

控制电机习题

一．填空题（每题 2 分）：

1.控制电机属于微特电机范畴， 主要包括：测速发电机、 _____、旋转变压器、 _____、
和 _____ 等。

2．直流测速发电机的输出特性的关系式为
$$U_a = \frac{C_e \Phi}{1 + \frac{R_a}{R_L}} n$$
，若电枢绕组电阻为 R_w ，

电刷接压降为 U_b 则此式应改写为 _____。

3．实际的直流测速发电机的输出特性与要求的线性特性之间存在误差，引起误差的原因
主要是：温度的影响、延迟换向的去磁作用、输出电压中的纹波、 _____
_____， _____。

4．直流测速发电机的实际输出特性受温度、 _____ 电枢反应和延迟换向去磁作用的影响， _____ 可分别
采用 _____、 _____ 方法来减小误差。

5．直流测速发电机提高精度和性能的发展趋势是发展 _____ 测速发电机、 发
展 _____ 直流测速发电机和发展永磁式无槽电枢、 _____ 环形电枢、 印制绕组电枢直流测速
发电机。

4．直流力矩电机之所以做成圆盘状，是为了能在相同体积和控制电压下产生较大的
_____ 和较低的 _____。

5．为了降低转动惯量，直流伺服电动机常采用杯形电枢、 _____ 和
_____ 结构。

6．脉冲变压器用于在触发电路中升高或降低脉冲电压，可通过增大 _____、降低
_____ 的方法增大脉冲宽度，通过 _____ 方法提高前沿陡度。

7．自整角机若按运行方式不同可分为 _____ 自整角机和 _____ 自整角机。

8.自整角机属于自动控制系统中的测 _____ 用的微特电机， 常用来构成 _____ 随动系统。

9．在角度指示系统中，可用 _____ 实现角度和位移的测量，并用这种微特电机来构
成 _____ 系统。

10．ZKF 转子励磁绕组产生磁场大小在某瞬时沿定子内圆周长呈 _____ 分布，但对
于气隙中某点而言，磁场大小随时间呈 _____ 变化。

11．为了减少振荡，自整角机可以安装阻尼装置。转子铁心中安置 _____，称
为电阻尼；在接收机的轴上装 _____ 称为机械阻尼。

12．正余弦变压器的转子绕组包括 _____、 _____，且两个绕组在空间上呈
夹角。

13．交流伺服电动机的控制电压 U_k 增大时，电动机转速 _____；当 U_k 反相时，电动机
转速 _____。

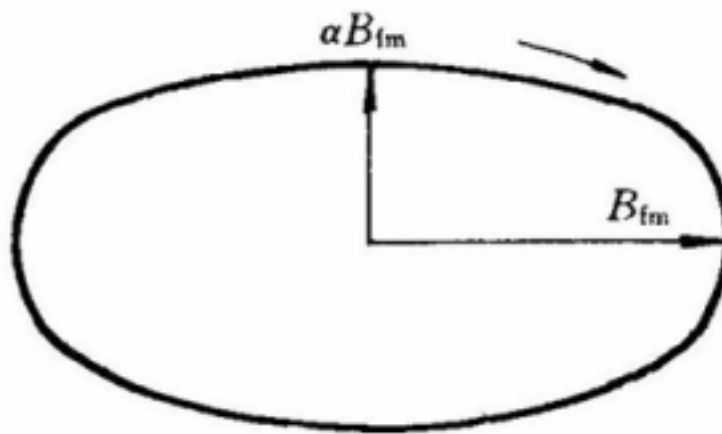
14．在工程实际中，没有相差 90° 相位的电源时，交流伺服电动机的电源可采用以下方法
移相：利用三相电源的相电压和线电压构成、直接取线电压通过系统中的其它元件移

相、_____、_____。

15. 交流测速发电机的输出电压 $U_2 \propto U_1 n$ ，则 U_2 与 n 成_____关系，其输出特性比直流测速发电机误差稍_____（大/小）。
16. 采用多极旋转变压器的目的是为了提高随动伺服系统的_____；而采用双通道同步随动系统是为了克服系统在_____位上协调。
17. 在由两极旋转变压器和多极旋转变压器组成的双通道同步随动控制系统中，当发送轴与接收轴处于大协调角时，电子开关 SW 只将_____通道的电压输出，使系统工作在_____信号下；处于小协调角时，电子开关 SW 只将_____通道的电压输出，使系统工作在_____信号下。
18. 小功率同步电动机属_____电机，其转子转速_____定子旋转磁场转速。
19. 反应式同步电动机转子的直轴与旋转磁场轴线重合时，转子受到的转矩之和为_____；直轴与旋转磁场轴线垂直时，转子受到的转矩之和为_____。
20. 同步电动机转子惯量越大振荡越_____，转子惯量越小振荡越_____。
21. 磁滞同步电动机的最突出的优点是_____。
22. 一个三相六拍方式运行的步进电机，其定子上有_____个磁极，如果要使步距角增加为原步距角的一倍，可采用_____方式运行。

二、作图题（每题 5-10 分）：

1. 画出原边补偿的正余弦旋转变压器的接线图。
2. 画出负边补偿的正余弦旋转变压器的接线图。
3. 画出带原边补偿的线性旋转变压器的接线图。
4. 画出由两极旋转变压器和多极旋转变压器组成的双通道同步随动控制系统的框图。
5. 已知某交流伺服电动机定子上两绕组所产生的脉振磁场合成的椭圆磁场如下图所示。为了方便分析该电机转子的运转状态，可以将这个椭圆磁场分解为两个圆形旋转磁场。试用磁通密度表征这两个圆形旋转磁场，并表明大小和旋转的方向。（已知 $\alpha = B_{fm}/B_{km}$ ）



