写出用边界元法求解电磁场边值问题的步骤。

2010 年电气工程试卷参考答案

(60 分) 基础理论知识部分

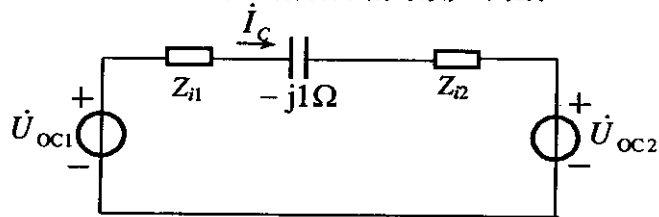
电工基础理论部分

一、填空题 (每空 1 分, 共 10 分)

1. 3A
2. $n=3, l=4$
3. $U_{OC}=-6V, R_i=2.4\Omega$
4. $i(0^+)=0, \tau=0.5s$
5. 零
6. $\nabla \times H = J, \nabla \cdot B = 0$

二、计算题 (35 分)

1. (8 分) 方法 1: 电路左右分别作戴维南等效如下图:



$$\dot{U}_{OC1} = 10\angle 0^\circ \text{V} \quad (2 \text{分}), \quad Z_{i1} = 1\Omega \quad (1 \text{分});$$

$$\dot{U}_{OC2} = 10\angle 90^\circ \text{V} \quad (2 \text{分}), \quad Z_{i2} = 1\Omega \quad (1 \text{分});$$

$$\dot{i}_c = \frac{\dot{U}_{OC1} - \dot{U}_{OC2}}{Z_{i1} + Z_{i2} - j1} = \frac{10 - j10}{2 - j1} = 6.32\angle -18.4^\circ \text{A} \quad (2 \text{分})$$

方法 2: 叠加计算:

$$\dot{i}_c' = 4.49\angle -63.5^\circ \text{A} \quad (3 \text{分}), \quad \dot{i}_c'' = 4.46\angle 26.6^\circ \text{A} \quad (3 \text{分})$$

$$\dot{i}_c = \dot{i}_c' + \dot{i}_c'' = 6.32\angle -18.4^\circ \text{A} \quad (2 \text{分})$$

2. (8 分) 解:

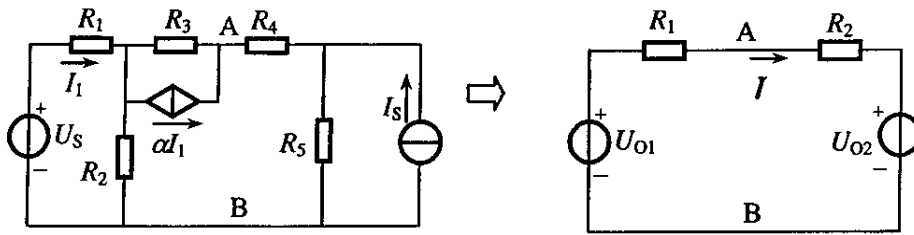
$$u_c(0^+) = u_c(0^-) = 6 \text{V} \quad (2 \text{分})$$

$$u_c(\infty) = 7.5 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\tau = 3 \times 10^{-3} \text{ s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$u_c(t) = 7.5 - 1.5e^{-\frac{t}{3 \times 10^{-3}}} = 7.5 - 1.5e^{-333.3t} \text{ V} \quad (t > 0) \quad (2 \text{ 分})$$

3. (7分) 解：求 AB 左右电路的戴维南等效电路



$$U_{O1} = \alpha I_1 R_3 + \frac{U_s R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(\alpha R_3 + R_2) U_s}{R_1 + R_2} = 5 \text{ V} \quad (2 \text{ 分})$$

$$R_{i1} = 1.75 \text{ k}\Omega \quad (\text{加压求流}) \quad (1 \text{ 分})$$

$$U_{O2} = I_5 R_5 = 1 \text{ V} \quad (2 \text{ 分}), \quad R_{i2} = R_4 + R_5 = 1.25 \text{ k}\Omega \quad (1 \text{ 分})$$

$$I = \frac{U_{O1} - U_{O2}}{R_{i1} + R_{i2}} = \frac{5 - 1}{1.75 + 1.25} = 1.33 \text{ mA} \quad (1 \text{ 分})$$

