

# 简单经济的 缺相保护电路

■ 郁 竞 成

不少三相电动机的损坏是因为缺相运行造成的。特别是在一些单人操作多台设备的车间、工厂,常常由于档车工未及时发现缺相运行而使电机损坏。笔者经研究试验,设计了一种简单、经济、实用的缺相自动保护电路,很有成效。该电路比原先的电动机控制电路只增加一个延时继电器,如图所示。其作用原理是:在三相电路里,由于电容C的存在,正常情况下任一瞬时都使下列关系式成立:

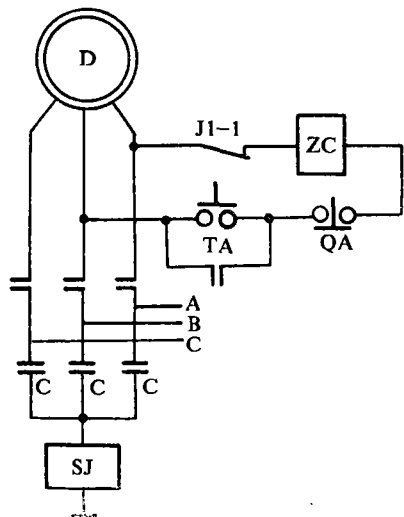
$$e_A + e_B + e_C = 0$$

式中  $e_A$  为 A 相的电动势

$e_B$  为 B 相的电动势

$e_C$  为 C 相的电动势

当缺少某一相时,上述关系式就不成立,即  $e_A + e_B + e_C \neq 0$ 。此时有电压作用到延时继电器 SJ 上, SJ 得电动作,其常闭触点 J1-1 开路使交流接触器 ZC 失电,切断电机电源,从而自动地保护了电机。延时继电器 SJ 的延迟时间的长短可根据需要在 1~3 秒范围内选择。此范围以不因电网内出现瞬时三相失衡(一般这个瞬时在零点几秒,最多 1 秒多)而使保护电路误动作为宜。电容 C 选用 CZJ 型。容量为 1~4.7  $\mu\text{f}$ , 耐压在 450V 以上。SJ 为交流 24V~12V 继电器,其延时 1~3 秒可调,触点电流为 0.5~1A。交流接触器 ZC 视电机功率选用。



## 集成运放使用技巧

当我们设计好集成运放组成的应用电路以后,自然就要考虑该选购什么型号的运算放大器、用多少伏的电源,实验步骤,实验中必然会碰到的如消除自激振荡,调零等一系列使用问题。

### 一、运放型号的选择

目前集成运放的种类和型号很多,在性能、价格、工作温度范围、封装形式、封装材料上各不相同。致使初次使用者往往感到无所适从。下面我们首先介绍一下集成运放的概况。

集成运放从性能上可大致分为“通用型”和“特殊型”两大类。“通用型”指其特性参数照顾到大多数常规应用电路的需要,各项技术指标比较均衡,适用于要求不那么苛刻的大多数应用场合。而特殊型运放是指在诸多特性参数中特别突出其中某一项或两项,而其他指标基本与通用运放相当的器件。例如可突出“单电源”、“高阻抗”、“高速”、“低漂移”等,因而更适用于有特殊要求的应用场合。

从工作环境温度范围分,集成运放又可分为军品( $-55^{\circ}\sim+125^{\circ}\text{C}$ )、工业品( $-40^{\circ}\sim+85^{\circ}\text{C}$ )、民品(或称商业品, $0^{\circ}\sim+70^{\circ}\text{C}$ )三种。其中军品均采用金属圆壳或双列直插(DIP)陶瓷封装,工业品除采用金属圆壳和陶瓷双列外,也大量采用塑料双列直插封装,而民品则一律采用塑料双列直插封装。为满足厚膜、薄膜及模块电路的需要,厂家也有供表面安装用的贴片式封装。通常在一个管壳中封入一个运算放大器,但也有封入两个互相独立的运放(双运放)或四个(四运放)的多元类运算放大器。而其售价,自然也与器件的性能、温度范围等直接相关,且有很大的差别。如同一种型号运放的军品,虽性能指标与民品基本一致或稍有提高,但其价格比民品至少高 5~10 倍。最便宜的通用四运放零售价不过 2~3 元,和买 4 只晶体管差不多,而高档次