三、简述题（5~10 分）

1. 自动控制系统对作为控制元件的电机的基本要求：精确度高、_____灵敏度高、_____可靠性好。
2. 直流测速发电机在电气性能方面应满足以下几项要求：
 - (1) 输出特性应为线性；
 - (2) 输出特性的斜率要大；
 - (3) 温度变化对输出特性的影响要小；
 - (4) 输出电压的纹波要小；
 - (5) 正、反转两个方向的输出特性要一致。
3. 测速发电机在自动控制系统中的用途：测速发电机在自动控制系统中作为测量或自动调

节电动机转速之用；在随动系统中用来产生电压信号以提高系统的稳定性和精度；在计算解答装置中作为微分和积分元件。它还可以测量各种机械在有限范围内的摆动或非常缓慢的转速，并可代替测速计直接测量转速。

4、直流伺服电动机的控制方法：电枢电压作为控制信号，实现对转速的控制。

5、杯形电枢直流伺服电动机的性能特点：(1) 低惯量。由于转子无铁心，且薄壁细长，惯量极低，有超低惯量电动机之称。(2) 灵敏度高。(3) 损耗小，效率高。(4) 力矩波动小，低速运转平稳，噪音很小。(5) 换向性能好，寿命长。

6、盘形电枢直流伺服电动机的性能特点：(1) 电机结构简单，制造成本低。(2) 启动转矩大。(3) 力矩波动很小，低速运行稳定，调速范围广。(4) 换向性能好。(5) 电枢转动惯量小，反应快，机电时间常数一般为 $10 \sim 15 \text{ ms}$ ，属于中等低惯量伺服电动机。

7、无槽直流电动机的性能特点：转动惯量低、启动转矩大、反应快、启动灵敏度高、转速平稳、低速运行均匀、换向性能良好。

8、脉冲变压在自动控制系统中主要用途：器脉冲变压器是晶闸管触发电路的常用元件之一。它在自动控制系统中主要用途是：升高或降低脉冲电压；建立负载或信号源之间的匹配关系；改变输出脉冲的极性；有时还用它来隔离信号源和负载之间的直流电位。

9、控制式自整角机的性能特点和在自动控制系统中的主要用途：控制式自整角机常常作为角度和位置的检测元件，将机械角度转换为电信号或将角度的数字量转变为电压模拟量，而且精密程度较高，误差范围小仅有 $3 \sim 14$ 。因此，控制式自整角机常用于构成精密的闭环控制的伺服系统。

10、力矩式自整角机的性能特点和在自动控制系统中的主要用途：力矩式自整角机的主要作用是直接达到转角随动的目的，即将机械角度变换为力矩输出，但无力矩放大作用，接收误差稍大，负载能力较差，其静态误差范围为 $0.5^\circ \sim 2^\circ$ 。因此，力矩式自整角机常用于构成轻负载转矩及精度要求不太高的开环控制的伺服系统。

11、旋转变压器的工作原理和在自动控制系统中的主要用途：旋转变压器的输出电压与转子转角呈一定的函数关系，它又是一种精密测位用的机电元件，旋转变压器可以单机运行，也可以像自整角机那样成对或三机组合使用，从而构成解算装置、高精度随动系统及系统装置中的电压调节和阻抗匹配等。

(在解算装置中主要用来求解矢量或进行坐标转换、求反三角函数、进行加减乘除及函数的运算等等；在随动系统中进行角度数据的传输或测量已知输入角的角度和或角度差；比例式旋转变压器则是匹配自控系统中的阻抗和调节电压。)

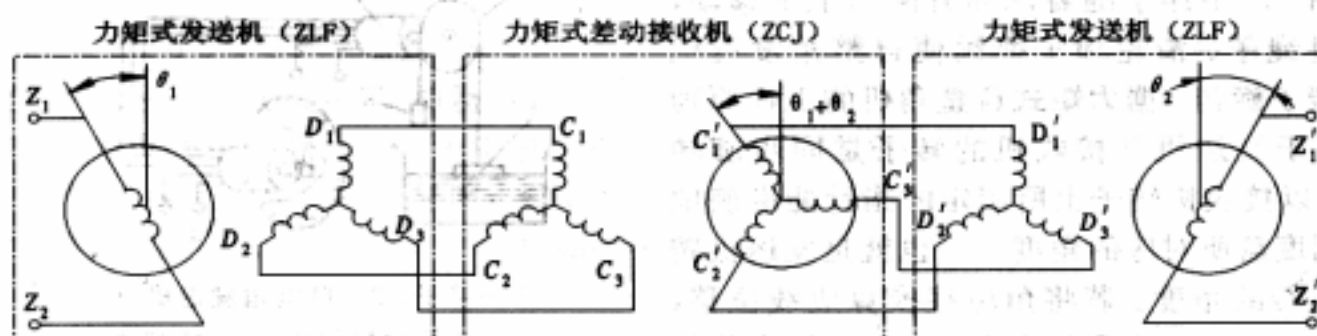
12、步进电机的用途：步进电动机又称为脉冲电动机，是数字控制系统中的一种执行元件。用于将脉冲电信号变换为相应的角位移或直线位移，即给一个脉冲电信号，电动机就转动一个角度或前进一步。

13、步进电机的工作原理及性能特点：步进电动机的角位移量或线位移量 s 与脉冲数 k 成正比；它的转速 n ，或线速度 v 与脉冲频率 f 成正比。在负载能力范围内这些关系不因电源电压、负载大小、环境条件的波动而变化。因而可适用于开环系统中作执行元件，使控制系统大为简化。步进电动机可以在很宽的范围内通过改变脉冲频率来调速；能够快速启动、反转和制动。它不需要变换就能直接将数字脉冲信号转换为角位移，很适合采用计算机控制。

