**目 录**

**实验一 　 R、L、C元件阻抗特性的测定 ……………………………………2**

**实验二　 R、L、C串联谐振电路的研究 ……………………………………4**

**实验三　 RC一阶电路的响应测试 …………………………………………7**

**实验四 　 正弦稳态交流电路相量的研究………………………………………10**

**实验五　 三相交流电路电压、电流的测量………………………………… 13**

**实验六　 三相电路功率的测量 …………………………………………… 16**

**实验七　 三相鼠笼式异步电动机 …………………………………………… 20**

**实验八 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制………………………… 24**

**实验九 三相鼠笼式异步电动机正反转控制 ……………………………… 27**

**实验十　 三相鼠笼式异步电动机Y－△降压起动控制 …………………… 30**

**实验十一 相异步电动机顺序启动控制 ……………………………………… 33**

**实验十二 三相鼠笼式异步电动机的能耗制动控制 ………………………… 35**

实验一　R、L、C元件阻抗特性的测定

**一、实验目的**

1. 验证电阻、感抗、容抗与频率的关系，测定R～f、XL～f及Xc～ f特性曲线。

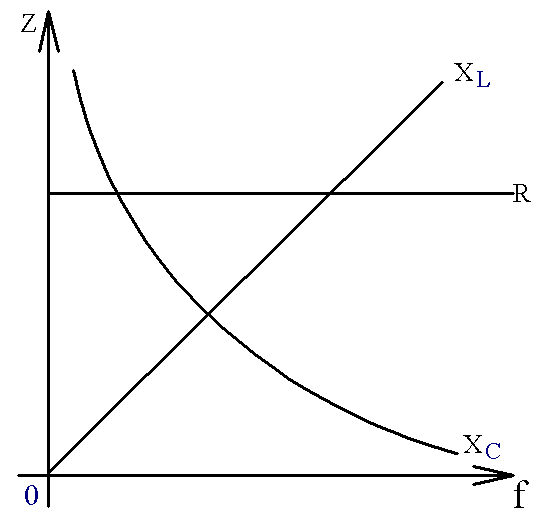
2. 加深理解R、L、C元件端电压与电流间的相位关系。

**二、原理说明**

　　1. 在正弦交变信号作用下，R、L、C电路元件在电路中的抗流作用与信号的频率有关，它们的阻抗频率特性R～f，XL～f，Xc～f曲线如图1-1所示。

 2. 元件阻抗频率特性的测量电路如图18-2所示。

图中的r是提供测量回路电流



用的标准小电阻，由于r的阻值远小

于被测元件的阻抗值，因此可以认为

AB之间的电压就是被测元件R、L或

C 两端的电压，流过被测元件的电流

则可由r两端的电压除以r所得。

若用双踪示波器同时观察r与被测

元件两端的电压， 亦就展现出被测元件 图 1-1 图1-2

两端的电压和流过该元件电流的波形，从



φ

而可在荧光屏上测出电压与电流的幅值及

它们之间的相位差。

3. 将元件R、L、C串联或并联相接，亦

可用同样的方法测得Z串与Z并的阻抗频率特

性Z～f，根据电压、电流的相位差可判断Z串

或Z并是　感性还是容性负载。

4. 元件的阻抗角（即相位差φ）随输 图1-3

入信号的频率变化而改变，将各个不同频率下的相位差画在以频率f为横坐标、阻抗角φ为纵坐标的坐标纸上，并用光滑的曲线连接这些点，即得到阻抗角的频率特性曲线。

用双踪示波器测量阻抗角的方法如图18-3所示。从荧光屏上数得一个周期占n格，相位差占m格，则实际的相位差φ（阻抗角）为

φ＝m （度）。



**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备 注 |
| 1 | 低频信号发生器 |  | 1 |  |
| 2 | 交流毫伏表 | 0～600V | 1 |  |
| 3 | 双踪示波器 |  | 1 |  |
| 4 | 频率计 |  | 1 |  |
| 5 | 实验线路元件 | R=1KΩ，C=1μF,L约1H | 1 | HE-16 |
| 6 | 电阻 | 30Ω | 1 | HE-19 |

**四、实验内容**

1. 测量R、L、C元件的阻抗频率特性

　　通过电缆线将低频信号发生器输出的正弦信号接至如图1-2的电路，作为激励源u，并用交流毫伏表测量，使激励电压的有效值为U＝3V，并保持不变。

使信号源的输出频率从200Hz逐渐增至5KHz（用频率计测量）， 并使开关S分别接通R、L、C三个元件，用交流毫伏表测量Ur，并计算各频率点时的IR、IL和IC ( 即

Ur / r ) 以及R=U/IR、XL=U/IL及XC=U/IC之值。

注意：在接通C测试时，信号源的频率应控制在200～2500Hz之间。

2. 用双踪示波器观察在不同频率下各元件阻抗角的变化情况，按图1-3记录n和m，算出φ。

3. 测量R、L、C元件串联的阻抗角频率特性。

**五、实验注意事项**

　　1. 交流毫伏表属于高阻抗电表,测量前必须先调零。

2. 测φ时，示波器的"V/div"和"t/div" 的微调旋钮应旋置“校准位置”。

**六、预习思考题**

　　测量R、L、C各个元件的阻抗角时，为什么要与它们串联一个小电阻？可否用一个小电感或大电容代替？为什么？

**七、实验报告**

　　1. 根据实验数据，在方格纸上绘制R、L、C三个元件的阻抗频率特性曲线，从中可得出什么结论？

　　2. 根据实验数据,在方格纸上绘制R、L、C 三个元件串联的阻抗角频率特性曲线，并总结、归纳出结论。

3. 心得体会及其它。

# 实验二　R、L、C串联谐振电路的研究

**一、实验目的**

　　1. 学习用实验方法绘制R、L、C串联电路的幅频特性曲线。

2. 加深理解电路发生谐振的条件、特点，掌握电路品质因数（电路Q值）的物理意义及其测定方法。

**二、原理说明**

　　1. 在图2-1所示的R、L、C串联电路中，当正弦交流信号源的频率 f改变时，电路中的感抗、容抗随之而变，电路中的电流也随f而变。 取电阻R上的电压uo作为响应，当输入电压ui的幅值维持不变时， 在不同频率的信号激励下，测出UO之值，然后以f为横坐标，以UO/Ui为纵坐标（因Ui不变，故也可直接以UO为纵坐标），绘出光滑的曲线，此即为幅频特性曲线，亦称谐振曲线，如图2-2所示。



图2-1 图 2-2

2. 在f＝f0＝处，即幅频特性曲线尖峰所在的频率点称为谐振频率。此时XL＝Xc，电路呈纯阻性，电路阻抗的模为最小。在输入电压Ui为定值时，电路中的电流达到最大值，且与输入电压ui同相位。从理论上讲，此时 Ui＝UR＝UO，UL＝Uc＝QUi，式中的Q 称为电路的品质因数。

3. 电路品质因数Q值的两种测量方法

一是根据公式Q＝ 测定，UC与UL分别为谐振时电容器C和电感线圈L上的电压；另一方法是通过测量谐振曲线的通频带宽度△f＝f2－f1，再根据Q＝求出Q值。式中f0为谐振频率，f2和f1是失谐时， 亦即输出电压的幅度下降到最大值的 (＝0.707)倍时的上、下频率点。Q值越大，曲线越尖锐，通频带越窄，电路的选择性越好。 在恒压源供电时，电路的品质因数、选择性与通频带只决定于电路本身的参数，而与信号源无关。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 低频函数信号发生器 |  | 1 |  |
| 2 | 交流毫伏表 | 0～600V | 1 |  |
| 3 | 双踪示波器 |  | 1 |  |
| 4 | 频率计 |  | 1 |  |
| 5 | 谐振电路实验电路板 |  |  | HE-15 |

**四、实验内容**

1. 利用HE-15实验箱上的“R、L、C串联谐振电路”，按图2-3组成监视、测量电路。选C1=0.01μF。用交流毫伏表测电压， 用示波器监视信号源输出。令信号源输出电压Ui=3V，并保持不变。



