

电机修理

李 斌 编

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了广泛应用的各种中小型电机的维修技术,着重介绍电机的维护保养、常见故障处理、三相异步电动机和单相电机的维修等。

图书在版编目(CIP)数据

电机修理/李斌编. —重庆:重庆大学出版社,2007.4

(进城务工实用知识与技能丛书.家电维修系列)

ISBN 978-7-5624-4025-3

I. 电… II. 李… III. 电机—维修—基本知识 IV. TM307

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第037174号

电 机 修 理

李 斌 编

责任编辑:王维朗 曾令维 版式设计:曾令维 王维朗

责任校对:任卓惠 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆市川渝彩色印务有限责任公司印刷

*

开本:787×1092 1/32 印张:3 字数:67千
2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4025-3 定价:5.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究



编者的心声

党的十六大报告明确提出,农村劳动力向非农产业和城镇转移,是建设现代化农业、解决“三农”问题的重要途径,是经济和社会发展的必然要求,是我国社会进步的重要标志,也是我国一项长期、重要的国策。加快农村富余劳动力转移和就业的关键在于加强职业技能培训。

随着社会的发展,服务业已经成为继农业、制造业之后的第三大产业。而修理业,又是服务业中重要的部分。修理行业市场广阔,品种极多,小至雨伞、鞋帽,大至家电、汽车,技术上囊括机械、电气、电子、计算机等学科。

修理行业有着自己的技术特点和经济特点,投资创业成本较低、易于实现自由就业或灵活就业等,因此成为极具潜力的一个劳动力开发领域。

但进入修理行业最需要的是技术和培训,为了广大的农村劳动力进城务工的需要,为了让他们拥有一技之长,实现多渠道、多方位就业,重庆大学出版社出版了这套《进城务工实用知识与技能丛书》。

本套电器电子类维修丛书的编写者来自不同的行业,他们中既有专业教师,又有活跃在维修业中的能工巧匠,更有资深



的维修工程师,但他们都是爱好维修,热衷于钻研维修技术,具有丰富的理论知识和长久的维修实践的人。不但如此,最重要的一点是,尽管本丛书要求只以初中文化的读者为对象,以初等技术为依据,但他们仍然愿意尽量将最新的科技成果、研究心得、宝贵经验等悉数为农民工朋友奉上。

本丛书特别强调以人为本,每书开篇为“学好安全再上路”,介绍维修中需要注意的安全事项。行文中注重可操作性和实用性,语言简单明了、通俗易懂、图文并茂。

本套丛书共 30 种,几乎囊括电气、电子维修的所有领域。

我们衷心希望本套丛书能给农民工朋友带来大的帮助,使他们为建设社会主义新农村和构建和谐社会做出新贡献。希望从他们中走出作家、诗人、歌手、能工巧匠、维修工程师……。并希望能得到广大读者的批评与指正,以便逐步调整、完善、补充,使之更符合农村劳动力培训的实践。

编者

2006 年 10 月



目 录

学好安全再上路——电动机运行和修理的安全事项 1

第一章 电动机的故障原因、维修方法和诊断技术 7

第一节 电动机的故障原因及维修方法 7

第二节 电动机故障诊断技术 15

第二章 三相异步电动机 18

第一节 三相异步电动机的原理与结构 18

第二节 三相异步电动机的拆卸和装配 24

第三节 电动机控制设备故障及处理实例 29

第四节 故障电动机中电器元件的选择 48

第五节 三相异步电动机典型故障的处理 51

第六节 电动机机械故障检修 66

第三章 单相异步电动机 71

第一节 单相异步电动机原理与结构简介 71

第二节 单相异步电动机常见故障及处理.....	80
<hr/>	
第四章 电动机修理后的测试.....	83
第一节 冷态直流电阻的测定.....	83
第二节 绝缘电阻的测定.....	84
第三节 耐压试验.....	84
第四节 空载试验.....	86
<hr/>	
参考文献.....	88



学好安全再上路—— 电动机运行和修理的 安全事项



电动机是工业、农业用电力机械最常用的动力之一，因此，电动机的安全运行和安全维修（此二者是相互关联的）是保证各种电动机械正常工作的基本条件。为保证电动机的安全运行应采取以下措施：

一、正确选用电动机

1. 合理选择电动机的功率。可按以下要求确定电动机的功率：若生产机械与电动机之间是直接传动，则所选电动机的功率应是被拖动物机械功率的 1 到 1.1 倍；若机械与电动机之间要经过皮带传动，则所选电动机的功率应是被拖动物机械功率的 1.05 到 1.15 倍。应注意的是，由于一种农用机械使用的时间不是很长，所以，一般不需每种机械都单独配一种动力机，以免花费成本太多，管理不方便。一般地说，电动机可以在发挥 75% ~ 100% 的额定功率范围内通用。

农用电动机



2. 正确选择电动机的结构型式。农用电动机按结构型式划分，有开启式（电动机的转动部分和导电部分无专用的防护装置）、防护式（电动机对滴水、溅水、杂物进入有不同



程度的防护能力)、封闭式(电动机具有封闭的外壳)、防爆式(具有专门的防爆结构)等电动机。

农用机械的工作环境千差万别,例如粉碎机械的使用环境是被粉碎的农作物秸秆、瓜秧四处飞扬;水泵的使用环境是有滴水 and 溅水。为了保证安全作业,必须按照工作环境选择适当的防护形式。如在恶劣环境下或户外,宜选用封闭式电动机;易燃易爆的环境,宜选用防爆式电动机;在有滴水、溅水的环境,宜选用防护式电动机。

3. 正确选择农用电机的额定电压。所选电动机的额定电压应与供电电网的电压一致。给三相异步电动机所加的电压在其额定电压的 $+10\%$ 至 -5% 的范围内都会正常工作。在农村,低压电网电压为 $220\text{ V}/380\text{ V}$,因此农村用的中小型异步电动机都是低压的,额定电压为 $220\text{ V}/380\text{ V}$ (Δ/Y 接法),即电网电压为 220 V 时电动机采用 Δ 形接法;电网电压为 380 V 时电动机采用 Y 形接法。这种电动机还有一个优点,就是可采用 Y/Δ 降压启动。当电动机的额定功率达到变压器容量的三分之一时,此电动机必须采用降压启动。需特别强调的是:在农村只要有三相电源的地方,一定选用三相电动机,这是因为在功率相同的条件下,三相异步电动机和单相异步电动机相比,具有体积小、重量轻、振动小、价格低等优点。

4. 保护设施应完备。最起码的保护措施应有失压欠压保护装置。电动机运行中如果电压过低,电流将会大大增加,长此运行,电动机将因过热烧毁,因此,在电网电压过低时,应及时切断电机电源,在电网电压恢复时,也不允许电动机自行启动,这种在低压运行中的保护措施叫失压保护。