四、分析解答下列各题(每题 5 分)：

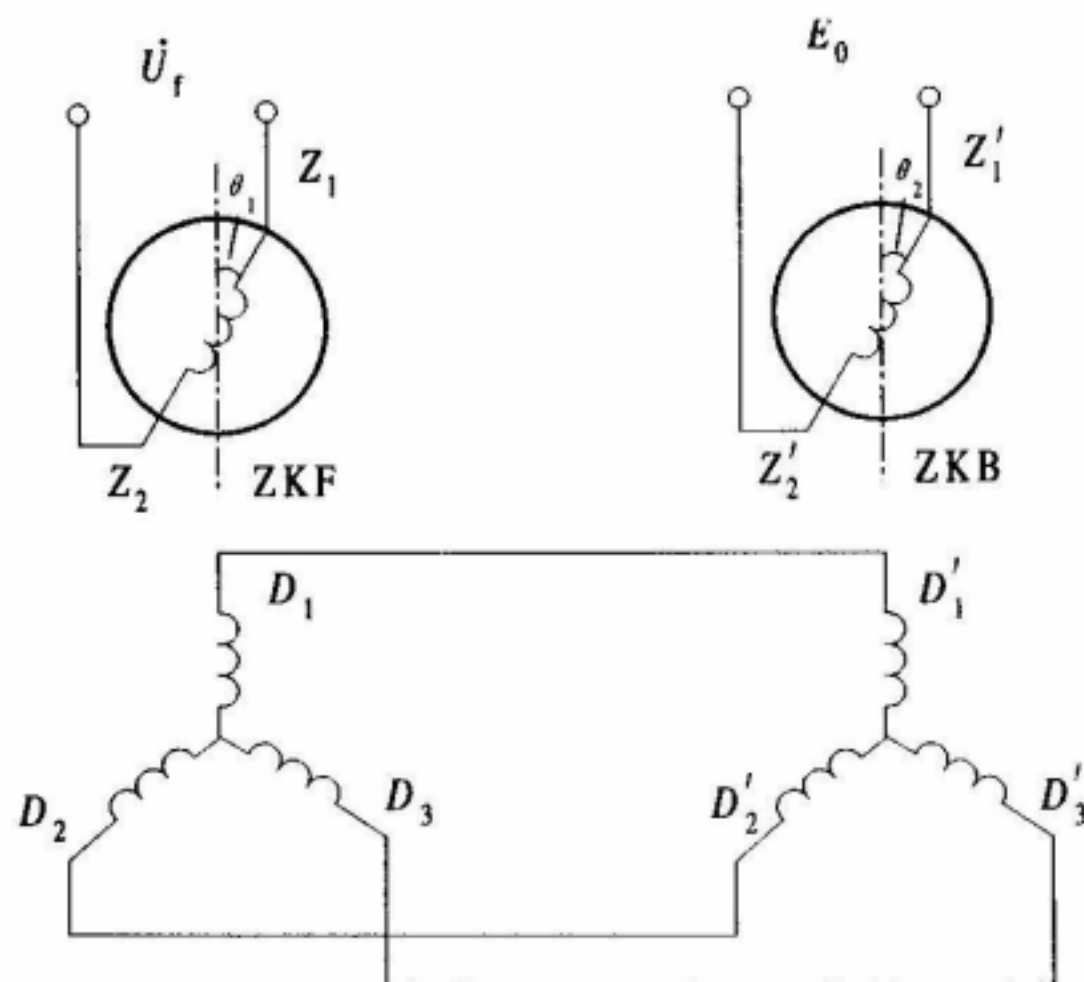
1. 为什么直流测速发电机的转速不能超过规定的最高转速、负载电阻不能小于给定值？
2. 从磁势的变化规律说明自整角机与交流伺服电动机的磁场的异同点。

3. 写出线性旋转变压器输出电压 U_{R2} 与励磁电压 U_{f1} 、转子转角 θ 、变比 K_u 的表达式，说明为什么 U_{R2} 与 θ 的关系可以看成线性关系？
 4. 写出比例式旋转变压器输出电压 U_{R1} 与励磁电压 U_{f1} 的表达式，并简述比例式旋转变压器的工作原理。
 5. 在由两极旋转变压器和多极旋转变压器组成的双通道同步随动控制系统中，当发送轴与接收轴处于大协调角和小协调角时，电子开关 SW 分别使系统工作在哪个通道的输出电压下？
 6. 交流伺服电动机两相绕组分别通上 $i_f = I_{fm} \sin t$ 和 $i_k = I_{km} \sin t$ 电流能否产生旋转磁场？为什么？
 7. 若交流伺服电动机的励磁电压为 U_f ，控制电压为 U_k ，额定控制电压为 U_{kn} ，有效信号系数 α_e 为多少？简述通过控制哪些量来实现对交流伺服电动机的转速控制的？
 8. 交流测速发电机转子不动时为何没有电压输出？
 9. 永磁式同步电动机为什么在异步状态运行时，鼠笼绕组产生转矩，永磁铁不产生转矩？而为什么在同步状态运行时，鼠笼绕组不产生转矩，永磁铁产生转矩？
 10. 位置传感器在无刷直流电动机中起什么作用？
 11. 交流伺服电动机转子结构和三相异步电动机转子有何不同？其机械特性有何特点？
- 五、(10 分) 交流伺服电动机两相绕组采用同样的导线，其匝数分别为 W_f 和 W_k ，加在该两相绕组上的电压有效值分别为 U_f 和 U_k ，对应的电流为 $i_f = I_{fm} \sin t$ 和 $i_k = I_{km} \sin(t - 90^\circ)$ ，要产生圆形旋转磁场 i_f 和 i_k 应符合什么条件？ U_f 和 U_k 应符合什么条件？
- 六、(10 分) 交流伺服电动机两相绕组采用同样的导线，其匝数均为 W ，加在该两相绕组上的电压有效值分别为 U_f 和 U_k ，对应的电流为 $i_f = I_{fm} \sin t$ 和 $i_k = I_{km} \sin(t - 90^\circ)$ ，要产生圆形旋转磁场 i_f 和 i_k 应符合什么条件？ U_f 和 U_k 应符合什么条件？
- 七、(8 分) 已知反应式电磁减速同步电动机的极对数为 p ，电源频率为 f ，定子齿数为 Z_s ，转子齿数为 Z_R ，且 $Z_R - Z_s = 2p$ ，定子旋转磁场转速 n_s 与转子转速 n 之比（电磁减速系数）为 $k_R = \frac{n_s}{n} = \frac{Z_R}{Z_R - Z_s}$ ，求转子的转速为多少 r/min？
- 八、(8 分) 已知励磁式电磁减速同步电动机的极对数为 p ，电源频率为 f ，定子齿数为 Z_s ，转子齿数为 Z_R ，且 $Z_R - Z_s = p$ ，定子旋转磁场转速 n_s 与转子转速 n 之比（电磁减速系数）为 $k_R = \frac{n_s}{n} = \frac{Z_R}{Z_R - Z_s}$ ，求转子的转速为多少 r/min？
- 九、(10 分) 如图所示是带差动的力矩式自整角机接线图，用分析其脉振磁场的方法，证明： $\theta = \theta_1 + \theta_2$ 。



