

注：

1. 纯靠记忆不涉及作弊行为，部分题目模糊、叙述有误等，恳请斧正。
2. 计算题中，中英文单位混用的情况系维持原卷表述，并非错误。
3. 关于多选题漏选是否给分，LJG 老师在考场中对于此事避而不答。

## 哈尔滨工业大学(深圳) 2024 学年秋季学期 自动控制实践 A 试题 (回忆版)

题目	一	二	三	四	五	六	七		总分
分数									

考生注意：本次考试为闭卷考试，考试时间 120 分钟，满分 100 分。

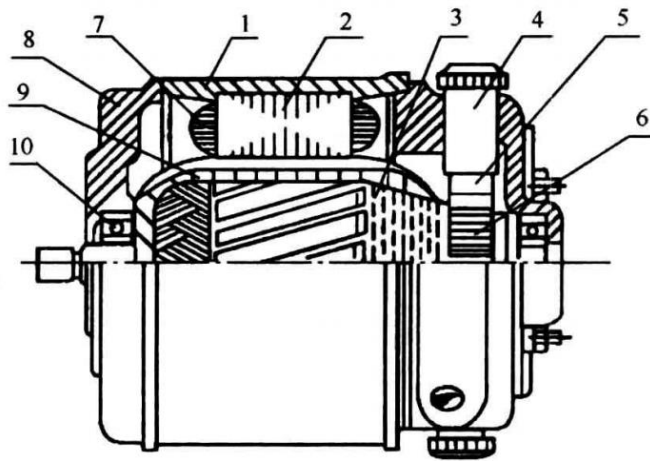
### 注意行为规范 遵守考场纪律

#### 一、填空题。（每空 0.5 分，共计 10 分）

1.1 根据下图直流有刷电机结构，在横线上填写电机结构的位置序号。

激磁绕组\_\_\_\_\_，电枢\_\_\_\_\_，电刷\_\_\_\_\_

正常工作时，电刷是\_\_\_\_\_（转动/静止）的，换向器是\_\_\_\_\_（转动/静止）的。



1.2 相比线性功率放大器，开关功率放大器的缺点是

1.3 从直流电机外部看，它的电压、电流和电动势都是\_\_\_\_\_流，但每个绕组元件中的电压，电流和电动势都是\_\_\_\_\_流。

1.4 磁路和电路之间存在类比关系。例如，磁路中的磁动势和磁通可以类比为电路中的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

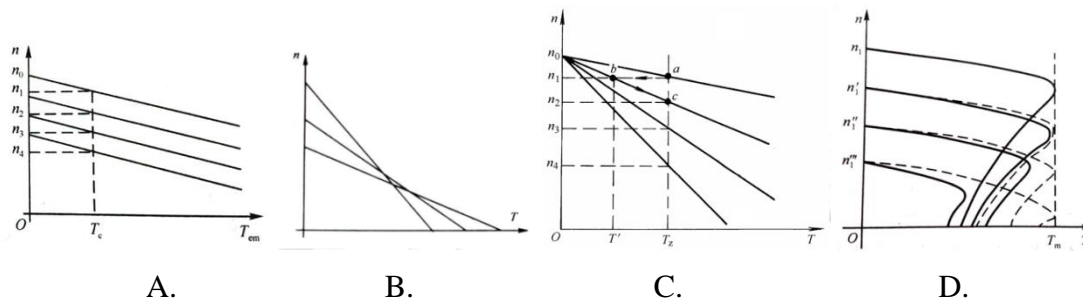
1.5 步进电机有混合式、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三种类型。在混合式步进电机中，定子磁极数为  $Z_s$ ，转子齿数为  $Z_r$ ，定子通电工作一个循环时，理论上转子转过的空间角度为\_\_\_\_\_，转子转过的电角度为\_\_\_\_\_，定子磁场转过的电角度为\_\_\_\_\_。

1.6 正弦波驱动的永磁同步电机的反电势波形是\_\_\_\_\_，强制要求定子电流的频率和这一相反电势频率\_\_\_\_\_（相等/成倍数关系），强制要求定子电流的相位和这一相反电势相位\_\_\_\_\_（相等/相差 90 度电角度）。