启动失压保护可防止发生设备及人身事故。缺相保护装置、短路保护装置的作用是当电动机发生短路故障时,电路中

流过很大的短路电流,熔断器中的熔体就会自动熔断,切断电源,保护电动机、电气线路和电气设备。过载保护装置(通常采用热继电器来实现,热继电器可以反映电动机的过热状态并发出信号,使电动机停机)也常常使用。另外还应特别注意电动机外壳应可靠接零或接地(但又不能混接,即部分电机接地,其他设备接零)。根据我国《低压用户电气安装规程》中的规定,农村电动机外壳应采用保护接地,不宜采用保护接零。



5. 保管好技术资料。除保管原始技术资料外,还应建立电动机运行记录、维修资料等。

二、加强日常维护

1. 要让电动机“讲卫生”。应经常清除电动机外部的灰尘和油污等,特别是清除电动机散热筋内的灰尘,不要让电动机的散热筋内有尘土和其他杂物,确保电动机的散热状况良好。

2. 要定期检查和维修电动机的控制设备。电动机控制设备状况的好坏,对电动机的正常启动起着决定性的作用。实践证明,绝大多数被烧毁的电动机,其原因大都是控制设备工作不正常造成的。如控制设备使电动机出现缺相启动或缺相运行,接触器触头拉弧、打火等。而控制设备的维护主要是清洁和紧固。如接触器触点不清洁会使接触电阻增大,引起发热烧毁触点,造成缺相而烧毁电动机;接触器吸合线圈的铁芯锈蚀和尘积,会使线圈吸合不严,并发生强烈噪声,增大线圈电流,烧毁线圈而引发故障。所以电动机的控制设备应设在干燥、通风和便于操作的位置,并定期除尘。经常检查接触器触点、线圈铁芯、各接线螺丝等是否可靠,机械部位动作是否灵活,使其保持良好的技术状态,从而保证电动机顺利工作而不被烧毁。

3. 经常检查电动机的温度和温升是否过高。在运行中,必



须要求电动机各部位的温度不超过最高允许温升,最高允许温升即电动机最高允许温度与周围环境温度之差(一般定为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

4. 仔细听电动机的声音是否正常。电动机运行时,应注意电动机发出的声响,根据声响判别电动机的运行情况。正常时,电动机声音均匀,没有杂音。若电动机出现异常声音,通常有机械和电气两个方面的原因。区别方法是:接上电源,有不正常的声音存在,切断电源,不正常声音仍存在,则为机械故障,否则为电气方面故障。机械故障最常见的是轴承损坏,主要是轴承间隙过大或严重磨损,缺少润滑油或油脂选择不当引起的,这时就需要及时清洗或更换轴承,保证电动机在运行过程中有良好的润滑,一般的电动机运行 $5\ 000\text{ h}$ (小时)左右后,应补充或更换润滑油。电气故障产生的噪声叫电磁噪声,最常见的是电动机缺相运转,当电动机缺相运行时,转速会下降,并发出异常的“嗡嗡”声。如果运行时间过长,将会烧坏电动机。缺相运行主要是电源电路出现问题引起的,如电源线一相断线,或电动机有一相绕组断线。要防止电动机缺相运行,首先要注意发现缺相运行的异常现象,并及时排除,其次对于重要的电动机应装设缺相保护。

5. 拧紧各紧固螺钉,检查接地是否可靠。电动机在运行中,尤其是大功率电动机要经常检查地脚螺栓、电动机端盖、轴承压盖等是否松动,接地装置是否可靠等,若发现问题要及时解决。电动机振动加剧,噪声增大和出现异味时,电动机运转异常,随时可能出现严重故障,必须尽快停机,查明原因,排除故障。

6. 长时间(3个月以上)停用的电动机,使用前应测量其绝缘电阻。用 500 V 兆欧表测电动机的绕组与绕组,绕组与外壳

之间的绝缘电阻,若阻值低于 $0.5\text{ M}\Omega$,就应驱潮后再开机,具体干燥的方法有外部干燥法、电流干燥法和两者同时进行的联合干燥法。外部干燥:即利用外部热源进行干燥处理,常用的措施有:(1)吹送热风:利用加装电热器的鼓风机(农用小型电动机可用电吹风)进行吹送热风以达到干燥处理的目的;(2)灯泡烘烤:在密闭箱内,利用数个 200 W 左右的灯泡进行烘烤,既可在周围进行烘烤,也可把农用电动机拆开,将灯泡放在定子孔内进行烘烤。烘烤热源也可采用红外线灯泡或红外线热电管。特别注意:烘烤温度不宜过热,应控制在 $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下为宜。电流干燥:可根据农用电动机的阻抗和电源的大小将电动机三相绕组串联或并联(单相的农用电动机可将电机的主副绕组适当连接),然后接入一可变电阻器,调整电流至额定电流值的 60% 左右,通电进行干燥。



三、遇到以下情况应紧急停机

农用电动机发生下列情况之一时,应立即切断电源停止运行,进行检查,故障排除后才能继续工作:

- (1)电动机内部、控制设备、机械或被加工的物料冒烟起火;
- (2)当发生人身触电事故或人身伤亡事故时;
- (3)轴承温度超过允许最高温度值;
- (4)电机温度超过允许值且转速下降;
- (5)三相电动机单相运行(缺相运行);
- (6)电机内部发生撞击或扫膛;
- (7)电机堵转运行;



- (8) 电机声音不正常、吼叫；
- (9) 电机转速不正常；
- (10) 电动机剧烈振动, 危及安全运行；
- (11) 传动装置失灵或损坏；
- (12) 闻到异味。

四、其他用电安全事项

在进行电机修理过程中, 必须注意一般 220 V/380 V 电源的用电安全, 例如, 彻底关断电源并将可能的残余电流释放后, 才能进行修理; 修理场所禁止外人、小孩进入; 万一发生人身触电如何处置、如何采取紧急措施、如何在救护车到来之前抢救, 等等。

总之, 修理人员不仅要具有这些基本的知识和技能, 还要具有有效的电工上岗证等资质, 才能允许检修电动机等电气设备。



第一章

电动机的故障原因、维修方法和诊断技术

第一节 电动机的故障原因及维修方法

一、电动机故障产生的原因

1. 内部原因

内部原因指机内线圈断路、烧坏,连接部位脱焊、腐蚀,开关及触点氧化等。

2. 外部原因

外部原因是指由于电机外部条件造成的故障原因,例如由于电网电压不正常、电机长期工作、负载过重等造成对线圈绕组的损害,积尘过多造成绕组老化、匝间短路等。

3. 人为原因

人为原因包括运输过程中的剧烈振动和过分颠簸,以及用户乱拆、乱改而造成故障的原因。维修人员在检修机器之前,应首先弄清故障属于哪一种原因造成的,然后根据不同原因和表现的症状进行检查、分析和修理。一般检修时,从外部原因着手,因为这种方法较为简单。在检修前还应尽量向用户询问,并在检修时做好记录,以便对故障进行分析与判断,然后再