电流读数为 1.33mA。(若采用其它方法可酌情掌握)

4. (6分)

解：设两根等量异号长直平行线电荷 τ 和 $-\tau$ 都与 xoy 平面相垂直，且分别位于 $(d, 0)$

和 $(-d, 0)$ ，那么 xoy 平面内任一点 $P(x, y)$ 的电位为

$$\varphi(x, y) = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ell_n \frac{\sqrt{(x+d)^2 + y^2}}{\sqrt{(x-d)^2 + y^2}} \quad (2 \text{ 分})$$

这里，已取 $x = 0$ 平面为电位参考点。

由上式可知，当

$$\frac{\sqrt{(x+d)^2 + y^2}}{\sqrt{(x-d)^2 + y^2}} = K \quad (K \text{ 为常数}) \quad (2 \text{ 分})$$

时， φ 为常数。所以该式为等电位线的方程式。平方之，并整理得

$$\left(x - \frac{K^2+1}{K^2-1}d\right)^2 + y^2 = \left(\frac{2dK}{K^2-1}\right)^2 \quad (2 \text{分})$$

这是圆的方程。可见，在 xoy 平面上，等电位线是一族圆心在 x 轴上的偏心圆，即等电位面是一些偏心的圆柱面。

5. (6分)

解：(1) 当 $\ell = \frac{\lambda}{4}$ 时，

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \frac{\pi}{2}}{Z_0 + jZ_L \tan \frac{\pi}{2}} = \frac{Z_0^2}{Z_L} = 0 \quad (2 \text{分})$$

(2) 当 $\ell = \frac{\lambda}{2}$ 时，

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \pi}{Z_0 + jZ_L \tan \pi} = Z_L = \infty \quad (2 \text{分})$$

(3) 当 $\ell = \frac{3\lambda}{4}$ 时，

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \frac{3\pi}{2}}{Z_0 + jZ_L \tan \frac{3\pi}{2}} = \frac{Z_0^2}{Z_L} = 0 \quad (2 \text{分})$$

微机原理及应用基础部分

一、选择题（每小题 1 分，共 5 分）

1. C 2. D 3. D 4. C 5. B

二、填空题（每空 1 分，共 5 分）

- ①111111110011110B 或 FF9EH；②000000000111110B 或 003EH；
- ①每秒传送的数据位数，或 bit/s，或每个数据位时宽（或宽度）的倒数；
- ①操作码；②操作数。

三、简答题（共 5 分）

1. (共 3 分) (其中：1A-8086，1B-8031，两者择一，不重复记分。)

(1A) ① 00H； ② 01H； ③ FFH。

(1B) ① 00H； ② 10H； ③ 01H。

2. (共2分)

存储器映像的 I/O 寻址又称为存储器统一编址，即把 I/O 端口的地址和存储单元统一编址的方式，所有 I/O 端口与存储单元处于同一个存储空间，存储器访问指令同样适用于访问 I/O 端口 (1分)。I/O 隔离寻址又称为 I/O 独立/单独编址或 I/O 指令寻址方式，即把 I/O 端口的地址和存储单元的地址分开编址，并使用专门的 I/O 指令访问所有 I/O 端口。如 8086 型 CPU 即采用 I/O 单独编址方式，使用 IN 或 OUT 指令访问 I/O 端口 (1分)。

B₁卷(40分): 电力系统分析

参考答案只是一种解题的方法, 考生的答题中只要回答出要点, 即可给分, 语句组织可与参考答案不一致。

一、填空题(每空1分, 共10分)

1. 交流输电、直流输电
2. 可靠、速动、灵敏、选择(可不按照以上顺序)
3. 减小、导线等值半径增大
4. 有功、无功

二、简答题(20分)

1. (5分) 简述电力系统是如何实现频率的一次和二次调整。

答:(答出知识点的关键词即可)