1.7 对称绕组产生圆形旋转磁场，两相异步电机的电流相位差（电角度）为\_\_\_\_\_度，三相异步电机的电流相位差（电角度）为\_\_\_\_\_度。

## 二、单选题。（每题 1 分，共计 8 分）

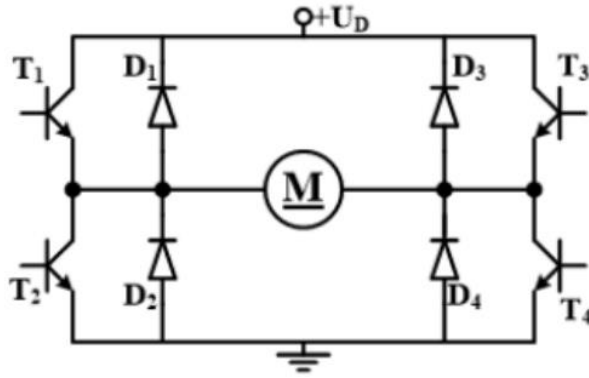
2.1 下面属于直流电机调磁调速的机械特性曲线的是\_\_\_\_\_。



2.2 关于直流电机的结构，说法正确的是\_\_\_\_\_

- A. 转子是旋转的，所以转子线圈产生的磁场是旋转磁场；为了减小涡流损耗，电机的外壳采用硅钢片冲压叠压制成。
- B. 转子是旋转的，所以转子线圈产生的磁场是旋转磁场；为了减小涡流损耗，电机的外壳采用塑料制成。
- C. 转子是旋转的，转子相对于励磁磁场旋转；为了减小涡流损耗，转子铁心采用硅钢片冲压叠压制成。
- D. 转子是旋转的，转子相对于励磁磁场旋转；为了减小涡流损耗，转子铁心采用塑料制成。

2.3 如下所示的 H 桥驱动电路，其中四个二极管称为续流二极管，它们是 PWM 功率放大器输出级中不可缺少的组成部分。其中  $D_1$  的作用是避免\_\_\_\_\_工作在\_\_\_\_\_。



- A.  $T_1$ ; 截止区      B.  $T_1$ ; 饱和区      C.  $T_2$ ; 放大区      D.  $T_2$ ; 击穿区

2.4 他励式直流电机工作在稳定状态时，电磁转矩平衡方程为\_\_\_\_\_。

- A.  $U_a = R_a I_a + E_a$       B.  $U_a = R_a I_a + E_a + L \frac{dI_a}{dt}$   
 C.  $E_a = U_a + R_a I_a$       D.  $E_a = R_a I_a + U_a + L \frac{dI_a}{dt}$   
 E.  $T_{em} = T_2 + T_0$       F.  $T_{em} = T_2 + T_0 + J \frac{d\Omega}{dt}$   
 G.  $T_2 = T_0 + T_{em}$       H.  $T_2 = T_0 + T_{em} + J \frac{d\Omega}{dt}$

2.5 关于步进电机的定子绕组磁场，以下说法正确的是\_\_\_\_\_

- A. 定子磁场的大小与电压成正比  
 B. 定子磁场的转速与转子转速相同  
 C. 定子磁场的转速低于转子转速  
 D. 定子磁场旋转方向取决于输入的方向信号

2.6 无刷直流电机系统不包括\_\_\_\_\_

- A. 电机本体      B. 驱动与开关电路  
 C. 脉冲分配器      D. 位置传感器

2.7 增量式编码器的节距为  $L$ ，则两个测量窄缝中心线之间的距离可以是\_\_\_\_\_

- A.  $\frac{1}{4}L$       B.  $\frac{1}{2}L$       C.  $L$       D.  $1.5L$

2.8 关于异步电机的调频调速，以下说法正确的是\_\_\_\_\_

- A. 在额定频率以下调速时，定子绕组电压与输入电流频率的比值为常数  
 B. 在额定频率以下调速时，定子反电动势与输入电流频率的比值为常数  
 C. 在额定频率以上调速时，定子绕组电压与输入电流频率的比值为常数  
 D. 在额定频率以上调速时，定子反电动势与输入电流频率的比值为常数

三、多选题。（每题 2 分，共计 12 分）

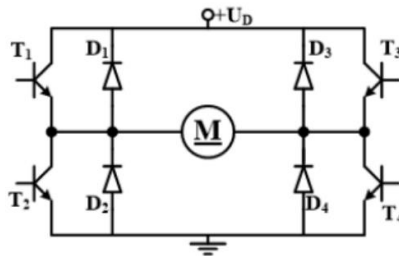
3.1 下列关于电枢反应的描述正确的是\_\_\_\_\_。

- A. 气隙磁场的物理中性面偏离几何中性面
- B. 使气隙中的磁通减少
- C. 使气隙中的磁通增加
- D. 对于他励式直流电动机，电枢电流变大，电枢反应变得更明显
- E. 对于他励式直流电动机，励磁电流变大，电枢反应变得更明显