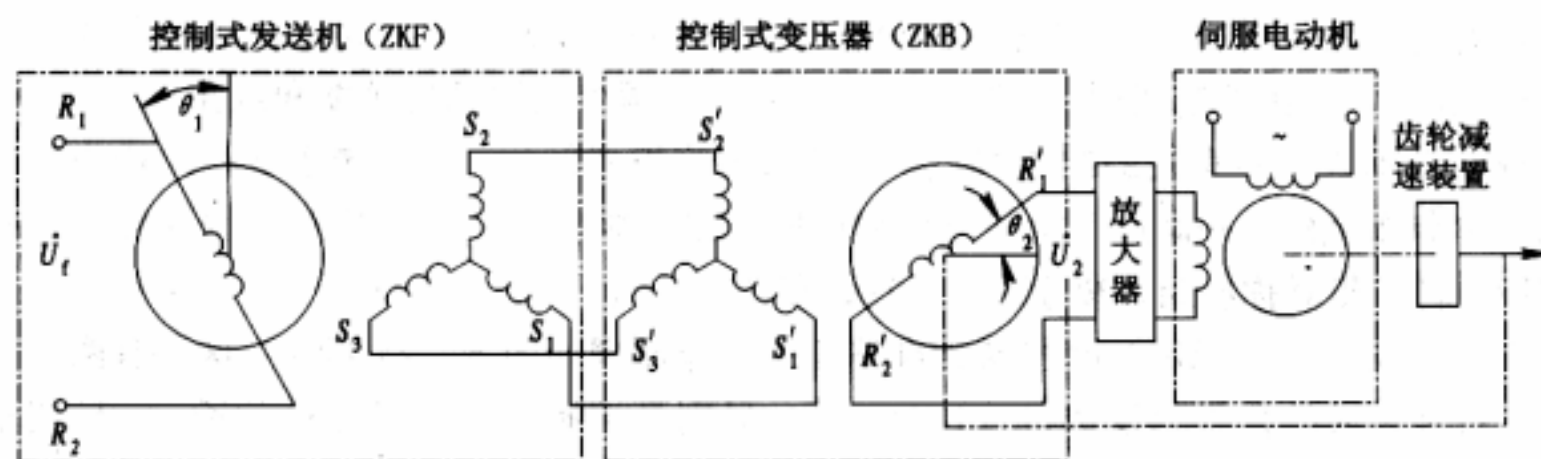
十、由控制式自整角机构构成的随动系统如图所示， $n_1 = 150$ ， $n_2 = 200$ ， U_2 的最大值 $U_{2\max} = 6V$ ，

- (1) 求出 ZKB 定子磁场的轴线与输出绕组轴线的夹角；
- (2) 画出接收机 ZKB 的协调位置 X_t ；
- (3) 求出失调角；
- (4) 求 E_0 为多少？



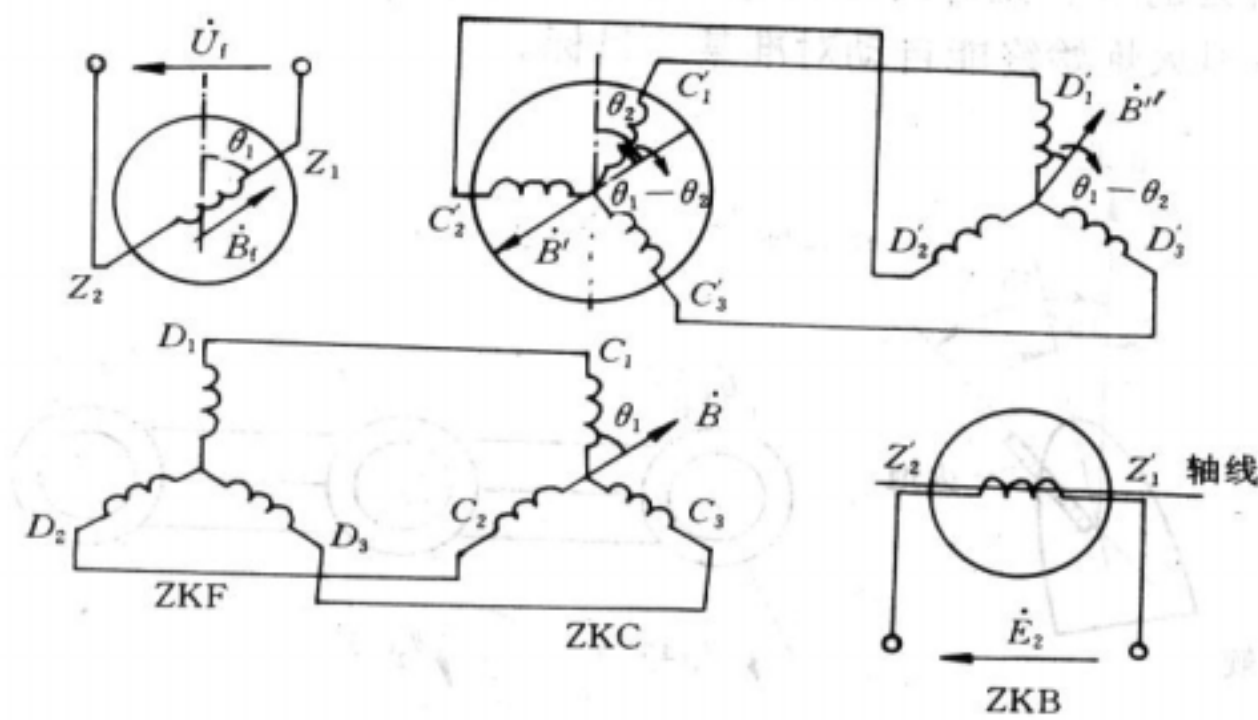
十一、由控制式自整角机构构成的随动系统如图所示， $n_1 = 450$ ， $n_2 = 350$ ， U_2 的最大值 $U_{2\max} = 6V$ ，