图 2-3

2. 找出电路的谐振频率f0，其方法是，将毫伏表接在R(200Ω)两端，令信号源的频率由小逐渐变大（注意要维持信号源的输出幅度不变），当Uo的读数为最大时，读得频率计上的频率值即为电路的谐振频率f0，并测量UC与UL之值（注意及时更换毫伏表的量限）。

3. 在谐振点两侧，按频率递增或递减500Hz或1KHz，依次各取8 个测量点，逐点测出UO，UL，UC之值，记入数据表格。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f(KHz) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UO(V) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UL(V) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UC(V) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ui=3v, C=0.01μF, R=200Ω, fo= , f2-f1= , Q= | | | | | | | | | | | | | | |

4.选C1=0.01μF，R2=1KΩ,重复步骤2，3的测量过程

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f(KHz) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UO(V) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UL(V) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UC(V) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ui=3v, C=0.01μF, R=1KΩ, fo= , f2-f1= ,Q= | | | | | | | | | | | | | | |

5.选C2=0.1μF，R1=200Ω及C2=0.1uF，R2=1KΩ，重复2、3两步。（自制表格）。

**五、实验注意事项**

　　1. 测试频率点的选择应在靠近谐振频率附近多取几点。 在变换频率测试前，应调整信号输出幅度（用示波器监视输出幅度），使其维持在3V。

2. 测量Uc和UL数值前，应将毫伏表的量限改大， 而且在测量UL与UC时毫伏表的“＋”端接C与L的公共点，其接地端分别触及L和C的近地端N2和N1。

3. 实验中，信号源的外壳应与毫伏表的外壳绝缘（不共地）。如能用浮地式交流毫伏表测量，则效果更佳。

**六、预习思考题**

　　1. 根据实验线路板给出的元件参数值，估算电路的谐振频率。

2. 改变电路的哪些参数可以使电路发生谐振，电路中R的数值是否影响谐振频率值？

　　3. 如何判别电路是否发生谐振?测试谐振点的方案有哪些？

4. 电路发生串联谐振时，为什么输入电压不能太大， 如果信号源给出3V的电压，电路谐振时，用交流毫伏表测UL和UC，应该选择用多大的量限？

　 5. 要提高R、L、C串联电路的品质因数，电路参数应如何改变？

6. 本实验在谐振时，对应的UL与UC是否相等？如有差异，原因何在？

**七、实验报告**

　　1. 根据测量数据，绘出不同Q值时三条幅频特性曲线，即：

UO＝f(f)，UL＝f(f)，UC＝f(f)

2. 计算出通频带与Q值，说明不同R 值时对电路通频带与品质因数的影响。

3. 对两种不同的测Q值的方法进行比较，分析误差原因。

4. 谐振时，比较输出电压UO与输入电压Ui是否相等？试分析原因。

5. 通过本次实验，总结、归纳串联谐振电路的特性。

6. 心得体会及其它。

# 实验三　RC一阶电路的响应测试

**一、实验目的**

1. 测定RC一阶电路的零输入响应、零状态响应及完全响应。

2. 学习电路时间常数的测量方法。

3. 掌握有关微分电路和积分电路的概念。

4. 进一步学会用示波器观测波形。

**二、原理说明**

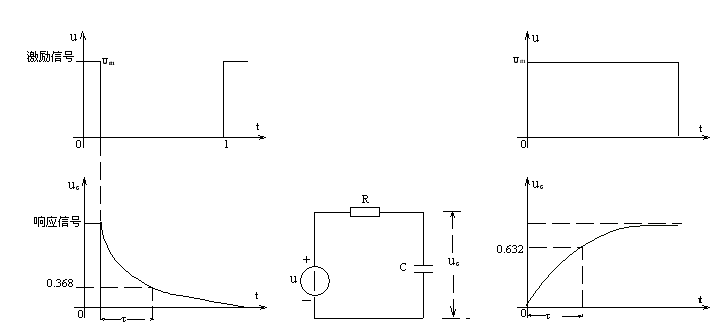
　　1. 动态网络的过渡过程是十分短暂的单次变化过程。要用普通示波器观察过渡过程和测量有关的参数，就必须使这种单次变化的过程重复出现。为此，我们利用信号发生器输出的方波来模拟阶跃激励信号，即利用方波输出的上升沿作为零状态响应的正阶跃激励信号；利用方波的下降沿作为零输入响应的负阶跃激励信号。只要选择方波的重复周期远大于电路的时间常数τ，那么电路在这样的方波序列脉冲信号的激励下，它的响应就和直流电接通与断开的过渡过程是基本相同的。

　　2.图3-1(b)所示的 RC 一阶电路的零输入响应和零状态响应分别按指数规律衰减和增长，其变化的快慢决定于电路的时间常数τ。

　　3. 时间常数τ的测定方法:

用示波器测量零输入响应的波形如图3-1(a)所示。

根据一阶微分方程的求解得知uc＝Ume-t/RC＝Ume-t/τ。当t＝τ时，Uc(τ)＝0.368Um。此时所对应的时间就等于τ。亦可用零状态响应波形增加到0.632 Um所对应的时间测得，如图3-1(c)所示。



(a) 零输入响应 (b) RC一阶电路 (c) 零状态响应

图 3-1

4. 微分电路和积分电路是RC一阶电路中较典型的电路， 它对电路元件参数和输入信号的周期有着特定的要求。一个简单的 RC串联电路， 在方波序列脉冲的重复激励下， 当满足τ＝RC<<时（T为方波脉冲的重复周期），且由R两端的电压作为响应输出，则该电路就是一个微分电路。因为此时电路的输出信号电压与输入信号电压的微分成正比。如图6-2(a)所示。利用微分电路可以将方波转变成尖脉冲。



(a) 微分电路 (b) 积分电路

图3-2

若将图6-2(a)中的R与C位置调换一下，如图6-2(b)所示，由 C两端的电压作为响应输出，且当电路的参数满足τ＝RC>>，则该RC电路称为积分电路。因为此时电路的输出信号电压与输入信号电压的积分成正比。利用积分电路可以将方波转变成三角波。

从输入输出波形来看，上述两个电路均起着波形变换的作用，请在实验过程仔细观察与记录。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 脉冲信号发生器 |  | 1 |  |
| 2 | 双踪示波器 |  | 1 |  |
| 3 | 动态电路实验板 |  | 1 | HE-14 |

**四、实验内容**

实验线路板采用HE-14实验挂箱的“一阶、二阶动态电路”，如图3-3所示，请认清R、C元件的布局及其标称值，各开关的通断位置等等。

1. 从电路板上选R＝10KΩ，C＝6800pF组成如图3-1(b)所示的RC充放电电路。u为信号发生器输出的UP-P＝3V、f＝1KHz的方波电压信号，并通过两根同轴电缆线，将激励源u和响应uc的信号分别连至示波器的两个输入口YA和YB。这时可在示波器的屏幕上观察到激励与响应的变化规律，请测算出时间常数τ，并用方格纸按1:1 的比例描绘波形。