(3分) 一次调频: 全系统发电机都参加, 通过调节发电机组的调速器系统进行调整, 只能做到有差调节。

(2分) 二次调频: 不是所有发电机组都要进行, 只能是很少的发电厂作为专门的调频厂进行调整, 通过发电机组的调频器系统进行系统频率调节。

2. (5分) 简述电力系统有哪些无功电源及它们的特点。

答:(答出知识点的关键词即可)

(1)(2分) 同步发电机: 能发出无功也能吸收无功, 发出的无功决定于额定容量和额定功率因数, 能发出的最大无功功率受定子绕组和励磁绕组额定电流限制。

(2)(1分) 同步调相机: 优点是调节比较灵活, 不但可以用来控制系统的电压, 而且可以用于提高系统的稳定性。缺点是设备投资和维护费用较大。

(3)(1分) 电容器: 优点是费用低廉, 能量损耗小, 可以分散安装, 就近补偿。缺点是发出的无功与电压的平方成正比, 当电压降低时发出的无功显著减少, 而这时正是系统需要无功电源的时候; 另外, 并联电容器只能成组地投入和切除而不能进行连续调节。

(4)(1分) 静止无功补偿器: 可用于无功功率的连续快速调节, 维护容易。兼顾调相机和电容器二者的优点, 广泛应用。

3. (5分) 简述电力系统潮流计算时平衡节点的选择原则及作用。

答: (答出知识点的关键词即可)

(1) (3分) 在潮流计算中, 平衡节点是指系统中注入有功功率、无功功率都未给定的节点。原则上可以取任意一个发电机节点作为平衡节点, 但通常取容量较大出线较多的发电机节点。以便当给定的发电机输出功率、线路损耗与给定的负荷不平衡度较大时, 它的输出功率可以对以上的不平衡进行平衡。

(2) (2分) 作用是平衡全系统的有功和无功。

4. (5分) 简述中性点直接接地系统发生接地短路时零序电压、电流的分布特点。

答: (答出知识点的关键词即可)

(1) (3分) 中性点直接接地系统发生不对称接地短路时, 系统各处零序电压分布取决于该处到中性点间零序阻抗大小, 故障点处零序电压最高, 距故障点越远处零序电压越低, 中性点处零序电压为零;

(2) (2分) 零序电流由接地故障点处流向线路、流入大地(或中性点), 其分布取决于线路零序阻抗和中性点接地的变压器的零序阻抗, 与电源点的数目和位置无关。

三、计算题 (10分)

(答出知识点的关键步骤即可得分)

(1) (3分) 最大、最小负荷下, 变压器低压侧电压归算到高压侧值为:

$$U'_{2\max} = U_{1\max} - \frac{P_{\max}R + Q_{\max}X}{U_{1\max}} = 105 - \frac{33.6 \times 2.44 + 25.2 \times 40.33}{105} = 94.54(KV)$$

$$U'_{2\min} = U_{1\min} - \frac{P_{\max}R + Q_{\max}X}{U_{1\min}} = 107.5 - \frac{25 \times 2.44 + 20 \times 40.33}{107.5} = 99.24(KV)$$

(2) (3分) 理论上, 两种情形下变压器应选择分接头理论值为:

$$U_{T1\max} = U'_{2\max} \times \frac{U_{2N}}{U_{2\max}} = 94.54 \times \frac{11}{10} = 104(KV)$$

$$U_{T1\min} = U'_{2\min} \times \frac{U_{2N}}{U_{2\min}} = 99.24 \times \frac{11}{10.5} = 103.97(KV) \quad \text{取二值平均得}$$

$$U_{T1} = \frac{U_{T1\max} + U_{T1\min}}{2} = \frac{104 + 103.97}{2} = 104(KV)$$

(3) (4分) 因为 $110(1-5\%) = 104.5$ 故降压变压器初步选择 5%分接头;

在该分接头下, 经校验得最大负荷下低压侧电压为 9.95KV, 最小负荷下低压侧电压为 10.45KV, 满足调压要求, 故确认选择 5%分接头。

B₂卷：电机学

一、填空题（每小题1分，共10分）

1. 减小； 增大； 减小。
2. $\frac{15\omega}{\pi}$ ； W。
3. 电枢回路电阻压降和电枢反应去磁作用增大，励磁电流减小。
4. 能； 容性。
5. 频率； $\frac{60f_N}{60f_N - pn_N}$ 。