- (1) 求出 ZKB 定子合成磁场的轴线与输出绕组轴线的夹角；
- (2) 画出发送机 ZKB 的协调位置 X_t ；
- (3) 求出失调角；
- (4) 求 U_2 为多少？



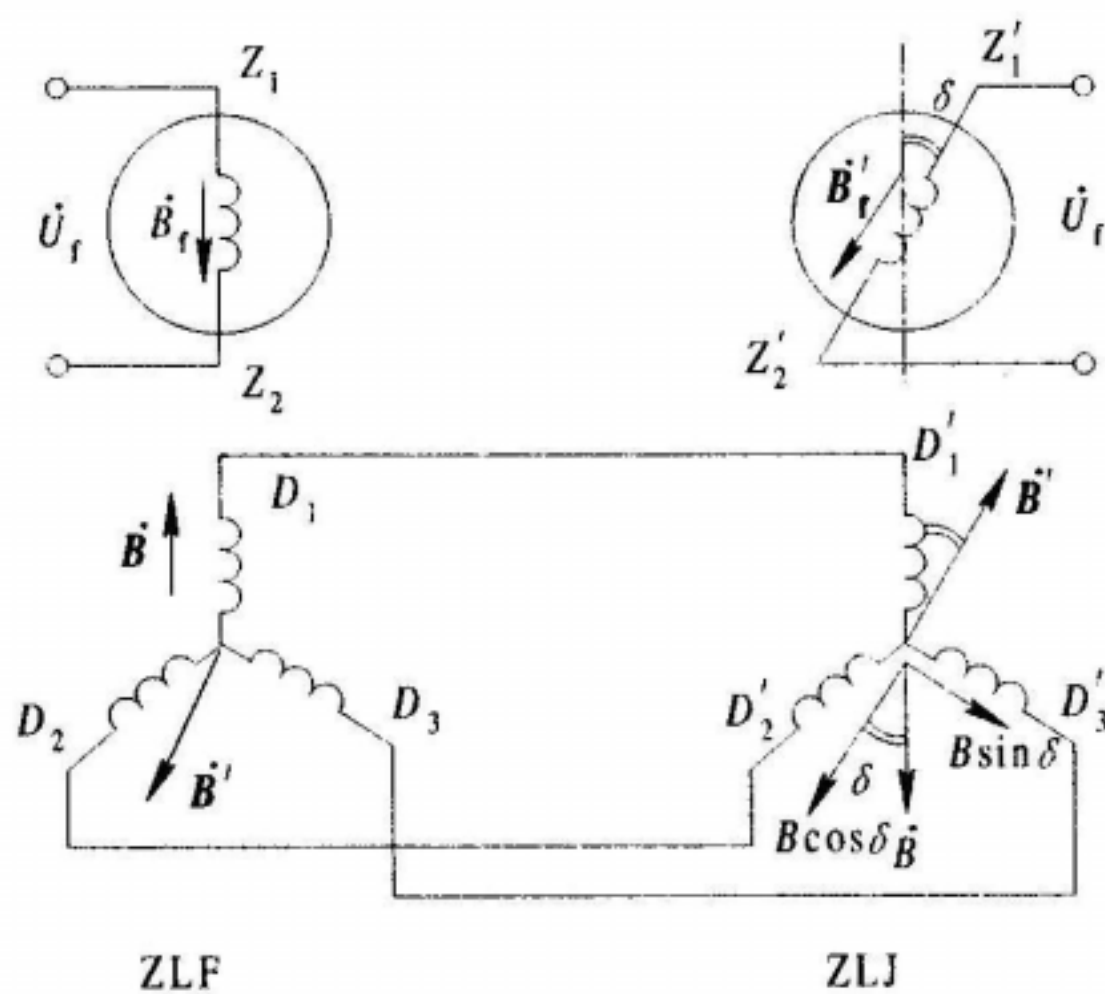
十二、带有差动发送机的控制式自整角机接线图如图所示， $n_1 = 500$ ， $n_2 = 200$ ，