　　少量地改变电容值或电阻值，定性地观察对响应的影响，记录观察到的现象。

　　2. 令R＝10KΩ，C＝0.1μF，观察并描绘响应的波形，继续增大C 之值，定性地观察对响应的影响。

3. 令C＝0.01μF，R＝100Ω，组成

如图15-2(a)所示的微分电路。在同样的方

波激励信号（UP-P＝3V，f＝1KHz）作用下，

观测并描绘激励与响应的波形。

增减R之值，定性地观察对响应的影响，

并作记录。当R增至1MΩ时，输入输出波

形有何本质上的区别？

**图3-3**

**五、实验注意事项**

1. 调节电子仪器各旋钮时，动作不要过快、

过猛。实验前，需熟读双踪示波器的使用说明 图15-3 动态电路、选频电路实验板

书。观察双踪时，要特别注意相应开关、旋钮

书。观察双踪时，要特别注意相应开关、旋钮的操作与调节。

2. 信号源的接地端与示波器的接地端要连在一起（称共地）， 以防外界干扰而影响测量的准确性。

3. 示波器的辉度不应过亮，尤其是光点长期停留在荧光屏上不动时，应将辉度调暗，以延长示波管的使用寿命。

**六、预习思考题**

　　1. 什么样的电信号可作为RC一阶电路零输入响应、 零状态响应和完全响应的激励信号？

2. 已知RC一阶电路R＝10KΩ，C＝0.1μF，试计算时间常数τ，并根据τ值的物理意义，拟定测量τ的方案。

　　3. 何谓积分电路和微分电路，它们必须具备什么条件？ 它们在方波序列脉冲的激励下，其输出信号波形的变化规律如何？这两种电路有何作用？

　　4. 预习要求：熟读仪器使用说明，回答上述问题，准备方格纸。

**七、实验报告**

　 1. 根据实验观测结果，在方格纸上绘出RC一阶电路充放电时uc的变 化曲线，由曲线测得τ值，并与参数值的计算结果作比较，分析误差原因。

2. 根据实验观测结果，归纳、总结积分电路和微分电路的形成条件，阐明波形变换的特征。

3.心得体会及其它。

实验四 正弦稳态交流电路相量的研**究**

**一、实验目的**

　　1. 研究正弦稳态交流电路中电压、电流相量之间的关系。

2. 掌握日光灯线路的接线。

3. 理解改善电路功率因数的意义并掌握其方法。

**二、原理说明**

　　1. 在单相正弦交流电路中，用交流电流表测得各支路的电流值， 用交流电压表测得回路各元件两端的电压值，它们之间的关系满足相量形式的基尔霍夫定律，即

　　　　ΣI＝0和ΣU＝0

2. 图4-1所示的RC串联电路，在正弦



稳态信号U的激励下，UR与UC保持有90O

的相位差，即当R阻值改变时，UR的相量

轨迹是一个半圆。U、UC与UR三者形成一

个直角形的电压三角形，如图4-2所示。

R值改变时，可改变φ角的大小，从而 图 4-1

达到移相的目的。

3. 日光灯线路如图4-3所示，图中 A 是日光灯管，L 是镇流器， S是启辉器，C 是补偿电容器，用以改善电路的功率因数（cosφ值）。

有关日光灯的工作原理请自行翻阅有关资料。



图 4-3

图 4-2

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 交流电压表 | 0～500V | 1 |  |
| 2 | 交流电流表 | ０～5A | 1 |  |
| 3 | 功率表 |  | 1 |  |
| 4 | 自耦调压器 |  | 1 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | 镇流器、启辉器 | 与30W灯管配用 | 各1 | HE-16 |
| 6 | 日光灯灯管 | 30W | 1 | 屏内 |
| 7 | 电容器 | 1μF,2.2μF,4.7μF/500V | 各1 | HE-16 |
| 8 | 白炽灯及灯座 | 220V，25W | 1~3 | HE-17 |
| 9 | 电流插座 |  | 3 | 屏上 |

**四、实验内容**

1. 按图4-1 接线。R为220V、25W的白炽灯泡，电容器为4.7μF/500V。 经指导教师检查后，接通实验台电源， 将自耦调压器输出( 即U)调至220V。记录U、UR、UC值，验证电压三角形关系。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测 量 值 | | | 计 算 值 | | |
| U（V） | UR（V） | UC（V） | U’（与UR，UC组成Rt△）  （U’=） | △U=U’－U（V） | △U/U（%） |
|  |  |  |  |  |  |

2. 日光灯线路接线与测量。



图4-4

利用HE-16实验箱中“30W日光灯实验器件”、屏上与30W日光灯管连通的插孔及相关器件，按图4-4接线。经指导教师检查后接通实验台电源，调节自耦调压器的输出，使其输出电压缓慢增大，直到日光灯刚启辉点亮为止，记下三表的指示值。然后将电压调至220V，测量功率P， 电流I， 电压U，UL，UA等值，验证电压、电流相量关系。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测 量 数 值 | | | | | | | 计算值 | |
|  | P(W) | Cosφ | I(A) | U(V) | UL(V) | UA(V) | r(Ω) | Cosφ |
| 启辉值 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 正常工作值 |  |  |  |  |  |  |  |  |

3. 并联电路──电路功率因数的改善。

利用主屏上的电流插座，按图4-5组成实验线路。



图 4-5

经指导老师检查后，接通实验台电源，将自耦调压器的输出调至220V，记录功率表，电压表读数。通过一只电流表和三个电流插座分别测得三条支路的电流，改变电容值，进行三次重复测量。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电容值 | 测 量 数 值 | | | | | | 计 算 值 |
| (μF) | P(W) | COSφ | U(V) | I（A） | IL(A) | IC(A) | Cosφ |
| 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.7 |  |  |  |  |  |  |  |

**五、实验注意事项**

　　1. 本实验用交流市电220V，务必注意用电和人身安全。

2. 功率表要正确接入电路， 读数时要注意量程和实际读数的折算关系。

3. 线路接线正确，日光灯不能启辉时， 应检查启辉器及其接触是否良好。

**六、预习思考题**

　　1. 参阅课外资料，了解日光灯的启辉原理。

2. 在日常生活中，当日光灯上缺少了启辉器时， 人们常用一根导线将启辉器的两端短接一下，然后迅速断开，使日光灯点亮；或用一只启辉器去点亮多只同类型的日光灯，这是为什么？（HE-16实验箱上有短接按钮，可用它代替启辉器做一下试验。）

　　3. 为了提高电路的功率因数，常在感性负载上并联电容器， 此时增加了一条电流支路，试问电路的总电流是增大还是减小，此时感性元件上的电流和功率是否改变？

　　4. 提高线路功率因数为什么只采用并联电容器法， 而不用串联法？所并的电容器是否越大越好？

**七、实验报告**

　　1. 完成数据表格中的计算，进行必要的误差分析。

2. 根据实验数据，分别绘出电压、电流相量图， 验证相量形式的基尔霍夫定律。

3. 讨论改善电路功率因数的意义和方法。

4. 装接日光灯线路的心得体会及其它。

# 实验五　三相交流电路电压、电流的测量

**一、实验目的**

　　1. 掌握三相负载作星形联接、三角形联接的方法， 验证这两种接法下线、相电压及线、相电流之间的关系。

　　2. 充分理解三相四线供电系统中中线的作用。

**二、原理说明**

　　1. 三相负载可接成星形（又称“Ｙ”接）或三角形(又称"△"接)。当三相对称负载作星形联接时，线电压Ul是相电压Up的倍。线电流Il等于相电流Ip，即

　　　　Ul＝，　　Il＝Ip

　　在这种情况下，流过中线的电流I0＝0， 所以可以省去中线。由三相三线制电源供电，无中线的星形联接称为Ｙ接法。

　　当对称三相负载作△形联接时，有Il＝Ip，　　Ul＝Up。

2. 不对称三相负载作星形联接时,必须采用三相四线制接法，即Yo接法。而且中线必须牢固联接，以保证三相不对称负载的每相电压维持对称不变。

　　倘若中线断开，会导致三相负载电压的不对称，致使负载轻的那一相的相电压过高，使负载遭受损坏；负载重的一相相电压又过低，使负载不能正常工作。尤其是对于三相照明负载，无条件地一律采用Y0接法。

　　3. 当不对称负载作△接时，Il≠Ip，但只要电源的线电压Ul对称，加在三相负载上的电压仍是对称的，对各相负载工作没有影响。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 交流电压表 | 0～500V | 1 |  |
| 2 | 交流电流表 | 0～5A | 1 |  |
| 3 | 万用表 |  | 1 | 自备 |
| 4 | 三相自耦调压器 |  | 1 |  |
| 5 | 三相灯组负载 | 220V，25W白炽灯 | 9 | HE-17 |
| 6 | 电流插座 |  | 3 | 屏上 |