# 集成运算放大器应用技巧讲座(三)

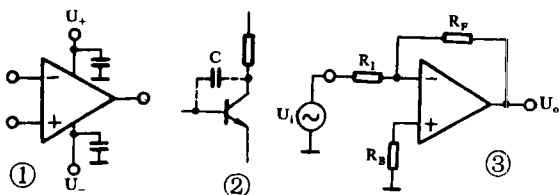
■ 张 国 华

的军品器件可能要几百元一只。因此, 根据需要选择合适的器件是一件非常重要的工作。

运放型号, 档次的选择, 首先要考虑工作温度范围。例如用于石油钻探的井下测试电路, 因地下温度随井深而增加, 故必须选用军品, 甚至专门的耐高温器件(可工作于  $175^{\circ}\text{C}$ ); 用于野外作业的仪器设备, 考虑到我国北方冬季气温可达零下三、四十度, 故一定要用工业品; 如一般在室内工作的家用电器和仪器设备, 在精度满足的条件下用民品即可。

至于选择通用运放还是特殊型运放要由电路的技术要求确定。如要求高精度应选低漂移运放; 用作音响放大, 则选宽带或高速运放; 积分电路要求高阻抗运放; 便携式仪表希望用单电源运放等。对没什么特殊要求的应用场合, 则不必过于计较运放的型号、档次、生产厂家, 一般情况下都能满足设计要求, 可充分利用手头现存的器件, 需外购时则主要考虑价格便宜即可。

## 二、供电电源的选择



运放型号选定后, 下一步就要考虑用什么样的电源工作。集成运放供电电源的典型值是  $\pm 15\text{V}$ , 故在各种教科书, 器件手册, 电路大全中所见到的电路大多都是在  $\pm 15\text{V}$  下工作的。但实际应用中没有必要都用  $\pm 15\text{V}$ , 而应按自己电路的需要灵活选择。目前使用的绝大多数运放都能在很宽的电源电压范围如  $\pm 3\text{V} \sim \pm 18\text{V}$  内正常工作, 这是因为许多集成运放采用镜像微电流源来为输入级建立工作点, 使输入差分级工作点电流仅与电源电压的对数成比例, 即使电源电压在很大范围内波动, 其输入级工作点仍变化不大, 故不影响其正常工作(可查阅运放手册中有关电源电压范围指标)。我们到底选用多少伏电源, 要根据应用电路的具体需要和设备中已配置的电源来确定。如放大电路的输出电压范围在  $\pm 3\text{V}$  以内, 那么选用  $\pm 5\text{V}$  的电源就可以了。用  $\pm 15\text{V}$  供电当然也能工作, 但已知“牛刀杀鸡”。但如果设备中已有现成的  $\pm 15\text{V}$  电源, 则也不必去另备一套  $\pm 5\text{V}$  电源。总之, 电路设计应以所用电源种类最少、电压较低为好。这对靠电池供电的场合尤为重要。同时, 器件在低电压下工作, 当不慎出现意外事故如输出短路时, 还可大大提高器件的“生存率”。

有些电路工作时只要单电源供电即可, 但不少电路设计仍袭用正、负电源供电方式, 这实际是一种失败

的设计。有关单电源工作和单电源运放, 我们将在下面专门予以阐述。

在电路要求稳定性好、电网干扰较强以及印制板上电源引线过长时, 可如图 1 所示, 在印制板上靠近运放正、负电源端对地接  $0.01\mu\text{F} \sim 1\mu\text{F}$  的去耦电容, 以提高其抗扰性。在要求安全防爆设计的应用场合如用于矿井下的设备, 去耦电容的容量不能大于  $0.01\mu\text{F}$ 。

## 三、运放的消振

集成运放是一个高增益三级直接耦合放大器, 用它组成的线性电路大多采用负反馈、而且是深负反馈, 故工作应是稳定的。但在实际使用中有时确会出现放大器自激的现象。也就是说, 即使令输入信号为零, 放大器输出端仍能观察到有高频振荡的输出波形, 有时甚至是幅度相当大的自激振荡。若不“消振”, 放大器是无法正常工作的。

