

- (1)防止电源电压严重下降时电动机欠电压运行。
- (2)防止电源电压恢复时,电动机自行启动而造成设备和人身事故。
- (3)避免多台电动机同时启动造成电网电压的严重下降。

但如果不采用按钮,而用不能自动复位的手动开关、行程开关等控制接触器,则必须采用专门的零压继电器。对于多位开关,要采用零位保护来实现失压保护,即电路控制必须先接通零压继电器,在工作过程中,一旦失电,零压继电器释放,其自锁也释放,当电网恢复正常时,就不会自行投入工作。

2. 欠电压保护

电动机或电器元件在有些应用场合下,当电网电压降到额定电压的 $60\% \sim 80\%$ 时,就要求能自动切除电源而停止工作,这种保护称为欠电压保护。因为电动机在电网电压降低时,其转速、电磁转矩都将降低甚至堵转。在负载一定的情况下,一方面,电动机电流将增加,不仅影响产品加工质量,还会影响设备正常工作,使机械设备损坏或造成人身事故。另一方面,由于电网电压降低,如降到额定电压的 60% ,控制电路中的各类交流接触器、继电器既不能释放又不能可靠吸合,处于抖动状态并产生很大噪声,致使线圈电流增大甚至过热,造成电器元件和电动机的烧毁。

除上述采用接触器及按钮控制方式,利用接触器本身的欠电压保护作用外,还可以采用低压断路器或专门的电磁式电压继电器来进行欠电压保护,其方法是将电压继电器线圈跨接在电源上,其动合触头串接在接触器控制回路中。当电网电压低于整定值时,电压继电器动作使接触器释放。由于电流增加的幅度尚不足以使熔断器和热继电器动作,因此两者不起保护作用,如果不采取措施,时间一长将损坏电动机。

3. 过电压保护

当由于某种原因使异步电动机的电源电压超过其额定值时,电动机的定子电流增大,使电动机发热增多,时间久了就会造成电动机损坏。如果电压比额定值高很多,则电动机定子电流就会超出额定值许多而可能烧坏电动机,因此,需要进行过电压保护。

最常见的过电压保护装置是过电压继电器。电源电压一旦过高,过电压继电器的常闭触头就立即动作,从而控制接触器及时断开电源。过电压继电器的动作电压整定值一般可为电动机额定电压的 1.05 倍 ~ 1.2 倍。

三、断相保护

异步电动机在正常运行时,如果电源任一相突然断路,电动机就处于断相运行。此时电动机实际上是在单相电源下运行,电动机定子电流会增大,转速要下降甚至会堵转,时间一长就会烧坏电动机。实践表明,断相运行是使电动机损坏的主要原因之一,因此应进行断相保护,或称缺相保护。

引起电动机断相运行的原因很多,如熔断器一相熔体烧断,电动机绕组一相断路、一相接触不良或松脱,电源一相线路断开等,其中尤以熔断器一相烧断的情况最为常见。为此,国际电工委员会专门规定:凡是使用熔断器保护的电动机,都应设有断相保护装置。

断相运行时,线路电流和电动机绕组连接因断相形式(电源断线、绕组断线等)的不同而不同;电动机负载越大,故障电流也越大。断相运行时,通常可以根据电流或电压发生的变化特征检测出断相信号来构成断相保护装置。断相保护可用的方法较多,现举例

如下。

1. 用带断相保护的热继电器

断相运行时,采用没有断相保护的热继电器虽然有时也能起到保护作用,但毕竟有很大的局限性。特别是对正常运行时采用 Δ 形接法的电动机,发生断相故障时,在故障相线电流小于对称运行时保护电流的整定值时,非故障相绕组的电流却可能已经超过了其额定值。因此,如把热继电器的热元件串接在三相进线中,采用无断相保护的热继电器就不能起到保护作用。所以,应选用带断相保护的热继电器进行断相保护。与此同时还可实现电动机的过载保护。

2. 采用电压继电器

对三相Y接法的对称负载,其中性点对地的电压值理论上应为零(实际上不可能完全对称,会有一定的电压,但其值很小)。Y接法的电动机有这样一个中性点,对 Δ 接法的电动机则可以人为地造成这样一个中性点。在中性点与地之间接入电压继电器的电磁线圈,当电动机断相运行时,中性点对地电压会升高到几十伏,使继电器动作,驱动接触器切断电源。采用这种方法应注意避免因三相电动机接通电源的瞬间三相可能有先后而造成的电压继电器的误动作。

3. 采用欠电流继电器

可以将三个欠电流继电器串接入电动机的三相进线中,并将它们的常闭触头串联起来去控制接触器。由于电动机断相运行时故障相的电流会大幅度减小或变为零,这时其中一个欠电流继电器会动作,通过接触器切断电源。

4. 断丝电压保护

断丝电压保护是针对熔断器一相熔丝熔断的断相保护。一相熔丝熔断后,电动机处于断相运行,在断丝两端就会产生电压。利用该电压可使继电器动作,控制接触器去切断电源。

5. 采用专门为断相运行而设计的断相保护继电器

断相保护继电器的主体是能够检测出断相的电子电路。电动机正常运行时,电路输出电压为零;断相运行时,电路会输出一个电压,可以触发接触器动作去切断电源。这样的电子电路的形式有很多,这里不做详细介绍。

四、温度保护

这里所说的温度保护,是指直接反映温度高低、防止温度过高的保护。

在电动机电流没有超过额定值时,由于通风不良、环境温度过高、启动次数过于频繁等原因,会使电动机过热。这些情况下,采用上面介绍的过电流保护及过载保护都不能解决问题,因此需要直接反映温度变化的热保护器。

温度保护通常可采用温度继电器。温度继电器主要有双金属片式和热敏电阻式两种,它们都直接被埋置在发热部位(绕组之中或其端部、轴承等),因此也称为嵌入式或装入式热保护器。热敏电阻式温度继电器中的热敏电阻具有正温度系数,且有温度系数大、灵敏度高、体积小、坚固可靠等优点,因此得到了广泛的应用。此外,热敏电阻还可用来检测电动机断相运行时故障相的温度以实现断相保护。

五、漏电保护

上面介绍的各种保护都是以电动机为直接保护对象的。当电动机出现漏电时,现场操作人员如果触及电动机,就可能发生人身伤害事故。以人为直接保护对象(同时也可防止漏电引起的火灾或爆炸事故)、以人体接触的安全电压或流过人体的电流时间允许值为基准来自动切断低压电源的保护就是漏电保护。

目前,常采用电流动作式漏电继电器来进行电动机漏电保护。漏电继电器适用于已具有低压断路器或交流接触器作电源总开关的场合,通过漏电继电器的触头来控制断路器的脱扣或者接触器的线圈,在很短的时间内切断电源,起到漏电和触电保护作用。

六、电动机常用保护电路分析

1. 防止电压波动造成电动机停止的电路

防止电压波动造成电动机停止的电路如图 5-24 所示。

启动时,按下启动按钮 SB_1 ,接触器 KM 、断电延时时间继电器 KT_1 和通电延时时间继电器 KT_2 相继得电吸合, KM 的主触头闭合,电动机转动。同时, KM 的动合触头 KM (4—6) 闭合, KT_1 的断电延时断开触头 (3—6) 闭合;这样经 KM 的已闭合的动合辅助触头 (4—6) 和 KT_1 的已闭合的触头 (3—6),使 KM 、 KT_1 、 KT_2 保持吸合状态。经延时,通电延时继电器 KT_2 的延时断开触头 (4—6) 断开,为电压波动造成电动机失电释放重新启动做准备。

停止时,按下 SB_2 ,则 KM 、 KT_1 失电释放,电动机停转, KT_1 已闭合的触头 (3—6) 经延时后断开, KT_2 失电释放,其延时断开触头 (4—6) 闭合。

当电路电压波动或短时停电时, KM 、 KT_1 、 KT_2 均失电释放,电动机停转。但在 KT_1 的延时断开的动合触头 KT_1 (3—6) 尚未断开前恢复供电,则 KM 和 KT_1 仍可经过 KT_1 和 KT_2 触头得电吸合、自锁,电动机自动启动。如果电压在 KT_1 延时触头断开之后恢复正常,则控制电路不通,电动机将不能自行启动。

由上述可知,电路的延时时间只与断电延时继电器 KT_1 延时时间有关;通电延时继电器 KT_2 触头的延时断开时间只要保证大于 KM 触头的固有闭合时间就可以。

2. 电动机典型保护电路

电动机典型保护电路如图 5-25 所示。

熔断器 FU_1 、 FU_2 作为短路保护;热继电器 FR 作为过载保护(热保护);过流继电器 KI_1 、 KI_2 作为过流保护;中间继电器 KA 作为零压保护;欠电压继电器 KV 作为欠压保护;连锁保护通过正向接触器 KM_1 与反向接触器 KM_2 的动断触头来实现。

电路的工作过程是:合上电源开关 QS ,当电源电压正常时,欠电压继电器 KV 得电吸合,其动合触头 KV (12—13) 闭合,使中间继电器 KA 得电吸合。 KA 的动合触头 KA

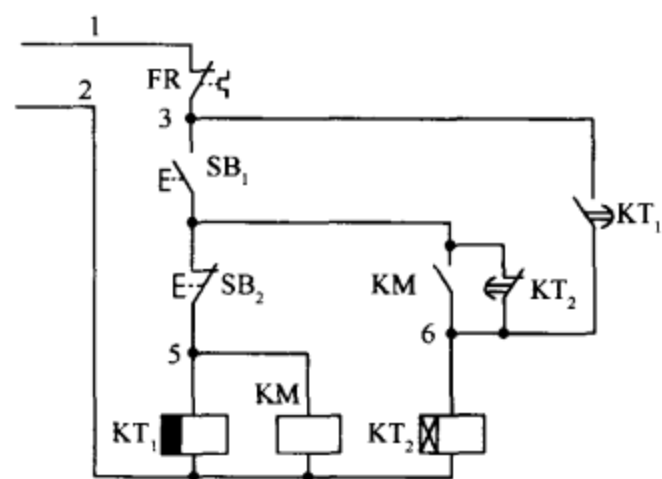


图 5-24 防止电压波动造成电动机停止的电路

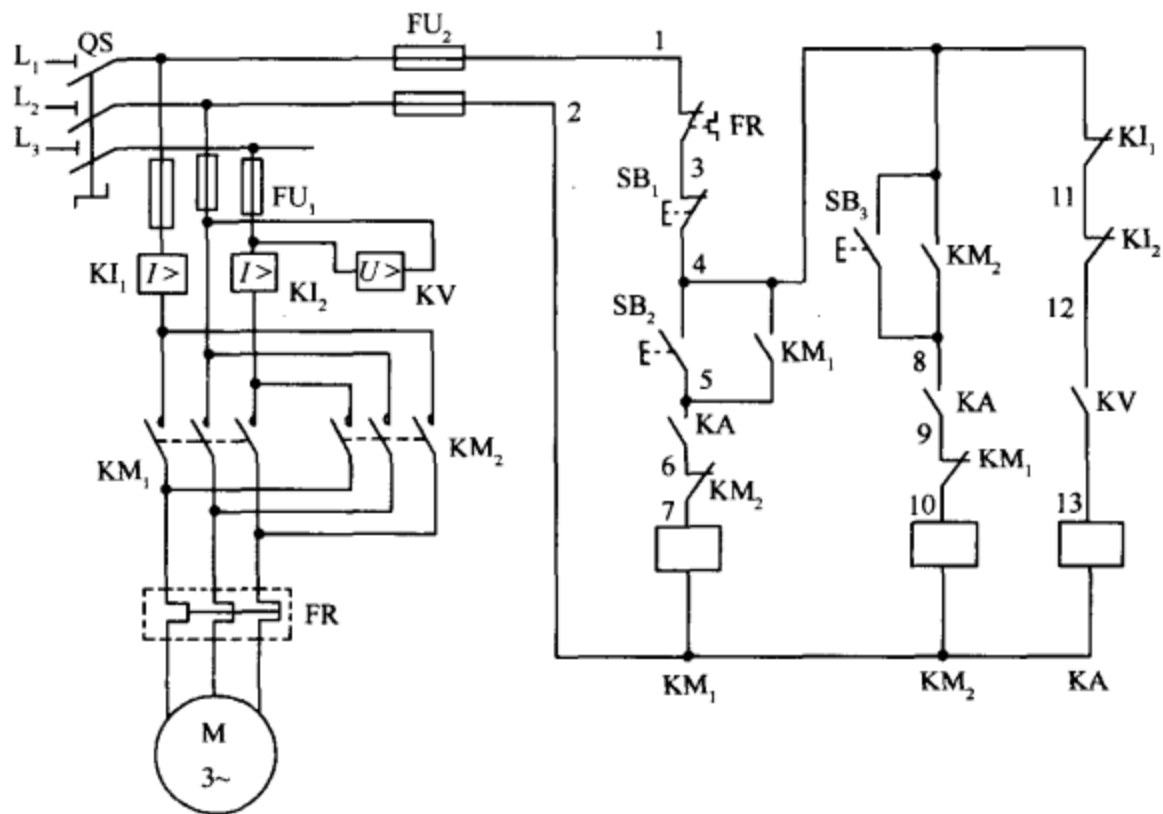


图 5-25 电动机典型保护电路

(5—6)、KA(8—9)闭合,作为 KM_1 、 KM_2 得电的条件。从而使 KM_1 或 KM_2 可以得电吸合,电动机 M 可以正转、反转启动运转。

当欠电压时, KV 失电释放,其动合触头 KV(12—13)复位断开;当电动机过流时,过流继电器 KI_1 或 KI_2 吸合,其动合触头 KI_1 (4—11)、 KI_2 (11—12)断开,使 KA、 KM_1 、 KM_2 失电释放,电动机停转,从而达到保护电动机的目的。

3. 电动机多功能保护电路

对电动机的基本保护,如过载保护、断相保护、短路保护等,最好能在一个保护装置内同时实现,多功能保护器就是这种装置。图 5-26 所示电路就是一种电动机多功能保护电路。

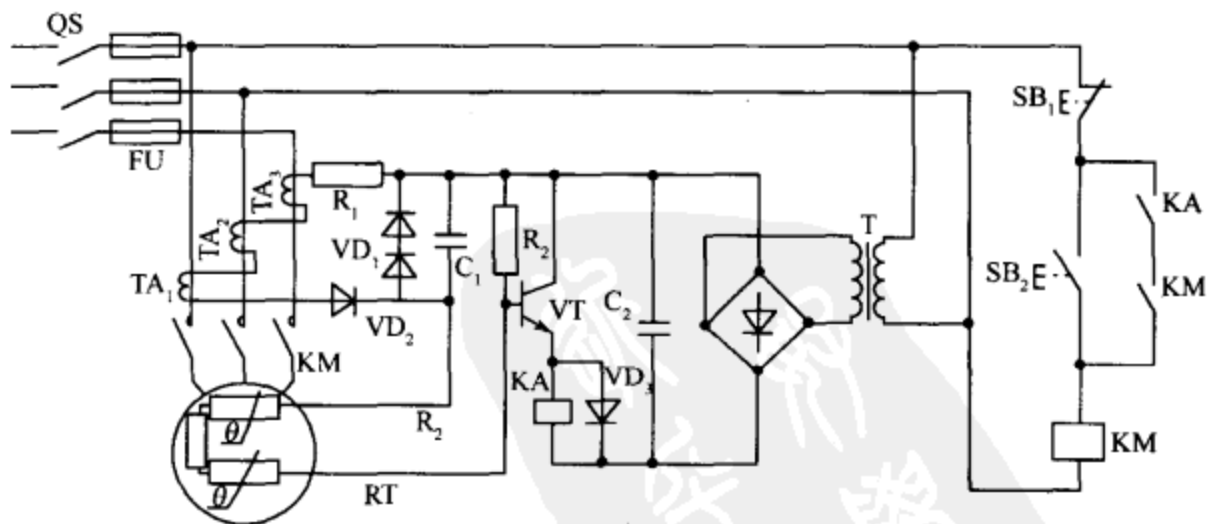


图 5-26 电动机多功能保护电路

保护信号由电流互感器 TA_1 、 TA_2 、 TA_3 串联后取得。这种互感器选用具有较低磁饱和密度的磁环制成。电动机运行时磁环处于饱和状态,因此互感器副边绕组中的感应电动势,除基波外还有三次谐波成分。

当电动机正常运行时,三相的线电流基本平衡(大小相等,相位互差 120°),因此在互

感器副边绕组中的基波电动势合成为零,但三次谐波电动势合成后是每相电动势的 3 倍。取得的二次谐波电动势经过二极管 VD_2 整流、 VD_1 稳压、电容器 C_1 滤波,再经过 R_1 与 R_2 分压后,供给晶体管 VT 的基极,使 VT 饱和导通。于是继电器 KA 吸合,KA 动合触头闭合。按下启动按钮 SB_2 时,接触器 KM 得电吸合。

当电动机电源断开一相时,其余两相线电流大小相等、方向相反,互感器三个串联的副边绕组中只有两个绕组感应电动势,且大小相等、方向相反,结果互感器副边绕组总电动势为零,既不存在基波电动势,也不存在三次谐波电动势,于是 VT 的基极电源为零,VT 截止,接在 VT 集电极的继电器 KA 释放,接触器 KM 失电释放,KM 主触头断开,切断电动机电源。

当电动机由于过载或其他故障使其绕组温度过高时,热敏电阻 RT 的阻值急剧上升,改变了 R_1 和 R_2 的分压比,使晶体管 VT 的基极电流下降到很低的数值,从而使 VT 截止,继电器 KA 释放,同样能切断电动机电源。



第六章 单相异步电动机原理与维修

采用单相交流电源的异步电动机称为单相异步电动机。单相异步电动机常用于功率不大家用电器和电动工具中,如电风扇、洗衣机、电冰箱和手电钻等。本章首先介绍单相异步电动机的原理和结构,然后分析单相异步电动机的启动、反转、调速及绕组展开图的画法,最后对单相异步电动机的维修和改装作了具体介绍。

第一节 单相异步电动机的原理与结构

一、单相异步电动机的工作原理

1. 单相绕组的定子磁场

在单相异步电动机的单相绕组中通入单相交流电后,将会产生一个脉动磁场,如图 6-1 所示。

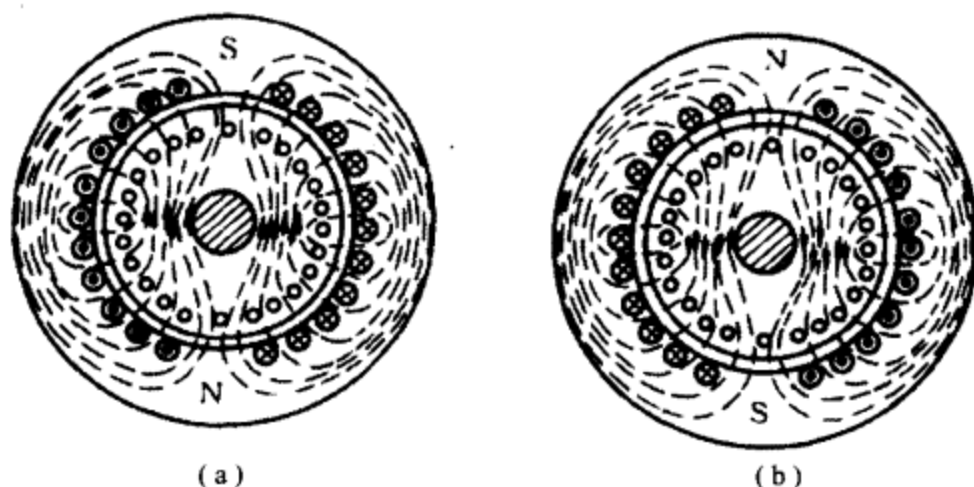


图 6-1 单相异步电动机的脉动磁场

(a)电流为正半周时;(b)电流为负半周时。

当电流为正半周时,磁场方向垂直向上,如图 6-1(a)所示;当电流为负半周时,磁场的方向垂直向下,如图 6-1(b)所示。磁场的轴线在空间固定不变,并不旋转,但可以认为该脉动磁场是由两个大小相等、转速相同,但旋转方向相反的旋转磁场所合成。当转子静止时,两个旋转磁场在转子上产生的合转矩为零,所以转子不能自行启动。如果用外力使转子按顺时针方向旋转一下,则顺时针方向的电磁转矩大于逆时针方向的电磁转矩,而使转子顺时针方向连续旋转;反之沿逆时针方向旋转。

综上所述,单相异步电动机具有两个特点:一是它的启动转矩等于零,不能自行启动;二是它的旋转方向不是固定的,完全取决于启动时的旋转方向。因此,单相异步电动机的一个重要问题,便是它的启动方法问题。

2. 单相异步电动机的定子磁场

大家知道,三相交流鼠笼式电动机是在定子中嵌放互成 120° 的三相绕组,在三相绕

组中通以三相对称交流电流,便可产生旋转磁场。而单相电动机输入的是单相交流电源,根据前面分析,它所产生的磁场是单相脉动磁场,而不是旋转磁场,因而不能产生启动转矩,电动机当然就不能启动运转。为使单相电动机产生旋转磁场,就必须采取特殊的措施。

首先,在定子绕组的设计上,与三相电动机有所不同。单相电动机的定子槽内嵌放有两个绕组,即主绕组(运行绕组)和副绕组(启动绕组),并使两绕组的中轴线在空间互成一定的角度;其次要使通入两绕组的同一电流造成不同的相位差,变成两相电流。为了造成不同相位的电流,可采取不同的启动方法来实现,通常是在辅助绕组中串以电阻或电容器,使流进副绕组的电流滞后或超前于主绕组电流一个角度,从而形成两相旋转磁场。

下面以两相绕组中电流相位相差 90° 为例,分析其形成的磁场,设流入主绕组的电流为 $i_{\text{主}}$,流入副绕组的电流为 $i_{\text{副}}$,在一个周期内,电机的两相绕组的电流变化曲线和磁场的方向如图 6-2 所示。

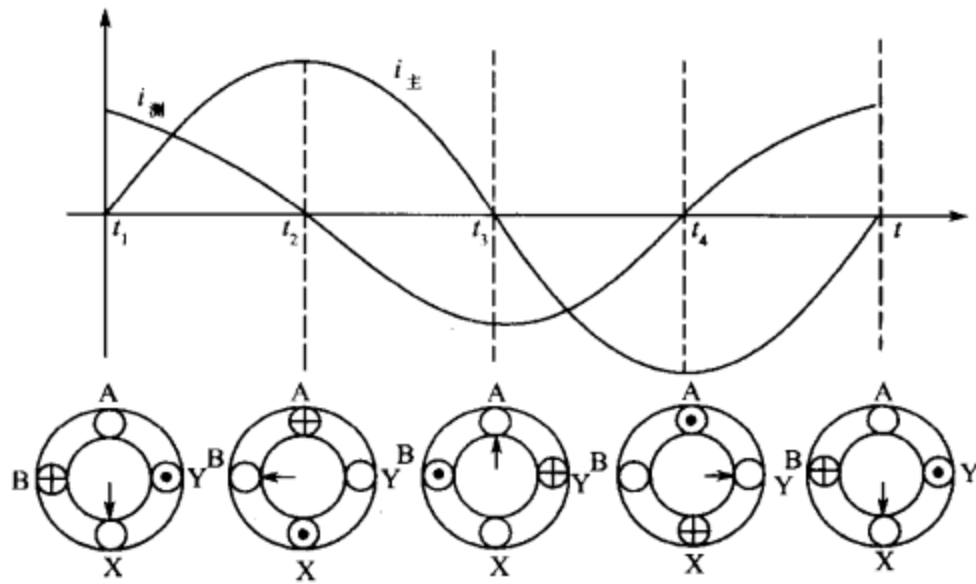


图 6-2 电机的两相绕组的电流变化曲线和磁场的方向

设 A-X 为主绕组线圈, B-Y 为副绕组线圈,并规定电流从 A、B 端流入,从 X、Y 端流出为正方向,反之为负方向。

在 t_1 时刻, $i_{\text{主}}$ 电流为零, $i_{\text{副}}$ 电流为正最大时,此时电流从 B 流入、从 Y 流出,用安培右手定则可判断出磁场方向向下,如箭头所示;在 t_2 时刻, $i_{\text{主}}$ 为最大, $i_{\text{副}}$ 为零,电流由 A 端流入,从 X 端流出,磁场方向向左;在 t_3 时刻, $i_{\text{主}}$ 为零, $i_{\text{副}}$ 为负最大值,电流由 Y 端流入副绕组,从 B 端流出,此时磁场方向向上。同理,可判断出 t_3 、 t_4 瞬时的磁场方向。