**四、实验内容**

1. 三相负载星形联接（三相四线制供电）

按图5-1线路组接实验电路。即三相灯组负载经三相自耦调压器接通三相对称电源。将三相调压器的旋柄置于输出为0V的位置（即逆时针旋到底）。经指导教师检查合格后，方可开启实验台电源，然后调节调压器的输出，使输出的三相线电压为220V，并按下述内容完成各项实验，分别测量三相负载的线电压、相电压、线电流、相电流、中线电流、电源与负载中点间的电压。将所测得的数据记入表5-1中，并观察各相灯组亮暗的变化程度，特别要注意观察中线的作用。



　图5-1

表5-1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量数据  实验内容  （负载情况） | 开灯盏数 | | | 线电流（A） | | | 线电压（V） | | | 相电压（V） | | | 中线电流I0  (A) | 中点电压UN0  (V) |
| A  相 | B  相 | C  相 | IA | IB | IC | UAB | UBC | UCA | UA0 | UB0 | UC0 |
| Y0接平衡负载 | 3 | 3 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y接平衡负载 | 3 | 3 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y0接不平衡负载 | 1 | 2 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y接不平衡负载 | 1 | 2 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y0接B相断开 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y接B相断开 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Y接B相短路 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. 负载三角形联接（三相三线制供电）

按图5-2改接线路，经指导教师检查合格后接通三相电源，并调节调压器，使其输出线电压为220V，并按表5-2的内容进行测试。



图 5-2

表5-2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量数据  负载情况 | 开 灯 盏 数 | | | 线电压=相电压(V) | | | 线电流(A) | | | 相电流(A) | | |
| A-B相 | B-C相 | C-A相 | UAB | UBC | UCA | IA | IB | IC | IAB | IBC | ICA |
| 三相平衡 | 3 | 3 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 三相不平衡 | 1 | 2 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**五、实验注意事项**

　　1. 本实验采用三相交流市电，线电压为380V， 应穿绝缘鞋进实验室。实验时要注意人身安全，不可触及导电部件，防止意外事故发生。

　　2. 每次接线完毕，同组同学应自查一遍， 然后由指导教师检查后，方可接通电源，必须严格遵守先断电、再接线、后通电；先断电、后拆线的实验操作原则。

3. 星形负载作短路实验时，必须首先断开中线，以免发生短路事故。

4．为避免烧坏灯泡，HE-17实验箱内设有过压保护装置。当任一相电压＞245~250V时，即声光报警并跳闸。因此，在做Y接不平衡负载或缺相实验时，所加线电压应以最高相电压＜240V为宜。

**六、预习思考题**

　　1. 三相负载根据什么条件作星形或三角形连接？

　　2. 复习三相交流电路有关内容， 试分析三相星形联接不对称负载在无中线情况下，当某相负载开路或短路时会出现什么情况？如果接上中线，情况又如何？

　　3. 本次实验中为什么要通过三相调压器将 380V 的市电线电压降为220V的线电压使用？

**七、实验报告**

　　1. 用实验测得的数据验证对称三相电路中的关系。

　　2. 用实验数据和观察到的现象， 总结三相四线供电系统中中线的作用。

　　3. 不对称三角形联接的负载，能否正常工作？ 实验是否能证明这一点？

　　4. 根据不对称负载三角形联接时的相电流值作相量图， 并求出线电流值，然后与实验测得的线电流作比较，分析之。

1. 心得体会及其它。

# 实验六　三相电路功率的测量

**一、实验目的**

　　1. 掌握用一瓦特表法、二瓦特表法测量三相电路有功功率与无功功率的方法

2. 进一步熟练掌握功率表的接线和使用方法

**二、原理说明**

1．对于三相四线制供电的三相星形联接的负载（即Yo接法），可用一只功率表测量各相的有功功率PA、PB、PC，则三相负载的总有功功率ΣP＝PA＋PB＋PC。这就是一瓦特表法，如图6-1所示。若三相负载是对称的，则只需测量一相的功率，再乘以3 即得三相总的有功功率。

2. 三相三线制供电系统中，不论三相负载是否对称，也不论负载是Y接还是△接，都可用二瓦特表法测量三相负载的总有功功率。测量线路如图6-2所示。若负载为感性或容性，且当相位差φ＞60°时，线路中的一只功率表指针将反偏(数字式功率表将出现负读数), 这时应将功率表电流线圈的两个端子调换（不能调换电压线圈端子），其读数应记为负值。而三相总功率∑P=P1+P2（P1、P2本身不含任何意义）。



三 相 负 载



图6-1 图 6-2

除了图6-2的IA、UAC与IB、UBC接法外，还有IB、UAB与IC、UAC以及IA、UAB与IC、UBC两种接法。

3. 对于三相三线制供电的三相对称负载，可用一瓦特表法测得三相负载的总无功功率Q，测试原理线路如图6-3所示。

三 相 平 衡 负 载

图6-3

图示功率表读数的倍，即为对称三相电路总的无功功率。 除了此图给出的一种连接法（IU、UVW）外，还有另外两种连接法，即接成（IV、UUW）或（IW、UUV）。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 交流电压表 | 0～500V | 1 |  |
| 2 | 交流电流表 | 0～5A | 1 |  |
| 3 | 单相功率表 |  | 2 |  |
| 4 | 万用表 |  | 1 | 自备 |
| 5 | 三相自耦调压器 |  | 1 |  |
| 6 | 三相灯组负载 | 220V，25W 白炽灯 | 9 | HE-17 |
| 7 | 三相电容负载 | 1μF，2.2μF，4.7μF/ 500V | 各3 | HE-20 |

**四、实验内容**

1. 用一瓦特表法测定三相对称Y0接以及不对称Y0接负载的总功率ΣP。实验按图6-4线路接线。线路中的电流表和电压表用以监视该相的电流和电压，不要超过功率表电压和电流的量程。

三相接Y0负载



　　　　　　　　　　　　 图 6-4

经指导教师检查后，接通三相电源， 调节调压器输出， 使输出线电压为220V，按表6-1的要求进行测量及计算。

表 6-1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 负载情况 | 开灯盏数 | | | 测量数据 | | | 计算值 |
| A相 | B相 | C相 | PA（W） | PB（W） | PC（W） | ΣP  （W） | |
| Y0接对称负载 | 3 | 3 | 3 |  |  |  |  | |
| Y0接不对称负载 | 1 | 2 | 3 |  |  |  |  | |

　　首先将三只表按图6-4接入B相进行测量，然后分别将三只表换接到A相和C相，再进行测量。

2. 用二瓦特表法测定三相负载的总功率

　　(1) 按图6-5接线，将三相灯组负载接成Y形接法。

三相负载



图 6-5

　　经指导教师检查后，接通三相电源，调节调压器的输出线电压为220V，按表6-2的内容进行测量。

　　(2) 将三相灯组负载改成△形接法，重复(1)的测量步骤， 数据记入表6-2中。

表 6-2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 负载情况 | 开灯盏数 | | | 测量数据 | | | 计算值 |
| A相 | Ｂ相 | Ｃ相 | P１  （W） | | P２  （W） | ΣP  （W） |
| Y接平衡负载 | 3 | 3 | 3 |  |  | |  |
| Y接不平衡负载 | 1 | 2 | 3 |  |  | |  |
| △接不平衡负载 | 1 | 2 | 3 |  |  | |  |
| △接平衡负载 | 3 | 3 | 3 |  |  | |  |

3. 用一瓦特表法测定三相对称星形负载的无功功率，按图6-6 所示的电路接线。

三相对称负载



　 图 5-6

（１）每相负载由白炽灯和电容器并联而成，并由开关控制其接入。检查接线无误后，接通三相电源，将调压器的输出线电压调到 220V， 读取三表的读数，并计算无功功率

ΣQ，记入表6-3。

（２）分别按ＩV、UWU和ＩW、ＵUV接法，重复（１）的测量，并比较各自的ΣＱ值。

表 6-3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 接  法 | 负载情况 | 测量值 | | | 计算值 |
| Ｕ  （Ｖ） | Ｉ  （Ａ） | Ｑ  （ｖａr） | ΣＱ＝Ｑ |
| ＩＵ  ＵVW | （1） 三相对称灯组（每相开３盏） |  |  |  |  |
| （2） 三相对称电容器（每相４.７μF） |  |  |  |  |
| （3） (1)、(2)的并联负载 |  |  |  |  |
| ＩＶ  ＵWU | （1） 三相对称灯组（每相开３盏） |  |  |  |  |
| （2） 三相对称电容器（每相４.７μF） |  |  |  |  |
| （3） (1)、(2)的并联负载 |  |  |  |  |
| ＩＷ  ＵUV | （1） 三相对称灯组（每相开３盏） |  |  |  |  |
| （2） 三相对称电容器（每相４.７μF） |  |  |  |  |
| （3） (1)、(2)的并联负载 |  |  |  |  |