负反馈放大器为什么会和正反馈电路一样产生自激呢? 这是因为集成运放输入级和中间级的增益相当高, 分别可达  $10^2$  和  $10^3$  量级。因此, 集成晶体管哪怕很小的 PN 结电容在高频时也会形成较大的附加相移, 如果在某一高频下集成运放各级所形成的附加相移累计达到  $180^\circ$ , 则在直流或低频下接成的负反馈, 在那个高频下就变成了正反馈。原来的负反馈越深, 这时的正反馈也就越强。只要有一点干扰谐波, 在那个频率上因正反馈而被加强, 就会出现自激振荡。

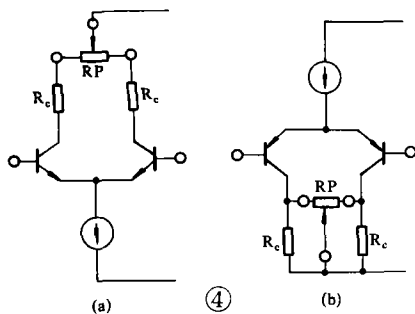
消除自激的方法一般是在电路的共射中间级上加一个很小的补偿电容 C, 如图 2 所示。不难看出, 这实际上是以附加高频负反馈来降低集成运放在高频段的增益, 以使附加相移虽达  $180^\circ$  而变成正反馈时, 其回路增益被降至小于 1。这样, 即使放大器在谐波干扰下出现正反馈振荡, 因回路增益过小, 振荡无法维持, 电路也就稳定了。

目前集成运放中, 大多数电路内部已用集成工艺制造了补偿电容, 并保证在最坏情况下运放都能稳定工作。这种器件叫做内补偿或全补偿运放。使用这种器件时可不考虑补偿, 也不会出现自激。也有些运放内部没有加这个电容, 而是从应该接补偿电容的地方引出两个引脚来供用户外接补偿电容用, 习惯称之为外补偿运放。这两种器件各有其特点, 内补偿运放使用方便, 但补偿电容的容量按最坏情况下设计, 因而电容量较大, 致使集成运放的高频增益明显下降, 频带变窄。这对放大直流信号或低频交流信号当然影响不大, 但信号频率一高, 放大器就不能正常工作了。而外补偿运放的外接补偿电容容量可以根据需要灵活选用。这样, 在要求集成运放有较宽的频带, 例如用作音响前置放大时, 就可根据放大器的增益选择补偿电容: 增益越低(反馈越深), 越容易振荡, 可加较大的补偿电容; 增益

越高,越不容易振荡,电容可相应减小,甚至不加。一般情况下,外补偿电容容量与放大器闭环增益间的对应关系在器件手册中均有参考数据,用户在此基础上经过实际调试即可确定所需容量。调试时不仅应保证所取电容能消除自激,还应适当增大使有一定的稳定裕量,以保证在环境条件如温度等变化时仍能正常工作。

#### 四、运放的调零

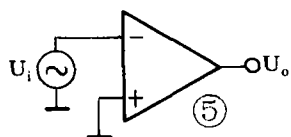
在消除放大器自激后,下一步就应该进行调零了。什么是调零呢?对一个如图3所示的放大器,当



输入信号  $U_i = 0$  (输入端接地) 时,若把运算放大器看成“理想运放”(放大倍数  $A_{VD} = \infty$ 、输入电阻  $R_{ID} = \infty$ 、共模抑制比

$K_{CMR} = \infty$ 、失调  $V_{IO} = 0$ 、 $I_{IO} = 0$ ……), 并有  $R_B = R_1 // R_F$ , 则可推出输出电压  $U_o = 0$ 。加入信号后,输出从零开始变化。但实际上,由于运算放大器输入级差分电路总有不对称,因而存在输入失调电压  $V_{IO}$  和输入失调电流  $I_{IO}$ , 而且也不可能绝对作到  $R_B = R_1 // R_F$ , 因此,输入为零时输出不会为零。所谓调零,就是希望通过外加的调零电路,能在  $U_i = 0$  时将输出  $U_o$  调到零。