二、问答题（每小题5分，共10分）

1. 答：通过短路试验来测定。短路试验通常在高压侧做。 (0.5分)

试验时，低压绕组短路，对高压绕组施加可调的低电压 U_k 。使 U_k 从零开始逐渐升高，当高压绕组电流 I_k 达到额定值时，测得 U_k 和输入功率 P_k ，并记录室温 θ 。(2分)
忽略励磁电流和铁耗。根据简化等效电路，可求得短路电阻 R_k 和短路电抗 X_k ：

$$|Z_k| = \frac{U_{k\phi}}{I_{k\phi}}, \quad R_k = \frac{P_k/3}{I_{k\phi}^2}, \quad X_k = \sqrt{|Z_k|^2 - R_k^2} \quad (2分)$$

其中， $U_{k\phi} = U_k/\sqrt{3}$ ， $I_{k\phi} = I_k$ （星形联结时）；或 $U_{k\phi} = U_k$ ， $I_{k\phi} = I_k/\sqrt{3}$ （三角形联结时）。(0.5分)

2. 答：每个相带中有2个线圈。 (2分)

线圈电动势与相绕组电动势的区别主要有：(1) 波形不同，后者比前者更接近正弦；
(2) 大小不同，后者的基波电动势是前者的 $4pK_{q1}/a$ 倍 (K_{q1} 为基波分布因数， a 为并联支路数)；(3) 基波电动势的相位不同。 (3分)

三、计算题（每小题7.5分，共15分）

1. 解：

(1) $U = 0.75U_N$ 时， I_f 也降至额定时的 75%。磁路线性时， $\Phi = 0.75\Phi_N$ 。 (1分)

$$I_{aN} = I_N - I_{fN} = I_N - U_N/R_f = 32 - 220/110 = 32 - 2 = 30 \text{ A} \quad (0.5分)$$

$$E_{aN} = U_N - I_{aN}R_a = 220 - 30 \times 0.2 = 214 \text{ V} \quad (1分)$$

因 T_L 减半，不计 T_0 ，则 T 减半， (0.5分)

$$\text{即 } C_T \Phi I_a = \frac{1}{2} C_T \Phi_N I_{aN}, \text{ 则 } I_a = \frac{1}{2} \frac{\Phi_N}{\Phi} I_{aN} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{0.75} \times 30 = 20 \text{ A} \quad (0.5分)$$

$$E_a = U - I_a R_a = 0.75 \times 220 - 20 \times 0.2 = 165 - 4 = 161 \text{ V} \quad (0.5 \text{ 分})$$

$$n = \frac{E_a}{C_e \Phi} = \frac{E_a}{0.75 C_e \Phi_N} = \frac{E_a n_N}{0.75 E_{aN}} = \frac{161 \times 1000}{0.75 \times 214} = 1003 \text{ r/min} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 发电机输出功率为零时, $I = 0$, $I_{a0} = I_{fN} = 2 \text{ A}$ (0.5 分)

$$E_{a0} = U_N + I_{a0} R_a = 220 + 2 \times 0.2 = 220.4 \text{ V} \quad (1 \text{ 分})$$

$$n_0 = \frac{E_{a0}}{C_e \Phi_N} = \frac{E_{a0} n_N}{E_{aN}} = \frac{220.4 \times 1000}{214} = 1030 \text{ r/min} \quad (0.5 \text{ 分})$$

$$T = \frac{E_{a0} I_{a0}}{2\pi n_0 / 60} = \frac{220.4 \times 2}{2\pi \times 1030 / 60} = 4.087 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (0.5 \text{ 分})$$

2. 解:

(1) $\varphi = \arccos 0.8 = 36.87^\circ$, $\sin \varphi = 0.6$ (0.5 分)

$$I = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_N} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 2300} = 25.1 \text{ A} \quad (1 \text{ 分})$$

$$U = \frac{U_N}{\sqrt{3}} = \frac{2300}{\sqrt{3}} = 1328 \text{ V} \quad (0.5 \text{ 分})$$

$$\psi = \delta + \varphi = \arctan \frac{IX_s + U \sin \varphi}{U \cos \varphi} = \arctan \frac{25.1 \times 64.4 + 1328 \times 0.6}{1328 \times 0.8} = 66.24^\circ \quad (1 \text{ 分})$$

$$\delta = \psi - \varphi = 66.24^\circ - 36.87^\circ = 29.37^\circ \quad (0.5 \text{ 分})$$

$$E_0 = \frac{IX_s \cos \varphi}{\sin \delta} = \frac{25.1 \times 64.4 \times 0.8}{\sin 29.37^\circ} = 2637 \text{ V} \quad (1 \text{ 分})$$

$$(\text{或 } E_0 = \frac{U \cos \varphi}{\cos \psi} = \frac{1328 \times 0.8}{\cos 66.24^\circ} = 2637 \text{ V})$$

(2) I_f 不变时, E_0 不变。 (0.5 分)

$$P_M = \frac{m E_0 U}{X_s} \sin \theta = \frac{3 \times 2637 \times 1328}{64.4} \times \sin 25^\circ = 68943 \text{ W} = 68.94 \text{ kW} \quad (1.5 \text{ 分})$$

$$P_1 = P_M + P_0 = 68.94 + 3.06 = 72 \text{ kW} \quad (1 \text{ 分})$$

四、论述题 (5 分)

答: 增大转子电阻, 机械特性曲线 $T=f(s)$ 将向转矩坐标轴移动, 即: 最大转矩不变, 产生最大转矩的转差率 (即临界转差率) 增大, 最初起动转矩增大。因此, 机械特性变软。 (2 分)

拖动恒转矩负载时, 所需的电磁转矩相同, 由于机械特性变软, 因此转差率增大, 即转速降低。 (1 分)

因电磁功率不变, 输出功率减小, 因此效率降低。 (1 分)

由于转子电流和励磁电流不变, 因此定子电流基本不变, 所以, 定子功率因数基本不变。 (1 分)

B₃卷(40分):高电压与绝缘技术

一、填空题(每空1分,共10分)

1. 电离能 电离电位 电子的电荷量。
2. 碰撞电离
3. 消除绝缘表面泄漏电流对测量结果的影响。
4. 容量利用率随级数的增加而减小 串级试验变压器总的漏抗比各级变压器的漏抗之和要大。
5. 峰值 有效值。
6. 金属氧化物避雷器。

二、简答题(每小题5分,共10分)

1. 答:对于220kV及以下电压等级的电力设备,其基准绝缘水平由额定雷电冲击耐受电压(1分)和额定一分钟工频耐受电压(1分)确定,而对于330kV及以上电压等级的电力设备,其基准绝缘水平由额定雷电冲击耐受电压(1分)和额定操作冲击耐受电压(1分)确定。它们相同的是都要考虑雷电冲击的作用,而区别在于前者采用工频电压而后者使用操作冲击电压(1分)。
2. 答:工程液体介质中必然含有各类杂质(1分),如气泡,水分,固体纤维等(1分),在电场作用下它们被极化从而排成沿电场方向的小桥(2分),沿着小桥的击穿场强远低于纯净液体介质的击穿场强(1分)。这就是工程液体介质击穿的小桥理论。

三、计算题(10分)

答:根据电容分压器的分压原理,假设高压臂电容的电容量为 C_1 , 低压臂电容的电容量为 C_2 , 分压器上的施加电压为 U_1 , 则低压臂上的电压 $U_2 = U_1 \times C_1 / (C_1 + C_2)$ (8分), 根据要求其值应为 500V, 则带入各参数的值可得 $C_2 = 1599600\text{pF}$ (2分)。

四、论述题(10分)

答:SF₆气体具有比空气高得多的绝缘强度,是由于SF₆气体为强电负性气体(3分),即它的气体分子有吸附自由电子而形成负离子的倾向(1.5分)。在碰撞电离过程中,离子的平均自由程比电子小,因而不易积累足够的动能引起碰撞电离(1.5分);再则,离子的质量比电子大得多(1.5分),在发生碰撞时不会像电子那样将全部动能给予被碰撞的质点(1.5分)。可见,由于电负性气体中部分自由电子变成了负离子,因而削弱了碰撞电离的过程(1分)。这就是SF₆气体的绝缘强度高于空气的绝缘强度的原因。