3.2 直流电动机工作于发电机状态时\_\_\_\_\_。

- A. 电磁转矩与转速方向相反
- B. 电磁转矩与转速方向相同
- C. 反电势  $E_a$  与电枢绕组上的电压  $U_a$  满足  $E_a > U_a > 0$
- D. 反电势  $E_a$  与电枢绕组上的电压  $U_a$  满足  $E_a < U_a < 0$

3.3 如下所示的 H 桥驱动电路，其中四个二极管称为续流二极管，它们是 PWM 功率放大器输出级中不可缺少的组成部分。下列说法正确的是\_\_\_\_\_。



- A. 二极管  $D_3$  的作用是避免开关元件  $T_4$  工作于击穿区。
- B. 双极性 PWM 驱动时，当为电动机状态时，电源输出电能，电流增加，磁场能增加。
- C. 电源输出电能时电流值增加，吸收电能时电流减小。
- D. 当为电动机状态时，电磁力矩  $T_{em}$  与转速  $n$  同向，电能变成机械能；当为发电机状态时，电磁力矩  $T_{em}$  与转速  $n$  反向，机械能变成电能。

3.4 对步进电动机采用细分驱动，可以：\_\_\_\_\_。

- A. 获得更小的步距角
- B. 减小步进电机的振动与噪声
- C. 提高步进电机的最大静转矩
- D. 提高步进电机的最高转速

3.5 小功率正弦波驱动的交流伺服电机的位置传感器可以选择\_\_\_\_\_。

- A. 霍尔元件
- B. 旋转变压器
- C. 直线感应同步器
- D. 光电码盘
- E. 直线光栅

3.6 鼠笼型异步电机的结构构成包含\_\_\_\_\_。

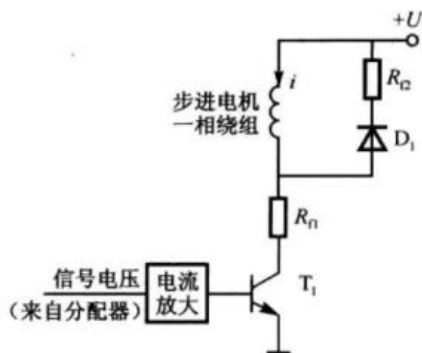
- A. 多槽对称分布的定子绕组
- B. 主磁极和激磁绕组
- C. 定子电刷和电刷架
- D. 转子电刷和电刷架
- E. 鼠笼型转子
- F. 鼠笼型定子

**四、简答题。（满分 32 分）**

4.1 他励有刷直流电机负载恒定，在接通电压后，达到稳定转速时电枢电流由什么决定，转速由什么因素决定？给出理由和分析。（6分）

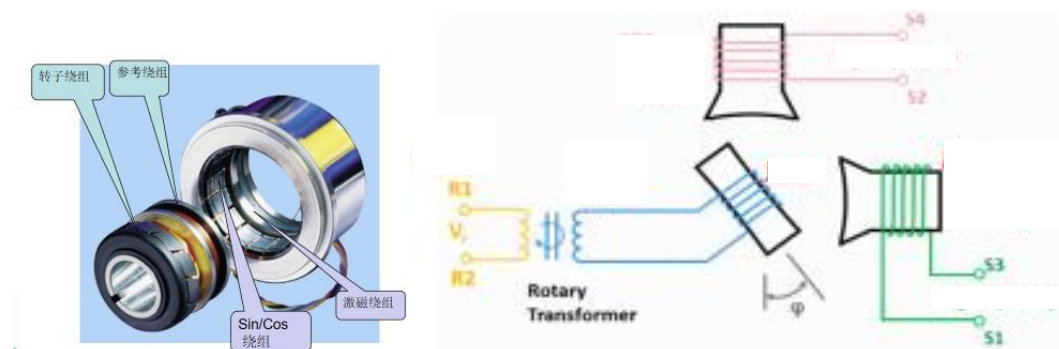
4.2 简述功率开关元件的三个工作区，以及三个工作区的区别和联系。（6分）

4.3 为什么步进电机高频下，动态转矩下降，（原题解释了下图的驱动方式，题干略长），从低频和高频两个角度进行分析。（6分）



4.4 有刷直流电机通过电刷和换向器结构实现交流和直流的转化。PMSM 电机通过矢量控制将其控制转化成为了直流电机控制，分析如何通过矢量控制保证 PMSM 电机定子磁场超前转子  $90^\circ$ 。（8 分）