着手查找内部原因。

二、电动机故障检修程序

要快速修好电动机,除掌握其基本原理和正确的维修手段之外,还应注意其维修的步骤是否合理,使维修工作有条不紊地进行。不论是单相电动机还是三相电动机,其检修的程序大体相同。检修时,可按以下步骤进行维修。

1. 询问用户

接手一台待修的电动机时,通过询问用户,了解故障现象,经过分析,便能大体确定故障范围。为找到故障点,理出头绪,询问内容大致分为以下几种情况。

(1) 电动机的运行情况

如转速、温度的变化,有无异常响声和剧烈震动,开关和电动机绕组内有无窜火冒烟及焦臭味等。

(2) 电动机的使用情况

例如电动机的工作环境是在室内还是室外,是否受到酸、碱、盐等腐蚀性气体侵蚀,有无存在过多的积灰或油垢;电动机风路是否堵塞,是否受潮及淋过雨;电动机运行的方式是否符合规定,负载的性质是否符合电动机性能规定,供电是否符合要求及三相电源电压是否平衡(任意两相电压之差不应超过三相平均值的5%)等。

(3) 电动机的维修情况

如不按时更换润滑油,会使轴承磨损;电动机修理时如线径过细或线圈匝数不足会引起电动机过热;又如机座或端盖裂纹焊接不良,会引起端口变形,造成气隙不均匀,电动机在运行中会出现震动甚至使定子与转子互相摩擦。

2. 外部检查

外部检查包括机械和电气两方面的情况。



(1) 机械方面

主要检查机座、端盖有无裂纹,转轴有无裂纹或弯曲变形;用手转动电动机的轴,观察是否灵活,有无不正常的声音,如轴承滚珠破损或定子、转子相擦就会出现明显的噪声;另外,还要检查风道是否被堵塞,风叶及散热片等是否完好,等等。

在容量较大一点的电动机端盖上有测气隙孔,用于测量气隙,气隙的不均匀度不应大于其平均值的 10% ~ 15%,否则会引起震动,损伤轴承,甚至不转。

(2) 电气方面

主要检查引出线绝缘是否完好,绕组的首尾端是否正确;检查绝缘是否损坏,绕组中是否有断路、短路及接地等现象。这项检查一般需要借助万用表进行。

3. 内部检查

若外部检查正常,此时,须拆开电动机,对电动机内部做进一步检查。

(1) 检查定子绕组

检查定子绕组端部有无损伤,查看绕组端部有无积垢或油污,绝缘是否损伤,接线及引出线是否断线、脱焊。接着检查绕组有无烧伤,若绕组有烧伤的地方,烧伤处颜色会变成暗黑色或完全烧焦,且常伴有焦臭味。

(2) 检查定子铁芯

首先检查铁芯表面有无擦痕擦伤,查看定子、转子铁芯表面是否有擦伤痕迹。若转子表面只有一处擦伤,而定子表面全部擦伤,这多半是由于电机轴弯曲或转子不平衡引起的;若在转子表面一周全有擦痕,定子表面只有一处擦痕,这是由于定子、转子不同心所造成的,如机座和端盖端口变形或因轴承严重磨损使转子下落所致;若定子、转子表面均有局部擦伤痕迹,



这是由于上述两种原因所共同引起的。

其次检查铁芯位置是否对正,查看定子、转子铁芯是否对齐,若未对齐就相当于铁芯缩短,因磁通密度增高引起铁芯过热,这可能是由于转子铁芯轴向串位或新换转子不适合所造成的。

此外还要查看定子、转子铁芯是否沿圆周方向有移动,如有移动,这是由于定子方面的顶丝失去作用或丢失,或因轴与转子铁芯配合不紧所造成的。

(3) 检查转子

查看风叶有无损坏或变形,端环有无裂纹或断裂,检查笼条有无断裂。

(4) 检查轴承

查看轴承的内外套与轴承室的配合是否合适,同时也要检查轴承的磨损情况。

4. 通电检查

通过以上检查,大部分故障均可查出原因。但有时,有些故障比较隐蔽,此时可通电作进一步的检查。若通电后发现声音异常、有焦味或不能转动,应马上断电进行检查,以免扩大故障范围。当启动未发现问题时,则可测三相电压是否平衡,并使电动机连续运行一段时间,随时用手触摸电动机机座的铁芯部分及轴承端盖,若发现有过热现象,应停电检查,拆开电动机,用手去摸绕组端部及铁芯部分,如线圈过热,可能有短路;如铁芯过热,说明绕组匝数不足或铁芯硅钢片间的绝缘损坏。

5. 排除故障

找出故障原因后,就可以针对不同的故障部位加以更换和调整,更换时,应注意所更换的器件应和原来的器件的型号和规格保持一致。



三、电动机常用维修方法

为了提高电动机检修速度,下面介绍维修常用的方法。

1. 直观检查法

直观检查法是最简单的方法,也是维修中必须采用的方法,它是通过维修人员的眼、耳、手、鼻等直观感觉,用看、听、摸、闻等最基本的手段,对电动机的故障现象进行检查,以便发现和排除故障。

(1) 看

看就是观察电动机的故障现象。观察时应注意观察以下几个方面:

观察电容器(单相电动机)有无漏液、鼓起或炸裂现象;机械部件有无断裂、磨损、脱落、错位或过于松动等;各接线头是否良好;有无较多灰尘;连接是否正确;接头有无断线;通电时电动机有无打火、冒烟现象等。

(2) 听

听就是凭耳朵听电动机在工作时有无异常声音。电动机正常运转时,滚动轴承仅有均匀连续的轻微嗡嗡的声音,滑动轴承的声音更小,不应有杂声。滚动轴承缺油时,会发出异常的声音,可能是轴承钢圈破裂或滚珠有疤痕,轴承内混有砂、土等杂物,或轴承零件有轻度的磨损。严重的杂声可以通过耳朵听出来,轻微的声音可以借助于一把大螺丝刀抵在轴承外盖上,耳朵贴近螺丝刀木柄来细听。

维修人员若积累了“听”的经验,可以快速地判断出故障部位,提高检修效率。

(3) 摸



摸就是用手触摸电动机的螺丝有无松动的现象,外壳有无过热现象,当发现外壳过热时,应切断电源,以免扩大故障。

(4) 闻

闻就是通电时用鼻子嗅电动机有无焦糊味。机内有焦糊味主要是由于电动机的接线头或绕组烧坏引起的。当嗅出机内有不正常气味发出时,应及时关断电源,以免使故障扩大。



2. 电压检查法

电压法主要用来测量电动机的输入电压,对于三相异步电动机,任意两相之间的电压一般为 380 V 左右,对于单相异步电动机,输入电压为 220 V 左右,若测量时无电压或相差较多,则应对电源输入电路进行检查。