以上是在 5 个特殊时刻,两相电流中有一相电流为零的情况下的磁场方向。在由 t_1 到 t_5 的各时刻之间,磁场方向变化是两相电流共同作用的结果,是一个连续变化的过程,也就是说,在一个周期内磁场顺时针方向旋转一周。

以上分析说明,在给定子绕组下线时,使主、副绕组在空间成 90° 电角度,并使通过两绕组的电流具有一定的相位差,就可产生旋转磁场。

重点提示 三相异步电动机在电源断掉一根线时,就成为单相电动机运行,在启动时转矩为零而不能启动,只能听到嗡嗡声,这时电流很大,时间长了,就将电动机烧坏。

三相异步电动机如果在运行中断了一线,则电动机仍将继续转动。若此时还带动额定负载,则势必超过额定电流。时间一长,也会使电动机烧坏。

二、单相异步电动机的结构

无论是什么类型的单相异步电动机,其结构基本相同,都是由定子、转子、端盖、启动元件等组成。

1. 定子

单相异步电动机的定子包括机座、定子铁芯、定子绕组三大部分。

(1)机座。机座采用铸铁、铸铝和钢板制成,其结构形式则取决于电机的使用场合及冷却方式。单相异步电动机的机座形式一般分为开启式、防护式、封闭式等几种。开启式结构的定子铁芯和绕组外露,由周围空气自然冷却,多用于一些与整机装成一体的使用场合,如洗衣机等。防护式结构是在电机的通风路径上开些必要的通风孔道,而电机的铁芯和绕组则被机座遮盖着。封闭式结构是整个电机采用密闭方式,电机的内部与外部隔绝,防止外界的侵蚀与污染,电机内部的热量由机座散发。当散热能力不足时,外部再加风扇冷却。

另外有些专用电机可以不用机座,直接把电机与整机装成一体,如电钻、电锤等手提电动工具等。

(2)定子铁芯。定子铁芯多用铁损小、导磁性能好,厚度为 $0.35\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$ 的硅钢片冲槽叠压而成。定、转子冲片上都均匀冲槽。由于单相异步电动机定、转子之间气隙比较小,一般在 $0.2\text{mm}\sim 0.4\text{mm}$,为减小定、转子开槽所引起的电磁噪声和齿谐波附加转矩等的影响,定子槽口多采用半闭口形状。转子槽则为闭口或半闭口,并且还采用转子斜槽来降低定子齿谐波的影响。集中式绕组罩极单相电动机的定子铁芯则采用凸极形状,也用硅钢片冲制叠压而成。

(3)定子绕组。单相异步电动机的定子绕组,一般都采取两相绕组的形式,即主绕组和副绕组。主副绕组的轴线在空间相差 90° 电角度,两相绕组的槽数、槽形、匝数可以是相同的,也可以是不相同的。一般主绕组占定子总槽数的 $2/3$,副绕组占定子总槽数的 $1/3$,但应视各种电机的要求而定。

定子绕组的导线都采用高强度聚酯漆包线,线圈在线模上绕好后,嵌放在备有槽绝缘纸的定子槽内。经浸漆、烘干等绝缘处理后,可以提高绕组的机械强度和导热性能。

2. 转子

转子是电动机的旋转部分,电动机的工作转矩就是从转子轴输出的。单相异步电动机一般均采用鼠笼式转子,转子主要由转子铁芯、轴和转子绕组等组成。转子铁芯由硅钢片叠成,转子硅钢片的外圆上冲有嵌放绕组的槽。轴经滚花后压入转子铁芯。转子铁芯多采用斜槽结构,槽内经铸铝加工而形成铸铝条,在伸出铁芯两端的槽口处,用两个端环把所有铸铝条都短接起来,形成鼠笼式转子。铸铝条和端环通称为转子绕组。整个转子经上下端盖的轴承而定位。

转子绕组用于切割定子磁场的磁力线,在闭合成回路的铸铝条(即导体)中产生感应电动势和感应电流,感应电流所产生的磁场和定子磁场相互作用,在导条上将会产生电磁转矩,从而带动转子启动旋转。

3. 启动元件

单相异步电动机没有启动力矩,不能自行启动,需在副绕组电路上附加启动元件才能

启动运转。启动元件有电阻、电容器、耦合变压器、继电器、PTC 元件等多种,因而构成不同类型的电动机。有些启动元件安装在电动机的内部,有些则装在外部,无论在内部还是在外部,一般认为启动元件是单相异步电动机结构的一个组成部分,常用的启动元件有以下几种。

1)离心开关

离心开关装在电动机的端盖里,它使启动绕组在电动机启动时与电源接通,而当转速升到额定转速的 75%时,在离心力的作用下离心开关动作,使启动绕组脱离电源。

离心开关包括静止部分和转动部分。较常用的 U 形夹片式离心开关的静止部分由 U 形磷铜夹片和绝缘接线板组成,还有一对动触头和静触头,以分断电路,其转动部分则装在转轴上,如图 6-3 所示。

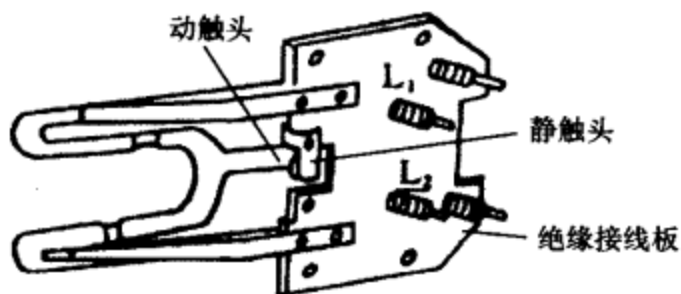


图 6-3 U形夹片离心式开关

离心开关的工作原理如图 6-4 所示。电动机静止时,在弹簧压力作用下两触点闭合,接通副绕组。电动机通电启动后,当转速达到额定转速的 75%时,在离心力作用下,旋转部分的重块飞开,触点分离;电动机静止时,重块复位,触点闭合,副绕组重新接通,为下次启动做好准备。

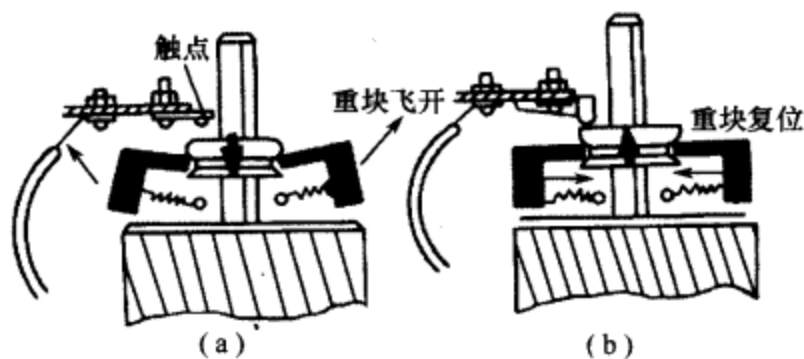


图 6-4 离心开关工作原理示意图

(a)触点分开时状况;(b)触点闭合时状况。

还有一种指形触头式离心开关,其静止部分由两个半铜环组成,类似直流电动机的换向器,转动部分则是三个指形铜触头,在电动机不转时夹住铜环,如图 6-5 所示。当电动机转速升到额定转速的 75%时,在离心力的作用下指形铜触头和铜环脱离,自动切断电路。

离心开关运行可靠,但结构复杂,应用较少。

2)启动继电器

(1)电流继电器。电流继电器也叫重锤式启动器,是利用启动电流的大小来使继电器动作的,从而接通或切断副绕组电路。重锤式启动器广泛应用于压缩机中,其外型与内部构造如图 6-6 所示,由吸力线圈、衔铁(重锤)、弹簧、动触点、静触点等组成。它的结构紧凑、体积小,使用时直接插在压缩机启动与运行接线柱上,并与保护器组装在一个接线盒内。

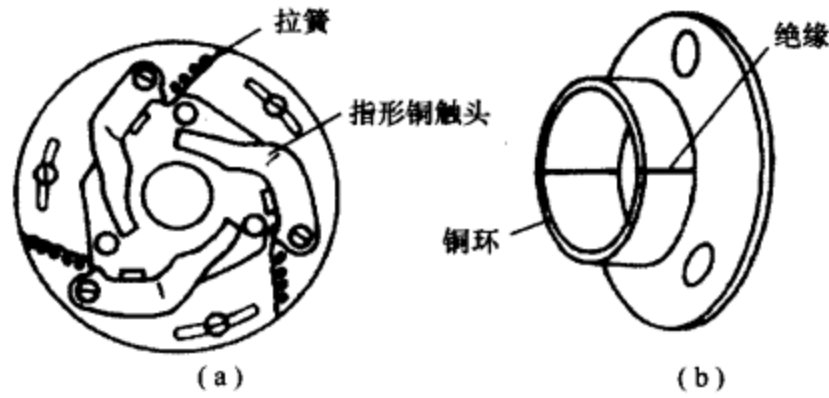


图 6-5 指形触头式离心开关
(a)转动部分；(b)静止部分。

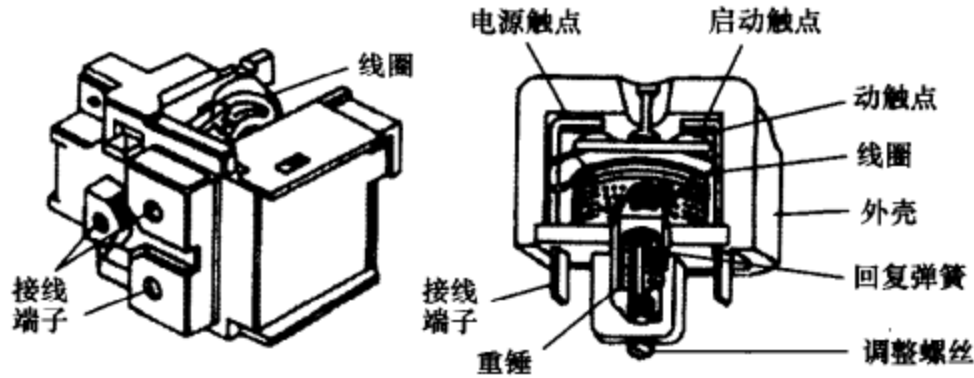


图 6-6 重锤式启动器

重锤式启动器接线如图 6-7 所示，继电器的磁力线圈与主绕组串联，静触点与副绕组相接。电路刚接通时，转子还没启动，主绕组电路仅有电阻存在，故启动电流很大，可达到额定电流的 5 倍~8 倍。大电流经过启动器线圈时，将产生很大的电磁力，电磁力克服继电器内的弹簧拉力，将具有动触点的重锤(衔铁)吸上，动、静触点闭合接通，将副绕组接通，于是电动机启动。随着电动机转速上升，主绕组电流下降，线圈中的电磁力减小。当电动机转速达到额定转速的 70%~80%时，电磁力不能吸引住重锤，于是重锤下落，动触点随之与静触点分离，将副绕组断开，电动机启动完毕。

(2)电压继电器。电压型启动继电器的接线如图 6-8 所示。在断电时，常闭触点在弹簧拉力下闭合，将副绕组接入电路。接通电源后，主、副绕组中都有电流通过。电动机开始启动。这时，电压线圈的阻抗远大于副绕组的阻抗，电压线圈中的电流很小。当电动机转速逐渐升高时，副绕组中的反电动势也随之升高，所以电压线圈中的电流逐渐增大，当

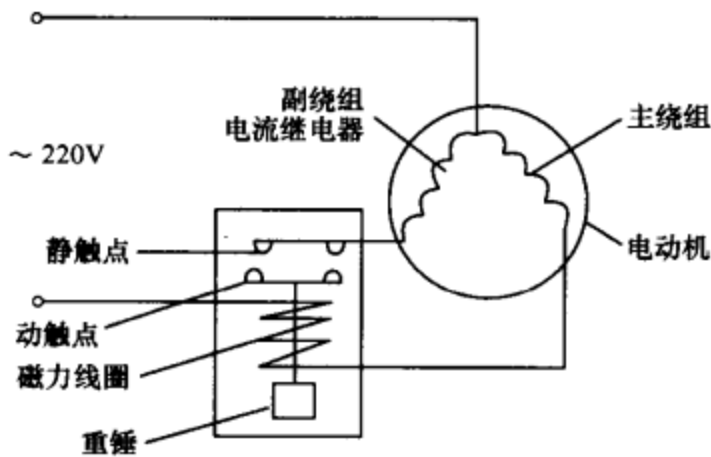


图 6-7 电流启动继电器

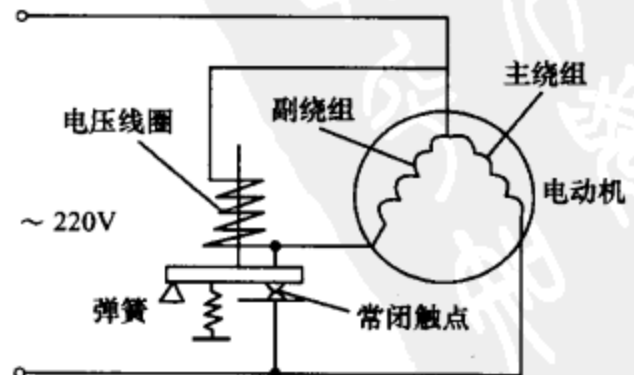


图 6-8 电压启动继电器

电流达到一定数值时(相当于电动机转速达到额定转速的 70%~80%),线圈所产生的电磁力便克服弹簧的拉力,使触点断开,副绕组断电,电动机进入正常运行状态。此时由于电压线圈与副绕组构成闭合回路,副绕组的感应电动势产生的感应电流便流经电压线圈以维持常闭触点在断开状态。电压启动继电器主要应用在大容量电冰箱中。

(3)差动式继电器。差动式继电器接线图如图 6-9 所示。差动继电器有电流和电压两个线圈,因而工作更为可靠。电流线圈与电动机的主绕组串联,电压线圈经过常闭触点与电动机的副绕组并联。当电动机接通电源时,主绕组和电流线圈中的启动电流很大,使电流线圈产生的电磁力足以保证触点能可靠闭合。启动以后电流逐步减小,电流线圈产生的电磁力也随之减小。于是电压线圈的电磁力使触点断开,切除了副绕组的电源。

3)动合按钮

动合按钮是一种比较简单的启动元件,在一些电阻启动电动机上应用。如图 6-10 所示,在电动机的副绕组电路上串联一个动合按钮,在电动机接通电源的同时按下动合按钮,接通副绕组。当电动机启动起来后,放开动合按钮,便切断了副绕组电路。

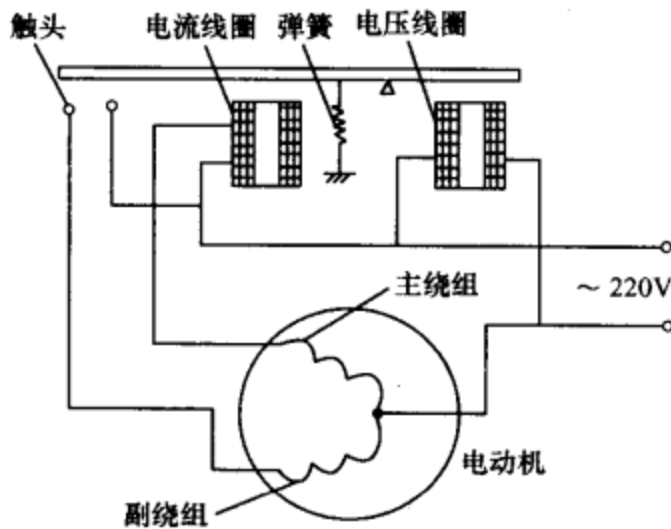


图 6-9 差动式启动继电器

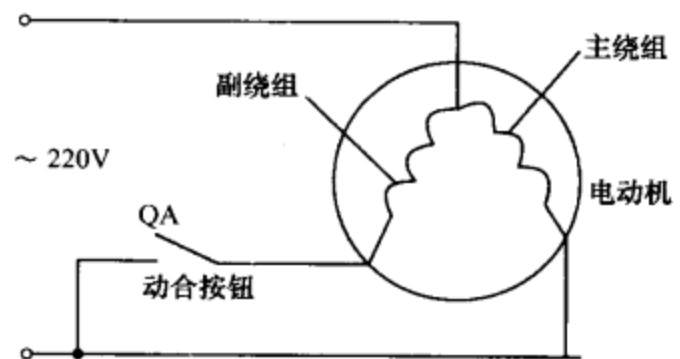


图 6-10 动合按钮

4)PTC 启动器

PTC(正温度系数热敏电阻)启动器广泛应用于电冰箱、空调器的压缩机电路和电风扇微风挡电路中,PTC 元件是一种半导体材料的名称,是以酞酸钡掺合微量稀土元素,通常采用陶瓷工艺制成的元件,引出电极后整个元件用胶木密封。PTC 材料的特点是它的阻值大小对温度非常敏感。在正常室温下,PTC 的电阻值很小,约 10 多欧至 30 多欧(视不同压缩机而不同),当达到某一温度值时,电阻值会急骤增大数千倍,这一温度称为临界温度。压缩机所用的 PTC 元件的临界温度一般为 50℃~60℃。

用做压缩机启动器的 PTC 材料是正温度系数,在常温下它内阻极小,与启动绕阻的阻抗相比可视为短路。当有电流通过时,PTC 温度迅速上升,而在温度超过 110℃以后,其阻值能大于 20kΩ,与启动绕组阻抗比相当于开路。因此,它被用作压缩机的启动元件。PTC 启动器直接插在压缩机启动与运行接线柱上固定。

PTC 启动器是一种无触点启动器,它的适应电压范围宽,能提高压缩机电机启动转矩。图 6-11 是 PTC 启动器的外型与内部结构。

PTC 元件一般串联在电动机的启动绕组中,接线图如图 6-12 所示。压缩机开始启

动时,PTC元件的温度比较低,电阻很小,电路可近似地视为直通。这样,压缩机可顺利启动。启动过程中,PTC元件中通过的大电流使其温度迅速升高,当温度升至临界温度后,PTC元件电阻值突然增大至数万欧姆,通过的电流下降到可以忽略不计,近似地视为断路。此时,压缩机副绕组基本无电流通过,压缩机正常运转。

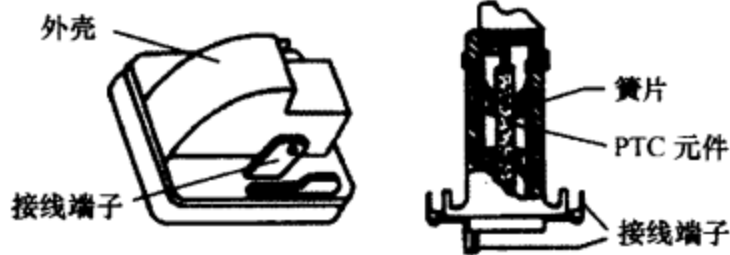


图 6-11 PTC 启动器的外型与内部结构

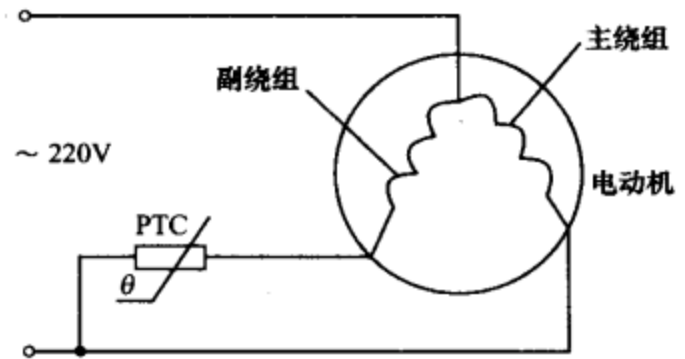


图 6-12 PTC 启动器接线图

由于启动过程中,PTC元件没有机械的触点动作,其中电流的通断是通过元件的自身电阻特性完成的,故 PTC 启动器又称为无触点启动器。这种启动器的特点是无运动零件、无噪声、可靠性较好、成本低、寿命长,对电压波动的适应性较强。电压波动只影响启动时间,使其产生微小的变化,而不会产生触点不能吸合或不能释放的问题。所以,它对压缩机的匹配范围较广。

选择 PTC 启动器时,耐压要大于 320V 以上,根据压缩机的最大电流来选择 PTC 的电阻值。其 PTC 动作时间也要与压缩机启动时间相对应,以保证压缩机有足够的加速时间。一般冷态启动压缩机,所选 PTC 的启动时间要大于 0.15s。PTC 启动器通断特性取决于自身的温度变化,所以,压缩机停机后必须等待 4min~5min,使 PTC 元件温度降低,恢复到低阻状态,才能再次启动。若在 20kΩ 高阻状态下启动压缩机,此时启动绕组相当于开路,压缩机不能转动,但运行绕组持续通过大电流,会导致压缩机绕组发热,甚至烧毁。

5) 电容器

单相电容式电动机用的电容器,按它的结构和类型分,主要分为三类。

(1) 纸介电容器。它是用两片金属薄膜长条,中间隔了一层或数层蜡纸作为介质。将金属薄膜条片卷成筒放入金属容器内,从金属薄膜片上引出两根接线端供接线用。

(2) 油浸电容器。这种电容器作为介质的绝缘纸是用油浸过的,紧密卷成筒后放入装有绝缘油的金属容器内,这样可以增加电容器的绝缘强度,也有利于散热。

(3) 电解电容器。电解电容器结构特点与上述电容器不同,它的结构和工作原理是这样的,一个极板由高纯度(99.95%以上)的铝箔制成,并经过化学腐蚀使铝箔表面起伏不平,从而增大极板的有效面积。电容器的工作介质是在铝金属表面利用化学方法生成的一层极薄的氧化膜。电容器的另一个极板不是金属,而是称为电糊的电解质。将电糊状电解液浸附在薄纸上,其引线借助于另一个铝箔,作为电容器的一个极。把铝箔与浸有电解质的薄纸叠起来并卷成圆柱形,密封在金属外壳中而成。将两个极板的接线引出来,并标上“+”和“-”极性。

前面的两种电容器由于不是用电解质作介质,所以没有正、负极性之分,故这种电容器适合于长期工作在交流电路之中。而电解质电容器由于有正、负极性,如果将电容器加

上反向的电压,则电容器很容易击穿而损坏,所以这种有极性的电解电容器用在交流电路时,其通电时间要在几秒钟以内,而且重复的次数不能太频繁,否则极易损坏。在相同电容量下电解质电容器价格则要便宜得多。

电容器的容量单位是“法拉”,简称“法”,用符号 F 表示。但这个单位太大,日常经常使用的为“微法”(μF), $1\text{F}=10^6\mu\text{F}$ 。单相电容电动机的电容器容量一般均不大于 $150\mu\text{F}$,选用电容器除了注意其电容量和额定电压应满足要求外,还要按不同的用途、需要以及经济性来选用。如,仅作启动用的电容器,由于它带电时间短,便可以选用价格较便宜的电解电容器。另外,由于电容式电动机采用的是交流 220V 电源,所以电容器的耐压必须大于等于 $\sqrt{3}$ 倍电源电压(即 400V)。

电动机使用过久或长期不用,电容器会失效或容量改变,此时必须更换相同规格的电容器,否则会影响电动机的正常工作。

第二节 单相异步电动机的启动方式

根据启动方法,单相异步电动机分为分相式电动机和罩极启动电动机两大类,而分相式电动机又分为电阻分相式和电容分相式两类,下面分别进行介绍。

一、分相式电动机

1. 电阻分相式电动机

1) 启动原理

电阻分相式电动机的结构比较简单,主要由定子、转子和离心开关组成,转子为鼠笼式结构,定子采用齿槽式,定子铁芯上布置有两套绕组,即主绕组和副绕组。为了使主绕组的启动电流和副绕组中的启动电流在时间上有相位差,通常主绕组用较粗的导线绕制,且匝数较多、感抗大、电阻小,一般占总槽数的 $2/3$;副绕组用较细的导线绕制,匝数少、感抗小、电阻大,一般占总槽数的 $1/3$ 。由于两绕组的电阻和电感不同,电源的单相电流在通过两绕组时变为具有相位差的两相电流。虽然这两相电流的相位差不是 90° ,但是这两相电流却可产生椭圆形的旋转磁场。

电阻分相式电动机原理图如图 6-13 所示。图中, A 是主绕组, B 是副绕组, S 是启动开关(离心开关、启动继电器或 PTC 元件等),当转子转速达到额定转速的 $70\% \sim 80\%$ 时,开关 S 断开,将副绕组切断,电动机继续运行至额定转速。