**五、实验注意事项**

　　1. 每次实验完毕，均需将三相调压器旋柄调回零位。 每次改变接线，均需断开三相电源，以确保人身安全。

**六、预习思考题**

　　1. 复习二瓦特表法测量三相电路有功功率的原理。

　　2. 复习一瓦特表法测量三相对称负载无功功率的原理。

　　3. 测量功率时为什么在线路中通常都接有电流表和电压表？

**七、实验报告**

　　1. 完成数据表格中的各项测量和计算任务。 比较一瓦特表和二瓦特表法的测量结果。

2. 总结、分析三相电路功率测量的方法与结果。

3. 心得体会及其它。

# 实验七　三相鼠笼式异步电动机

**一、实验目的**

　　1. 熟悉三相鼠笼式异步电动机的结构和额定值。

2. 学习检验异步电动机绝缘情况的方法。

　　3. 学习三相异步电动机定子绕组首、末端的判别方法。

4. 掌握三相鼠笼式异步电动机的起动和反转方法。

**二、原理说明**

　　1. 三相鼠笼式异步电动机的结构

异步电动机是基于电磁原理把交流电能转换为

三相定子绕组

机械能的一种旋转电机。

三相鼠笼式异步电动机的基本结构有定子和

转子两大部分。

定子绕组接线盒

定子主要由定子铁心、三相对称定子绕组

和机座等组成，是电动机的静止部分。三相定

子绕组一般有六根引出线，出线端装在机座外

面的接线盒内，如图7-1所示，根据三相电源 图 7-1

电压的不同，三相定子绕组可以接成星形(Y)或三角形(△)，然后与三相交流电源相连。转子主要由转子铁心、转轴、鼠笼式转子绕组、风扇等组成，是电动机的旋转部分。小容量鼠笼式异步电动机的转子绕组大都采用铝浇铸而成，冷却方式一般都采用风扇冷却。

2.三相鼠笼式异步电动机的铭牌

记在电动机的铭牌上，如下表所示为本实验装置三相鼠笼式异步电动机铭牌。

型号 DJ24 电压 380V/220V 接法 Y/△

功率 180W 电流 1.13A/0.65A 转速 1400转/分

定额 连续

其中：

(1) 功率 额定运行情况下，电动机轴上输出的机械功率。

(2) 电压 额定运行情况下，定子三相绕组应加的电源线电压值。

(3) 接法 定子三相绕组接法，当额定电压为380V/220V时，应为Y/△接法。

(4) 电流 额定运行情况下，当电动机输出额定功率时，定子电路的线电流值。

3. 三相鼠笼式异步电动机的检查

电动机使用前应作必要的检查

(1) 机械检查

检查引出线是否齐全、牢靠；转子转动是否灵活、匀称、有否异常声响等。

(2) 电气检查

1. 用兆欧表检查电机绕组间及绕组与机壳之间的绝缘性能





图 7-2

电动机的绝缘电阻可以用兆欧表进行测量。对额定电压1KV 以下的电动机，其绝缘电阻值最低不得小于1000Ω/V，测量方法如图7-2所示。一般500V以下的中小型电动机最低应具有2MΩ的绝缘电阻。

b. 定子绕组首、末端的判别

异步电动机三相定子绕组的六个出线端有三个首端和三相末端。一般，首端标以A、B、C，末端标以X、Y、Z，在接线时如果没有按照首、末端的标记来接，则当电动机起动时磁势和电流就会不平衡，因而引起绕组发热、振动、有噪音，甚至电动机不能起动因过热而烧毁。由于某种原因定子绕组六个出线端标记无法辨认，可以通过实验方法来判别其首、末端（即同名端）。方法如下：

用万用电表欧姆挡从六个接线端确定哪一对引出线是属于同一相的，分别找出三相绕组，并标以符号，如A、X；B、Y；C、Z。将其中的任意两相绕组串联，如图9-3所示。



图7-3



图7-3

**将控制屏三相自耦调压器手柄置零位，**开启电源总开关，按下启动按钮，接通三相交流电源。调节调压器输出，使在相串联两相绕组出线端施以单相低电压U=80～100V，测出第三相绕组的电压，如测得的电压值有一定读数，表示两相绕组的末端与首端相联，如图7-3(a)所示。反之，如测得的电压近似为零，则两相绕组的末端与末端(或首端与首端)相联，如图7-3(b)所示。 用同样方法可测出第三相绕组的首末端。

4. 三相鼠笼式异步电动机的起动

鼠笼式异步电动机的直接起动电流可达额定电流的4～7倍，但持续时间很短，不致引起电机过热而烧坏。但对容量较大的电机，过大的起动电流会导致电网电压的下降而影响其他的负载正常运行，通常采用降压起动，最常用的是Y－△换接起动，它可使起动电流减小到直接起动的1/3。其使用的条件是正常运行必须作△接法。

5. 三相鼠笼式异步电动机的反转

异步电动机的旋转方向取决于三相电源接入定子绕组时的相序，故只要改变三相电源与定子绕组连接的相序即可使电动机改变旋转方向。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 三相交流电源 | 380V、220V | 1 |  |
| 2 | 三相鼠笼式异步电动机 | DJ24 | 1 |  |
| 3 | 兆欧表 | 500V | 1 | 自备 |
| 4 | 交流电压表 | 0～500V | 1 |  |
| 5 | 交流电流表 | 0～5A | 1 |  |
| 6 | 万用电表 |  | 1 | 自备 |

**四、实验内容**

1. 抄录三相鼠笼式异步电动机的铭牌数据，并观察其结构。

2. 用万用电表判别定子绕组的首、末端。

3. 用兆欧表测量电动机的绝缘电阻。

各相绕组之间的绝缘电阻 绕组对地（机座）之间的绝缘电阻

A相与B相 (MΩ) A相与地（机座） (MΩ)

A相与C相 (MΩ) B相与地（机座） (MΩ)

B相与C相 (MΩ) C相与地（机座） (MΩ)

4. 鼠笼式异步电动机的直接起动

(1) 采用380V三相交流电源

将三相自耦调压器手柄置于输出电压为零位置；控制屏上三相电压表切换开关置“调压输出”侧；根据电动机的容量选择交流电流表合适的量程。

开启控制屏上三相电源总开关，按启动按钮，此时自耦调压器原绕组端U1、V1、W1得电，调节调压器输出使U、V、W端输出线电压为220V，三只电压表指示应基本平衡。保持自耦调压器手柄位置不变，按停止按钮，自耦调压器断电。

按图7-4接线，电动机三相定子绕组接成Y接法；供电线电压为380V； 实验线路中Q1及FU由控制屏上的接触器KM和熔断器FU代替,学生可由U、V、W端子开始接线, 以后各控制实验均同此。