3. 电阻检查法

电阻法是维修电动机的重要方法之一。利用万用表的欧姆挡,通过测量电动机绕组的电阻值,可以迅速判断绕组是否开路、短路等情况。

对于三相异步电动机,三个绕组的电阻值应基本相等,对于单相异步电动机,主绕组和副绕组的电阻值根据启动原理的不同可能相差较多。

4. 电流检查法

用万用表测电动机电流,根据所测算的电流来分析电动机内部绕组,这个方法比较准确。有些万用表只有交流电压挡,而无交流电流挡,这时,可在风扇电动机的电源线上串入几欧至几十欧的电阻(阻值不宜太大,以免影响测量精度),然后测量电阻两端的交流电压的压降,再根据欧姆定律求出风扇电动机的工作电流。将此电流与电动机额定电流相比较,便能发现



问题之所在。

5. 替换法

替换法就是指用好的器件替换所怀疑的器件,若故障因此消除,说明怀疑正确,否则便是失误,应进一步检查、判断。用替换法可以检查电动机中所有器件的好坏,而且结果一般都是准确无误的,很少出现难以判断的情况。



四、电动机故障维修原则和要求

1. 电动机维修原则

电动机故障繁多,现象也变化多样。故障诊断原则是快速、准确维修电动机的关键。所谓故障诊断原则,就是维修者根据电动机的故障现象,在头脑中形成的一整套寻找故障的方法和程序。大量的检修实例证明,电动机故障的维修原则可用“三先三后”进行概括。

(1) 先清洁后检测

电动机的不少故障,都是由于工作环境差而引起的,例如输入电压接线柱接触不良易引起打火,线圈脏污易引起匝间绝缘下降等。据此,在检寻故障时,首先应把机内清洁干净,排除了因污染引起的故障后,再动手进行检测。

(2) 先机外后机内

诊断和检查故障时,要从机外开始,逐步向内部深入,例如,遇到待修电动机时,应首先检查输入电压是否正常,连接线、插头、插座有无问题。在确认一切正常无误之后,再检查电动机本身,这样既能避免盲目性,减少不必要的损失,又可大大提高检修的效率。



(3) 先静态后动态

所谓静态,就是电动机处于不通电的状态,也就是在切断电源的情况下先行检查。如插头是否接触良好,电动机绕组接头有无断线及焊接不良,线圈有无烧黑及变色等。动态就是指电动机处于通电的工作状态,动态检查必须经过静态时的必要检查及测量后才能进行,绝对不能盲目通电,以免扩大故障。

2. 电动机故障维修要求

(1) 电动机拆卸前对有关零部件应做好标记,如记下接线端子、刷架、端盖及滑动轴承盖的相对位置等。拆卸时应小心,以免损坏零部件。

(2) 新线圈绕制好后,应认真核对每个线圈的匝数是否相同,线圈首末端应套以不同颜色的蜡管,以示区别。

(3) 更换绕组应保持原来的线径。对槽满率较低的电动机,新线径可略大,以降低损耗及温升。

(4) 铝绕组更换为铜绕组时,铜线的截面积应等于或大于铝线截面积的 70%,线圈匝数不变。

(5) 绕制或嵌放线圈时,要精心操作,不能损伤导线及其绝缘层,局部修理时,要特别注意不能损坏相邻的完好线圈。

(6) 3 k ~ 6 kV 的电动机更换绕组时,应做工艺过程中要求的交流耐压试验,1 kV 以下的电动机可不做。耐压试验的时间,如无特别说明,均为 1 min(1 分钟)。

(7) 更换绕组时应使用与电动机铭牌耐热等级相适应的绝缘材料。

(8) 机械零件进行补焊及切削加工时,要特别注意防止变形、开裂及偏心。

(9) 电动机修理完毕后,应按规定进行检查、试验及试机。

第二节 电动机故障诊断技术

一、电动机故障诊断技术

各种类型的电动机具有相同的基本原理。电机内部都有电路、磁路、绝缘、机械和通风散热等独立而相互关联的系统,因而所有电机均可采用大致相同的诊断技术。但另一方面还应看到,各类电动机的工作原理有所区别,结构、电压等级、绝缘系统等均存在较大的差别,所以诊断方法和重点又要有所区别。诊断时必须根据每类电机的具体特点,采用不同的检测手段。



用于电动机诊断的技术有:

(1) 电流分析法。通过对负载电流幅值、波形的检测和频谱分析,诊断电动机故障的原因和程度。例如通过检测交流电动机的电流,进行频谱分析来诊断电动机是否存在转子绕组断条、气隙偏心、定子绕组故障、转子不平衡等缺陷。

(2) 振动诊断。通过对电动机的振动检测,对信号进行各种处理和分析,诊断电动机产生故障的原因和部位,并制定处理办法。

(3) 绝缘诊断。利用各种电气试验和特殊诊断技术,对电动机的绝缘结构、工作性能和是否存在缺陷做出结论,并对绝缘剩余寿命做出预测。

(4) 温度诊断。用各种温度检测方法和红外测温技术,对电动机各部分温度进行监测和故障诊断。

(5) 换向诊断。对直流电动机的换向进行监测和诊断,通过机械和电气检测方法,诊断出影响换向的因素和制定改善换向的方法。

(6) 振声诊断技术。简称为 VA 诊断。VA 诊断技术是对诊断的对象同时采集振动信号和噪声信号,分别进行信号处理,然后综合诊断,因而可以大大提高诊断的准确率。因此,振动监测和诊断广泛地受到重视和应用。对电动机的故障诊断来说,振声诊断同样具有重要价值。



二、电动机的诊断过程

电动机和所有的机器一样,在运行过程中有能量、介质、力、热量、磨损等各种物理和化学参数的传递和变化,由此而产生各种各样的信息。这些信息变化直接和间接地反映出系统的运行状态,而在正常运行和出现异常时,信息变化规律是不一样的,电动机的诊断技术是根据电动机运行时不同的信息变化规律,即信息特征来判别电动机运行状态是否正常。

电动机故障诊断过程和其他设备的诊断过程是相同的,其诊断过程应包括异常检查、故障状态和部位的诊断、故障类型和起因分析等三个部分。

(1) 异常检查。这是对电动机进行简易诊断,是采用简单的设备和仪器,对电动机状态迅速有效地做出概括性评价。电动机的简易诊断具有以下功能:

- 1) 电动机的监测和维护。
- 2) 电动机故障的早期征兆发现和趋势控制。

如果异常检查后发现电动机运行正常,则无需进行进一步



的诊断;如发现异常,则应对电动机进行精密诊断。

(2)故障状态和部位的诊断。这是在发现异常后接着进行的诊断内容,是属于精密诊断的内容。可用传感器采集电动机运行时的各种状态信息,并用各种分析仪器对这些信息进行数据分析和信号处理。从这些状态信息中分离出与故障直接有关的信息来,以确定故障的状态和部位。

(3)分析故障类型和起因。这是利用诊断软件或专家系统进行电动机状态的识别,以确定故障的状态和部位。

故障诊断的后两部分是属于电动机精密诊断的内容。电动机的精密诊断是对于状态有异常的电动机进行的专门性的诊断,它具有下列功能:

- 1)确定电动机故障类型、分析故障起因。
- 2)估算故障的危险程度,预测其发展。
- 3)确定消除故障、恢复电动机正常状态的方法。

三、电动机故障诊断技术的发展方向

(1)对电动机绝缘故障诊断进行基础性研究,以推动局部放电在线监测系统。开发重点有如下三点:

- 1)不同噪声在绕组中的传播性。
 - 2)放电脉冲在绕组中的传播规律。
 - 3)绝缘状态与放电信号特征之间的统计关系。
- (2)开发智能型电机故障诊断专家系统。



第二章 三相异步电动机

第一节 三相异步电动机的原理与结构

Y 系列三相
异步电动机



一、三相异步电动机的旋转原理

三相异步电动机要旋转起来的先决条件是具有一个旋转磁场,三相异步电动机的定子绕组就是用来产生旋转磁场的。三相电源相与相之间的电压在相位上是相差 120° 的,三相异步电动机定子中的三个绕组在空间方位上也互差 120° ,这样,当在定子绕组中通入三相电源时,定子绕组就会产生一个旋转磁场。电流每变化一个周期,旋转磁场在空间旋转一周,即旋转磁场的旋转速度与电流的变化是同步的。

因此,三相异步电动机要旋转,必须满足一定的条件,即旋转磁场的形成条件:

- (1) 三相绕组在空间相差 120° 角对称嵌放。
- (2) 三相绕组中接入对称的三相电源。

这样,三相异步电动机的三相绕组通入三相对称电流时,将在电动机的气隙中产生一个旋转磁场,这旋转磁场在定、转

子之间的气隙中以同步转速 n_1 旋转, 旋转的速度与通入电流的频率成正比, 与电动机的极对数 P 成反比, 即

$$n_1 = 60f/P$$

式中 f 为电源频率、 P 是磁场的磁极对数、 n_1 的单位是每分钟转数 (r/min)。

根据此式知道, 电动机的转速与磁极数和使用电源的频率有关。于是控制交流电动机的转速就有两种方法: (1) 改变磁极对数法; (2) 变频法。以往多用第一种方法, 现在则利用变频技术实现对交流电动机的无级变速控制。

在如图 2.1 所示的电动机模型中, 把三相交流电通入彼此相差 120° 角的三相定子绕组, 就会建立旋转磁场。此磁场和转子 (闭合导体) 之间存在相对运动, 转子导体必然切割磁力线, 根据电磁感应定律就会在转子导体中感应电流, 方向如图 2.1 所示 (以 A , B 导体为例, F 表示力矩及其方向)。

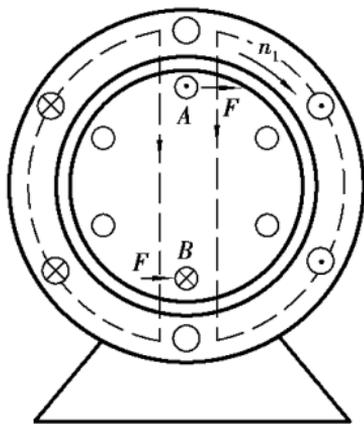


图 2.1 异步电动机原理示意图

又因该感应电流处于电动机磁场中, 转子必受电磁力作用而转动, 方向由左手定则判断。从该图中可以看出: 电动机的转向与旋转磁场的方向相同。

旋转磁场的旋转方向与绕组中电流的相序有关。相序 A, B, C 顺时针排列, 磁场顺时针方向旋转。若把三根电源线中的任意两根对调, 例如将 B 相电流通入 C 相绕组中, C 相电流通入 B 相绕组中, 则相序变为: C, B, A , 则磁场必然逆时针方向



旋转。利用这一特性可很方便地改变三相电动机的旋转方向。

定子绕组产生旋转磁场后,转子导条(鼠笼条)将切割旋转磁场的磁力线而产生感应电流,转子导条中的电流又与旋转磁场相互作用产生电磁力,电磁力产生的电磁转矩驱动转子沿旋转磁场方向以 n_1 的转速旋转起来。一般情况下,电动机的实际转速 n_1 低于旋转磁场的转速 n 。因为假设 $n = n_1$,则转子导条与旋转磁场就没有相对运动,就不会切割磁力线,也就不会产生电磁转矩,所以转子的转速 n_1 必然小于 n ,故称三相电动机为异步电动机。

同步转速 n_1 与转子转速 n 之差和同步转速 n_1 之比,称为异步电动机的转差率 s ,即

$$s = (n - n_1) / n_1$$

异步电动机正常运行时 $s = 0.02 \sim 0.08$ 。

二、三相异步电动机的基本结构

图 2.2 是一台 Y 系列三相笼型异步电动机的组成部件图,它是由定子、转子和附件组成的。

(一) 定子

定子是指电动机中静止不动的部分,主要由定子铁芯、定子绕组和机座组成。

1. 定子铁芯

定子铁芯由 $0.35 \sim 0.5$ mm 的硅钢片叠成,是电动机磁路的一部分。硅钢片两表面涂有绝缘漆或具有氧化膜绝缘层。在铁芯内圆上均匀分布与轴平行的槽,用于嵌放定子绕组。槽型有开口型、半开口型和半闭口型三种,如图 2.3 所示,半闭口型槽一般用于小型低压电动机中;另外两种用于大、中型电动机中,用于嵌放成型绕组。