2) 特性

电阻分相式电动机具有构造简单、价格低廉、故障率低、使用方便的特点,其主特性如下:

(1) 电阻电动机的启动转矩一般是满载转矩的 2 倍,因此它的应用范围很广,如电冰箱、空调机的配套电动机。

(2) 电阻分相式电动机的转速很稳定,它的大小随定子极数和电源频率而变。同时,电动机负载的大小也能使转速起些微的变化。并且它加速过程很快,不到 1s 即可达到额定转速。

(3) 电阻分相式电动机的效率因设计性能、容量大小和转速高低而异,一般约为 $50\% \sim 60\%$ 。

(4)电阻分相式电动机的功率因数,也随电机的设计性能、容量大小、转速高低而不同。一般在满载时约为0.5~0.6,因此,电动机在接近满载时运行最为经济。

(5)启动电流大是电阻分相电动机的一大缺点,一般约为满载电流的6倍~7倍。

(6)电阻分相式电动机过载时温升都很高,因此,一般过载容量不得超过满载转矩的25%,时间不超过5min。

电阻分相式电动机具有中等启动转矩和过载能力,适用于低惯量负载、不经常启动、负载可变而要求转速基本不变场合,如小型车床、鼓风机、电冰箱压缩机、医疗器械等。

2. 电容分相式电动机

单相电容分相式电动机具有三种形式,即:电容启动式,电容运转式,电容启动、运转式。电容分相式电动机和同样功率的电阻分相式电动机在外形尺寸、定子铁芯、转子铁芯、绕组、机械结构等都基本相同,只是添加了1个~2个电容器而已。

1) 电容启动式电动机

电容启动式电动机是在副绕组电路中串入一个电容器及一开关。适当选择电容器容量和两绕组的电阻和电感,使副绕组电流与主绕组电流的相位差接近 90° ,从而在电动机气隙中获得一个近似于圆形的旋转磁场,使电动机启动运转。当转子转速达到额定转速的70%~80%时,开关S断开,将副绕组切断,电动机继续运行至额定转速。电容启动式电动机原理图如图6-14所示。

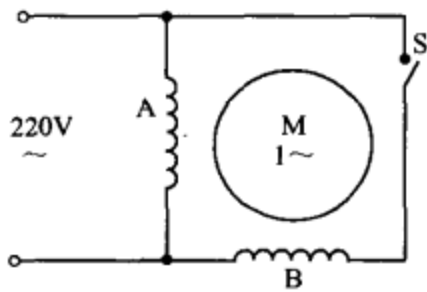


图 6-13 电阻分相式电动机

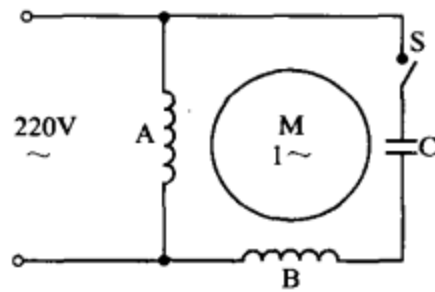


图 6-14 电容启动式电动机

电容启动式电动机具有较高启动转矩,一般达到满载转矩的3倍~5倍,故能适用于满载启动的场合。由于它的电容器和副绕组只在启动时接入电路,所以它的运转特性,如转速因负载不同而变化,其功率因数、效率、过载容量等,都与同样大小并有相同设计的电阻分相式电动机基本相同。

单相电容启动式电动机多用于电冰箱、水泵、小型空气压缩机及其他需要满载启动的电器、机械。

2) 电容运转式电动机

电容运转式电动机是应用最广泛的单相异步电动机。它是在副绕组中串接一电容器,但不串接开关S。在启动和运行中,副绕组及电容器不从电路切除,参与长期运行,故称为电容运转式电动机。这种电动机由于启动绕组也参与运行,因此运行时输出功率较大,功率因数较高,过载能力较强。由于电容具有滤波作用,因此电动机噪声低、震动较小。其缺点是,启动转矩还较小,常用于比较容易启动的家用电器电动机。

电容运转式电动机原理图如图6-15所示。

3) 电容启动、运转式电动机

电容启动、运转式电动机原理图如图6-16所示。

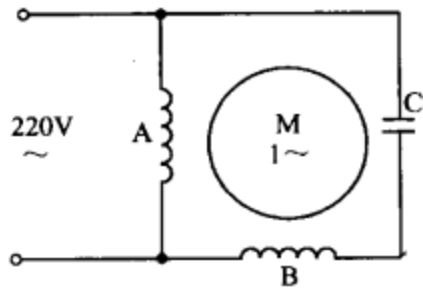


图 6-15 电容运转式电动机

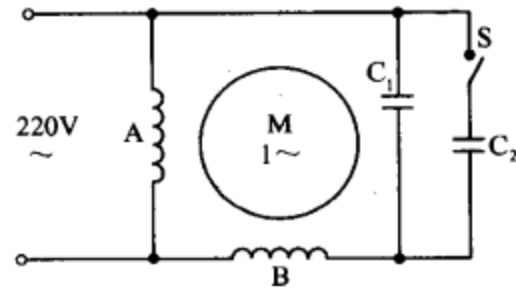


图 6-16 电容启动、电容运转式电动机

电容启动、运转式电动机是在副绕组中串联两个并联的电容器 C_1 和 C_2 , 其中电容器 C_2 为启动电容, 与开关 S 串联, 电容器 C_1 为运行电容。电动机启动时两只电容同时参与工作, 这时启动电容值为两电容之和。待电动机的转速达到额定转速的 $70\% \sim 80\%$ 时, 开关 S 断开, C_2 脱离电路, 使启动绕组电容量减小, 可以得到圆形旋转磁场, 而不是椭圆形旋转磁场, 改善了电动机的运行性能, 同时提高了电动机的效率和功率因数。

二、罩极电动机

罩极电动机, 就是用短路铜环或短路线圈(统称罩极线圈)将电动机定子中部分磁极罩起来, 利用罩极线圈产生旋转磁场而实现自行启动的电动机。

1. 罩极电动机的原理及启动

罩极电动机根据定子结构形式的不同, 主要分为凸极式和隐极式两种。

1) 凸极式罩极电动机

图 6-17(a) 为凸极式罩极电动机结构示意图, 图 6-17(b) 是放大的磁极图。

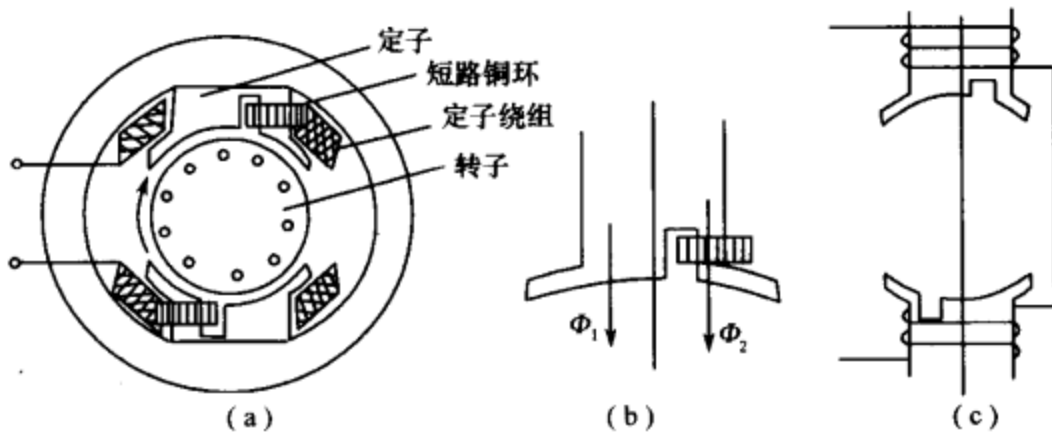


图 6-17 凸极式罩极电动机结构示意图

凸极式罩极电动机的定子用硅钢片叠成, 做成凸极形式, 在定子磁极 $1/3 \sim 1/4$ 极面处开个小槽, 定子绕组绕成集中绕组形式套在磁极上, 两个磁极线圈串联起来, 如图中 6-17(c) 所示, 串联的次序应使产生的磁通方向一致, 小槽把磁极分成两部分, 在小部分上套装一个短路铜环, 转子同普通异步电动机转子一样。

由于定子通入的是交流电流, 磁极中的磁通是交变的, 穿过被短路环套住部分的磁通 Φ_2 因短路环感应电流的作用, 将比磁通 Φ_1 滞后一些时间达到最大值, 这就相当于一个二相电动机, 能使转子转动起来, 转子的转向是从不被短路部分向被短路部分, 转向不能改变。

2) 隐极式罩极电动机

隐极式罩极电动机的功率一般较大, 电动机的定子铁芯用环形硅钢片叠压而成, 齿槽

内嵌有主绕组和副绕组,两者都是分布绕组,它的罩极线圈不是短路铜环,而是在部分线槽内同时嵌入几匝用粗铜线绕制而成的短路线圈。主绕组匝数多,嵌放在齿槽底层,罩极线圈匝数少,导线截面粗,嵌放在上层,并且接成闭合回路,而且使主绕组与罩极绕组在空间的相对位置错开一个角度(通常为 45° 电角度),以保证定子气隙中产生一个旋转磁场。

2. 罩极电动机的特性及用途

罩极电动机具有结构简单、制造方便、造价低廉、使用可靠、故障率低的特点。其主要缺点是效率低、启动转矩小、反转困难等。其主要特性如下:

(1)罩极电动机的启动转矩都很小,通常只有满载转矩的 $30\% \sim 50\%$ 。因此这种电动机不能应用于需要满载启动的地方,而只能带动轻负载启动的机械设备。

(2)罩极电动机的效率很低,和其他形式的单相电动机比较,大约要低 $8\% \sim 15\%$ 。但由于罩极电动机的输出功率都比较小,因此效率低对运行没有什么影响。

(3)由于效率低,故功率因数就比较高。但同样因电机功率都较小,对经济运行也起不了多大作用。

(4)罩极电动机在空载、满载和堵住时,电流的变化很小,就是将转子堵住不转,电动机也不会发生任何故障。

(5)罩极电动机的转速根据所接电源的频率以及电动机定子的极数而定,其实际转速略低于电机同步转速。

罩极电动机多用于轻载启动的负荷,凸极式集中绕组罩极电动机,常用于电风扇、电唱机,隐极式分布绕组罩极电动机则用于小型鼓风机、油泵中。

第三节 单相异步电动机的反转及调速

一、单相异步电动机的反转方式

单相异步电动机的旋转方向与其定子绕组产生的旋转磁场方向一致,改变旋转磁场的方向就可以改变电动机的旋转方向。

1. 分相式电动机的反转

(1)电阻分相式的反转。要改变电阻分相式电动机的旋转方向,只需将副绕组或主绕组的两个接头反接即可,但两者不能同时反接。

分相式电动机是以阻抗分相的,它的主绕组和副绕组的匝数、线径都不同,不能互换。电阻分相式电动机正是利用这点来进行分相,获得启动转矩的。它不允许两绕组的匝数、线径相同,所以电阻分相式电动机的调速和改变转向都很困难,它主要应用于既不需要调速,也不需要改变转向的场合,如电冰箱、空调器上。

(2)电容分相式电动机的反转。电容运转式电动机的反转电路与分相式电动机相同,只需将副绕组或主绕组的两个接头反接即可。

在主、副绕组的线径、匝数等完全相同的电容式电动机中,如果将主、副绕组互换,即将原主绕组改作为副绕组,将原副绕组改作为主绕组,并将电容器也改接在原主绕组中,这样就改变了旋转磁场的方向,电动机随之反转。

2. 罩极电动机的反转

罩极线圈是固定在铁芯上的,装成之后只能单方向旋转,即使倒换绕组的两接线端也

不能改变电动机的转向。如果需要反转,则只能将电动机拆开,将定子拆下,反向后再装入。这种方法只能在装配或修理过程中实施,是一次性的,无法在运行中实现反转。

若想在运行中改变转向,则可以在定子槽中增加一套主绕组或罩极线圈,用开关来改变工作的主绕组和罩极线圈的相对位置。

在定子凸极上嵌入一套主绕组及两套罩极线圈,利用转换开关来使其中一套罩极线圈工作,即可得到不同的转向。或者在定子凸极上嵌放两套主绕组和一套罩极线圈,用转换开关来切换两套主绕组,也可使电动机实现反转。

二、单相异步电动机的调速

在电动机磁极数不变的条件下,电动机转速与绕组所加电压成正比关系。实际单相异步电动机的调速都是采用不同的方法,通过改变绕组电压的大小来实现调整的。单相异步电动机以改变绕组电压调速时,电压的改变使得转速和转矩都下降,所以这种调速方法只能用于转矩跟随转速下降的负载,如电风扇、鼓风机等,而不宜用于承受额定负载的电动机。下面重点介绍电风扇电动机的几种常见调速方法。

1. 电抗器法

电抗器调速法示意图如图 6-18 所示。

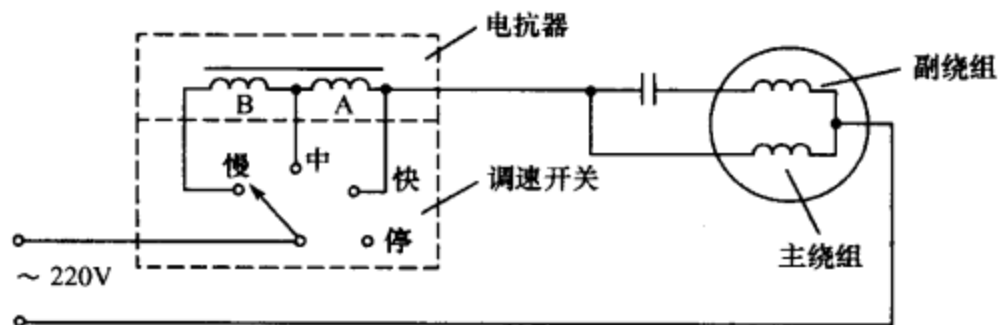


图 6-18 电抗器调速法

电抗器是一带有铁芯的电感线圈,其外型如图 6-19 所示。中间有几个抽头,分别连接到调速开关上。电抗器与电动机串联后接到电源上,由于线圈具有电抗作用,电动机通过调速线圈后降低了电压,因而转速变慢。又由于电抗器线圈上有几个抽头,当调速开关调节至各挡时,由于电路中串联的线圈匝数不等,电压降不同,电动机得到的电压不同,从而得到不同的转速。

2. 电动机绕组抽头调速

抽头调速是在电动机的工作绕组上串接一个调速绕组(中间绕组),在调速绕组上抽出几个头引入调速开关,使在相同的电源电压下,定子绕组上的电压发生变化,达到调速的目的。更简便的方法是省去调速绕组,直接在主绕组或副绕组上抽头,也可达到调速的目的。抽头调速电路有 L 型、T 型以及串并联抽头型之分,具体情况不再详细分析。

3. 电容器法调速电路

电容运转式电动机,其移相容量的大小直接影响到电动机的运行性能。减小串联

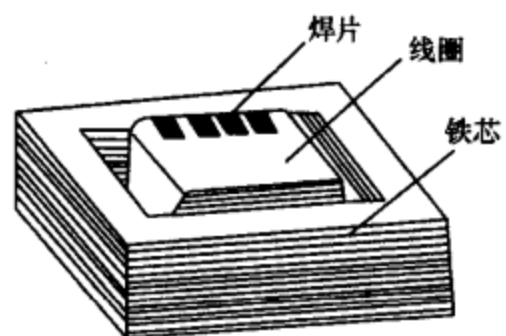


图 6-19 电抗器外型

于电动机电路中的电容值,将使电路中的容抗增加,电动机经电容器降压后将使转速减小。利用这一原理,把不同容量的电容器串接在电动机电路中,通过接通调速开关,就可获得不同的转速,利用电容器还可以为电风扇增设微风挡。图 6-20 所示为电容器法调速电路。

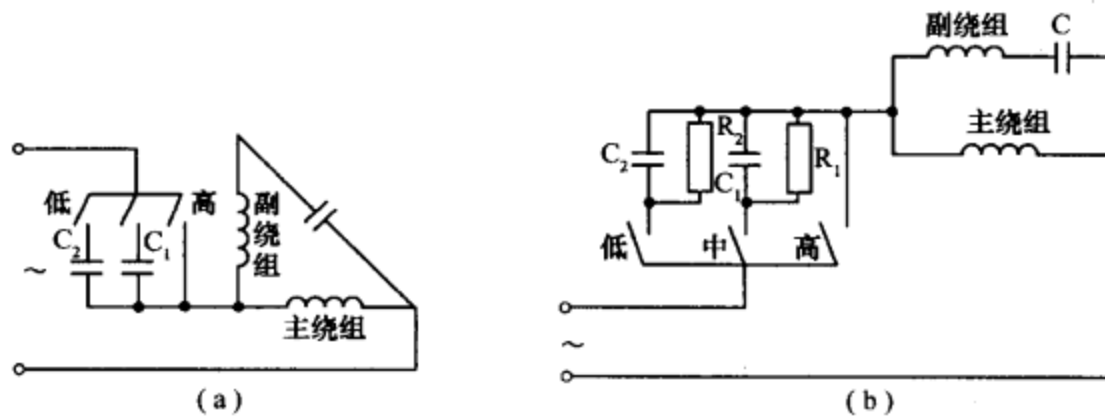


图 6-20 电容法调速电路

电容器调速的优点是调速可靠、结构简单,几只并联电容可以组成组合式的调速电路,在中低速运行时功耗小、效率高。其缺点是成本比电抗器调速、抽头调速要高,目前使用还不太广泛。

4. 采用 PTC 元件调速

电风扇的微风是指转速在 500r/min 以下送出的风。若采用一般调速方法,电风扇电动机在这样的低转速下不能启动。采用 PTC 元件的电路可以实现电动机的低速启动,其电路如图 6-21 所示。

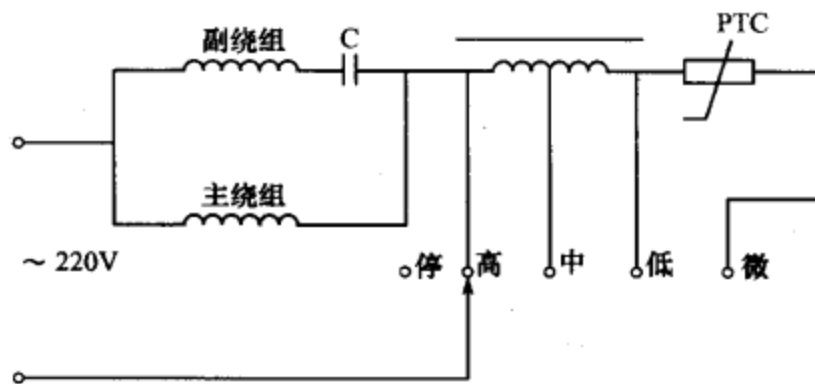


图 6-21 采用 PTC 元件调速

当按下微风挡按键时,由于 PTC 元件处在室温状态阻值很小,在它上面的电压降很小,电动机得到的是接近于低速挡的电压,因此,能够顺利启动。在电风扇启动过程中,电流通过 PTC 元件,电流的热效应使其温度迅速升高。当启动过程结束时,PTC 元件的温度也已达到居里点,此时 PTC 元件的电阻值急剧增加,达到数千欧,它两端的电压也随之增大,使电动机端电压下降至 180V 以下,电动机自动进入转速为 500r/min 以下的微风挡运行。

在运行过程中若断电,风扇扇叶的惯性将维持一段时间的转动状态,待完全停止时,PTC 元件温度已降至居里点以下的常温。所以再启动时,电风扇又能重新启动,并自动进入微风挡运行。如果断电时间很短,几秒钟后即恢复通电,这种情况下,虽然 PTC 元件的温度仍在居里点以上,阻值仍很大,但因电风扇扇叶一直在转动,需要的转矩很小,因此可以逐渐加速,直至恢复微风挡运行。

5. 无级调速电路

图 6-22 所示为一种常见的无级调速、调光、调温电路。

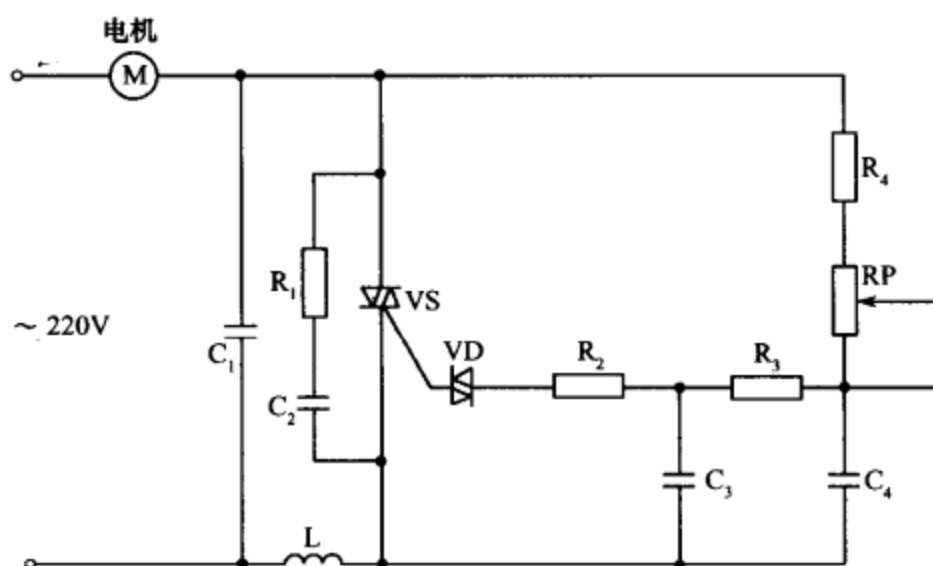


图 6-22 无级调速电路

采用双向晶闸管调速电路,是通过改变晶闸管的导通角,也就是改变了晶闸管的导通程度(导通电流或输出电压),来达到电动机调速的目的。在 6-22 图所示的调速电路中,VD 为双向二极管,RP 为调速旋钮。当电路接通电源后,电源通过电阻 R_4 、电位器 RP 向电容器 C_4 充电, C_4 两端电压开始升高。当 C_4 端电压达到一定值时,双向二极管 VD 和双向晶闸管 VS 导通,VS 的导通为电机提供了通路而工作。通过调节 RP 可以改变 C_3 、 C_4 的充电速度,也就改变了 VS 的导通角,使通过电机(或 VS)的电流随之改变,实现了无级调速。电路中采用了两级 RC 电路(R_4 和 RP, C_4 和 R_3 , C_3),调节 RP 可使 VS 的导通角从 $0^\circ \sim 170^\circ$ 范围内连续变化。

6. 自耦变压器法

将交流电源接于自耦变压器的两端,然后按调速要求抽出不同的抽头引线,当调速器接于不同的抽头时,电动机就可以得到不同的电压,从而改变电动机转速。

第四节 单相异步电动机的绕组展开图

单相异步电动机的定子绕组由主、副两相绕组构成,主绕组一般用字母 A(有时用 U)表示,出线端分别标记 A、X(有时标记 U_1 、 U_2),副绕组一般用字母 B(有时用 Z)表示,出线端分别标记 B、Y(有时标记 Z_1 、 Z_2)。

根据线圈绕制的形状及布线方式,单相异步电动机的定子绕组主要分为集中式和分布式两大类。除罩极式电动机采用集中式绕组外,其他多数电动机均采用分布式绕组,分布式绕组又分为单层绕组、双层绕组和正弦绕组等,下面分别介绍。

一、单层绕组

单层绕组是在铁芯每个槽中只嵌放一只线圈边,所以它的线圈只数是定子总槽数的一半。常用的单层绕组连接方式主要有同心式、链式和交叉链式。

1. 单层同心式绕组

单层同心绕组是由几只宽度不同的线圈套在一起,同心地串联而成的,有大小线圈之

分,大线圈套在小线圈外边,线圈轴线重合。下面以 16 槽 2 极($p=1$)单相异步电动机为例进行说明。

1) 计算绕组数据

根据 $\tau = \frac{Z}{2p}$ 可知,极距 $\tau = \frac{16}{2 \times 1} = 8$ (槽)

根据 $q = \frac{Z}{2pm}$ 可知,每极每相槽数 $q = \frac{16}{2 \times 1 \times 2} = 4$

根据 $\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z}$ 可知,槽距角 $\alpha = \frac{1 \times 1 \times 360^\circ}{16} = 22.5^\circ$