B₄卷(40分): 电力电子技术与电力拖动

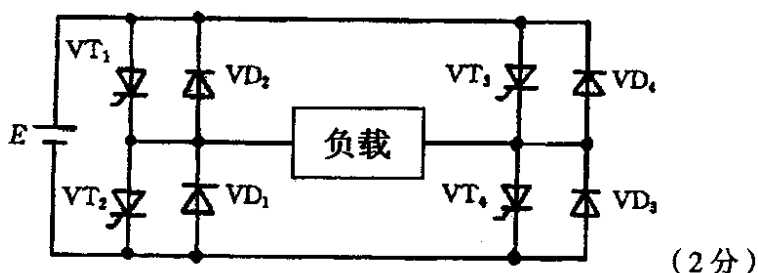
一、填空题(每空1分,共10分)

1. 智能功率模块, IGBT(或绝缘栅双极型晶体管)
2. 导通, 保持导通
3. 基波功率因数(或位移因数), 基波因数
4. $0.45U(1 + \cos\alpha)$, $0.9U \cos\alpha$
5. 不变, 回馈。

二、简答题(每小题5分,共10分)

1. 答: 晶闸管的额定电流一般按工频正弦半波电路中管子全导通条件下所允许通过的最大电流平均值标定, 也称为最大通态平均电流(2分)。而晶闸管的发热取决于其上流过的电流有效值, 因此需要将最大通态平均电流换算为有效值, 实际电流波形的有效值不能超过这一有效值(3分)。

2. 答:



双极性工作方式时, 电力电子开关 VT_1 、 VT_4 同时导通和关断, VT_2 、 VT_3 同时导通和关断。输出电压范围为 $[-E, +E]$ (3分)。

三、计算题(10分)

答: (1) 电动机电势系数 $C_e = \frac{U_{nom} - R_a I_{nom}}{n_{nom}} = \frac{220 - 0.03 \times 305}{1000} = 0.211 \text{ V} \cdot \text{min}/r$

开环转速降落 $\Delta n_{op} = \frac{R \cdot I_{nom}}{C_e} = \frac{(0.03 + 0.06) \times 305}{0.211} = 130.1 r/\text{min}$ (3分)

(2) 系统的开环放电倍数 $K = K_p K_s \alpha / C_e = \frac{8 \times 45 \times 0.012}{0.211} = 20.47$

系统的闭环转速降落 $\Delta n_{cl} = \frac{R \cdot I_{nom}}{C_e (1 + K)} = \frac{(0.03 + 0.06) \times 305}{0.211 \times (1 + 20.47)} = 6.06 r/\text{min}$ (3分)

(3) 对于所允许的静差率，系统最低转速为

$$n_{\min} = \frac{1-s}{s} \Delta n_d = \frac{1-0.05}{0.05} \times 6.06 = 115.14 r/\min, \text{ 系统调速范围为 (1分)}$$

$$D = \frac{n_{\text{nom}}}{n_{\min}} = \frac{1000}{115.14} = 8.69 \text{ (3分)}$$

四、论述题 (10分)

答：方波控制时基本工作方式是 180° 导电方式，即每个桥臂导通 180° ，同一相上下两个开关管交替导电，各相开始导通的时间依次相差 120° (3分)。

PWM 控制时基本工作方式是每相上下开关管互补导通关断，将调制的交流电压波形与载波进行比较，通过自然采样法或规则采样法等方法得到每相上下开关管的开通关断时刻进行控制 (3分)。

方波控制方式结构更加简单，系统开关频率低，但 PWM 控制模式性能更高，主要优点体现在：

- 1) 可以得到更接近正弦波的输出电压；
- 2) 整流可采用二极管不控整流，功率因数更高；
- 3) 变频调压同时进行，无需额外的调压电路；
- 4) 动态响应更快。(4分)