通常外加的调零端均自运放输入差分级集电极负载处引出,其示意图如图4(a)、(b)所示,通过引脚接入的电位器串,并在  $R_c$  上,以改变



差分电路两边的集电极负载电阻,通过将两边的集电极负载电阻调成某种

程度的不对称,以抵消原电路中两边  $R_c$ 、两只晶体管以及偏置电路等所有的不对称因素的影响,恰好使输出  $U_o = 0$ 。

调零电位器的阻值在器件手册及典型应用电路中均已给出。为调试方便,通常采用小型多圈金属陶瓷密封电位器如3296、67等型,要求不高的地方也可采用单圈电位器如3323型。调零时应该注意的是:

1. 集成运放在开环状态如图5

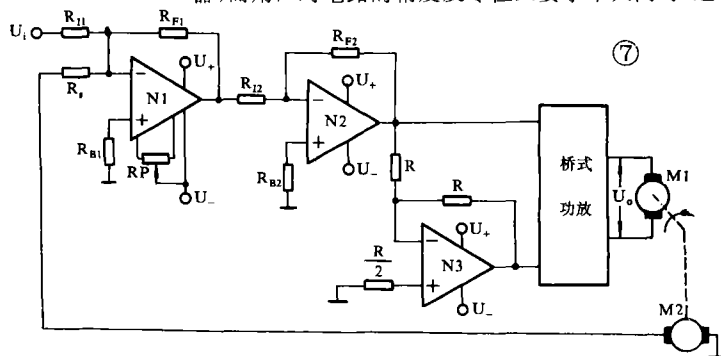
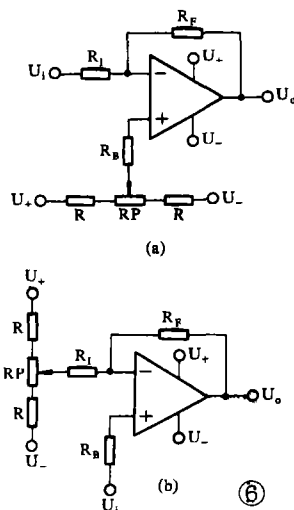
所示是无法调零的。这是因为在开环状态下运放有几十万倍的增益,只要输入端稍有失调,其输出早已被放大至正或负的饱和值,因而调零几乎是不可能的。即使暂时把  $U_o$  调下来,过一会儿就会因环境温度等的变化而迅速漂至最大值。我们这里所说的调零,是指引入负反馈后的运放电路的调零。

2. 有些运算放大器,尤其是在一只管壳中封入2~4个运放的

多元集成运放,受限于引脚数目往往没有调零端。对这类运放,在需要调零时可采用如图6(a)、(b)所示电路调零。图6(a)为反相输入电路,调零电路的电源  $U_+$ 、 $U_-$  即为集成运放的供电正、负电源。为保证零位的稳定,  $U_+$ 、 $U_-$  应具有较好的稳定性。为使调零更加灵敏,在电位器  $RP$  两边可串入电阻  $R$ , 在  $R_B \approx R_1 // R_F$  时还应保证  $RP + 2R \ll R_S$ 。在  $R_B$  阻值较小时应基本保证  $(R_B + R + \frac{RP}{2}) \approx R_1 // R_F$ 。这是为了保持运放两输入端偏置电阻的对称以减小放大器的零漂。图6(b)为同相输入电路,同理在  $R_1$  较大时应有  $R_2 \approx R_1 R_F$ ,  $(RP + 2R) \ll R_1$ 。否则应有  $(R_1 + R + \frac{RP}{2}) // R_F \approx R_B$ , 且闭环增益为  $1 + R_F / (R_1 + R + \frac{1}{2} RP)$ 。

这种调零电路是在无法改变电路内部参数时,靠改变本应接信号地的输入端电位,使之稍稍偏向正或负,以补偿电路内部的不对称,使输出在  $U_i = 0$  时变为零。

3. 并不是所有的应用电路都要调零。例如,在非线性应用电路中如运放作为比较器或接成振荡器,这时运放的输出要么是正的饱和值,要么是负的饱和值,这种电路不需要调零;另一种情况就是当运放组成反相器 ( $A_U = -1$ )、跟随器 ( $A_U = 1$ ) 或增益很低的比例器,而用户对电路的精度及零位又要求不太高时(这时