2) 绕组展开图分析

将线圈边 3-10 组成一个大线圈,节距 $y_1 = 7$,线圈边 4-9 组成一个小线圈,节距 $y_2 = 5$,大小线圈套在一起顺电流方向串联起来,构成一个线圈组。同理,线圈边 11-2 组成大线圈,12-1 组成小线圈,两线圈串联便构成另一线圈组,再将这两个线圈组顺电流方向串联起来,便得到主线圈同心绕组展开图,如图 6-23 所示。绕组的进出线端分别用 A、X 表示。

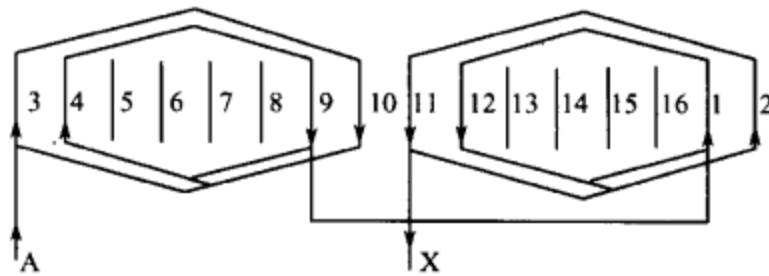


图 6-23 同心式主绕组展开图

根据绕组构成原则,画出副绕组的线圈排列和连接,最后,就可以得到如图 6-24 所示的单层线组的展开图。

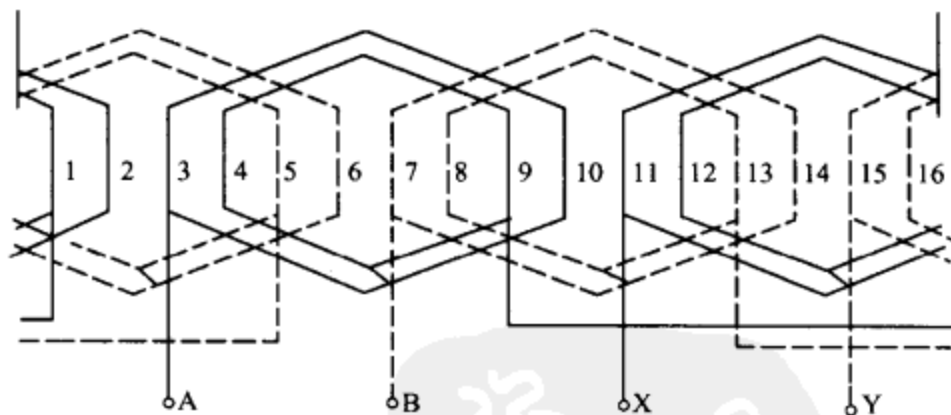


图 6-24 2 极 16 槽单相异步电动机同心绕组

从展开图中可以看出,主线圈的走向是 A(主线圈头)→3→10→4→9→1→12→2→11→X(主线圈尾);副线圈的走向是 B(副线圈头)→7→14→8→13→5→16→6→15→Y(副线圈尾)。

重点提示 对于单相电动机,由于主、副绕组中通过的电流在相位上相差 90° 的电角度,由电动机的每槽电角度即可得出主、副绕组首尾相隔的槽数为 $\frac{90^\circ}{\alpha}$ 。如 16 槽 2 极电动机,由于每槽电角度为 22.5° ,故布线时主、副绕组首尾应相隔 $\frac{90^\circ}{22.5^\circ} = 4$ 槽,如果主绕组首

端从第 1 槽进,则副绕组的首端从第 5 槽进。

3) 嵌线方法

单层同心式电动机绕组嵌线时,应先嵌主绕组相。其方法是一个线圈组一个线圈组地嵌,在嵌每个线圈组时,先嵌小线圈,后嵌大线圈。将主绕组相嵌好后,用同样的方法按展开图将副绕组内的线圈组一一嵌进槽内。

单层同心式绕组的绕线和嵌线比较方便,因此容量较小、定子内径较小的电动机,由于嵌线困难,常采用这样形式的绕组。

2. 单层链式绕组

链式绕组是由相同节距的线圈组成的,下面以 4 极($p=2$)16 槽单相异步电动机为例进行说明。

1) 计算绕组数据

根据 $\tau = \frac{Z}{2p}$ 可知,极距 $\tau = \frac{16}{2 \times 2} = 4$ (槽)

根据 $q = \frac{Z}{2pm}$ 可知,每极每相槽数 $q = \frac{16}{2 \times 2 \times 2} = 2$

根据 $\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z}$ 可知,槽距角 $\alpha = \frac{2 \times 360^\circ}{16} = 45^\circ$

2) 绕组展开图分析

因为 $p=2$,即磁极数为 4,所以,将 16 条定子槽按磁极数分成四等分,每极占的槽数(极距)等于 4 槽,又因为每极距内有主、副绕组两部分,得到每极下主、副绕组各 2 个槽,按节距 $y=3$ 将主绕组线圈连接好(短节距),采用显极接法(头接头,尾接尾)将主绕组线圈连接成一相,将副绕组做同样的连接,便可得到图 6-25 所示的绕组展开图。

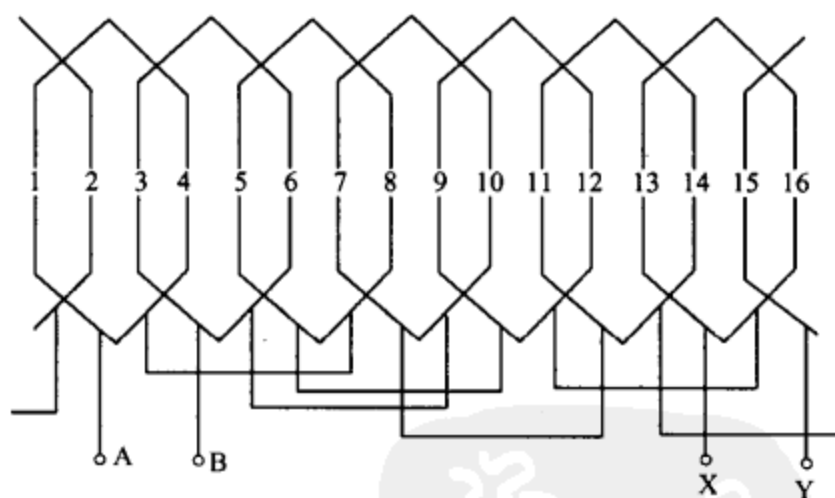


图 6-25 4 极 16 槽链式绕组展开图

从图中可以看出,主线圈的走向是 A(主线圈头)→1→4→8→5→9→12→16→13→X(主线圈尾);副线圈的走向是 B(副线圈头)→3→6→10→7→11→14→2→15→Y(副线圈尾)。

在这里,主副绕组相差的槽数为 $\frac{90^\circ}{\alpha} = \frac{90^\circ}{45^\circ} = 2$ 个槽,例如,主绕组在 1 槽时,副绕组在 3 槽。

3. 单层交叉链式绕组

单层交叉绕组是将单层链式绕组经改变端部连接方式演变而成的,主要用于每极每

相槽数 q 为奇数的小型异步电动机定子绕组中,下面以 4 极 24 槽电动机为例,说明定子交叉链式绕组展开图的画法。

根据 $\tau = \frac{Z}{2p}$ 可知,极距 $\tau = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ (槽)

根据 $q = \frac{Z}{2pm}$ 可知,每极每相槽数 $q = \frac{24}{2 \times 2 \times 2} = 3$

根据 $\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z}$ 可知,槽距角 $\alpha = \frac{2 \times 360^\circ}{24} = 30^\circ$

由于 $q=3$,取一组为两个线圈,另一组为一个线圈构成单双交叉分布的绕组,如图 6-26 所示。

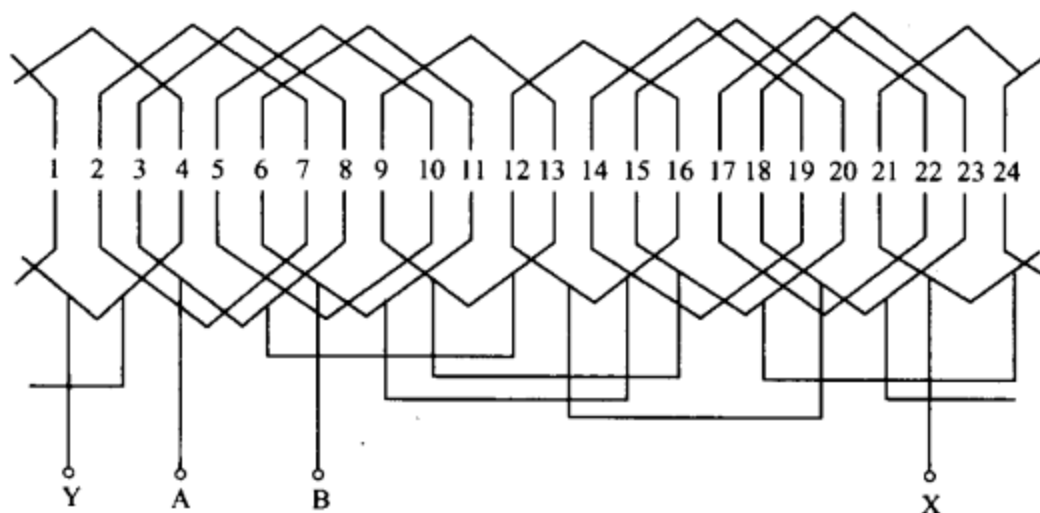


图 6-26 4 极 24 槽单层交叉链式绕组展开图

4. 单层叠绕组

单叠绕组采用全距布线,庶极接法(头接尾),图 6-27 所示是 4 极 24 槽电动机展开图。其中:主绕组占定子总槽数的 $\frac{2}{3}$ (16 槽),每一极相组由四个线圈串联而成;副绕组占 8 槽,每一极相组由两个线圈串联而成。整个绕组及端部明显地分成两个部分。嵌线时,从 1 号槽开始,将第一个线圈的一边嵌入槽中,另一边吊起(吊把线圈边数为 $y_1=6$),接着将第二个线圈边嵌入 2 号槽,主绕组的四个线圈边嵌完后,再嵌副绕组的两个线圈边,最后将吊起的线圈边嵌入相应槽中。用同样方法从 13 号槽起,将另一半绕组嵌完,最

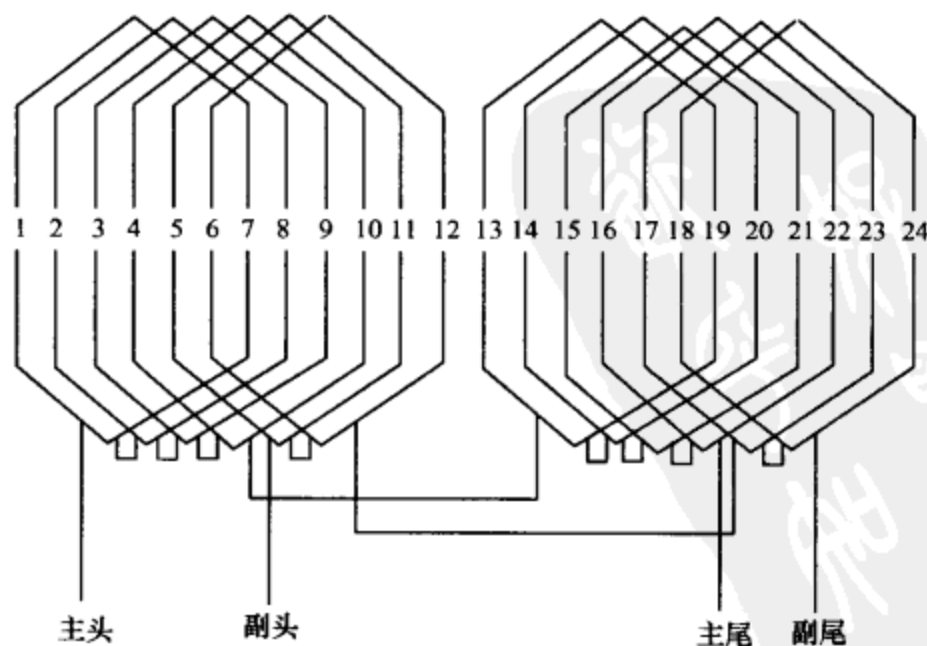


图 6-27 单层叠绕组

后按庶极接法(头接尾)分别将主副绕组的两部分串联起来

5. 电阻分相式定子绕组

上面介绍的都是电容运转式电动机的绕组。单相异步电动机还有电阻分相式绕组,这种电动机的副绕组仅在启动过程中起作用,当电动机正常运转之后,借助离心开关或启动继电器使副绕组断开电源,这时只有主绕组参与工作,为了改善电磁波形,通常将这种电动机定子槽数的 $\frac{2}{3}$ 分给主绕组, $\frac{1}{3}$ 分给副绕组。下面以一台 24 槽 4 极单相电阻分相式电动机为例进行简要说明。

$$\text{根据 } \tau = \frac{Z}{2p} \text{ 可知,极距 } \tau = \frac{24}{2 \times 2} = 6 \text{ (槽)}$$

$$\text{主绕组每极每相槽数 } q_1 = \frac{2}{3} \times \frac{Z}{2p} = \frac{2}{3} \times 6 = 4$$

$$\text{副绕组每极每相槽数 } q_2 = \frac{1}{3} \times \frac{Z}{2p} = \frac{1}{3} \times 6 = 2$$

将定子铁芯 24 个槽 4 等分,得到每极 6 槽,又因每极距内有主、副绕组两部分,由计算可以知道:主绕组占 4 槽,副绕组占 2 槽,把极相组线圈连接成同心式,组成 4 个线圈组,再将线圈组按反串接法接好,将首末端引出。根据副绕组与主绕组线端相差 90° 电角度,将副绕组用与主绕组相同的连接方法连接好,整个绕组就完成了,如图 6-28 所示。

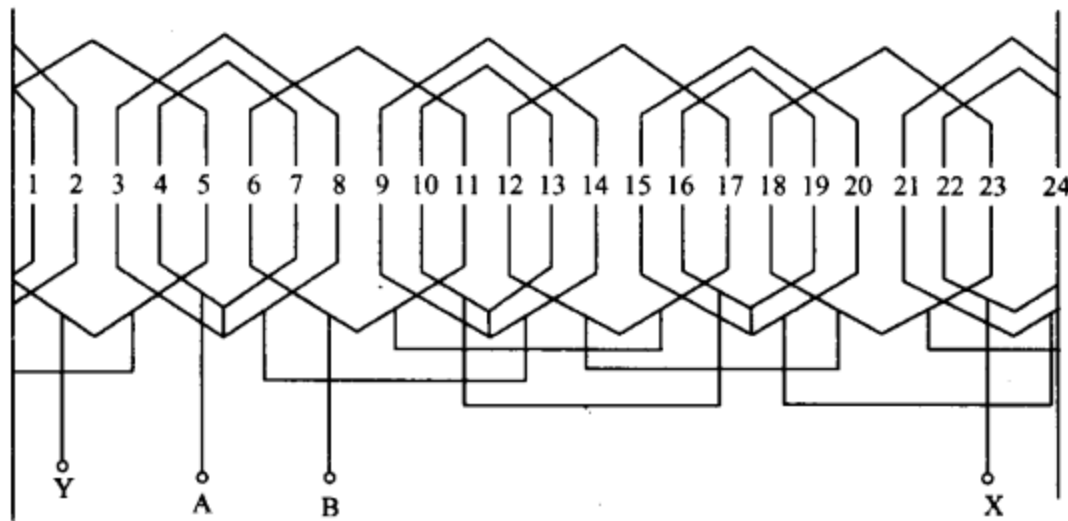


图 6-28 4 极 24 槽单层同心式绕组展开图

二、双层绕组

为了改善两相绕组旋转磁场的波形,改善电动机的启动性能,单相异步电动机还采用了双层绕组。双层绕组的特点是线圈节距均相等,因此,线圈形状相同,端部排列整齐。但由于单相异步电动机内径较小,双层绕组嵌线比较困难,这是双层绕组最主要的缺点,所以,对于小容量电动机,均不采用这种绕组形式。双层绕组展开图如图 6-29 所示。

单相双层绕组的嵌线方法,与三相双层短距绕组基本相同,下面简要进行说明。

在图 6-29 中,①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧为线圈组号,其主绕组、副绕组的线圈节距 $y=4$,线圈数 $q_{\text{主}}=4, q_{\text{副}}=2$ 。具体嵌线工艺如下:

(1)正确放置机壳位置嵌线前,要注意将线圈的引出线置于靠近机壳上带出线孔的一端,以免引出线发生困难。一般嵌线时,习惯左端进线圈的应将机壳带出线孔的一端朝

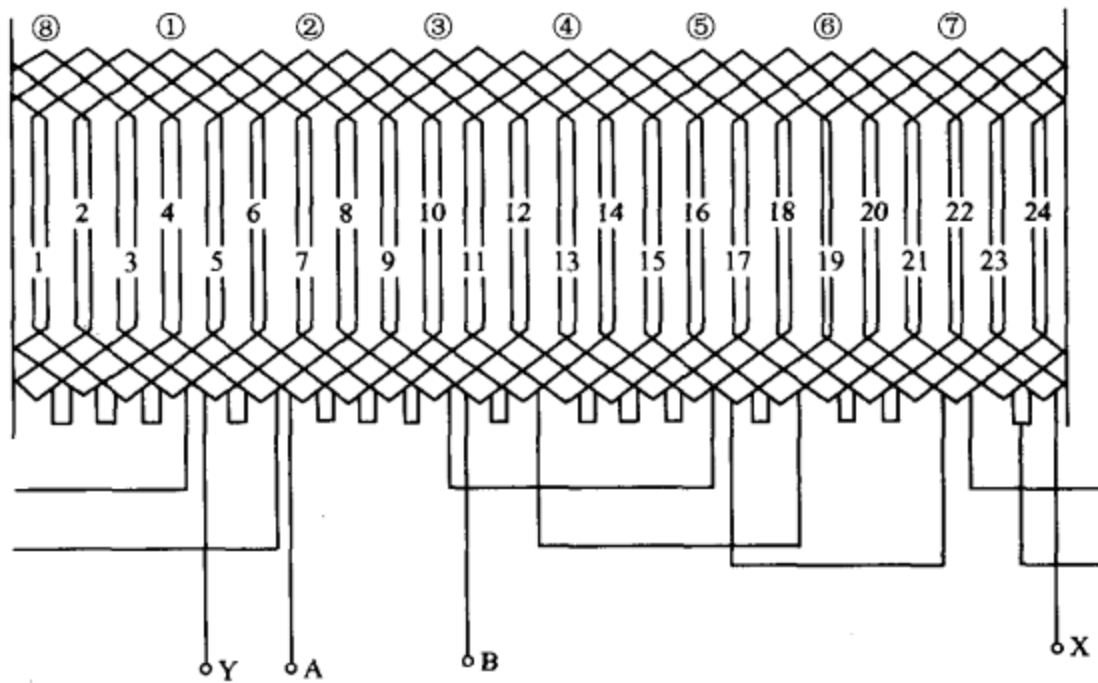


图 6-29 双层绕组

左,且放置稳当。

(2)首先将线圈组①的4个下层边依次嵌入5、6、7、8槽内。而线圈组①的上层边,由于要压着线圈组③全部及线圈组⑦部分的下层边,所以暂时不能嵌入相应的1、2、3、4槽内。

(3)依次嵌好其余②~⑧组线圈各上、下层边,嵌完4个起把线圈的下层边以后,在它的上面放好层间绝缘物并压紧,再依次嵌其后线圈组②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧的各个线圈的下层边和上层边。每个下层边嵌进槽以后,都要在它的上面放好层间绝缘物。

(4)嵌入起把线圈①上层边直到全部线圈的下层边嵌进槽以后,方可把起把线圈的4个上层边依次嵌入槽的上层。本例中,线圈组①的第四只线目的上层边是最后一个嵌进4号槽内的。

(5)接引出线同相的各线圈组之间的连接,按反串联规律,即上层边引出线接上层引出线,因为它们位于上面,又叫面接线;下层边的引出线接下层引出线,因为它们位于槽底,又叫底接线。

三、正弦绕组

单层绕组的旋转磁场波形不太好,在运行中不太平稳,振动噪声比较大,一般都用在环境要求不太高的条件下。在家用电器上就不适用,如冰箱、空调、洗衣机、电风扇等,而正弦绕组就可以满足要求,大量应用在家用电器中。下面就以单相4极24槽电动机为例进行说明,如图6-30所示。

图6-30(a)中横轴代表电动机槽号分布,纵轴代表各槽中每相绕组匝数的相对量。从图6-30(b)中可以看到,每个槽号下都有两条线圈边,这是一个双层绕组,也就是说每个线槽被分成了上下层,分配给主、副两相绕组(主、副两相绕组的参数可以一样也可以不一样)。

嵌线时,一般是先将主绕组各线圈嵌放进线槽下层,也即主绕组全部是下层,垫上绝缘物后,再将副绕组嵌放入各槽上层。

产生磁极的几个线圈(一组线圈)由同心式的几个线圈组成,但各线圈的匝数不同,大

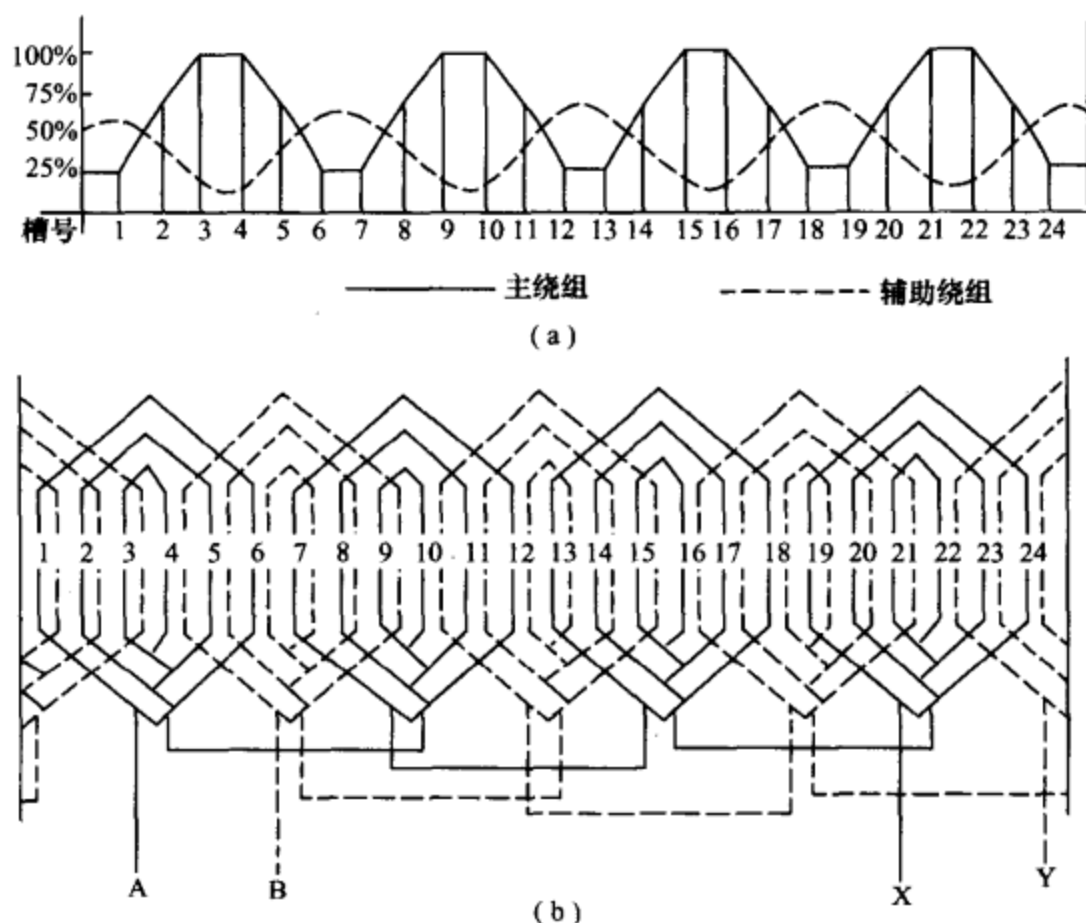


图 6-30 4 极 24 槽单相电动机正弦绕组

(a)4 极 24 槽正弦绕组各槽导线的分布; (b)4 极 24 槽正弦绕组展开图。

线圈匝数多,小线圈匝数少。嵌线以后,各线槽中每相绕组的导体数随槽号数按正弦规律分布,“正弦绕组”由此得名,这也是此种绕组与其他形式绕组的根本区别。

现在来观察一个线圈组,如 A 相绕组的第一组:1 号和 6 号槽中嵌大线圈,其匝数最多,2 号、5 号槽中线圈匝数均为大线圈的 75%,3 号、4 号槽中嵌小线圈,匝数最少,约是大线圈的 25%。其他各线圈组(包括 B 相组)的情况类似,由于正弦绕组为比较特殊的双层绕组,所以在绘制时要注意。例如,A 相绕组要按照一个极距内所有下层边电流方向必须一致进行连接,A 相绕组嵌放完毕,B 相绕组(全部为上层绕组)嵌放以 A 相为准,或左或右推半个极距,一个极距内所有上层边电流方向必须一致进行连接。