4.5 无刷旋转变压器原理图如下左图所示，在右图中标注左图中各绕组对应位置，并解释无刷旋转变压器的输入怎么从定子传输到转子的。（6 分）



## 五、计算题。（满分 30 分）

5.1（7 分）某单相变压器，原边电压为额定电压 220V 时，空载激磁电流为 0.2A。忽略原边漏阻抗，并假设磁路不饱和，是线性的。分析下述情况下主磁通  $\Phi_m$  和空载激磁电流  $I_0$  如何变化。

- （1）将原边电压降到 110V；（2 分）
- （2）将原边匝数减少 10%；（2 分）
- （3）将铁心截面积减少 10%。（3 分）

5.2（8 分）有一台他励直流电动机，它的额定力矩为  $T_N=100\text{Nm}$ ，额定转速  $n_N=1000$  转/分，额定电压  $U_N=220$  伏，额定电流  $I_N=50$  安，电枢回路总电阻  $R_s=0.1$  欧，不计电刷压降以简化考虑，所有计算结果均保留 1 位小数。

- （1）这台电机的额定效率是多少？（2 分）
- （2）额定负载力矩下，电机端电压为 110V 时，电机转速是多少？（2 分）
- （3）不考虑电感影响，220V 全压直接起动时的电流为额定电流的几倍？（2 分）
- （4）采用降压起动来限制起动电流为额定电流的 2 倍，起动电压应为多少？（2 分）

**5.3** (10 分) 甲乙两台三相异步电动机工作在频率为 300Hz 的电网中, 甲电机磁极数为 2, 乙电机磁极数为 6, 两电机额定转差率 0.04。试求解以下问题:

- (1) 两电机同步转速分别为多少? (2 分)
- (2) 两电机额定转速分别为多少? (2 分)
- (3) 两电机转子回路感应电流和感应电动势的频率为多少? (2 分)
- (4) 若甲电动机额定电压 380V, 额定电流 10A, 额定工作点处功率因数为 0.75, 效率为 0.8, 求其额定功率以及额定点转矩为多少? (4 分)

**5.4** (5 分) 用每毫米 50 个刻线的光栅尺, 光电管能清晰分辨的最小栅距是 1mm。

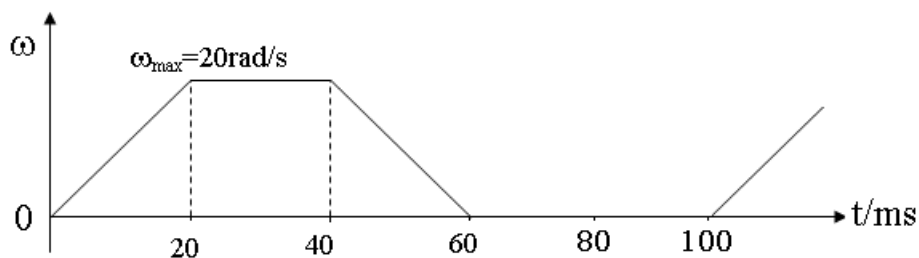
- (1) 主光栅和指示光栅的夹角不能超过多少度。 (3 分)
- (2) 如果要达到 0.0025mm 的光栅分辨率, 需要细分多少倍。 (2 分)



## 六、综合题。（满分 8 分）

机床加工中，采用直流伺服电机经 10:1 的减速器驱动被加工工件，工件的转动惯量  $J_L=2\times 10^{-2}\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ，工件摩擦阻力矩  $T_f=5\text{N}\cdot\text{m}$ 。

(1) 如果要求工件运动具备重复完成下图所示，以 100ms 为周期的运动。（不考虑减速器的转动惯量、效率和电机电气时间常数的影响）根据工件驱动需要，对驱动电机的最高转速、峰值力矩、额定转矩如何要求？（4 分）



(2) 为了实现工件驱动达到定位精度  $0.01^\circ$  的要求，可以在电机侧安装光电码盘进行转角负反馈控制（减速器环节无驱动传输误差），如果有 2048 线、4096 线、18000 线的增量式光电编码器可作为电机侧位置检测传感器，测角时采用 4 倍频的方式，合理的选择应是哪一种？如果使用绝对式光电编码器作为电机侧位置检测传感器，合理的位数应是多少？（精度视为一个分辨力）（4 分）