3～220V



图7－4 Y接



图7－6 反转



图7－5 △接

b. 按控制屏上启动按钮，电动机直接起动，观察起动瞬间电流冲击情况及电动机旋转方向，记录起动电流。当起动运行稳定后，将电流表量程切换至较小量程档位上，记录空载电流。

c. 电动机稳定运行后，突然拆出U、V、W中的任一相电源（注意小心操作，以免触电），观测电动机作单相运行时电流表的读数并记录之。再仔细倾听电机的运行声音有何变化。(可由指导教师作示范操作)

d. 电动机起动之前先断开U、V、W中的任一相，作缺相起动，观测电流表读数，记录之，观察电动机有否起动，再仔细倾听电动机有否发出异常的声响。

e. 实验完毕, 按控制屏停止按钮，切断实验线路三相电源。

(2) 采用220V三相交流电源

调节调压器输出使输出线电压为220V，电动机定子绕组接成△接法。

按图7-5接线，重复(1)中各项内容，记录之。

5. 异步电动机的反转

电路如图7-6所示，按控制屏启动按钮，起动电动机，观察起动电流及电动机旋转方向是否反转？

实验完毕，将自耦调压器调回零位，按控制屏停止按钮，切断实验线路三相电源。

**五、实验注意事项**

1. **本实验系强电实验，接线前(包括改接线路)、实验后都必须断开实验线路的电源，特别改接线路和拆线时必须遵守“先断电，后拆线”的原则。电机在运转时，电压和转速均很高，切勿触碰导电和转动部分，以免发生人身和设备事故。为了确保安全，学生应穿绝缘鞋进入实验室。接线或改接线路必须经指导教师检查后方可进行实验。**

2. 起动电流持续时间很短，且只能在接通电源的瞬间读取电流表指针偏转的最大读数，(因指针偏转的惯性，此读数与实际的起动电流数据略有误差)，如错过这一瞬间，须将电机停车，待停稳后，重新起动读取数据。

3. 单相(即缺相) 运行时间不能太长， 以免过大的电流导致电机的损坏。

**六、预习思考题**

1. 如何判断异步电动机的六个引出线，如何连接成Y形或△形，又根据什么来确定该电动机作Y接或△接？

2. 缺相是三相电动机运行中的一大故障，在起动或运转时发生缺相，会出现什么现象？有何后果？

3. 电动机转子被卡住不能转动， 如果定子绕组接通三相电源将会发生什么后果？

**七、实验报告**

1. 总结对三相鼠笼电动机绝缘性能检查的结果， 判断该电机是否完好可用？

2. 对三相鼠笼电动机的起动、反转及各种故障情况进行分析。

# 实验八 三相鼠笼式异步电动机点动和自锁控制

**一、实验目的**

　　1. 通过对三相鼠笼式异步电动机点动控制和自锁控制线路的实际安装接线，掌握由电气原理图变换成安装接线图的知识。

2.通过实验进一步加深理解点动控制和自锁控制的特点

**二、原理说明**

1. 继电─接触控制在各类生产机械中获得广泛地应用，凡是需要进行前后、上下、左右、进退等运动的生产机械，均采用传统的典型的正、反转继电─接触控制。

交流电动机继电─接触控制电路的主要设备是交流接触器，其主要构造为：

(1) 电磁系统─铁心、吸引线圈和短路环。

(2) 触头系统─主触头和辅助触头，还可按吸引线圈得电前后触头的动作状态，分动合（常开）、动断（常闭）两类。

(3) 消弧系统─在切断大电流的触头上装有灭弧罩，以迅速切断电弧。

(4) 接线端子，反作用弹簧等。

2. 在控制回路中常采用接触器的辅助触头来实现自锁和互锁控制。要求接触器线圈得电后能自动保持动作后的状态，这就是自锁，通常用接触器自身的动合触头与起动按钮相并联来实现，以达到电动机的长期运行，这一动合触头称为“自锁触头”。使两个电器不能同时得电动作的控制，称为互锁控制，如为了避免正、反转两个接触器同时得电而造成三相电源短路事故，必须增设互锁控制环节。为操作的方便，也为防止因接触器主触头长期大电流的烧蚀而偶发触头粘连后造成的三相电源短路事故，通常在具有正、反转控制的线路中采用既有接触器的动断辅助触头的电气互锁，又有复合按钮机械互锁的双重互锁的控制环节。

3. 控制按钮通常用以短时通、断小电流的控制回路，以实现近、 远距离控制电动机等执行部件的起、停或正、反转控制。按钮是专供人工操作使用。对于复合按钮，其触点的动作规律是：当按下时，其动断触头先断，动合触头后合；当松手时，则动合触头先断，动断触头后合。

4. 在电动机运行过程中，应对可能出现的故障进行保护。

采用熔断器作短路保护，当电动机或电器发生短路时，及时熔断熔体，达到保护线路、保护电源的目的。熔体熔断时间与流过的电流关系称为熔断器的保护特性，这是选择熔体的主要依据。

采用热继电器实现过载保护，使电动机免受长期过载之危害。其主要的技术指标是整定电流值，即电流超过此值的20％时，其动断触头应能在一定时间内断开，切断控制回路，动作后只能由人工进行复位。

5. 在电气控制线路中，最常见的故障发生在接触器上。 接触器线圈的电压等级通常有220V和380V等，使用时必须认请，切勿疏忽，否则，电压过高易烧坏线圈，电压过低，吸力不够，不易吸合或吸合频繁，这不但会产生很大的噪声，也因磁路气隙增大，致使电流过大，也易烧坏线圈。此外，在接触器铁心的部分端面嵌装有短路铜环，其作用是为了使铁心吸合牢靠，消除颤动与噪声，若发现短路环脱落或断裂现象，接触器将会产生很大的振动与噪声。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 三相交流电源 | 220V |  |  |
| 2 | 三相鼠笼式异步电动机 | DJ24 | 1 |  |
| 3 | 交流接触器 |  | 1 | HE-51 |
| 4 | 按 钮 |  | 2 | HE-51 |
| 5 | 热继电器 | D9305d | 1 | HE-51 |
| 6 | 交流电压表 | 0～500V |  |  |
| 7 | 万用电表 |  | １ | 自备 |

**四、实验内容**

认识各电器的结构、图形符号、接线方法；抄录电动机及各电器铭牌数据；并用万用电表Ω档检查各电器线圈、触头是否完好。

鼠笼机接成△接法；实验线路电源端接三相自耦调压器输出端U、V、W，供电线电压为220V。

1. 点动控制

按图36-1点动控制线路进行安装接线，接线时，先接主电路，即从220v三相交流电源的输出端U、V、W开始，经接触器KM的主触头，热继电器FR的热元件到电动机M的三个线端A、B、C，用导线按顺序串联起来。主电路连接完整无误后，再连接控制电路，即从220V三相交流电源某输出端(如V)开始，经过常开按钮SB1、接触器KM的线圈、热继电器FR的常闭触头到三相交流电源另一输出端(如W)。显然这是对接触器KM线圈供电的电路。