重点提示 实际的单相电动机“正弦绕组”中,小线圈匝数可能是零,例如,本例中,一般使 3 号、4 号槽内只有 B 相绕组(即槽内 A 相绕组为零),使 6 号、7 号槽中只有 A 相绕组(即 B 相绕组为零);也就是说,从外观上看,这种绕组是单、双层混绕的。线圈的这种混绕方式在洗衣机电机中十分常见。需要注意的是,在此种情况下我们仍然按照双层绕组进行分析讨论。因为我们认为零不能被认为没有,只是匝数很少,几乎可以看做为零。

第五节 单相异步电动机在家用电器中的应用

家用电器中较多地采用了单相异步电动机,下面以洗衣机和电风扇的电动机为例进行说明。

一、洗衣机电动机

洗衣机的工作特点是满负荷频繁启动,并且做正反向交替运转。根据这一特点,洗衣

机都设计专用电动机来进行配套。目前广泛采用的是电容运转式电动机。这种电动机具有过载能力强、运行性能和启动性能好的优点。

1. 波轮式洗衣机电动机

1) 工作原理

图 6-31 为洗衣机电动机的工作原理图,在拧动洗衣机开关旋钮后,当 K 与 K₁ 接通时,主副绕组便通以电流。由于电容 C 的作用,通过副绕组的电流超前主绕组 90°电角度,形成两相旋转磁场,电动机启动运行,设为正转。由于旋转磁场的方向与绕组中电流达到最大值的次序有关,所以,当 K 与 K₂ 接触时,流进主绕组的电流超前于副绕组电流 90°电角度,旋转磁场方向相反,电动机反向运转。如果 K 与 K₁、K₂ 不断交替接通,则电动机便会一会儿正转,一会儿反转,达到了电动机正、反控制的目的。

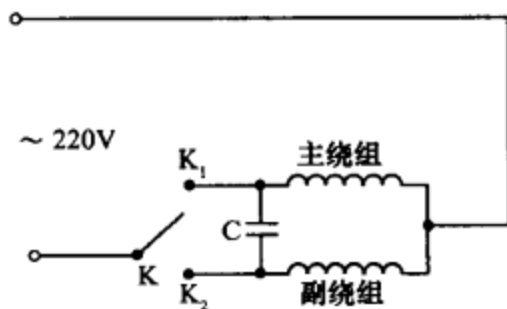


图 6-31 洗衣机电动机原理图

波轮洗衣机通常采用 4 极 24 槽电动机,转速在 1500r/min 左右。它由定子、转子、前后端盖、风扇、转轴等部分组成。风扇的作用是排风降温,以防止电动机温升过高而烧坏。通常把风扇和小皮带轮做成一体。

2) 绕组展开图

洗衣机波轮正、反向运转时,要求工作状态完全相同。为满足和达到这一要求,通常把主、副绕组的线圈匝数、线径设计得完全一样。

电动机主、副绕组在定子槽内的嵌放和连接展开图如图 6-32 所示。这是一种单双层混合的同心式绕组。A-X 为主绕组,B-Y 为副绕组。主绕组和副绕组各有 4 个大线圈和 4 个小线圈,1 个大线圈和 1 个小线圈构成 1 个线圈组,主副绕组各有 4 个线圈组。大线圈采用单层绕组,小线圈采用双层绕组,绕组线圈间的连接用反串联法,即尾一尾、头一头

相连。极距 $\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ 槽,从线圈节距为 5 槽,小线圈节距为 3 槽,每槽电角度 $\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z} = \frac{2 \times 360^\circ}{24} = 30^\circ$ 。

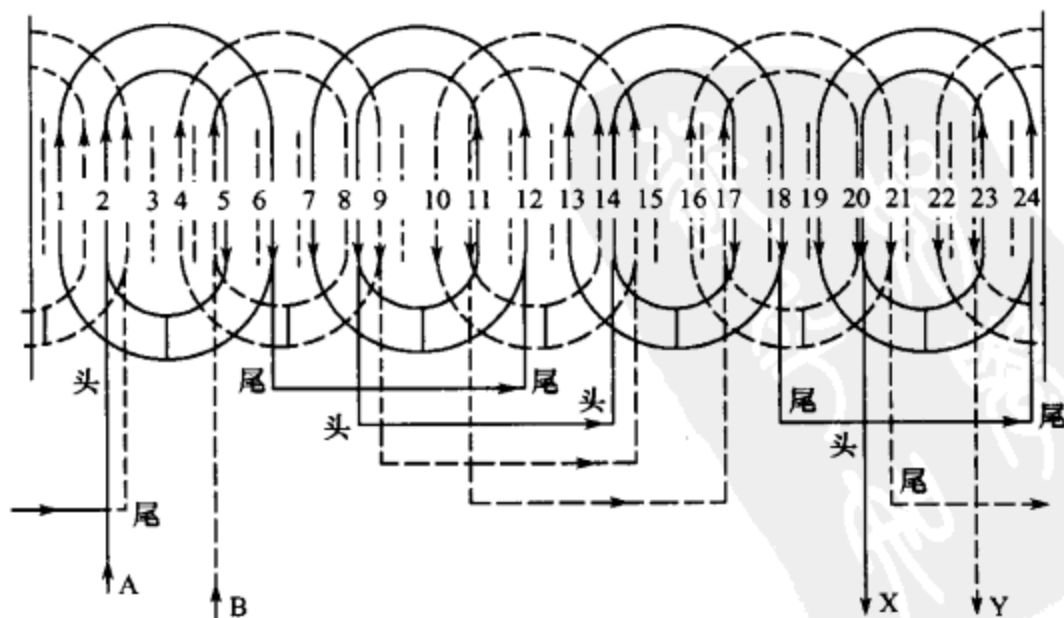


图 6-32 绕组展开图

3) 嵌线

嵌线时,为了避免错误,把绕好的几组线圈的头和尾都朝一个方向摆放好,使线圈的引线头、尾都应在定子铁芯的同一侧(靠近电动机引出线的一侧)。每嵌一个槽之前先将槽绝缘物对折起来插入槽中,使两端露出槽外部分一样长,露在槽口外的绝缘物要对齐,并把露出槽口部分往槽口外侧折倒,这样做可以在嵌线时保护导线绝缘物不被铁芯槽口所划伤。

嵌线的顺序是先嵌主绕组,后嵌副绕组,即把主绕组的4组线圈全部嵌完,再嵌副绕组的4组线圈。其嵌线步骤如下:

(1)嵌主绕组。先嵌主绕组的小线圈,后嵌大线圈。将定子铁芯水平放置,以任一个槽为第1号,先用右手把要嵌的小线圈一边捏扁,放至2号槽,槽外部分可略带扭绞形,但槽内导线必须整齐平行,嵌好此线圈后插入层间绝缘物,以便与副绕组的小线圈隔开。

嵌完2号槽内主绕组一个小线圈的一条边以后,按同样方法把小线圈的另一条边嵌入5号槽内,插入层间绝缘物。至此,主绕组的第一个绕组的小线圈的两边就嵌完了。

然后嵌大线圈,用右手把带有线头的一边捏扁推入1号槽内,装入槽绝缘物并塞入槽楔,用同样方法把大线圈的另一条边嵌入6号槽内。这样主绕组的第一个绕组的线圈嵌完了。

按同样方法依次把主绕组其余三个绕组嵌入相应的槽中,具体嵌线方法是:第二组线圈的小线圈从第11槽穿入,从第8槽穿出;大线圈从第12槽穿入,从第7槽穿出。第三组绕组的小线圈从第14槽穿入,从第17槽穿出;大线圈从第13槽穿入,从第18槽穿出。第四组线圈的小线圈从第23槽穿入,从第20槽穿出;大线圈从第24槽穿入,从第19槽穿出。

(2)嵌副绕组。按主绕组相同的方法依次嵌副绕组。可先从5号槽嵌起,在嵌入前检查5号槽,要检查层层绝缘物是否垫好,层绝缘物伸出铁芯两端的长度是否均等,然后把副绕组第一组绕组的小线圈一边嵌入5号槽内,由于5号槽内已有一层主绕组,因此,嵌线时可能比较困难,这时要靠划线板,每次几匝几匝地划入槽内,用力不能过猛,不能划伤导线和层间绝缘物,同时还得保证槽内导线平行理直,最后加入槽绝缘纸,并打入槽楔塞紧。接着把这个小线圈的另一边嵌入8号槽内,加上槽绝缘物,塞入槽楔。

副绕组的小线圈嵌好后,可嵌副绕组的大线圈,先把第一组绕组大线圈的带有引出线一边嵌入4号槽内,加入槽绝缘物,封槽口,塞入槽楔。再把该线圈的另一边嵌入9号槽内,此槽也是单层绕组,嵌好线圈,封槽口塞槽楔。至此副绕组第一组绕组的线圈嵌完。

按与上面相同的方法把其余副绕组的线圈一一嵌入槽内。具体嵌线方法是:第二组绕组的小线圈从第14槽穿入,从第11槽穿出;大线圈从第15槽穿入,从第10槽穿出。第三组绕组的小线圈从第17槽穿入,从第20槽穿出;大线圈从第16槽穿入,从第21槽穿出。第四组绕组的小线圈从第2槽穿入,从第23槽穿出;大线圈从第3槽穿入,从第22槽穿出。

主副绕组的线圈分布和嵌线方法完全相同,由于是四极电机,在空间上两绕组错开 45° ,电角度相差 90° 。

线圈的穿入穿出方向不能搞错。依靠判定通电线圈磁力线方向的右手定则即可判断

出电流在某一个方向时的磁力线方向,即 N 极和 S 极。在嵌线过程中,要边嵌线边整形,要使铁芯两端的绕组高度相等。

(3) 垫层间绝缘物(相间绝缘物)。

用 0.12mm 厚的青壳纸或复合青壳纸剪成与绕组端部的高度和宽度的形状相近的绝缘垫,加入主绕组和副绕组之间,要从槽绝缘口处开始垫起。相间绝缘高度要比绕组端部高出 1mm~2mm。

4) 接线

当主副绕组的各个绕组线圈嵌完后,便可以接线。

单相异步电机有一个最基本的接线规律,即不论它是几极电机,相邻两极的极性是相反的。因此接线时要设法使通入第一个绕组的电流按顺时针方向流,而第二个绕组的电流变为逆时针方向,如图 6-33 所示。

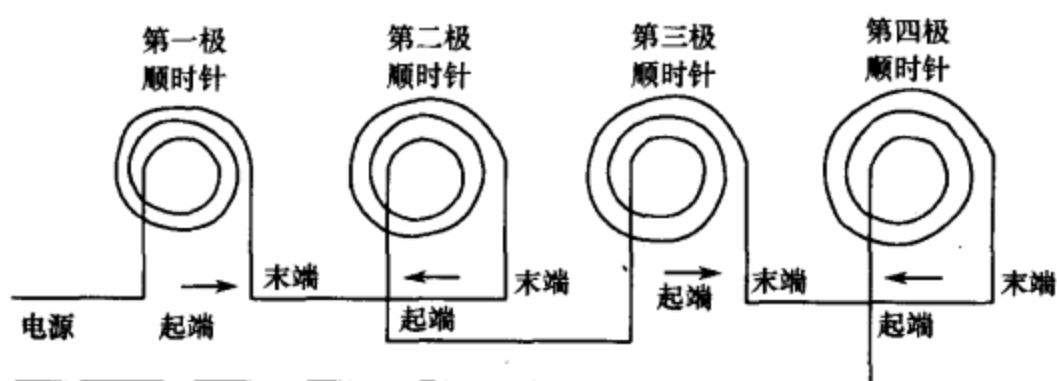


图 6-33 单相异步电动机主副绕组连接方法

该电机的四极主绕组采用串联接法,连接时,将第一绕组的末端与第二绕组的末端相连,再将第二绕组的起端与第三绕组的起端相连,也就是采用反串法,即头与头相接,尾与尾相接。以此类推,最后把第一和第四绕组的起端接电源。副绕组的接线与主绕组基本相同,只是副绕组回路中接上运转电容,如图 6-34 所示。

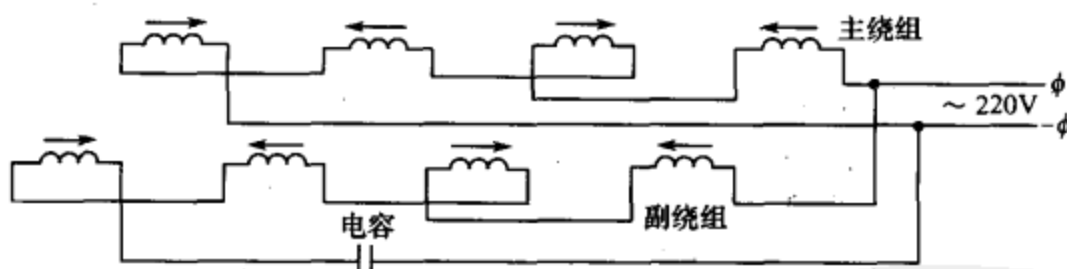


图 6-34 单相异步电动机接线图

一般来说,在将各线圈、各极相组连接起来之前,还应再对照接线图再仔细核对一下,以便及时纠正可能出现的错误。为了避免导线连接处氧化,保证电动机绕组长期安全运行,必须将连接处焊接起来。

2. 滚筒式洗衣机电动机

滚筒式洗衣机采用的电动机为电容运转式双速电动机。它是在定子铁芯内嵌两套绕组,即 12 极低速绕组和两极高速绕组,实现洗涤和脱水两种功能。滚筒式洗衣机的特殊工作方式,决定了双速电动机的特性,主要有以下几个:

(1) 由于洗涤和脱水兼用,双速电动机具有大速比、高转矩、低电流的启动性能。

(2) 滚筒式洗衣机具有洗涤、脱水两种功能,低速洗涤时是运转 7.5s,停 7.5s 或运转

4s 停 7.5s 进行正、反转,具有继续周期工作制,在高速脱水时具有连续短时工作制。

(3)随着洗涤量和水量的变化,允许转速有所增、减,所以电动机具有一定的机械软特性。

双速电动机实现低速和高速的运转的原因,主要是由于在定子铁芯内嵌放有两极和 12 极两套绕组。两极绕组由主绕组和副绕组组成,主副绕组都采用正弦形式,以便削弱高次谐波,降低噪声。两极电机绕组原理如图 6-35 所示。

12 极绕组有主绕组、副绕组和公共绕组三种绕组组成。三个绕组采用 Y 形接法,把三个绕组的末端接到一起,形成三绕组的星点,如图 6-36 所示。

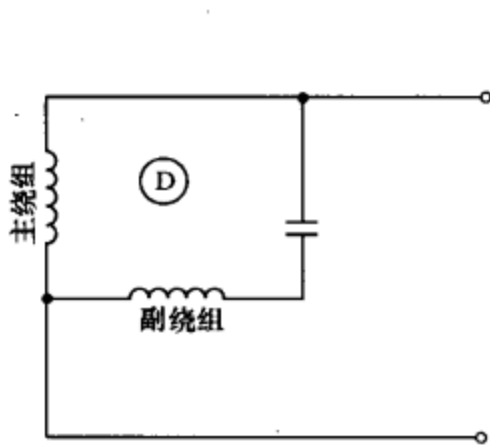


图 6-35 两极电机绕组原理图

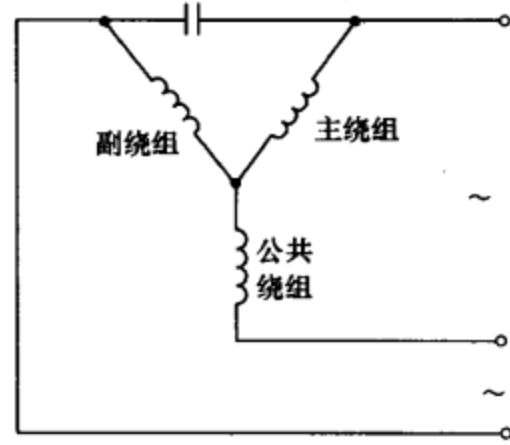


图 6-36 12 极电机绕组原理图

12 极绕组接成 Y 形以后,再将公共绕组的首端与两极绕组的主、副绕组公共端连接,形成双速电机的公用引出线。

公用电容器通过程序控制器触点分别串联到两极副绕组和 12 极副绕组里,然后再与各自的主绕组并联。通过程控器的触点控制自动转换。当接通 12 极绕组时,电动机以低速带动滚筒运转,完成衣物的洗涤功能,当接通两极绕组时,电动机以高速带动滚筒运转,完成脱水功能并且控制两种速度互锁,不允许两极和 12 极同时工作。双速电动机的接线原理如图 6-37 所示。

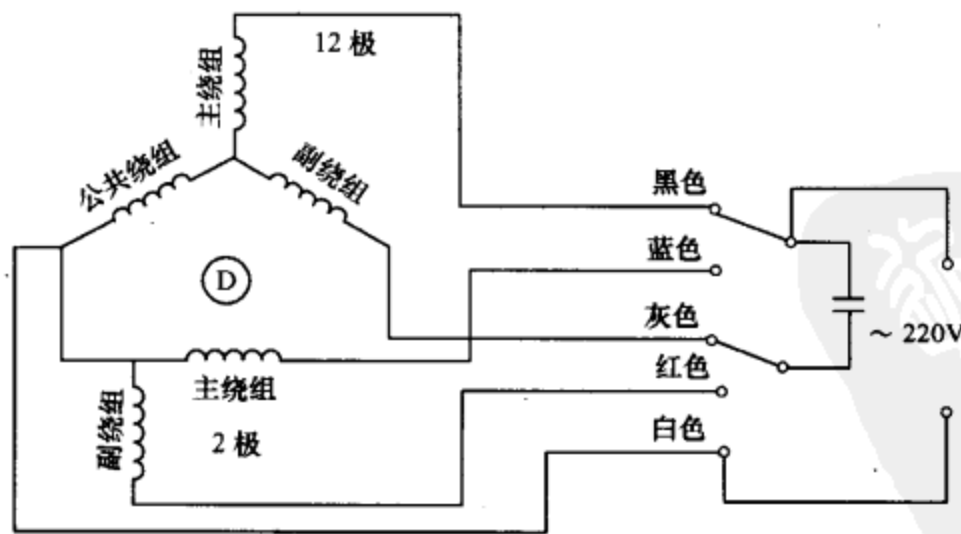


图 6-37 双速电动机接线图

二、电风扇电动机

电风扇所使用的电动机有三类,即罩极式电动机、电容运转电动机和交直流两用电动

机。在车辆和船舶上使用的电扇，多采用交直流两用电动机，对于一些小功率电扇，多采用罩极式电动机。这种电动机体积小、制造简单、嵌线也比较方便，但性能较差。

目前广泛采用的是电容运转式电动机，它的工作原理与洗衣机电动机相同，但由于电风扇电动机不需要正反转，所以，定子主绕组和副绕组在设计上与洗衣机有所不同。电风扇电动机的副绕组的匝数比主绕组多，且线径细，又因为电风扇需要进行调速，所以，在绕组中要加电抗器或调速线圈。

一般来说，扇叶直径在 200mm 以下的电风扇，采用两极电动机；扇叶直径在 250mm~400mm 时，应采用四极电动机。电扇电动机的定子槽数有 8 槽、12 槽、16 槽等多种。槽数越多，电动机性能越好。但相数多，嵌线工艺要复杂困难得多。

1. 台扇、落地扇电动机

台扇、落地扇电动机中，目前广泛采用的是 8 槽和 16 槽电动机。下面简要介绍。

1) 8 槽 4 极电动机定子绕组

图 6-38 为 8 槽 4 极台扇电动机(L2 型调速)原理图和绕组展开图。从图中可以看出，它由四只主绕组 AX、四只副绕组 BY 和四只调速绕组 CZ 组成。

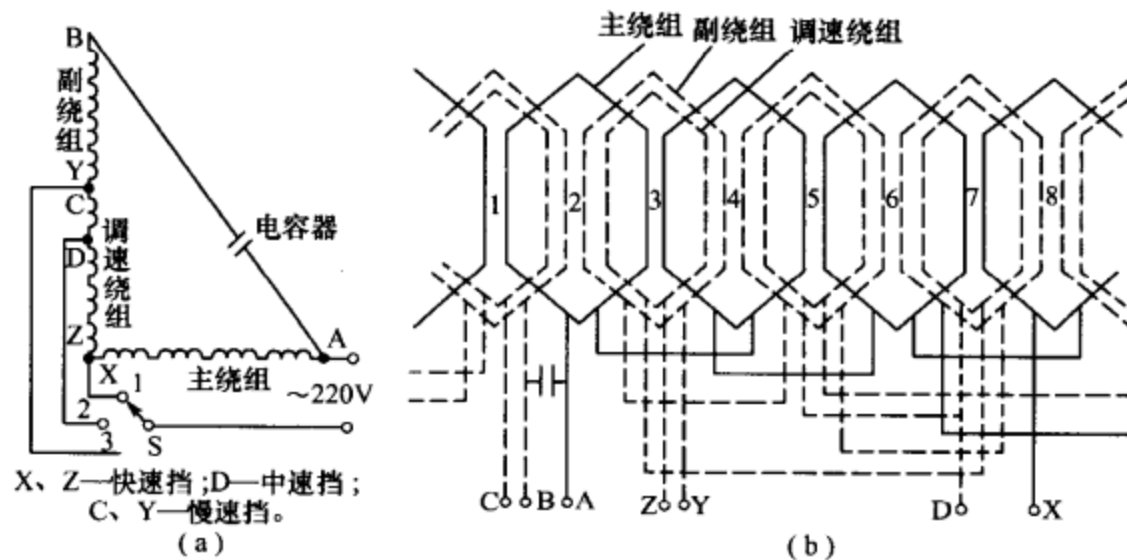


图 6-38 8 槽绕组原理图和展开图

(a)原理图；(b)绕组展开图。

主绕组的四个线圈分别嵌在 1、3 槽，3、5 槽，5、7 槽，7、1 槽中，各个线圈分别从 1、5 槽穿入，从 3、7 槽穿出，以保证产生 N 极和 S 极相间的 4 个磁极。其中第一个线圈大约在 100 匝(匝数由指示灯的额定电压决定)处抽头，用来提供指示灯电压。

副绕组和调速绕组一起分别嵌入 2、4 槽，4、6 槽，6、8 槽，8、2 槽中，各个线圈分别从 2、6 槽穿入，从 4、8 槽穿出。

三个绕组的连接方法是：副绕组的首端 B 同电容器的一端相接，电容器的另一端同主绕组的首端 A 相接后接到电源上。主绕组的尾端 X 同调速绕组尾端 Z 相接后抽头，接到调速开关 S 的 1 处，作快速挡。从调速绕组第二个线圈和第三个线圈的连接处 D 抽头，接到调速开关 S 的 2 处，作为中速挡。调速开关的首端 C 同副绕组的尾端 Y 相接后抽头，接到调速开关 S 的 3 处，作为慢速挡；再将调速开关 S 接到电源上。

从图中可以看出，在高速时，将调速绕组全部串入副绕组；在低速时则把调速绕组全部串入主绕组；在中速时则把调速绕组的两个线圈串入主绕组，而把调速绕组的另两个线圈串入副绕组。