- (1) 画出发送机 ZKB 的协调位置 X_t ；
- (2) 求出失调角。



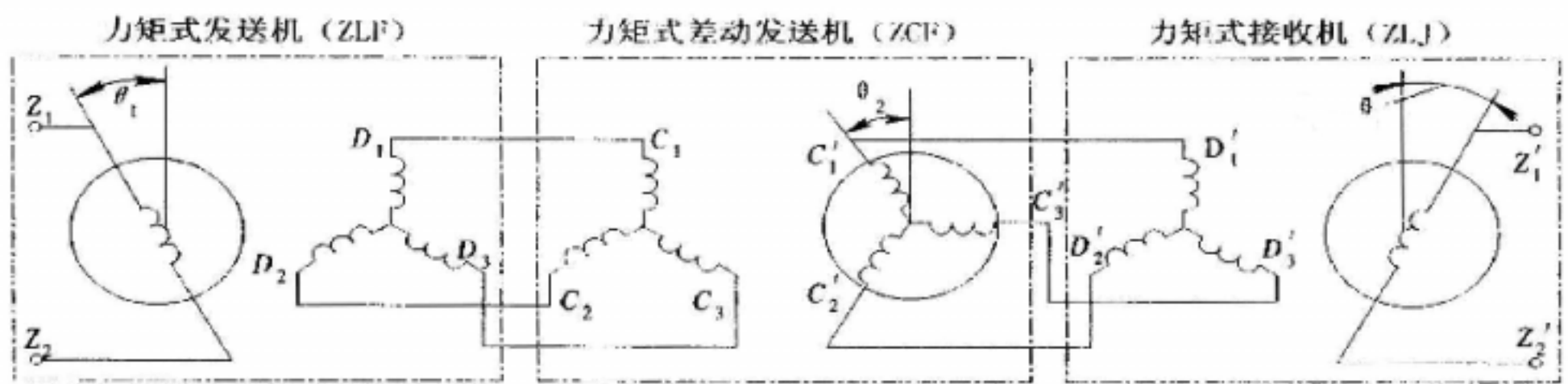
十三、力矩式自整角机接线图如图所示，

- (1) 分析各脉振磁场，并在图中标出各脉振磁场的方向；
- (2) 试问当失调角 为多少时，接收机转子停止转动？



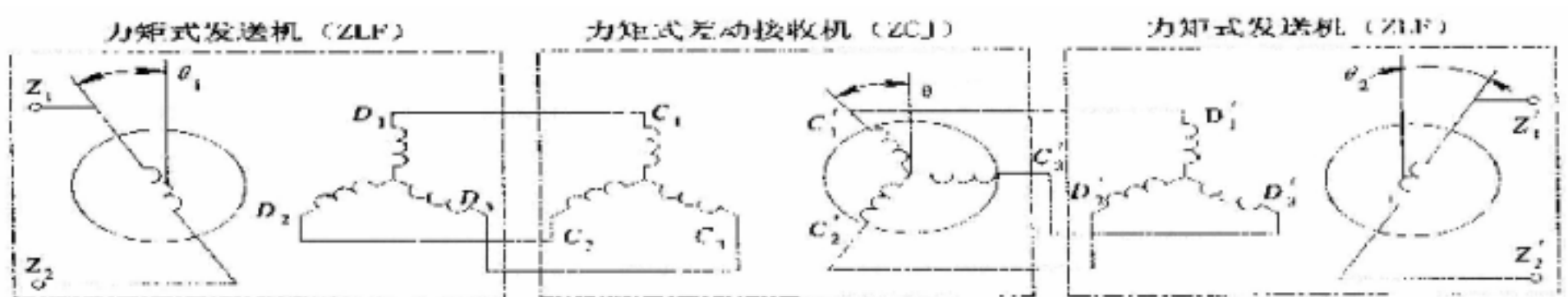
十四、力矩式差动自整角机接线图如图所示， $n_1 = 150$ ， $n_2 = 350$ ，