# 消磁电阻 的 变通使用

■ 何景生

消磁电阻是正温度系数电阻器,通常用于彩电消磁。利用其特点,用在其它场合效果也很好。下面仅举三例供读者参考。

1. 代替离心开关、起动电容器。单相电机的离心开关或起动电容损坏时可用  $12\Omega$  二端消磁电阻代用。虽然消磁电阻的热惰性及本身电阻对电机起动性能和起动转矩稍有影响,但在多数情况下是可以正常工作的。

2. 老式鼓风机很多是用隐极罩极电机拖动的。其起动绕组常因过热而烧坏。如将起动绕组改成串联并串入  $12\Omega$  消磁电阻,即可避免起动绕组过热烧坏。

3. 夜间开灯会有不舒服的耀眼感觉。如果用一个二端消磁电阻并联在灯泡两端,再串联一个电容与电源连接,就能实现灯泡的“慢起动”发光,并延长灯泡的寿命。消磁电阻可根据灯泡大小选用,电容容量可用公式  $C=10^6 P / 0.97 f U^2$  算出,式中  $P$  是灯泡功率,  $f$  是电源频率,  $U$  是电源电压。其容量要求并不严格,选大致相近规格的即可,耐压应在  $400V$  以上。

零位一般只偏差几个毫伏),也可以省去调零电路以降低成本及简化电路。

4. 初学者在设计、调试电路时常常会提出这样的问题,即对于由若干级放大器组成的控制电路是否需要每个运放级都调零?答案是否定的。我们以图7低速转台调速电路为例加以说明。电路中用了三个运放,其中  $N_1$ 、 $N_2$  组成两级比例放大,  $N_3$  组成反相器。 $N_2$ 、 $N_3$  输出的差动信号控制桥式功放电路驱动低速力矩马达  $M_1$ ,并通过测速电机  $M_2$  反馈,形成闭环。这里即使对三个运放电路分别调好零再连在一起,电路的输出仍不一定是零。这是因为在高增益电路中,每级运放的放大倍数可能都很高,而所谓调零并不是真能把运放的输出调到零,而是  $U_0$  已小到电压表的量程分辨率之外,看不出  $U_0 \neq 0$  罢了。将这些输出并不真

## 4. 光栅正常 无图无声

光栅正常,说明电源部分、扫描电路、显象管电路等基本正常,故障主要在图象和伴音的公共部分,即高频调谐器、预选器、中放电路、视频检波,或 AGC 电路故障引起高放,中放电路工作异常。此种故障的发生部位和黑白电视机是一样的。一般来说,伴音通道和图象通道同时出现故障的概率是很小的,雷击或电压过高引起的损坏,才会出现此种例外情况。这些故障分别在无伴音或无图象中分析。

无图无声的故障范围较大,修理时我们

首先要缩小故障范围,一般可利用感应法:把通道部分高频调谐器的 IF 输出端断开,在中放 IF 输入端用万用表  $R \times 100$  档感应。正常时屏幕上有噪声和网纹变化。若没有变化则故障在图象中放通道部分;若有变化而无图无声,则故障在高频调谐器部分。对于有些故障,如某一频段收不到信号,或低端收到而高端收不到,则很容易直接判断。由于通过高频调谐器变频后输出的中频信号频率是一样的,所以只要能收到某一台

## 会修黑白

## 电视机

## 就能

## 很快学会

## 修理彩色

## 电视机(四)

■

郑

莺

正是零的放大器串在一起,前级的极微小零位输出被后几级放大后,仍能表现出相当大的零位输出。因此,即使每个运放级都调好零,各级串在一起后仍然还要再调零。既然如此,我们就不必要求每级运放都调零,而只在其中调零最灵敏的第一级加上调零电路,并在电路串成闭合回路后一起进行调零。这时,第一级运放的输出并不一定是零,但它可以补偿第二级、反相器及功放电路所有的零位偏移,并保证系统总的输出为零。

5. 电路调零并不是一劳永逸。因为集成运放的失调电压  $V_{10}$ 、失调电流  $I_{10}$  虽然可以通过调零加以补偿使运放输出为零,但运放的  $V_{10}$  和  $I_{10}$  具有一定温度系数,会随环境温度的变化而变化。今天调好零,到明天温度变了、输出又不是零了。因此,对某些要求高的应用电路,在每次使用前应预热一段时间后重新调零。