2) 16槽4极电动机定子绕组

16槽4极(L2型调速)绕组展开图如图6-39所示。绕组由主绕组、副绕组和调速绕组构成,每个绕组各由4个线圈组成。调速绕组与副绕组同槽嵌放,相互串联。

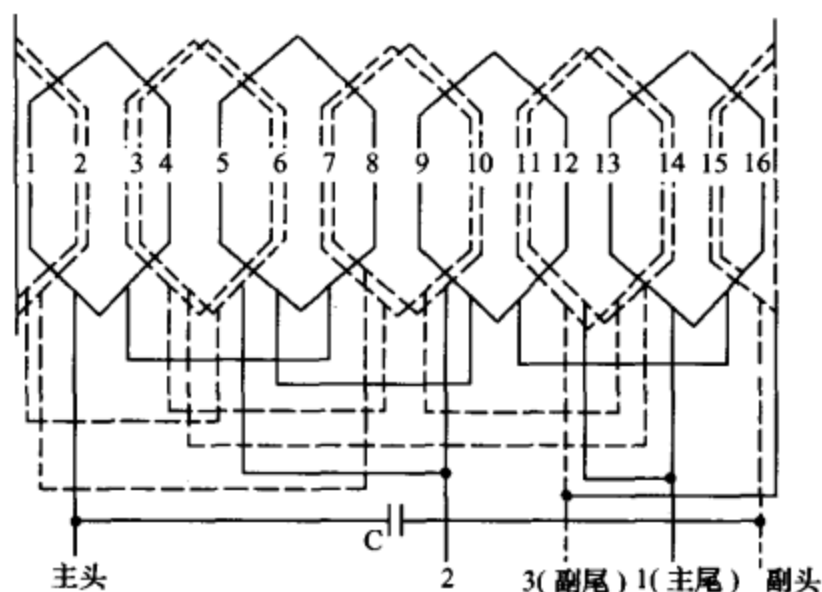


图6-39 16槽4极L2型3速绕组展开图

嵌线采用分层结构。放好槽绝缘物后,将4个主绕组顺序嵌入槽1—4、5—8、9—12、13—16内,其端部处于下层平面。垫好端部绝缘物,依次将4个副绕组线圈嵌入槽15—2、3—6、7—10、11—14的下层,其端部处于中层平面。垫好层间及端部绝缘物,将调速绕组依次嵌入槽11—14、3—6、15—2、7—10的上层,其端部处于上层平面,形成三平面布线方式。

连接时,按以下方法进行:

(1)确定头尾。按线圈边所处位置确定头、尾。如第一个线圈1—4,1号槽在左,4号槽在右,左边引出线为头,右边引出线为尾。其他线圈由此类推。

(2)主绕组接线。该电动机为4极,主绕组由4个线圈组成,为链式布线,显极接法。把主绕组4个线圈引出线理直,其他线圈引出线暂时塞入定子内腔。将主绕组第1个线圈1—4的头端定为“主头”,做好标记。其尾端按反串法依次与第2、3、4个线圈相连接,第4个线圈13—16的头端定为主绕组的“主尾”,标记为“1”。

(3)副绕组接线。将主头与主尾之间的副绕组线圈15—2的左边线头定为“副头”,做好标记。同样按显极式接法,依次与其余3个线圈相连接,余下为线圈11—14的头端定为副绕组的“副尾”,标记为“3”。

(4)调速绕组接线。为了使换挡(变速)时能保持气隙磁场的对称,换挡时每两个线圈为一组做对称切换,故隔极的两个线圈11—14与3—6,15—2与7—10同向串联,从线圈3—6及7—10的尾端引出中速抽头,标记为“2”。两组的极性相反。

图6-40为该绕组的接线图,从中可清楚地看出各绕组线圈之间的接线。

2. 吊扇电动机

吊扇电动机与台扇截然不同,吊扇电动机采用封闭式外转子结构,图6-41为吊扇扇头的基本结构示意图。它由下盖、转子、定子、上盖、吊轴等组成。

吊扇电动机的特点是,定子在外转子的里面,定子与吊轴连接在一起,不能转动,转子与扇头上盖、下盖连接在一起,上下盖各装有径向止推轴承,用来支撑转子和扇叶,当转子围

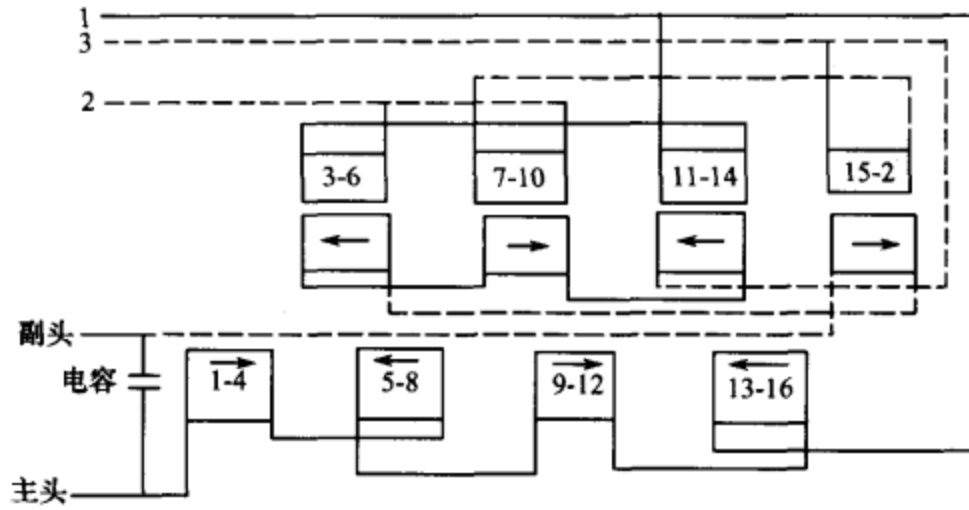


图 6-40 4 极 16 槽 L2 型三速绕组的接线图

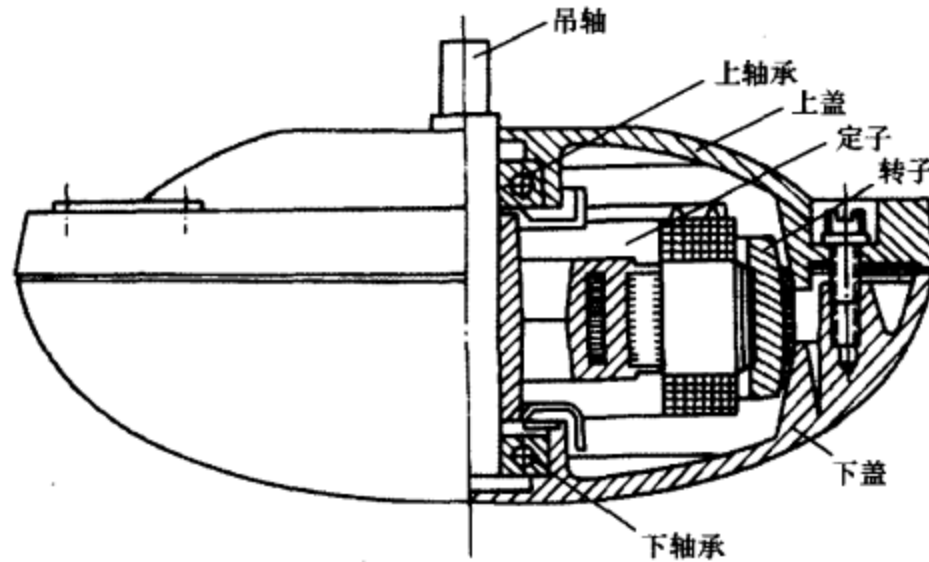


图 6-41 吊扇扇头的基本结构示意图

绕定子做旋转运动时,带动扇头外壳和扇叶一起转动。

吊扇电动机的极数比台扇电动机要多,通常有 12、16、24、36 极等多种。其绕组展开图及嵌线方法不再介绍。

第六节 单相异步电动机的维修

一、电气故障的检修

单相异步电动机电气故障主要出在启动元件、定子绕组、转子绕组上。启动元件故障有断路、短路、接触不良。定子绕组故障有断路、短路、通地、绕组接反等。转子绕组故障是铝条(鼠笼条)和端环断裂。另外,电动机还有因接线错误引起的故障,下面分类进行简要分析。

1. 定子绕组接地

正常情况下,电动机定子绕组与机壳和端盖是绝缘的,一般要求热态绝缘电阻不小于 $2M\Omega$ 。如果电动机绕组绝缘损坏,绕组金属导线与铁芯、机壳相碰,就会导致绕组接地,这时机壳带电。如果机壳本身已接地,人碰到机壳会有麻电感。如有两点或两点以上通过,会造成电动机有异常噪声、振动和短路发热,甚至烧毁。若机壳本身没有接地措施,人

碰到机壳,就会造成触电事故。所以,一般家用电器外壳要求接地,以确保安全。

绕组通地会造成绕组的有效匝数减小,使电流增大,这是使绕组发热的原因,发热严重将会烧坏尚未损坏的绝缘材料。如果不同相的绕组有两处同时通地,会引起相间短路,使电动机完全不能工作。绕组接地和短路是互相影响的,接地可发展为短路,短路也可发展为接地。因此,绕组接地是危害较大的故障。

单相异步电动机绕组接地的检查及处理方法与三相异步电动机类似,这里不再重复。

2. 定子绕组短路

定子绕组短路就是绕组线圈的绝缘物损坏,使相邻两线匝的导线直接接触,构成一个低阻抗的回路,导致线圈发热、冒烟,绝缘物迅速老化变质,同时,发热将波及到周围线圈,也将使周围线圈发热,最后会波及到整个线圈,将整个线圈烧毁。同时,发生短路故障后,各绕组串联的匝数就不相等,磁场分布也不均匀,从而造成异常的振动和噪声,转速明显下降,停机后不能启动,保险丝熔断。

绕组短路可分为一点短路、多点短路、局部短路和严重短路几种。一点短路即绕组的短路只是一个点,也即相邻两根导线间发生短路。多点短路是指在绕组内同时有几处相邻的两根导线间发生短路。局部短路是指某处几根导线或一组导线间发生短路。严重短路多指同相绕组间或主副绕组间短路。

单相异步电动机绕组短路的检查及处理方法与三相异步电动机类似,这里不再重复。

3. 定子绕组断路

电动机定子绕组的导线、连接线、引出线等断开或接线头脱落,都称为绕组断路或开路故障。若只有一个绕组断路,电动机不能启动,但是有“嗡嗡”声,但只要用手转动转子,电动机便可以启动运行;若两个绕组都断路,电动机不会启动,也无“嗡嗡”声。若是电容运转式电动机在运行中有一绕组断路,电动机可能继续运转,但转速明显下降,发出较大的嗡嗡声,完好绕组中电流增大,这时,如果负载较大,可能使好的绕组烧坏。

1) 绕组断路的检查方法

绕组是否出现断路故障,一般采用万用表进行检查。具体方法是:将万用表拨至欧姆挡,把一根表笔接绕组公共引出线,另一表笔接主绕组或副绕组引出线,当测得某绕组电阻为无穷大时,则该绕组存在断路故障,一般依电路图上标注的线色可分辨出三根引出线和绕组。如图 6-42(a)所示的电动机电路,A 为主绕组引出线,B 为副绕组引出线,C 为绕组公共引出线(中线),A 和 C 间为主绕组,B 和 C 间为副绕组。如电路中没有标出线色,经测定,A 和 C 间直流电阻为 85Ω ,B 和 C 间为 130Ω ,A 和 B 间为 215Ω ,依测定结果可很快确定出绕组种类和各引出线,如图 6-42(b)所示。若测定 A 和 C 间为 85Ω ,A 和 B 间为无穷大,B 和 C 间为无穷大,如图 6-42(c)所示,则可知是副绕组断路。

为了检查出断路点,应拆开电动机,首先检查定子绕组上的三根引出线是否脱焊或拉断(解开线圈绑线和保护套管),并仔细察看定子绕组端部有无机械损伤痕迹。如果引出线和端部都正常,那么断路点就在绕组内部了。再把万用表的一支表笔接断路绕组的一根引出线,另一支表笔接上插针,逐一检查每一线圈的进出线端。当检查到某一线圈的进线端通,而出线端不通时,说明故障就在这一线圈。然后再对这一线圈逐段检查,就可检查出确切的断路点。

如果手头没有万用表,也可用灯泡法检查。把灯泡与电池串联,一根线与绕组公共引

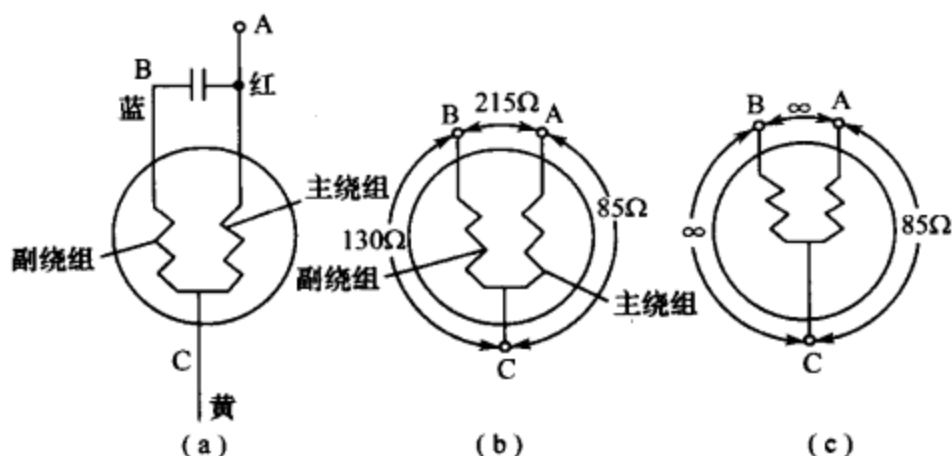


图 6-42 电动机绕组的识别及断路检查

(a)依电路图线色识别主副绕组；(b)绕组正常时的测量结果；(c)绕组断路时的测量结果。

出线相接,另一根线接上测试棒(与灯泡同一根线),分别检查主、副绕组引出线,灯泡不亮的绕组为断路绕组,这样,可用与上面万用表检查同样的方法逐步检查断路点所在的位置。

2) 绕组断路的修理

如果断路点在引出线焊接点,只要重新焊接和重新包扎好绝缘物就可以了。如果断路点在线圈端部,可将绕组加热到 $70^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 半小时,使线圈软化,把线匝分开,将断路点焊好并包好绝缘物即可。如果断路点在线圈内部,一般就要重新绕制线圈,更换有断路故障的那组线圈。

4. 定子绕组接线错误

电动机定子绕组是按一定规律连接的,通电后所形成的 N、S 极是相间的。更换过的绕组、极相组或故障检查时打开过线头的绕组,通常易因绕组局部接错而不能形成完整的旋转磁场,造成电动机启动困难,电流不平衡,噪声大,甚至完全不能启动,或剧烈振动,电流急剧上升等,如不及时停机,甚至会很快冒烟以致烧坏绕组。

单相异步电动机绕组接线错误一般有以下几种:极相组之间接反;同一极相组中一只或几只线圈嵌反或头尾接错;两相绕组接反。对绕组接线的常用检查方法有右手螺旋管定则检查法、指南针检查法和滚珠检查法。有关内容与三相异步电动机相同,这里不再重复。

5. 转子绕组故障

单相异步电动机的转子为鼠笼式转子,绕组为铸铝的鼠笼条和端环,一般不易损坏。但是,如果使用日久或使用不当,也会造成转子断条。转子断条后,电动机可能发出以下现象:强烈的周期性“嗡嗡”的电磁噪声;转矩降低,负载运行时转速下降,严重时甚至停转;启动困难,甚至不能启动;在运行中转子发热厉害,断裂处产生火花。当电动机发生以上现象时,就需检查是否发生了转子断条故障。

单相异步电动机转子绕组的检查及处理方法与三相异步电动机类似,这里不再重复。

6. 启动元件故障

单相异步电动机需要一套副绕组帮助启动,电动机启动后,一般都由启动开关把副绕组切断,如果是电容启动和运转式单相电动机,也要利用启动开关把一部分启动电容切除。

启动装置的类型是多种多样的,主要分为机械式和电气式两大类。机械式是直接利用电动机转动产生的机械力来断开接点,如利用离心力断开接点的离心开关。电气式则是利用电磁力、电热原理使启动开关动作并断开接点,如电磁式继电器、热继电器等。常用的启动装置要求在单相异步电动机接入电源后,转速达到75%~80%同步转速时,把副绕组自动从电路切除。所以,启动装置一定要工作可靠。如果在整个启动过程中不能断开启动绕组,也就是说启动绕组长时进入电动机运行状态的话,由于启动绕组线径小,电流密度较高,就有可能使电动机副绕组烧毁。因此,启动装置对电动机的可靠运行是极为重要的,常见的启动装置故障及修理如下所述。

1)离心开关的故障及修理

这种启动开关结构复杂,而且要装在电机端盖内侧,不便于检查维护。它在单相异步电动机中的使用日益减少,逐渐为其他形式的启动装置所取代。它的主要故障如下:

(1)离心开关短路。机械结构件磨损、变形,动静触头烧熔粘结,簧片式开关簧片过热失效,弹簧过硬,甩臂式开关的铜环极间绝缘击穿,以及电动机转速达不到同步转速的80%等原因,均会使副绕组与电源的连接触点不能断开,造成离心开关短路而使副绕组发热烧坏。对这类故障的检查,可采取在副绕组线路中串入电流表的方法。运行时如仍有电流通过则说明离心开关的触头失灵未断开,这时应查清原因对症修复。

(2)离心开关断路。触头簧片过热失效、触头烧坏脱落、弹簧失效以至无足够张力使触头闭合、机械的机构卡死、动静触头接触不良、接线螺丝松动或线端断开,以及触头绝缘板断裂使触头不能闭合等原因,都会使离心开关在电动机启动时触点不能闭合,以至启动时副绕组未能接入电源,电动机无法启动。断路故障可用电阻法检查,即用万用表测量副绕组引出线端的电阻,这时可测到几百欧的副绕组电阻。如阻值很大,说明启动回路有断路故障。若进一步检查,可拆开外盖直接测量副绕组电阻,如阻值正常则说明是离心开关故障。此时,应查清原因找出故障点予以修复。

2)启动继电器的故障及修理

单相异步电动机用启动继电器有多种形式,其结构原理前面已做介绍。下面简述它们的常见故障及修理。

(1)继电器工作失灵。继电器工作失灵是指继电器不能准确完成特性规定的动作,至使电动机不能启动或绕组烧坏。造成继电器工作失灵的主要原因如下:

①弹簧张力过大。这种情况发生在电流型继电器中时,其触点易跳火,甚至不闭合,造成电动机副绕组无电而不能启动。电压型及差动型继电器的常闭触点如不能断开,则副绕组长期接在电源上而易发热、烧坏。

②弹簧张力失效。当复位弹簧失效后张力减少,对电流型继电器来说,电动机达到规定转速其触点仍不能断开,使副绕组因长时间通电而发热烧毁。对电压型及差动型继电器,则可能会引起触点接触不良,或电动机副绕组在低速时即过早脱离电源,从而造成启动困难。

③参数改变。单相电动机启动继电器的工作特性是根据电动机启动特性来调整的,如重绕修理时,电动机绕组的电压、线径、匝数等参数改变后,将与原继电器不匹配,容易引起工作失灵。同理,如继电器线圈重绕时参数改变,也会产生与电动机不匹配的现象而造成工作失灵。

(2)继电器触头烧坏。这种故障可能形成触点脱落断路或粘结短路现象,从而危及电动机使其不能启动或副绕组发热烧毁。产生故障的原因主要如下:

①弹簧调节不当。弹簧张力调整过大或过小,均有可能使触头跳火而造成烧蚀或粘结。

②触头接地。触头座绝缘损坏导致触头接地,也会烧坏触头。

③副绕组短路。这时副绕组中会产生大的短路电流,使触头过载而损坏。

(3)线圈故障。线圈发生故障的主要原因如下:

①匝间短路。线圈绕嵌质量差,或使用中严重受潮,则容易引起线圈匝间短路故障。

②主绕组短路。电动机主绕组如发生严重短路,其强大的短路电流可能导致继电器电流线圈烧毁。同时,随着副绕组中反电势的增加,电压线圈也可能因过电压而损坏。

对继电器故障的修理,应分清情况查出原因,找到故障处予以修复。弹簧、触点等关键件,经检查如失效、烧蚀,则应及时更换,避免严重事故的发生。

7. 电容器故障

1) 电容器的常见故障

电容器是单相电容式电动机不可缺少的一个重要元件,由于采用了电容器移相,单相启动式、运转式、启动运转式电动机才获得了优良的启动和运转特性。电容器经过长期的使用或存放,其质量会受到一定影响而引起故障,常见的故障有以下几种:

(1)电容量消失。电解质电容器经长期使用或长期放置在干燥高温的地方,则可能因其电解质干结而电容量自然消失。

(2)电容器断路。电容器经长期使用或保管不当,致使引线、引线端头等受潮腐蚀、霉烂,引起接触不良或断路故障。

(3)过电压击穿。电容器在较高电压下工作时,因电介质绝缘性能差可能出现局部放电现象,放电现象将加速电介质老化,使其损耗增大,耐压强度下降,导致电介质击穿。击穿后的电容器呈短路状态。

(4)热击穿。电容器工作在交流电压下,由于电阻和漏电流的存在,要消耗部分电能为热能,使其温度逐渐升高。若电容器能通过外壳散热达到热平衡,则温度便稳定在某一数值;如果散热不好,则可能导致温度偏高。温度偏高将使电介质绝缘性能变差,材质老化,最后导致电介质被击穿。这种由于温升而引起的击穿叫热击穿。

电容器如出现上述故障,将影响单相电容电动机的正常工作,严重的还可能烧毁电动机绕组。因此,发现问题就要进行故障分析,仔细检查予以修复,如发现电容式电动机运转无力时,可检查电容器的容量是否符合要求;当电动机启动不起来时,则可以检查电容器是否断路或短路。

重点提示 理想的电容器是没有损耗的。但由于在交变电场中的介质要消耗能量,介质绝缘不良也要产生漏电流,所以电容器都有介质损耗,并因此而发热。介质损耗除与电容器的结构、材料性能有关外,还与工作环境如温度、电压、频率等有关。电容器的等效电路可由一个电阻 R 和一个电容 C 相并联的电路来表示,如图6-43(a)所示,图6-43(b)为其矢量图。因为介质损耗的存在,电压 U 和电流 I 的相位差不再是 90° ,而是小于 90° 。电容的损耗越大, ϕ 就越小,它的余角 δ 就越大。 $\delta=90^\circ-\phi$ 称为电容器的损失角,而正切 $\tan\delta$ 称为损失系数,常叫损耗角正切,表示电容器损耗的相对大小。由图6-43(b)可知,

损失系数为

$$\tan\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{1}{R\omega C}$$

式中： R 为电容器等效电路中的电阻值； ω 为交流电的角频率，对于50Hz交流电， ω 为314； C 为电容器等效电路中的电容。对于金属箔纸膜复合电容器，一般要求损耗角正切不大于0.0015；对于金属箔纸及金属化膜电容器，损耗角正切不大于0.040；对于金属化纸电容器，损耗角正切不大于0.010。

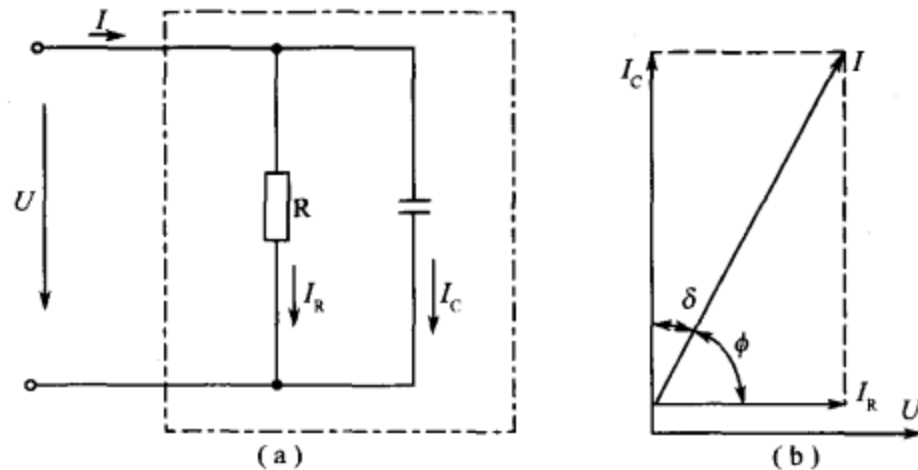


图 6-43 电容器的等效电路及矢量图

2) 电容器常用检查方法

电容器的常用检查方法有以下几种：

(1) 万用表检查法。用万用表检查是利用电容器对直流电的充放电特性来进行的，对交流电容器接线无正、负极之分。把万用表转换到 $1 \times 10k$ 挡，对于刚使用后的电容器，先用一根表笔把电容器两接线端短接，使之放电，然后将两根表笔接电容器两接线端子。正常电容器，用万用表测量时指针应大幅度摆动，摆向电阻为零的位置，然后又慢慢摆回到电阻值很大的位置。若指针不摆动，表示电容断路；若指针摆动到电阻为零的位置后，不再返回，则是电容极间短路；如果指针从零位返回后，最后停下来的位置小于正常的电阻值（与正常电容器相比较），则是电容器容量不足；若指针摆动到某一位置后，停下来而不返回，说明电容器漏电流很大，指针所指示的电阻值就是漏电电阻值，此值越小，说明漏电现象越严重。把万用表的一根表笔接电容器外壳金属，另一表笔分别和电容器两接线端子接触，正常电阻值不能小于几十兆欧。如果阻值小，则是绝缘不良；如果指针指向零，则电容器已通地。