接好线路，经指导教师检查后，方可进行通电操作。

(1) 开启控制屏电源总开关，按启动按钮，调节调压器输出，使输出线电压为220V。

(2) 按起动按钮SB1，对电动机M进行点动操作，比较按下SB1与松开SB1电动机和接触器的运行情况。

(3) 实验完毕，按控制屏停止按钮，切断实验线路三相交流电源。



图 8-1 图8-2

2、自锁控制电路

按图8-2所示自锁线路进行接线，它与图36-1的不同点在于控制电路中多串联一只常闭按钮SB2，同时在SB1上并联1只接触器KM的常开触头，它起自锁作用。

接好线路经指导教师检查后，方可进行通电操作。

(1) 按控制屏启动按钮，接通220V三相交流电源。

(2) 按起动按钮SB1，松手后观察电动机M是否继续运转。

(3) 按停止按钮SB2，松手后观察电动机M是否停止运转。

(4) 按控制屏停止按钮，切断实验线路三相电源，拆除控制回路中自锁触头KM，再接通三相电源，启动电动机，观察电动机及接触器的运转情况。从而验证自锁触头的作用。

实验完毕，将自耦调压器调回零位，按控制屏停止按钮，切断实验线路的三相交流电源。

**五、实验注意事项**

1. 接线时合理安排挂箱位置，接线要求牢靠、整齐、清楚、安全可靠。

2. 操作时要胆大、心细、谨慎，不许用手触及各电器元件的导电部分及电动机的转动部分，以免触电及意外损伤。

3. 通电观察继电器动作情况时,要注意安全,防止碰触带电部位。

**六、预习思考题**

1、试比较点动控制线路与自锁控制线路从结构上看主要区别是什么？从功能上看主要区别是什么？

2、自锁控制线路在长期工作后可能出现失去自锁作用。 试分析产生的原因是什么？

3、交流接触器线圈的额定电压为220V，若误接到380V 电源上会产生什么后果？反之，若接触器线圈电压为380V，而电源线电压为220V，其结果又如何？

4、在主回路中，熔断器和热继电器热元件可否少用一只或两只？ 熔断器和热继电器两者可否只采用其中一种就可起到短路和过载保护作用？为什么？

# 实验九 三相鼠笼式异步电动机正反转控制

**一、实验目的**

1、通过对三相鼠笼式异步电动机正反转控制线路的安装接线， 掌握由电气原理图接成实际操作电路的方法。

2、加深对电气控制系统各种保护、自锁、互锁等环节的理解。

3、学会分析、排除继电--接触控制线路故障的方法。

**二、原理说明**

在鼠笼机正反转控制线路中，通过相序的更换来改变电动机的旋转方向。本实验给出两种不同的正、反转控制线路如图9-1及9-2，具有如下特点：

1、电气互锁

为了避免接触器KM1（正转）、KM2（反转）同时得电吸合造成三相电源短路，在KM1（KM2）线圈支路中串接有KM1（KM2）动断触头，它们保证了线路工作时KM1、KM2不会同时得电（如图9-1），以达到电气互锁目的。

2、电气和机械双重互锁

除电气互锁外，可再采用复合按钮SB1与SB2组成的机械互锁环节（如图9-2），以求线路工作更加可靠。

3、线路具有短路、过载、失、欠压保护等功能。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 三相交流电源 | 220V |  |  |
| 2 | 三相鼠笼式异步电动机 | DJ24 | 1 |  |
| 3 | 交流接触器 |  | 2 | HE-52 |
| 4 | 按 钮 |  | 3 | HE-51 |
| 5 | 热继电器 |  | 1 | HE-51 |
| 6 | 交流电压表 | 0～500V | 1 |  |
| 7 | 万用电表 |  | 1 | 自备 |

**四、实验内容**

认识各电器的结构、图形符号、接线方法；抄录电动机及各电器铭牌数据；并用万用电表Ω档检查各电器线圈、触头是否完好。

鼠笼机接成Δ接法；实验线路电源端接三相自耦调压器输出端U、V、W，供电线电压为220V。



图 9-1

1、接触器联锁的正反转控制线路

按图9-1接线，经指导教师检查后，方可进行通电操作。

(1) 开启控制屏电源总开关，按启动按钮，调节调压器输出，使输出线电压为220V。

(2) 按正向起动按钮SB1，观察并记录电动机的转向和接触器的运行情况。

(3) 按反向起动按钮SB2，观察并记录电动机和接触器的运行情况。

(4) 按停止按钮SB3，观察并记录电动机的转向和接触器的运行情况。

(5) 再按SB2，观察并记录电动机的转向和接触器的运行情况。

(6) 实验完毕，按控制屏停止按钮，切断三相交流电源。

2、接触器和按钮双重联锁的正反转控制线路

按图9-2接线，经指导教师检查后，方可进行通电操作。

(1) 按控制屏启动按钮，接通220V三相交流电源。

(2) 按正向起动按钮SB1，电动机正向起动，观察电动机的转向及接触器的动作情况。按停止按钮SB3，使电动机停转。



图9－2

(3) 按反向起动按钮SB2，电动机反向起动，观察电动机的转向及接触器的动作情况。按停止按钮SB3，使电动机停转。

(4) 按正向(或反向)起动按钮，电动机起动后，再去按反向(或正向)起动按钮，观察有何情况发生？

(5) 电动机停稳后，同时按正、反向两只起动按钮，观察有何情况发生？

**四、故障分析**

1、接通电源后，按起动按钮(SB1或SB2)，接触器吸合，但电动机不转，且发出“嗡嗡”声响或电动机能起动，但转速很慢。这种故障来自主回路，大多是一相断线或电源缺相。

2、接通电源后，按起动按钮(SB1或SB2), 若接触器通断频繁，且发出连续的劈啪声或吸合不牢，发出颤动声，此类故障原因可能是：

(1) 线路接错，将接触器线圈与自身的动断触头串在一条回路上了。

(2) 自锁触头接触不良，时通时断。

(3) 接触器铁心上的短路环脱落或断裂。

(4) 电源电压过低或与接触器线圈电压等级不匹配。

**五、预习思考题**

1、在电动机正、反转控制线路中，为什么必须保证两个接触器不能同时工作？采用哪些措施可解决此问题，这些方法有何利弊，最佳方案是什么？

2、在控制线路中,短路、过载、失、欠压保护等功能是如何实现的? 在实际运行过程中,这几种保护有何意义?

# 实验十　三相鼠笼式异步电动机Y－△降压起动控制

**一、实验目的**

1. 进一步提高按图接线的能力。

　　2. 了解时间继电器的结构、使用方法、延时时间的调整及在控制系统中的应用。

　　3. 熟悉异步电动机Y－△降压起动控制的运行情况和操作方法。

**二、原理说明**

　　1. 按时间原则控制电路的特点是各个动作之间有一定的时间间隔，使用的元件主要是时间继电器。时间继电器是一种延时动作的继电器，它从接受信号（如线圈带电）到执行动作（如触点动作）具有一定的时间间隔。此时间间隔可按需要预先整定，以协调和控制生产机械的各种动作。时间继电器的种类通常有电磁式、电动式、空气式和电子式等。其基本功能可分为两类，即通电延时式和断电延时式，有的还带有瞬时动作式的触头。

时间继电器的延时时间通常可在0.4s～80s范围内调节。

2、按时间原则控制鼠笼式电动机Y－△降压自动换接起动的控制线路如图12-1所示。

从主回路看，当接触器KM1、KM2主触头闭合，KM3主触头断开时，电动机三相定子绕组作Y连接；而当接触器KM1和KM3主触头闭合，KM2主触头断开时，电动机三相定子绕组作△连接。因此，所设计的控制线路若能先使KM1和KM2得电闭合，后经一定时间的延时，使KM2失电断开，而后使KM3得电闭合，则电动机就能实现降压起动后自动转换到正常工作运转。图12-1的控制线路能满足上述要求。该线路具有以下特点:

* + 1. 接触器KM3与KM2通过动断触头KM3(5-7)与KM2(5-11)实现电气互锁，保证KM3与KM2不会同时得电，以防止三相电源的短路事故发生。

(2) 依靠时间继电器KT延时动合触头(11-13)的延时闭合作用，保证在按下SB1后，



图10-1

使KM2先得电，并依靠KT(7-9)先断，KT(11-13)后合的动作次序，保证KM2先断，而后再自动接通KM3，也避免了换接时电源可能发生的短路事故。

(3) 本线路正常运行（△接）时，接触器KM2及时间继电器KT均处断电状态。

(4) 由于实验装置提供的三相鼠笼式电动机每相绕组额定电压为220V，而Y/△换接起动的使用条件是正常运行时电机必须作△接，故实验时，应将自耦调压器输出端(U、V、W)电压调至220V。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 三相交流电源 | 220V | 1 |  |
| 2 | 三相鼠笼式异步电动机 | DJ24 | 1 |  |
| 3 | 交流接触器 |  | 1 | HE-51 |
| 4 | 交流接触器 |  | 2 | HE-52 |
| 5 | 时间继电器 |  | 1 | HE-52 |
| 6 | 按 钮 |  | 2 | HE-51 |
| 7 | 热继电器 |  | 1 | HE-51 |
| 8 | 万用电表 |  | 1 | 自备 |

**四、实验内容**

1. 时间继电器控制Y－△自动降压起动线路

实验前应了解空气阻尼式时间继电器的结构，并结合HE-52实验箱,认清其电磁线圈和延时动合、动断触头的接线端子。用手推动时间继电器衔铁模拟继电器通电吸合动作，用万用电表Ω档测量触头的通与断，以此来大致判定触头延时动作的时间。通过调节进气孔螺钉，即可整定所需的延时时间。