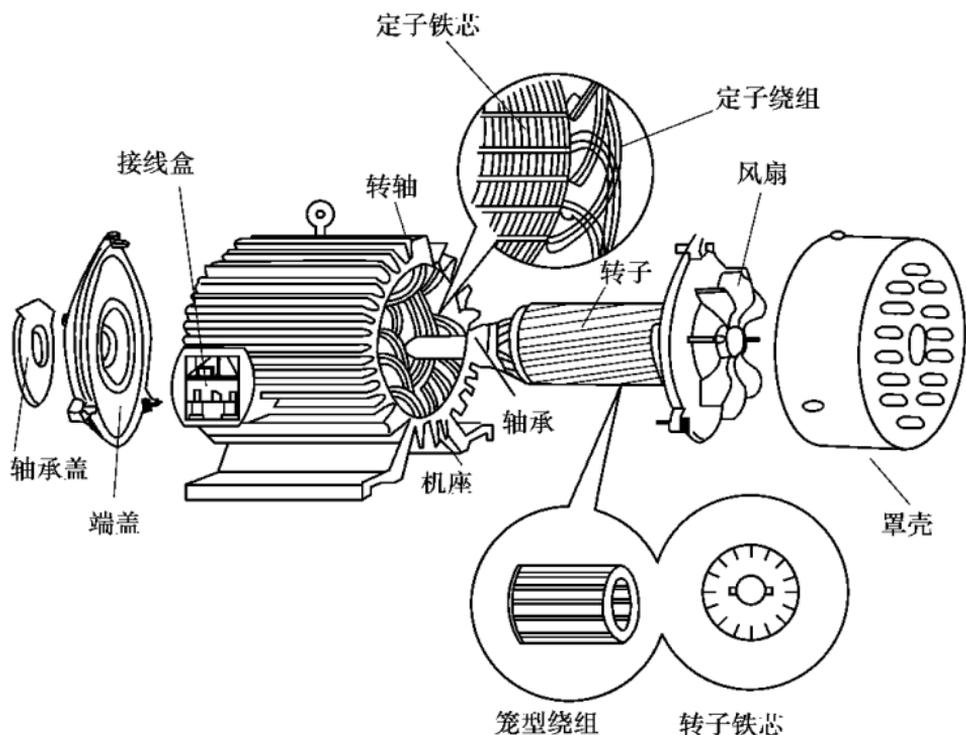


图 2.2 三相(鼠)笼式异步电动机的基本组成部件

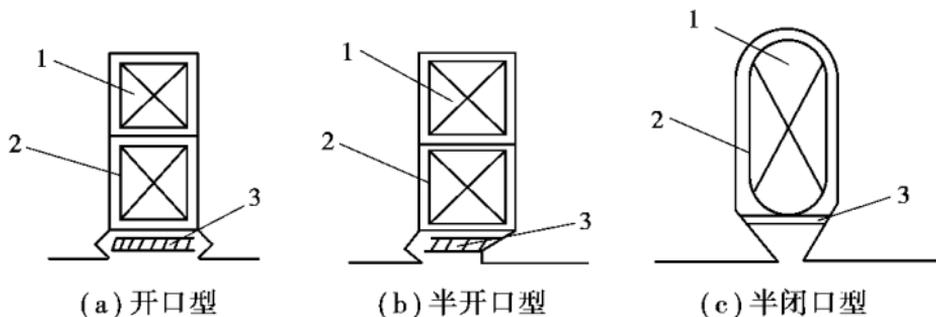


图 2.3 定子铁芯槽型

1—线圈；2—绝缘槽；3—槽楔

2. 定子绕组

定子绕组由高强度漆包线绕制而成,是电动机的电路部分,用以产生旋转磁场。线圈在绕线模上绕好后,再嵌放在定

子铁芯槽内。

定子绕组在槽内嵌放完毕,应将引出线引到接线盒内,根据需要将三相绕组接成 Y(星形)或 Δ (三角形),如图 2.4 所示。单绕组多速电动机的接线较复杂,应严格对照接线图进行。

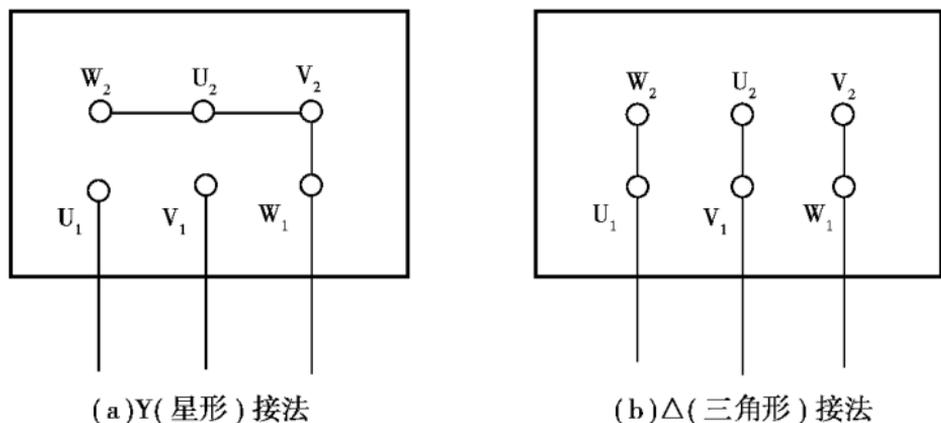


图 2.4 三相绕组的两种基本接法

3. 机座

机座通常是铸铁件,主要用于固定定子铁芯、散发电动机运行中产生的热量和通过端盖支承转动部分。

(二) 转子

转子是指电动机的旋转部分,主要由转子铁芯、转子绕组、转轴和风扇组成。对绕线式异步电动机还有滑环与电刷装置。

1. 转子铁芯

转子铁芯与定子铁芯均采用相同的材料制成,并紧固于转轴上,在其外表面有均匀分布的线槽,用于嵌放转子绕组。为了改善电动机的启动和运行性能,笼型异步电动机转子铁芯一般采用斜槽结构,通常斜 0.9 ~ 1.1 个槽。

2. 转子绕组

转子绕组作用是切割定子磁场,产生感应电流,并且在电

磁力作用下使转子转动。根据构造的不同,分为笼型转子和绕线转子两种。

①笼型转子 是在转子铁芯槽中嵌放铜条或铝条(铸铝),然后在两端用端环将导条全部接通。中、小型异步电动机一般采用铸铝转子。

为了提高电动机的启动转矩,在容量较大的异步电动机中,可采用双笼型(外笼用黄铜条制成,内笼用紫铜条制成)或深槽结构的转子。

②绕线转子 其结构与定子绕组相似,三相转子绕组接成星形后,三个首端引出线接到固定在转轴上并相互绝缘的三个铜制滑环上,通过固定在端盖上的电刷与滑环接触,再通过电刷自行短接或接到变阻器上,如图 2.5 所示。调节该变阻器的电阻值就可达到调节电动机转速的目的。