B₅卷 (40分) 电网络理论和电磁场数值计算

一、填空题 (每空 1分, 共 5分)

1. 源点或输入结点, 汇点或输出结点
2. 低通、高通、带通

二、简答题 (5分)

A: 关联矩阵

Y: 支路导纳矩阵

\dot{U}_n : 节点电压列相量 (每个1分)

\dot{U}_S : 电压源列相量

\dot{I}_S : 电流源列相量

三、计算题 (30分)

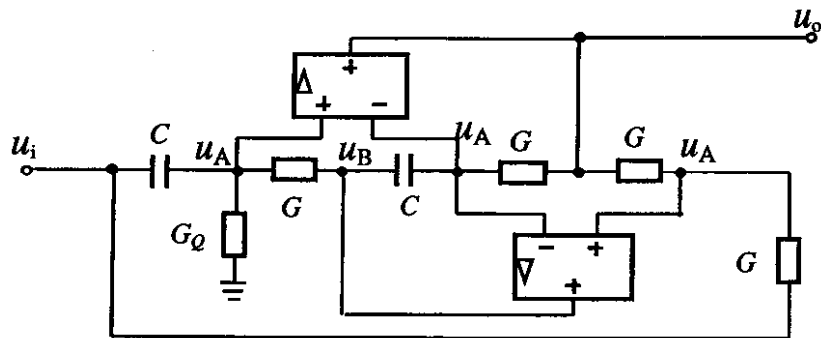
1. (10分) 解: 分别对电压为 u_A 的 3个节点列写 KCL 方程

$$(sC + G + G_Q)U_A(s) - GU_B(s) - sCU_1(s) = 0 \quad (1)$$

$$(sC + G)U_A(s) - sCU_B(s) - GU_0(s) = 0 \quad (2) \quad (5分)$$

$$(G + G)U_A(s) - GU_0(s) - GU_1(s) = 0 \quad (3)$$

$$\frac{U_0(s)}{U_1(s)} = \frac{s^2C^2 - sCG_Q + G^2}{s^2C^2 + sCG_Q + G^2} \quad (5分)$$



2. 解: 将试探解

$$u = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$$

代入上述问题的边界条件中, 得

$$a_0=0, \quad a_1+a_2+a_3=10 \quad (2 \text{分})$$

$$\begin{aligned} \text{从而 } u &= (10-a_2-a_3)x+a_2x^2+a_3x^3 \\ &= 10x+a_2x(x-1)+a_3x(x^2-1) \quad (1 \text{分}) \end{aligned}$$

于是, 若将试探函数 u 表示为

$$u = \varphi_0(x) + \alpha_1\varphi_1(x) + \alpha_2\varphi_2(x)$$

的形式, 则基函数为

$$\varphi_0(x)=10x, \quad \varphi_1(x)=x(x-1), \quad \varphi_2(x)=x(x^2-1) \quad (3 \text{分})$$

其中, α_1 和 α_2 分别代替前面的 a_2 和 a_3 。

将试探函数 u 代入方程中, 得余量:

$$R = 2\alpha_1 + 6\alpha_2x - 10 \quad (2 \text{分})$$

由伽辽金法, 有

$$\text{和} \quad \int_0^1 (2\alpha_1 + 6\alpha_2x - 10)x(x-1)dx = 0$$

$$\int_0^1 (2\alpha_1 + 6\alpha_2x - 10)x(x^2-1)dx = 0$$

$$\text{即} \quad \begin{cases} 2\alpha_1 + 3\alpha_2 = 10 \\ 5\alpha_1 + 8\alpha_2 = 25 \end{cases} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解之得, } \alpha_1 = 5, \quad \alpha_2 = 0 \quad (1 \text{分})$$

将 $\alpha_1 = 5$ 和 $\alpha_2 = 0$ 代入, 最后得近似解为

$$u = 5x(x+1)$$

3. 解: 共有 3 大步骤, 如下:

- (1) 建立与电磁场边值问题相应的边界积分方程 (4 分)
- (2) 将边界积分方程离散化, 形成边界元方程。(3 分)
- (3) 求解边界元方程, 得到边界结点上的近似值 (3 分)