(2) 充放电检查法。把一根 10A 保险丝与电容器串联，将电容器两接线接入交流 220V 电源插座，若保险丝熔断，说明电容器已短路。保险丝不断，接入电源 1s~2s，此时电容器已充电，离开电源，手握螺丝刀绝缘柄，用螺丝刀金属杆将两接线端短接，正常电容器将要发生放电火花。电容量越大，火花越大且声音清脆。如无火花或火花微弱，说明电容器断路或容量减小。此法的缺点是难以准确确定电容量是否已减少。

(3) 校验灯法。校验灯法可用来检查电容器是否接地，如图 6-44 所示。

电源可采用交流或直流，校验灯一端接电容器任一极，另一端接电源，电源另一端接电容器外壳。若校验灯亮，表示电容器接地；如果校验灯不亮，再调换电容器另一极重复试验一次。

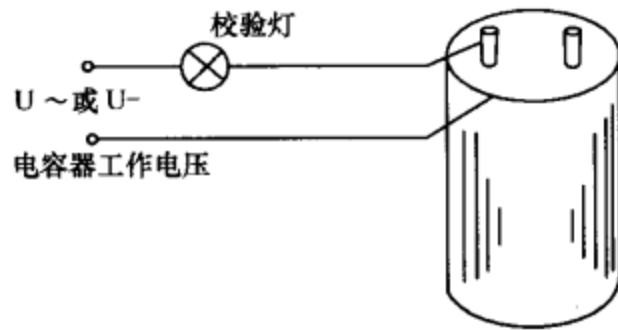


图 6-44 校验灯法

(4) 替换法。将怀疑有故障的电容器从电路中拆下来,用一只好的、正常的电容器替换上去,如果电动机工作正常,则可断定原电容器已损坏。

经上述检查如发现电容器有短路、开路、容量减小、接地等,应更换电容器。替换时必须注意其容量、耐压、工作温度、外形尺寸等,否则会影响电动机的正常工作。

二、机械故障的检修

单相异步电动机的机械故障主要包括转轴、轴承、端盖和机座不良或损坏。检查及处理方法与三相异步电动机类似,这里不再重复。

三、分相式电动机常见故障的维修

同一种故障现象,既可由电气故障引起,也可由机械原因引起,修理之前必须先分析出可能出现的故障原因,然后,根据先机外后机内的原则,逐一进行排查和维修。

1. 不能启动,没有任何声音

1) 首先检查电源电压是否正常

电源电压时有时无或电压过低,将会导致电动机启动转矩过小而不能启动。电源电压的有无可用万用表方便地进行测量。若无电压,应仔细检查电源开关、供电线路直至变配电柜,查看是否有接头接触不好的现象。

2) 检查绕组是否断路

若电源正常,则检查绕组是否断路。主绕组、副绕组回路均有断路的可能,但一般副绕组电路因元件较多,发生断路故障的机会多一些。

(1) 主绕组断路。接通电源,如电动机无任何动静,可用万用表法或检验灯法检查电动机的主绕组是否断路。主绕组的断路故障排除后,再接通电源,电动机可能运转正常,也可能只发出嗡嗡声而不能启动。不能启动时就说明副绕组同时有断路。

(2) 副绕组断路。检查时,如果启动装置用的是启动继电器的话,可将继电器与副绕组串联的两个接头“短接”接通电源,若电动机能启动,说明启动继电器的触点有问题,故障可能是继电器的触点接触不良或损坏,或电磁线圈的吸力不足,或是弹簧失效。如有以上情况,应针对其原因加以修理。

如果启动装置是离心开关,可在副绕组电路串联检验灯后,通电试验其发亮与否,或用万用表测量其通断。

假如将启动装置的触点短接,合上电源后,电动机仍不能启动,则说明可能是副绕组断路或电容器损坏。如属电容器损坏,则更换新电容器后,电动机便能启动。如电容器完好或者更换电容器后,电动机仍不能启动,则只能说明副绕组断路。这时只有将电动机拆

卸,查找副绕组的断路点并加以维修。

(3)绕组因烧坏而断路。对于分相电动机,无论主绕组还是副绕组,如有元件或线圈组烧坏,均会因过热而直接影响绝缘。所以,决定重新绕线时,应将主绕组、副绕组同时换掉,以防未换的旧线圈发生类似的烧坏事故。

3)检查绕组是否短路或接错

绕组内部如果有短路或接错故障,均会造成电动机的启动转矩降低,接通电源后,将因电动机短路电流过大,而又启动不了,致使熔断器的熔丝熔断。

4)电动机过载

若电动机绕组完好,则应检查负载情况。负载过大将引起负载转矩增大,当电动机启动转矩不能克服负载转矩时,将会造成电动机不能启动。此时,应检查负载,找出过负载原因,采取适当的措施消除过负载状况。例如,风机过载,则应及时检查它的管路。没加管路系统或管路过于曲折,均会造成风机过载。

5)检查轴承是否损坏

单相电动机启动转矩较小,若轴承太紧会使阻力变大,造成电动机不能启动;轴承太松又将引起转子偏心,加上单相电动机气隙较小,常造成转子与定子相擦而电动机不能启动的故障。

必须注意的是,有的轴承内因凝结的油滓作用,给检查轴承带来麻烦,以致故障现象不很明显。这时,最好在运行中先用轴承噪声检查仪探明。如已拆开,则用煤油或汽油清洗之后,再进行检查,效果会好些。

轴承使用过久或确认轴承损坏时,应及时更换。拆卸轴承的办法较多,从转子上取下轴承一般常用两脚或三脚的“拉子”拉下来。从端盖上取下轴承,可自制一根多级圆柱棒,如图6-45所示,将棒插入端盖内,用锤子将轴承冲下。

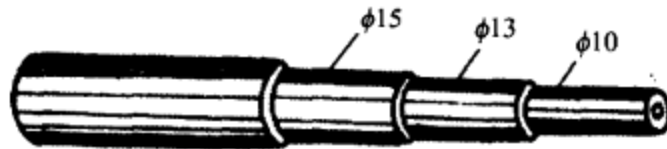


图6-45 用多级圆柱棒取端盖上的轴承

6)检查端盖装配情况

当用手转动电动机转子而感到阻力很大或有死点时,可能是端盖装配不正的缘故,其结果也常造成电动机不能启动。这时,应松开螺钉,用木锤子轻敲端盖四周,同时试转动转子轴,检查阻力变化情况,直到转子转动灵活时,再将端盖螺母对称地拧紧。拧螺母时也应边拧边转动转子,直到螺钉拧紧后转子仍转动灵活。

7)检查转子是否弯曲

电容分相电动机的容量较小,轴的直径较小,因而刚性较差,往往会因装配不慎造成转轴变形弯曲,使定子与转子相擦,电动机难于启动。

8)转子断条

如果电动机绕组完好,启动装置灵活,电容正常,端盖装配正常,则应该仔细检查转子是否断条。转子断条过多时,电动机也无法启动。

2. 不能启动,但有“嗡嗡”声

电动机有“嗡嗡”声响,说明电路是通的。主要原因如下:

(1)电源电压过低。

(2)负载过大。但在减小负载后应能启动。

(3)启动时,启动元件不能接通。当启动元件为电容器时,如电容器因绝缘性能变差而导致容量不足时,电动机启动转矩变小,负载时不能启动,但空载时可能启动。电容器断路时,电动机不能启动,但这时如用手拨动转轴,电动机便能沿手动的方向转起来。电容器短路时,电动机两绕组通过同相电流,电动机发出很大“嗡嗡”声,发热很快,拨动转轴,电动机也不能启动。

(4)主副绕组中有一个断路。此时用手拨动电动机轴,应能缓慢地启动起来。

(5)电动机接线错误。有的电动机主副绕组错接或绕组引线与中线错接,则在空载时电动机能启动,但负载时不能启动。

(6)绕组有短路故障时,有时也会在负载时不能启动,但空载时还能缓慢启动。

(7)电动机的机械部件有故障。

(8)转子铝条断裂的条数占整个转子槽数 $1/7$ 时,电动机就不能正常工作,即使空载时能启动,但加上负载后就不能启动,或转速急剧下降,发出忽高忽低的“嗡嗡”声,而且振动厉害,转子发热,甚至在断裂处发生火花。

3. 电动机转速达不到额定值

电动机转速达不到额定值的原因,可能有以下几种:过负载;电源电压过低;主绕组内发生短路或线头接错;转子笼形端环和导条断裂;轴弯曲或轴承损坏等。

此外,还可能由于副绕组在启动后未切除,这时电动机电流增大、发热并发出噪声。判断副绕组在电动机启动后是否脱离电源的办法是:将副绕组的两个引出线端子拆开脱离电源,将一根小绳绕在转轴上,如图 6-46 所示,用力将绳子猛一抽,电动机立即转动,同时迅速将主绕组接通电源,若电动机运转正常(转速达正常值,噪声也消失),则说明是副绕组的故障所引起的。

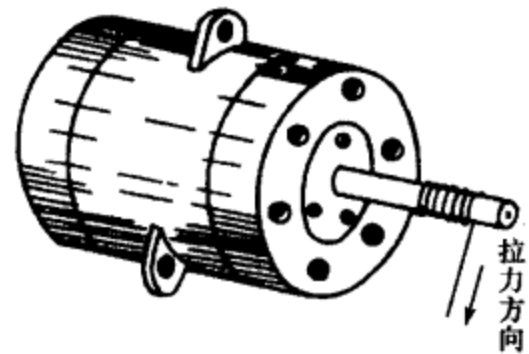


图 6-46 用外力启动单相电动机

副绕组在启动后不能脱离电源,其原因及排除办法如下:

(1)可能是启动继电器或离心开关的触点熔焊、胶结在一起,或因灰屑阻塞使触点不能断开。如为触点烧坏应立即更换,如为灰屑阻塞应清理。

(2)启动继电器弹簧失效。必须重新更换。

(3)转轴的轴向位置调整得不好,将离心开关压得太紧,以致无法断开。应适当调整所加的纸垫圈厚度,使离心开关能在规定的速度时切断副绕组电源。

4. 电动机运行时温升过高

电动机在正常情况下运行时,其内部各种能量的损失发出的热量,不会使电动机超过允许温升,只有当电动机发生各种故障时,引起的各种能量损失增加,才会使发热量增加;或因通风散热不好,使电动机过热,温升超过允许值。造成电动机过热的故障原因如下:

- (1)电源电压过高或过低。
- (2)绕组短路或接错线头。
- (3)过负载运行。
- (4)轴承太紧、松动或不良。
- (5)轴弯曲变形使定子与转子相擦。
- (6)电动机装配不良使电动机转动不灵活。

(7)若电动机散热不好,即使电动机在正常情况下工作,也会引起过热。造成电动机散热不好的原因,不外是环境温度过高,电动机内灰尘太多、通风不畅、进风量减少等。

(8)重换绕组时,由于粗心将线圈匝数绕少,或者将导线截面积搞错,比原来面积小。前者造成单相电动机空载电流增大,使电动机还未带负载就可能过热;后者将造成绕组电阻增大,铜损增大,引起电动机过热。

为此,应当经常注意检查单相电动机的工作情况。检查的办法是:先用验电笔检查电动机外壳是否有电,若不带电,可用手背去贴电动机外壳,如无烫得缩手的感觉,说明电动机没有过热。如果电动机烫得令人迅速缩手,则说明该电动机已经过热。这时,应加强对电动机工作情况的监视,仔细倾听运行时有无不正常的噪声,有无焦臭味,必要时应停机检查,待故障消除后再合闸运行。若电动机带电,则应先处理带电故障。

5. 电动机运转时噪声大

电动机在运转时噪声大,大致有以下几个原因:

- (1)转子断条。
- (2)轴承损坏,应拆开电动机进行检查。
- (3)离心开关损坏,可拆开电动机进行检修。
- (4)转轴轴向游动太大。电动机的轴向游动距离超过正常值,在运转时亦会发出噪声。补救的办法是在转轴上适当加几片硬纸垫圈。
- (5)外界杂物如绝缘片、铜线等部分在绕线时不小心带入了线圈或线槽内而使一部分突出在外面,与转子发生摩擦,引起噪声。此时可拆开电动机,检查绕组及各线槽,发现杂物加以清除。

6. 电动机浸水后的绝缘处理

电动机一般性受潮时,可用烘箱或其他热源烘烤若干小时,待绝缘电阻在室温下恢复到 $20\text{M}\Omega$ 以上时,便可以使用了。而当电动机被水浸泡过以后,绝缘的处理就不同于一般的受潮电动机了。

被水淹没过的电动机,有大量的水浸入机体内部,填满定子槽内及线圈端部的空隙。由于水分子的直径和黏度都很小,能渗入各种绝缘材料的裂纹和微孔;绝缘材料内吸入了大量水分后,绝缘性能将遭到严重损坏。如浸水 12h 以上的 A、E 级绝缘的电动机,用 500V 兆欧表测量时,对地电阻为零;而用万用表测量时,一般为 $4\text{k}\Omega\sim 5\text{k}\Omega$ (常温下)。所以,在修理中,要有一个排水的过程,并且应根据浸水时间的长短和电动机的绝缘等级,采用多级升温干燥法处理比较好。具体方法如图 6-47 所示。

1) 清除杂物

将电动机拆卸后,立即用清水冲洗定子绕组,清除脏物,并用溶剂擦除油污,然后用布将绕组表面擦拭干净。

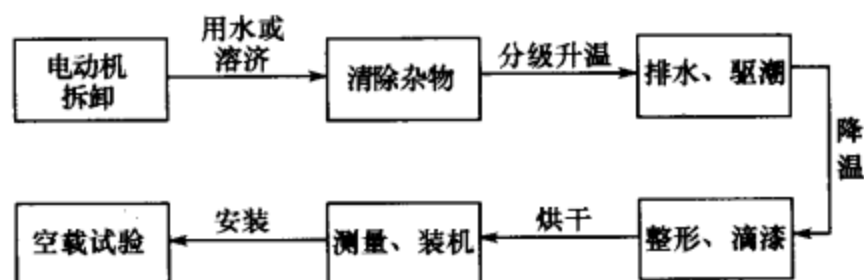


图 6-47 电动机浸水后的绝缘处理

2) 排水与驱潮

(1) 排水。冲洗干净后的电动机定子最好竖放,便于绕组空隙与绝缘材料裂纹及微孔中的水分随重力自然集聚下滴;同时用低温预热,让少量存水蒸发。排水温度:A级绝缘的电动机控制在 $50^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$;E、B级绝缘的电动机控制在 70°C 。排水时间:浸泡在水中24h左右的各种电动机,排水时间为8h~30h。另外,电动机浸水时间越长,功率越大,绝缘等级越低,则排水所需时间越长。

(2) 驱潮。排水完毕后,将进入驱潮过程。驱潮时需要采用多级升温法,即加热温度逐级上升,一般小功率单相电动机每8h可升 10°C ,A级可升至 90°C ,E级可升至 100°C ,B级可升至 110°C 。随着烘焙温度的逐级上升,驱赶潮气,绝缘电阻会逐渐上升,并得以恢复。

在排水与驱潮中,特别要注意烘焙温度不宜过高。否则会因水分排出过快而扩大绝缘材料的裂纹和微孔,降低绝缘材料固有的绝缘强度和机械强度。

3) 整形与滴漆

在干燥结束时,应趁热对电动机绕组的局部进行整形或绑扎,恢复绕组原有的几何尺寸,以便于装配。

为了保持和增强干燥后电动机的电气绝缘强度,提高防潮性能,必须滴漆,用以填补和密封干燥后绕组中的空隙、绝缘材料中水分蒸发后的裂纹和微孔。浸漆后还必须再干燥4h~6h。

4) 测量与试验

在绝缘处理完毕后,要进行严格的测试,主要是绝缘电阻的复查,如有条件可进行耐压试验,然后,装机进行空载试验及负载试验等。

四、罩极电动机常见故障的维修

由于罩极电动机的结构比较简单,修理比其他类型的单相电动机容易。凸极式罩极电动机因短路环固定在凸极上,因此故障少;而隐极式罩极电动机故障比较多,其常见故障如下。

1. 不启动,但转子转动灵活

出现这种情况时,可用万用表先查电源,后查定子绕组,看是否断路;如正常,再查罩极圈,看其是否接触不良,或绕组是否已全部烧坏。如绕组烧坏,需更换绕组。

2. 不启动,转动转子轴有电磁振动感和噪声

这种情况说明主绕组(即磁极绕组)工作正常,故障出在罩极圈上,可能是断路或罩极绕组绝缘已烧坏,也有可能因轴承损坏,定、转子之间的间隙不匀造成。

3. 空载时转速慢

这种情况大多因小型罩极电动机的含油轴承缺油所致,或罩极圈有故障。

4. 带负载时,转速不正常或难以启动

一般是磁极绕组存在匝间短路,或对地短路故障,严重时也会熔断熔丝。另外,也可能是罩极绕组绝缘损坏。如是新修电动机,则可能是罩极绕组的位置、线径或匝数有误。

重点提示 小型鼓风机采用的是隐极式罩极电动机,在使用中因过载常出现绕组烧坏的现象。鼓风机的主绕组采用分布绕组,副绕组只是几匝短路线圈,所以嵌线比较简单。更换主绕组时,如果考虑到做线模方便,则可将隐极式主绕组排成“叠式”,这样只需做一种尺寸的模心。下线时区别于其他电动机的是:待下好一个完整的磁极绕组后,再嵌另一个磁极绕组。

为保证副绕组与主绕组间有 45° 相位,副绕组的两只线圈边正好置于磁极中间的空槽中,另两边正好置于磁极绕组相邻的两槽中。

图 6-48 所示为定子铁芯长 $L=40\text{mm}$,内径 $D=74\text{mm}$ 的隐极式罩极鼓风机绕组展开图。其主绕组每圈 75 匝,线径为 0.57mm ;副绕组每圈 4 匝,线径为 $1.40\text{mm} \sim 1.50\text{mm}$ 。

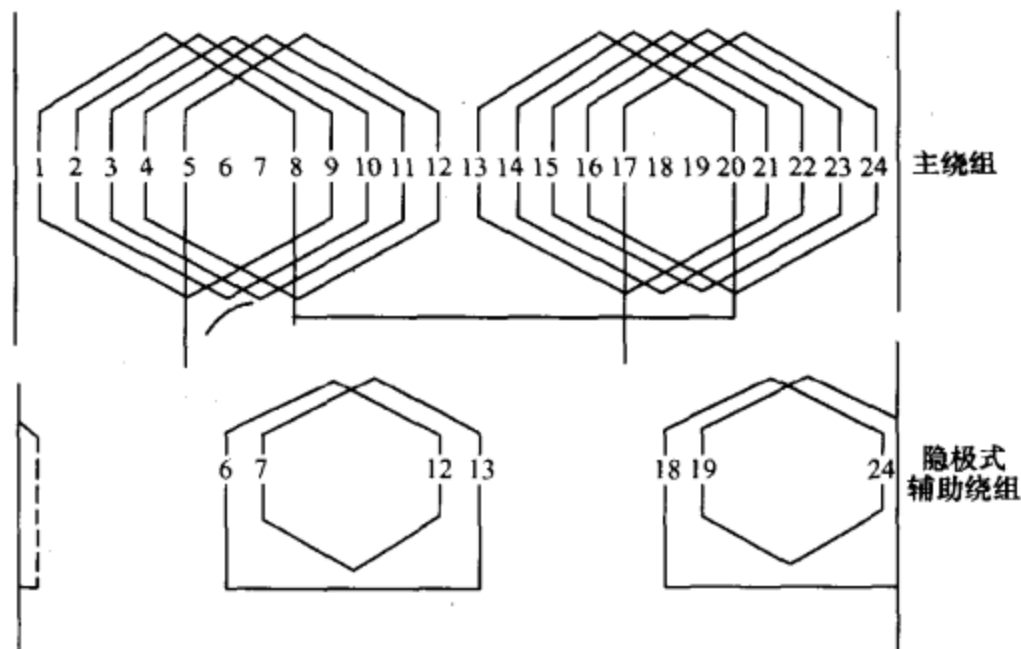


图 6-48 24 槽单相鼓风机绕组展开图

单相鼓风机电动机,因其罩极绕组在启动后仍处在短路工作状态,故温度高,常因过热而烧坏绝缘物。一般罩极绕组烧坏比较多,由于罩极绕组处在线槽的上层,修理比较方便。更换新短路线圈时,应除去原酥脆的绝缘物,在需要嵌线的槽中,重新垫好新绝缘物。线嵌好后,在主绕组与罩极绕组间垫好相间绝缘物,并扎牢实。

对于新换线的鼓风机,容易出现这样的情况:在未装风叶前试转,启动比较困难,有的需用手轻转一下电动机轴。这种情况属于正常,待装上鼓风机与风叶后,便很容易启动,转速也容易上去。

如果用手轻转电动机轴后仍不启动,则应改变罩极绕组线径或改变罩极线圈的匝数,一般可解决问题。

另一种情况是刚嵌线的电动机,空载不带风叶启动时,绕组发热,启动不好。遇到这种情况时,可改成带负载启动试一试。多数情况下带负载启动反而发热正常。

图 6-49 所示为 16 槽电动机绕组展开图,其技术参数是,主绕组节距为 4,线径为 0.54mm,120 匝,副绕组线径为 1.72mm,4 匝,空载时电流为 1.3A,满载时电流为 1.6A。

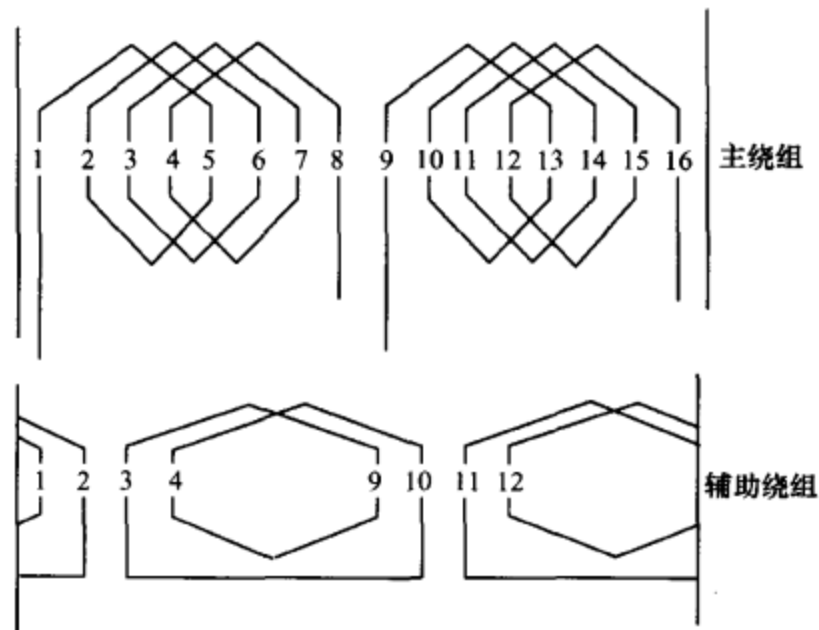


图 6-49 16 槽单相鼓风机绕组展开图

五、单相异步电动机线圈的重绕

单相异步电动机线圈的重绕与三相异步电动机相似。由于单相异步电动机容量较小,定子绕组的形式有一定的差异,因此,这里仅就“绕制线圈”的方法做一简要介绍。其它步骤和方法可参考三相异步电动机相关内容。

1. 手绕法

手绕法是用手工将导线一匝一匝地绕入槽内,一个线圈的匝数绕好后,再绕第二个线圈。对同心式绕组,先绕最里面的线圈,然后依次向外,直到一个极的全部线圈绕完为止。边绕边注意端部尺寸及形状,防止端部过高,影响副绕组的嵌放。