- (1) 分析各脉振磁场，并在图中标出各脉振磁场的方向；
- (2) 试问当 为多少时，接收机转子停止转动？

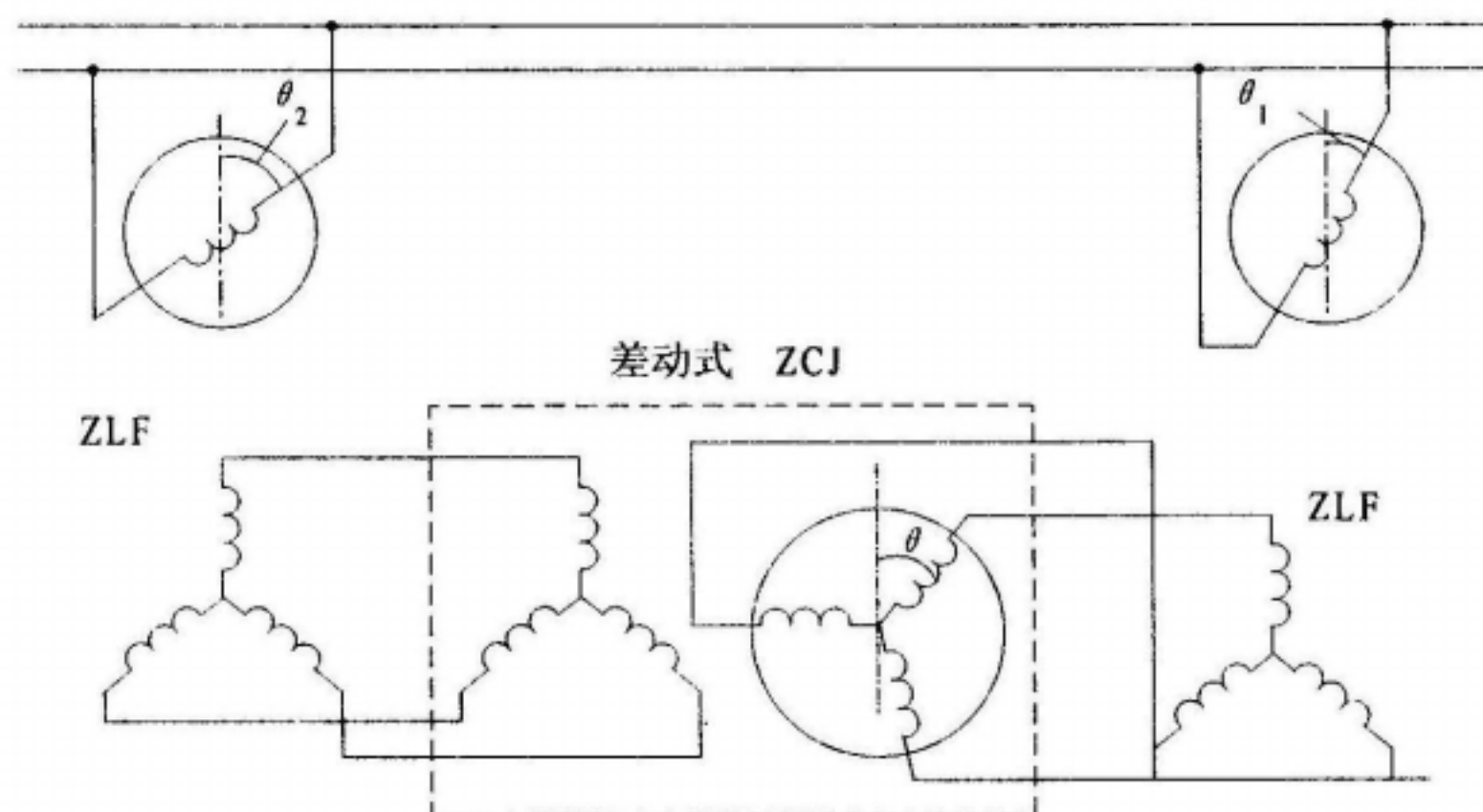


十六、力矩式差动自整角机接线图如图所示， $\theta_1 = 30^\circ$ ， $\theta_2 = 10^\circ$ ，

- (1) 分析各脉振磁场，并在图中标出各脉振磁场的方向；
- (2) 试问当 θ 为多少时，接收机转子停止转动？



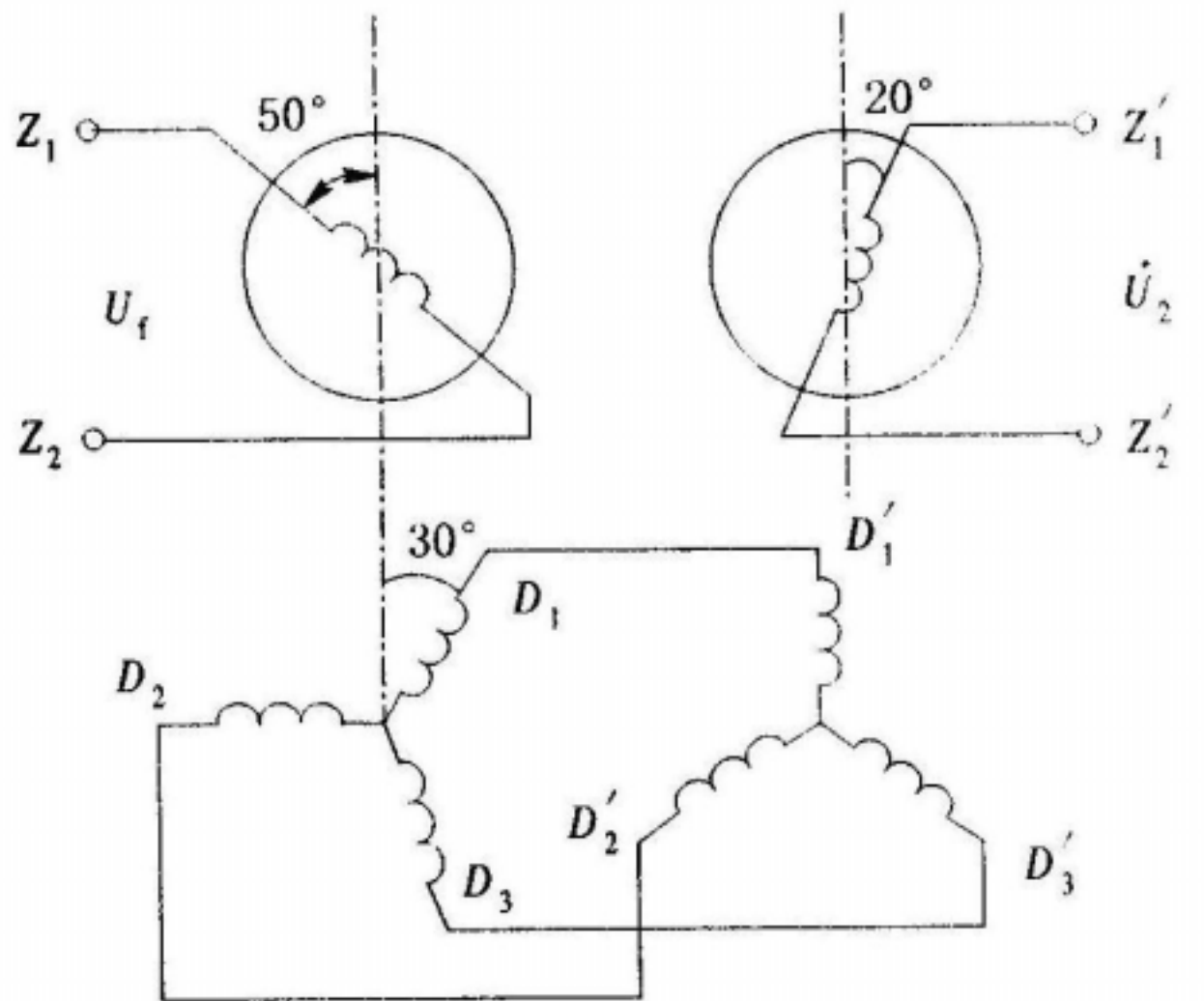
十七、三台自整角机如图所示接线。中间一台为力矩式差动接收机，左右两台为力矩式发送机，试问：当左、右边两台发送机分别转过 θ_1 、 θ_2 角度时，中间的接收机转子将转过的角度 θ 和 θ_1 、 θ_2 之间是什么关系？