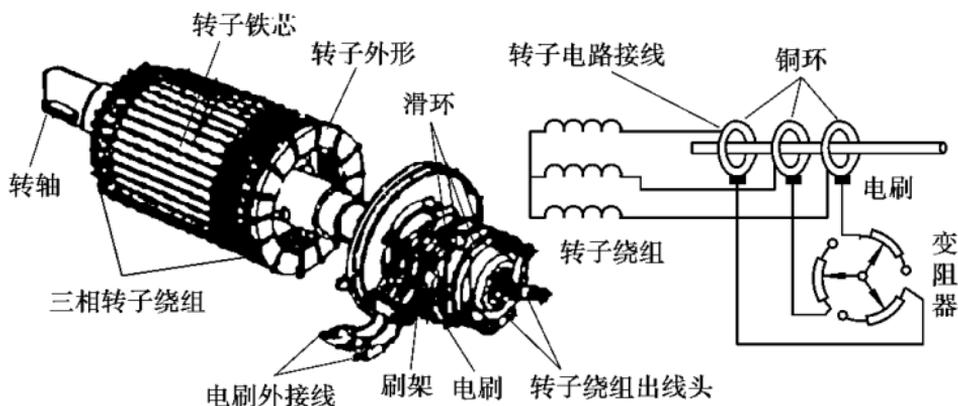


图 2.5 绕线型异步电动机转子结构图

而笼型转子异步电动机的转子绕组则被本身的端环直接短路,因此转子电流无法按需要调节,故对启动和调速有特殊要求的设备,如起重设备、卷扬机、鼓风机、压缩机、泵类等,多采用绕线转子异步电动机。



3. 转轴

转轴是输出转矩,带动负载的重要部件,一般由合金钢或中碳钢制成。为便于电动机运转时通风散热,电动机转子上一般装有风扇。

(三) 附件

附件主要包括端盖、轴承等。

端盖装在电机机座两端,用于支承转子,一般为铸铁件。衔接定子和转子的轴承常采用滚动轴承和滑动轴承,中、小型电动机一般采用滚动轴承。

定子、转子之间的空气隙一般为 $0.2 \sim 2 \text{ mm}$ 。

第二节 三相异步电动机的拆卸和装配

当电动机出现故障时,就应将其拆开修理,故正确地拆装电动机,是保证维修质量的前提。在拆卸时,可以同时进行检查和测量,并做好记录。



一、电动机的拆卸

对电动机进行检修和维护保养时,经常需要拆卸与装配,如果在拆卸与装配过程中操作不当,就会损坏零部件。因此,掌握电动机的拆卸与装配方法,对于维修人员至关重要。需要注意的是,拆卸前,首先要做好准备工作,即准备好各种工具,做好拆卸前的记录和检查工作。如先在线头端盖等处做好标记,以便于修复后的装配,然后才能开始拆卸。

1. 拆卸皮带轮

先在皮带轮(或联轴器)的轴伸端(或联轴器端)上做好尺寸标记,再拆开电动机的端接头;然后把皮带轮或联轴器上的定位螺钉或销子取下,用两爪或三爪拉具把皮带轮或联轴器慢慢拉出。拉动要对准电动机轴端的中心,使受力均匀。若拉不下来时,切忌硬卸,可在定位螺钉孔内注入煤油,待数小时后再拆;如果仍然拉不出,可用喷灯在皮带轮或联轴器四周加热,使其膨胀,就可拉出,但加热温度不能太高,防止轴变形。不能用手锤直接敲出皮带轮,防止皮带轮或联轴器碎裂,使轴变形或端盖等部件受损。

2. 拆卸刷架、风罩和风叶

先松开刷架弹簧,抬起刷握卸下电刷,然后取下刷架。拆卸时应做好记号,便于装配。封闭式电动机在拆卸皮带轮或联轴器后就可以把外风罩螺栓松脱,把风罩取下;然后把转轴尾端风叶上的定位螺栓或销子松脱或取下,用金属棒或手锤在风叶四周均匀地轻敲,风叶就可以松脱下来。小型电动机的风叶一般不用拆下,可随转子一起抽出。但如果后端盖内的轴承需加油或更换时,就必须拆卸,这时可把转子连同风叶放在压床中一起压出。对于 J02、J03 等系列的电动机,风叶是用塑料制成的,内孔有螺纹,可用热水使塑料风叶膨胀后卸下。

3. 轴承盖和端盖的拆卸

先把轴承(滚动轴承)的外盖螺栓拧下,拆下轴承外盖,然后松开端盖的紧固螺栓,在端盖与机座的接缝处做好记号(便于装配),随后用锤子均匀敲打端盖四周(不可直接敲打,须衬以垫木),把端盖取下。较大型电动机端盖较重,应先把端盖用起重机吊住,以免端盖卸下时跌碎或碰坏绕组。对于小型电动机,可先把轴伸端的轴承外盖卸下,再松下后端盖的紧固螺

栓(如风叶是装在轴伸端的,则须先把后端盖外面的轴承外盖取下),然后用木锤敲打轴伸端,这样就可以把转子连同端盖一起取下。

4. 抽出转子

小型电动机的转子,如上所述,可以连同端盖一起取出。抽出转子时,应小心,动作要慢一些,要注意不可歪斜,以免碰伤定子绕组。对于绕线式转子电动机,还要注意不要损伤滑环面和刷架等。

对于大型电动机,转子较重,要用起重设备将转子吊出,抽出转子时应注意:(1)在定、转子间垫放绝缘纸板且缓缓抽出,以免碰伤定子绕组;(2)吊装前,应在转子轴颈用棉纱包好,或外套钢管,以免碰伤轴头;(3)起吊后,当重心移至机外时,可用木架支住,以保持转子平衡抽出。

5. 拆卸轴承

轴承一般不拆,在需要拆卸时,可采取以下三种方法:

(1)应用专用工具拉住轴承的内周缓缓拉出。

(2)用铜棒拆卸。将铜棒对准轴承内圈,用锤子敲打铜棒,把轴承敲出。用此法时要注意在轴承内圈上相对两侧轮流敲打,反复进行,不可只敲一边,用力也不要过猛,千万不要用锤子直接敲打轴承。

(3)扁铁架住拆卸。用两根扁铁架住轴承内圈,并把扁铁架起,使转子悬空。然后在轴端上垫铅块或铜块,用锤子敲打,用此法拆卸轴承时,扁铁应固定或有人扶住,以免敲打时移位。

二、电动机的装配

电动机的装配工序按拆卸时的逆顺序进行。装配前,各配合处要先清理除锈;装配时,应将各部件按拆卸时所作标记

复位。

1. 轴承的安装

电动机装配前,应先装配轴承,在装轴承套前,应将轴颈部分擦拭干净,把经过清洗并加好润滑脂的内轴承盖套在轴颈上,轴承装配时,可按以下方法进行。

(1) 套压法

把轴承套到轴上,对准轴颈,用一段内径略大于轴颈直径,外径略小于轴承内圈外径的铁管,一端顶在轴承的内圈上,用手锤敲打铁管的另一端,把轴承敲进去。

(2) 加热法

将轴承放在 $80 \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 变压器油中加热半小时左右,加热时,轴承要放在钢丝网上,不要与箱底或箱壁接触,油面要盖过轴承,加热要均匀,温度不能过高,时间也不宜过长,以免轴承退火。