单叠绕组及同心式绕组都可用手绕法绕嵌,但操作不方便,工作效率较低,一般在局部更换绕组时才采用。

2. 束绕法

当正弦绕组三个同心线圈的匝数比为 1:2:1,且线径小于 0.72mm 时,可采用束绕法绕制。对分相式电动机,副绕组导线较细,且嵌于主绕组的上面,也可采用束绕法绕嵌,以简化工艺。

用束绕法制作正弦绕组的三个同心线圈,应按图 6-50 所示,先绕一个适当的预备线圈,其匝数等于每极匝数的 25%,长度为三个线圈长度之和,然后按图 6-51 的步骤绕嵌。绕嵌时,由内至外,线圈两端要随时拉住,紧贴铁芯进行绞扭,每次扭转方向应与上一次相反,直到一个磁极的线圈嵌完为止。扭转方向交替变换可防止绞结现象,减少绕嵌困难,使绕组端部整齐美观。

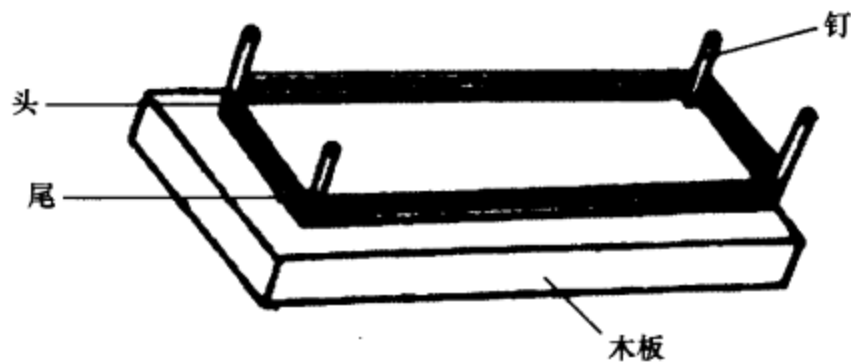


图 6-50 绕制预备线圈

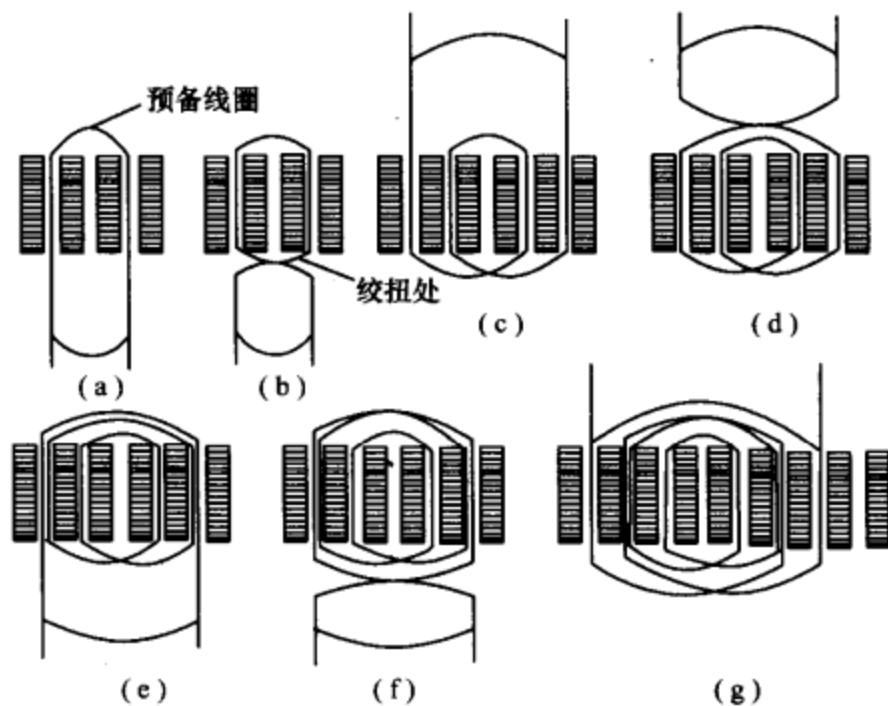


图 6-51 束绕法绕制线圈步骤

第七节 三相异步电动机改单相异步电动机的方法

在某些只有单相电源的地方,可以将小功率三相异步电动机的接线方式加以改变,作为单相电动机使用。三相异步电动机作单相运行时,电动机本身没有启动转矩,因而需要采取适当的措施,使电动机定子形成旋转磁场,从而产生启动转矩。同时还要尽可能提高电动机功率的利用率,并使电动机有较好的工作特性和较高的功率因数。

从前面单相异步电动机的工作原理中可以知道,在空间互差 90° 电角度的两套绕组中通以电流时,它们所产生的磁场轴线在空间也互差 90° 电角度。如通过这两套绕组的电流也具有一定的相位差,这时就能在定子铁芯上形成一个两相旋转磁场,继而产生启动转矩,使电动机转动起来。因此,如将三相异步电动机中的任意两相绕组串接起来作为主绕组,另一相绕组串以适当的电容、电感或电阻作为副绕组,将它们接到同一单相电源上,就会和单相异步电动机一样,形成一个两相旋转磁场,产生启动转矩,使电动机启动并正常运行。

三相异步电动机改单相运行有多种接法,下面简要进行说明。

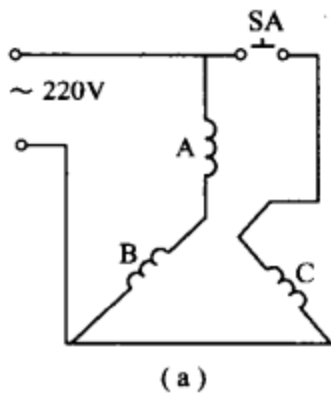
一、内改接法

对于 Y 形绕组的三相异步电动机,将 C 相绕组的尾端从星点断开,使 A、B 两相绕组

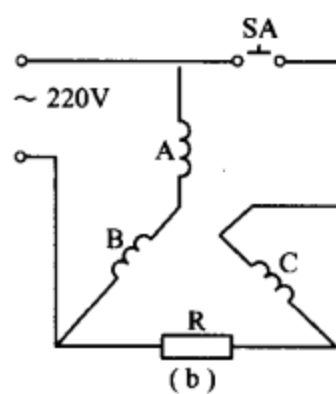
呈串联状态,作运行绕组,C相绕组可直接用来作启动绕组。将C相绕组与离心开关串联,并与运行绕组并联,再接到单相电源上去,如图6-52(a)所示。如果没有离心开关,可用单掷闸刀开关(或按钮开关),采用人工控制启动。启动时,闸刀开关处于闭合状态,待电动机启动到额定转速时,即拉开闸刀开关,完成启动工作。因C相绕组不参加工作,所以改后的容量应降低1/3左右。

这种电机的电压降太大,不能满载启动,也不适合于在小容量的线路上工作。为了减小启动电流,可以在启动绕组上串联电阻,如图6-52(b)所示。R值应大于运行绕组(即A相加B相)阻值的5倍~10倍。

对于△形绕组的三相异步电动机,可以将A相绕组两端接单相电源,用作运行绕组。将B、C相绕组间的接点拆开,串接入按钮开关,B、C绕组用作启动绕组,如图6-53所示。



(a)



(b)

图6-52 Y形绕组的改接法

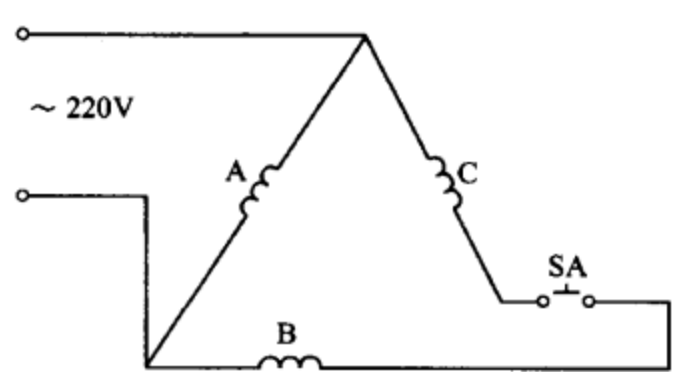
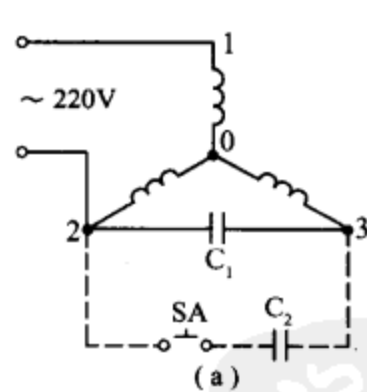


图6-53 △形绕组的改接法

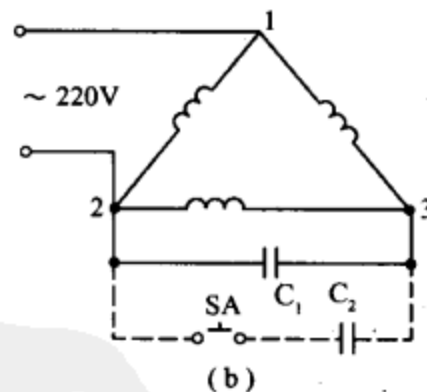
内改接法比较麻烦,实际改装中应用较少。

二、外接电容法

外接电容法的接法如图6-54所示。



(a)



(b)

图6-54 外接电容法

这种接线方法不需要改变三相电动机的任何结构和绕组参数,即可接在单相电源上运行。如三相电动机的接法为Y形,可将电容器并联在绕组引出线的任意两个端点上(如图6-54(a)中2、3两个接线端),然后将单相交流电压接至1、2两端。如将电源改接在1、3两个端点,即可改变电动机旋转方向。

对于△形接法的三相电动机,可不改变电动机原来绕组的接线,将电容器直接并联到电动机的任意两个接线端子上,然后将单相电源的一端接在电动机未接电容器的接线端子上,单相电源的另一端接在其余两端的任意一个接线端子上,如图6-54(b)所示。改变电源线的位置由2到3,即可改变电动机的旋转方向。

采用直接并联加入电容器的方法,不但能使电动机顺利启动和正常运行,而且还可以提高电路的功率因数。

在图 6-54 中,电容器 C_1 的容量按下式计算,即

$$C_1 = \frac{1950I}{U \cos\phi} (\mu\text{F})$$

式中: I 、 U 、 $\cos\phi$ 为电动机原来铭牌上的额定电流(A)、额定电压(V)及功率因数。

为了提高电动机的启动转矩,除了加接工作电容 C_1 外,最好再并入一个启动电容 C_2 。 C_2 的容量大小可根据电动机启动时负载大小来选择,通常为 C_1 的 1 倍~4 倍。在实际应用中,1kW 以下的电动机可以不加接启动电容器,只把工作电容的容量加大一些即可。一般每 0.1kW 配用工作电容 $6.5\mu\text{F}$ 。

当电动机启动并达到额定转速时,应立即断开启动电容器,否则因电容量增大,启动力矩增大,定子会发热,甚至烧坏电动机。

经此改接后的电动机,其容量约为原功率的 55%~90%。具体容量大小与电动机本身的功率因数有关。

如果把 Y 形接法的电动机如图 6-55 所示改接,还可提高电动机的容量,甚至达到原来的功率。它的特点是把电压加到中性点上,此时有一相绕组移相。图中, C_1 仍按上式计算, $R \approx 0.25 \frac{U}{I} (\Omega)$, $C_3 \approx 2C_1, C_2 \approx (2 \sim 4)C_1$ 。

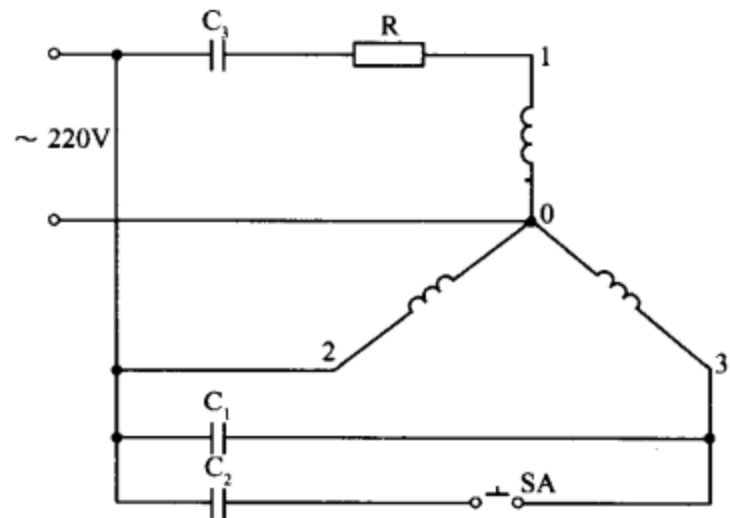


图 6-55 改进的单相启动电路

上述电路中的电容要选用纸介油浸电容或金属化有机薄膜等无极性电容器,不能用电解电容器,同时要注意耐压值。一般来说,若电动机工作电压为 220V,电容耐压值应为 400V,若电动机工作电压为 380V,电容耐压值应为 600V,电动机改为单相使用后,转速与原来转速相同。

三、拉开式电容移相

拉开式电容移相的接线原理如图 6-56 所示。图中 6-56(a)为 Y 形接法的接线图,图 6-56(b)为 Δ 形接法的接线图。

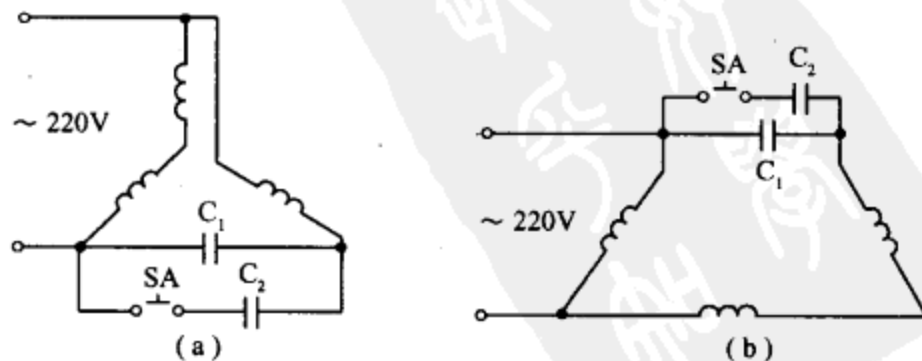


图 6-56 拉开式电容移相接线图

拉开式电容移相是将三相电动机绕组中的任意两相串联起来,作为主绕组,另一相串以适当的电容(电阻或电感,一般以电容为好)作为副绕组,将它们并联后接到单相电源上。为了提高电动机的启动转矩,可在工作电容的两端并联一个带有开关的启动电容器 C_2 ,当电动机启动至接近额定转速时,应立即断开开关,将电容器 C_2 切除,仅留下电容器 C_1 参与运行。电容器容量的选择与外接电容法的选择相同。

对于拉开式电容移相的电动机,如果把它们的主绕组或副绕组的线端对调,就可改变电动机的转向。

四、电感电容移相法

电感电容移相法接线原理如图 6-57 所示。图 6-57(a)是定子绕组为 Y 形接法的三相电动机接线图,图 6-57(b)是定子绕组为 Δ 形接法的三相电动机的接线图。

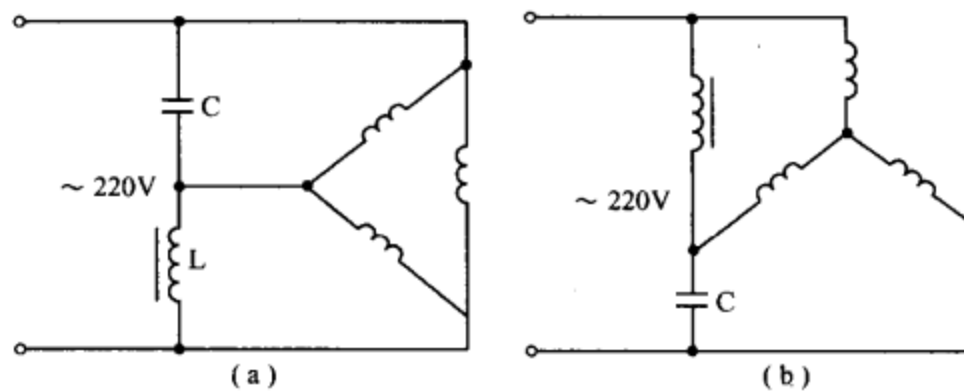


图 6-57 电感电容移相法

这种接法的实质是在电动机的外面通过电感 L 和电容 C 的移相作用,将单相电源变为三相对称的电源之后,再施加在三相电动机上,因此,电动机的运转原理就与三相供电制基本相同,只不过是用 220V 的单相电源替代了 380V 的三相对称电源而已。

此外,电感电容移相法还可用于 380V 的两相电源。合理的选择电感 L 和电容 C 的参数,可相应提高电动机的效率和功率因数。



第七章 单相串激电动机的原理与维修

单相串激电动机采用换向器式结构,属于直流电动机范畴,因将定于铁芯上的激磁绕组和转子上的电枢绕组串联起来而得名。由于它既可以使用直流电源,又可以使用交流电源,所以又叫通用电动机。单相串激电动机具有转速高、体积小、效率高、质量小、启动转矩大、调速方便等优点,因而大量地应用于电动工具、家用电器、小型车床、化工、医疗等方面。如电锤、手电钻、电动扳手、吸尘器、电动缝纫机、电动剃须刀等,单相串激电动机的主要缺点是噪声、振动和电磁干扰均比较大。本章主要分析单相串激电动机的结构和基本工作原理,并对其绕组及接法做简要介绍。

第一节 单相串激电动机的工作原理

单相串激电动机的工作原理是建立在直流串激电动机工作原理的基础上的。因为直流电动机的旋转方向是由定子磁场方向和电枢中电流方向两者之间的相对关系来决定的,所以,如果改变其中的一个方向,则电动机的旋转方向就会改变。如果同时改变磁场方向和电枢电流的方向,则两者的相对极性没有改变,电动机不会改变方向。单相串激电动机的工作原理如图 7-1 所示。

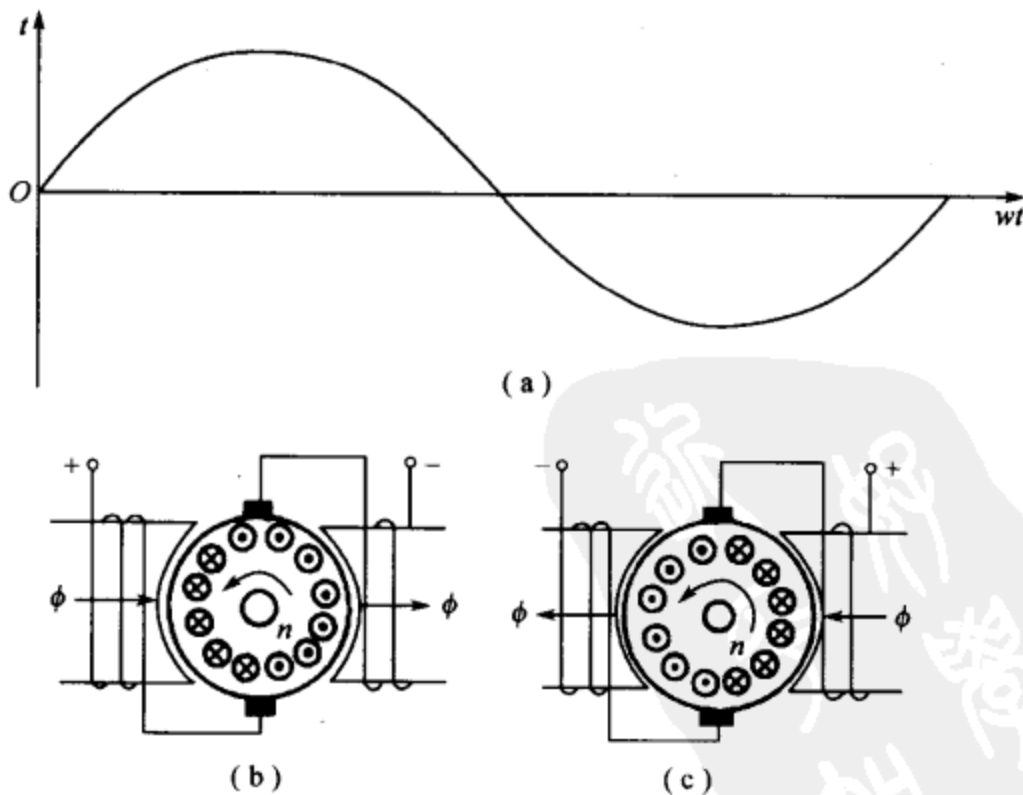


图 7-1 单相串激电动机的工作原理

(a)交流电流变化曲线; (b)当电流为正半波时,转子的旋转方向;
(c)当电流为负半波时,转子的旋转方向。

由于激磁绕组和电枢绕组串接在同一单相电源上,当交流电处于正半周时,电流通过激磁绕组和转子绕组的方向(即磁场方向)以及电枢电流的方向如图 7-1(b)所示。激磁绕组产生的磁场与电枢绕组电流相互作用产生电磁转矩,根据左手定则,电动机反时针方向旋转;当交流电处于负半周时,激磁绕组产生的磁场方向和转子绕组的电流方向同时改变,如图 7-1(c)所示,用左手定则判断出转子仍为反时针方向旋转,方向不变。所以,串激电动机的转向与电源极性无关,可以用于交流电源上。

第二节 单相串激电动机的结构及特性

一、单相串激式电动机的结构

小型单相串激电动机的结构相似于一般激磁式直流电动机,主要由定子、电枢、电刷架、机座、端盖等四部分组成。

1. 定子

定子由定子铁芯和绕组构成,为减小涡流损耗,单相串激电动机的定子铁芯由 0.5mm 厚的硅钢片叠装而成。定子上装有励磁绕组,功率大于几百瓦的电动机还另装有补偿绕组和换向绕组。容量很小的一种单相串激电动机的定子冲片如图 7-2 所示,它用 0.5mm 硅钢片叠装后,再用空心铆钉铆接而成定子铁芯。定子为凸极式,采用集中式励磁绕组。这种电动机的特点是既没有换向极,也没有补偿极,它的最大容量不过数百瓦。主要用于各种电动工具,如手电钻、电锤及家用电器中。单相串激电动机的功率小于 200W 时一般制成 2 极,功率大于 200W 时一般制成 4 极。

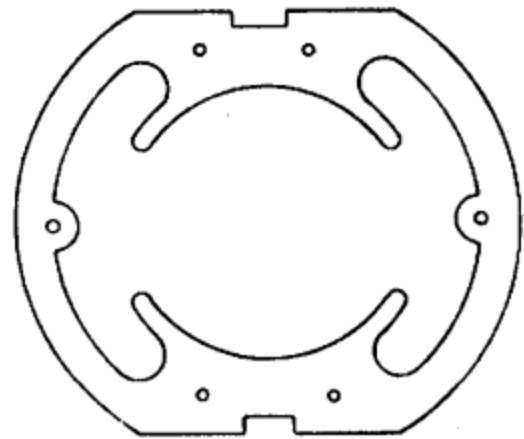


图 7-2 单相串激电动机定子冲片

2. 电枢

电枢即电动机转子,由铁芯、绕组、轴、换向器、风扇组成,与直流电动机的电枢结构相同。

电枢铁芯用 0.5mm 厚的硅钢片沿轴向叠装后,将转轴压入其中。电枢铁芯冲片的槽形一般均为半闭口槽,在槽内嵌有电枢绕组。电枢绕组各线圈元件的首、尾线端与换向器的换向片相焊接,构成一个闭合的整体绕组,单相串激电动机的电枢冲片如图 7-3 所示。

为了简化工艺,电枢铁芯的槽一般做成与转轴的轴线平行,如图 7-4(a)所示。也可以叠装成斜槽形式,即槽与转轴轴线间有一个夹角,如图 7-4(b)所示。斜槽结构虽然在工艺上较为复杂,但它可以使磁极极面与电枢铁芯间的磁阻变化较小,从而起到减弱电动机运行时噪声的作用。

单相串激电动机电枢上的换向器结构与直流电动机中的换向器相同,它是由许多换向片围抱而成的。换向片间则用云母片绝缘。换向铜片加工成楔形,各换向铜片下部的两端有 V 形槽,在两端的槽里压制塑料,使各换向片紧固成一整体,并使转轴与换向器相互绝缘。这样的机械和绝缘结构,可以承受高速旋转时所产生的离心力而不变形。电动工具中,单相串激电动机采用的换向器一般有半塑料换向器和全塑料换向器两种结构。