十八、一对控制式自整角机如图 所示。当发送机转子绕组通上励磁电流 I_m ，在气隙中产生磁场 $B = B_m \sin \omega t$ 后，转子绕组的感应电势为 E_j 。设定、转子绕组的变比 $k = W_D / W_j$ ，定子回路总阻抗为 Z 。

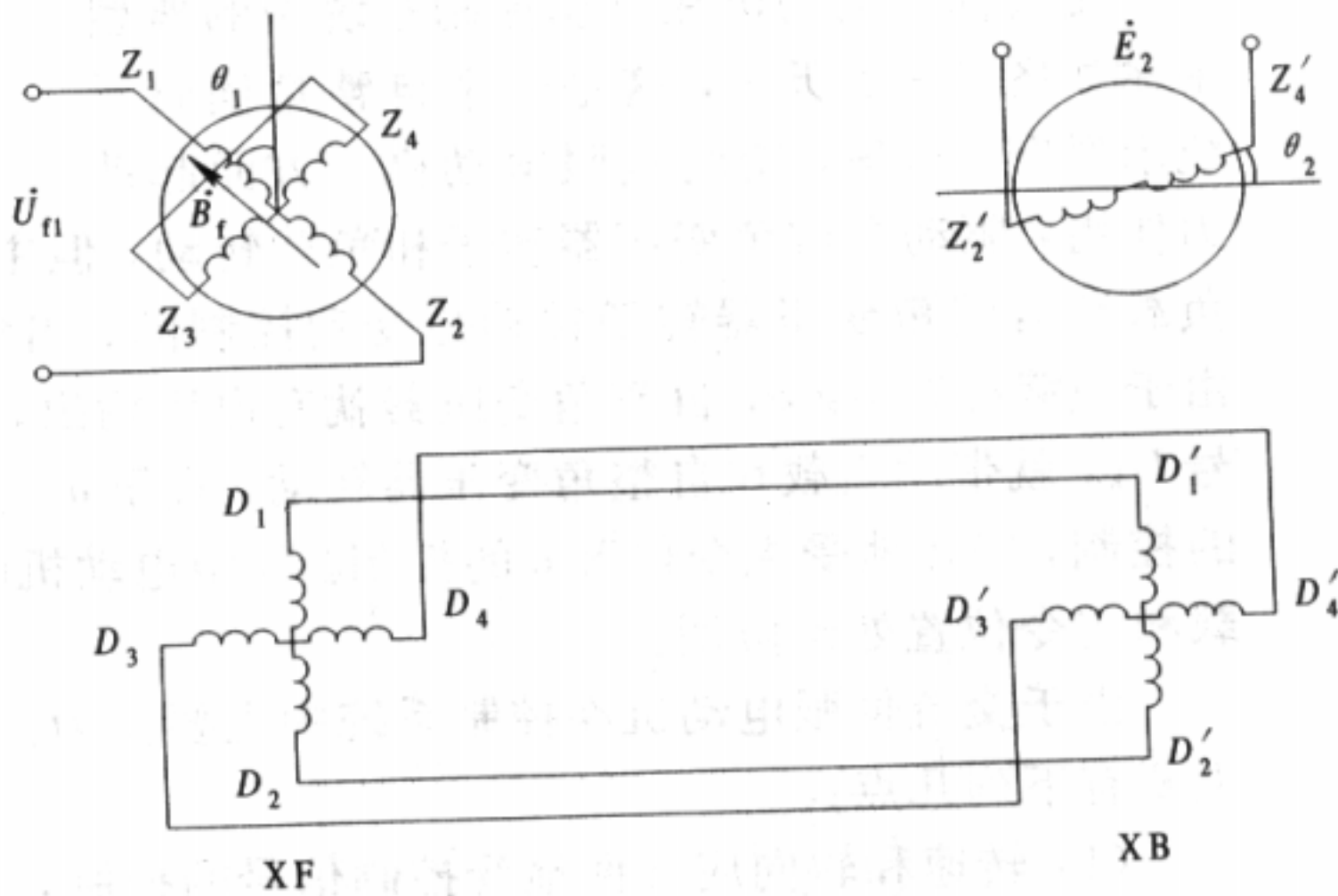
- (1) 写出发送机定子绕组各相电流的瞬时值 i_1 、 i_2 和 i_3 的表达式；
- (2) 画出自整角变压器转子的协调位置 X_t ；

- (3) 写出如图位置时，输出电压瞬时值 u_2 的表达式。式中用 U_{2m} 表示最大电压值，不考虑铁耗。
- (4) 求失调角 α 。



十九、由旋变发送机 XF 和旋变变压器 XB 组成的随动系统，作控制式运行，如图所示，
 $n_1 = 150$ ， $n_2 = 100$ ，

- (1) 画出旋变变压器转子的输出绕组的协调位置 α ；
- (2) 求失调角 α 。



二十、某对力矩式自整角机接线图如图所示。

- (1) 画出接收机转子所受的转矩方向；
- (2) 画出接收机的协调位置 X_{tL1} ；
- (3) 若把 D_1 和 D_2 连接， D_2 和 D_1 连接， D_3 和 D_3 连接，再画出接收机转子的协调位置 X_{tL2} ；
- (4) 求失调角 。