实验线路电源端接自耦调压器输出端(U、V、W), 供电线电压为220V。

(1) 按图10-1线路进行接线，先接主回路后接控制回路。要求按图示的节点编号从左到右、从上到下，逐行连接。

(2) 在不通电的情况下，用万用电表Ω档检查线路连接是否正确，特别注意KM2与KM3两个互锁触头KM3(5-7)与KM2(5-11)是否正确接入。经指导教师检查后，方可通电。

(3) 开启控制屏电源总开关，按控制屏启动按钮，接通220V三相交流电源。

(4) 按起动按钮SB2，观察电动机的整个起动过程及各继电器的动作情况，记录Y－△换接所需时间。

(5) 按停止按钮SB3，观察电机及各继电器的动作情况。

(6) 调整时间继电器的整定时间，观察接触器KM2、KM3的动作时间是否相应地改变。

(7) 实验完毕，按控制屏停止按钮，切断实验线路电源。

2. 接触器控制Y-△降压起动线路

按图10-2线路接线，经指导教师检查后，方可进行通电操作。



图10-2

(1) 按控制屏启动按钮，接通220V三相交流电源。

(2) 按下按钮SB2，电动机作Y接法起动，注意观察起动时，电流表最大读数IY起动 =\_\_\_\_\_A。

(3) 稍后，待电动机转速接近正常转速时，按下按钮SB1，使电动机为△接法正常运行。

(4) 按停止按钮SB3，电动机断电停止运行。

(5) 先按按钮SB2，再按铵钮SB1，观察电动机在△接法直接起动时的电流表最大读数I△起动 =\_\_\_\_\_A。

(6) 实验完毕，将三相自耦调压器调回零位，按控制屏停止按钮，切断实验线路电源。

**五、实验注意事项**

1. 注意安全，严禁带电操作。

2. 只有在断电的情况下，方可用万用电表Ω档来检查线路的接线正确与否。

**六、预习思考题**

1、采用Y－△降压起动对鼠笼电动机有何要求。

2、如果要用一只断电延时式时间继电器来设计异步电动机的Y－△降压起动控制线路，试问三个接触器的动作次序应作如何改动，控制回路又应如何设计？

3、控制回路中的一对互锁触头有何作用？若取消这对触头对Y－△降压换接起动有何影响，可能会出现什么后果？

4、试画出用三刀两掷开关实现降压起动的手动控制线路。

实验十一 三相异步电动机顺序启动控制

**一、实验目的**

1、通过各种不同顺序控制的接线，加深对一些特殊要求机床控制线路的了解。

2、进一步加深学生的动手能力和理解能力，使理论知识和实际经验进行有效的结合。

**二、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 号 | 名 称 | 型 号 | 数量 | 备注 |
| 1 | 三相鼠笼异步电动机(△/220V) | DJ24 | 2 |  |
| 2 | 继电接触控制挂箱（一） | HE-51 | 2 |  |
| 3 | 继电接触控制挂箱（二） | HE-52 | 2 |  |
| 4 | 灯组负载 | 220V，100W | 1 | HE-17 |
| 5 | 白炽灯 |  | 3 | 自备 |

**三、实验方法**

1、**三相异步电动机起动顺序控制（一）：**

按图11-1接线。因每台实验装置只配一只电机和热继电器，故须用灯组负载来模拟M2，FR2不接。图中U、V、W为实验台上三相调压器的输出插孔。

(1) 将调压器手柄逆时针旋转到底，启动实验台电源，调节调压器使输出线电压为220V。



图 11-1 起动顺序控制（一）

(2) 按下SB1，观察电机运行情况及接触器吸合情况。

(3) 保持M1运转时按下SB2，观察电机运转及接触器吸合情况。

(4) 在M1和M2都运转时，能不能单独停止M2?

(5) 按下SB3使电机停转后，按SB2，电机M2是否起动？为什么？



图11-2 起动顺序控制（二）

2、**三相异步电动机起动顺序控制（二）：**

本实验须将两台实验装置的配件合并才能实施。

按图41-2接线。图中U、V、W为实验台上三相调压器的输出插孔。

(1) 将调压器手柄逆时针旋转到底，启动实验台电源，调节调压器使输出线电压为220V。

(2) 按下SB2，观察并记录电机及各接触器运行状态。

(3) 再按下SB4，观察并记录电机及各接触器运行状态。

(4) 单独按下SB3，观察并记录电机及各接触器运行状态。

(5) 在M1与M2都运行时，按下SB1，观察电机及各接触器运行状态。

**四、讨论题**

1、画出图41-1、41-2的运行原理流程图。

2、比较图41-1、41-2二种线路的不同点和各自的特点。

3、例举几个顺序控制的机床控制实例，并说明其用途。

实验十二 三相鼠笼式异步电动机的能耗制动控制

**一、实验目的**

1．通过实验进一步理解三相鼠笼式异步电动机能耗制动原理。

2．增强实际连接控制电路的能力和操作能力。

**二、原理说明**

1．三相鼠笼电动机实现能耗制动的方法是：在三相定子绕组断开三相交流电源后，在两相定子绕组中通入直流电，以建立一个恒定的磁场，转子的惯性转动切割这个恒定磁场而感应电流，此电流与恒定磁场作用，产生制动转矩使电动机迅速停车。

2．在自动控制系统中，通常采用时间继电器，按时间原则进行制动过程的控制。可根据所需的制动停车时间来调整时间继电器的时延，以使电动机刚一制动停车，就使接触器释放，切断直流电源。

3、能耗制动过程的强弱与进程，与通入直流电流大小和电动机转速有关，在同样的转速下，电流越大，制动作用就越强烈，一般直流电流取为空载电流的3～5倍为宜。

**三、实验设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名 称 | 型号与规格 | 数量 | 备注 |
| 1 | 三相交流电源 | 220V | 1 |  |
| 2 | 三相鼠笼式异步电动机 | DJ24 | 1 |  |
| 3 | 交流接触器 |  | 2 | HE-52 |
| 4 | 时间继电器 |  | 1 | HE-52 |
| 5 | 整流变压器 | 220V/26V，6.3V | 1 | HE-52 |
| 6 | 整流桥堆 |  | 1 | HE-52 |
| 7 | 制动电阻 | 10Ω/25W | 1 | HE-52 |
| 8 | 按 钮 |  | 2 | HE-51 |
| 9 | 万用电表 |  | 1 | 自备 |

**四、实验内容**

1．鼠笼式电动机接成Δ接法，实验线路电源端接三相自耦调压器输出(U、V、W)，供电线电压为220V。

初步整定时间继电器的时延，可先设置得大一些(约5～10秒)。

本实验中，能耗制动电阻RT为10Ω/25W。

2．开启控制屏电源总开关，按启动按钮，调节调压器输出，使输出线电压为220V，按停止按钮，切断三相交流电源。



图12-1

3．按图12-1接线，并用万用电表检查线路连接是否正确。

4．自由停车操作

先断开整流电源（如拔去接在V相上的整流电源线），按SB1，使电动机起动运转，待电动机运转稳定后，按SB2，用秒表记录电动机自由停车时间。

5．制动停车操作

接上整流电源（即插回接通V相的整流电源线）

a．按SB1，使电动机起动运转，待运转稳定后，按SB2，观察并记录电动机从按下SB2起至电动机停止运转的能耗制动时间tZ及时间继电器延时释放时间tF，一般应使tF ＞tZ。

b．重新整定时间继电器的时延，以使tF ＝tZ，即电动机一旦停转便自动切断直流电源。

**五、实验注意事项**

1．每次调整时间继电器的时延,要摇开挂箱的面板，因此在调整时都必须在断开三相电源后进行，不可带电操作。

2．接好线路必须经过严格检查，绝不允许同时接通交流和直流两组电源，即不允许KM1、KM2同时得电。

**六、预习思考题**

1．为什么交流电源和直流电源不允许同时接入电机定子绕组？

2．电机制动停车需在两相定子绕组通入直流电，若通入单相交流电，能否起到制动作用，为什么？

**七、实验报告**

1．归纳总结实验现象和结果

2．回答思考题中的有关问题