加热好后,迅速把轴承推到轴颈。如果套不过,应检查原因。如无外因,可用套筒顶住轴承内圈,用手锤轻轻敲入。轴承套好后,用压缩空气吹去轴承内的变压器油,并擦拭干净。

装好轴承之后,下一步是在轴承内外圈里和轴承盖里装润滑脂,润滑脂应洁净,塞装要均匀,不应完全装满。一般 2 级电动机装满 $1/3 \sim 1/2$ 空腔容积,4 级和 4 级以上电动机装满轴承 $2/3$ 的空腔容积。轴承内外盖的润滑脂一般为盖内容积的 $1/3 \sim 1/2$ 。

2. 后端盖的安装

将轴伸端朝下垂直放置,在其端面上垫上木板,将后端盖套在后轴承上,用木锤敲打,把后端盖敲进去后,装轴承外盖,紧固内外轴承盖的螺栓时要逐步拧紧,不能先拧紧一个,再拧紧另一个。



3. 转子的安装

把转子对准定子孔中心,小心地往里放送,后端盖要对准与机座的标记,旋上后端盖螺栓,但不要拧紧。

绕线式转子电动机装配刷架、刷握、电刷等时,应注意滑环与电刷表面要光滑清洁,密切吻合,刷握内壁应清洁,弹簧压力应调整均匀等。

4. 前端盖的安装

将前端盖对准与机座的标记,用木锤均匀敲击端盖四周,不可单边着力,并拧上端盖紧固螺栓,不要拧紧。拧紧前端盖的紧固螺栓前,要用木锤在前端盖圆周均匀敲打,拧紧端盖螺栓时,要四周对称均匀用力,上下左右对角逐个拧紧,不能按周沿顺序依次逐个拧紧,这样易造成耳攀断裂和转子同心度不良等。

装前轴承外端盖,先在外轴承盖孔内插入一根螺栓,一手顶住螺栓,另一手缓慢转动转轴,轴承内盖也随之转动,当手感觉到轴承内外盖螺孔对齐时,就可以将螺栓拧入内轴承盖的螺孔内,再装另两根螺栓。拧紧时,也应逐步拧紧。

按照以上拧紧螺栓的方法,分别将前后端盖螺栓全部拧紧到位。

5. 风扇叶和风罩的安装

风扇叶和风罩装配完毕后,用手转动转轴,转子应转动灵活、均匀、无停滞、摩擦或偏重现象。

6. 皮带轮的安装

对于中小型电动机而言,在皮带轮端面垫上木块,用手锤打入。若打入困难时,为了使轴承不受损伤,应在轴的另一端

垫一木块后,顶在墙上再打入皮带轮。对于较大型电动机的皮带轮(或联轴器)而言,可用千斤顶将皮带轮顶入,但要用固定支持物顶住电动机的另一端和千斤顶底部。

7. 装配后的检验

电动机装配完毕后,应检查所有的紧固螺栓是否拧紧;转动电动机转子,应灵活、均匀、无停滞、偏重现象和异常声音。

在完成以上各步工作后,所有螺丝必须一个不少地全部装上,并注意在应该加润滑油的部位,要注入相应标号的润滑油。进行上述操作时要注意安全,操作认真、仔细。

第三节 电动机控制设备故障及处理实例

实例一 按下启动按钮接触器未动作。

一台三相异步电动机用交流接触器控制,当按下启动按钮后,接触器未动作。

控制电路图如图 2.6 所示。

(一) 故障分析

按照电路图和故障现象分析:

1. 按下启动按钮 SB_2 后,交流接触器没有动作吸合,说明电动机及所带动的设备与故障无关。

2. 按下启动按钮 SB_2 后,交流接触器 KM 没有动作吸合,是控制回路未能构成闭合回路,交流接触器 KM 线圈未能通电,没有电流 I 通过铁芯内,不能产生交变磁通 Φ ,因此电磁线圈铁芯的衔铁不能闭合,交流接触器不能动作。

(二) 故障原因

1. 控制回路无电压。
2. 控制回路有断开点。

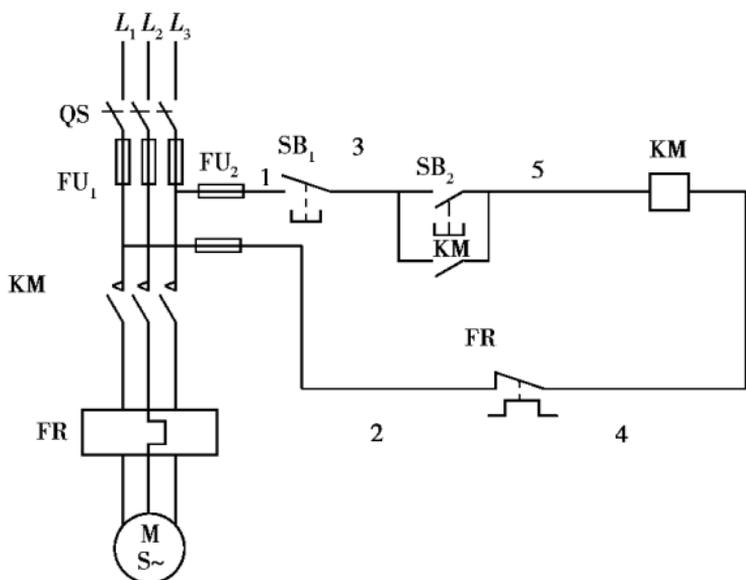


图 2.6 电动机单方向运行交流接触控制原理接线图

- (1) 按钮 SB_1 常闭接点未闭合。
- (2) 热继电器 FR 常闭接点未闭合。
- (3) 导线断线, 接触器 KM 线圈断线。
3. 交流接触器机械故障。

(三) 检查处理方法

1. 检查主回路、控制回路熔丝有无熔断。
2. 检查二次接线有无错误。
3. 检查按钮 SB_1 、热继电器 FR 常闭接点有无断开。
4. 检查交流接触器有无卡阻现象, 磁力线圈有无断线。
5. 检查导线有无断线。

经上述检查后, 对故障进行如下处理:

1. 更换额定电流合适的 FU_1 、 FU_2 熔断的熔丝。
2. 纠正二次回路错误接线。
3. 修整按钮 SB_1 热继电器 FR 的常闭接点使其闭合良好。
4. 检修交流接触器机械部分, 更换断路线圈。

5. 更换断线的导线。

实例二 按下启动按钮 SB_2 后,电动机启动正常,松开启动按钮 SB_2 时,电动机减速停车。

例 1 一台三相交流异步电动机采用交流接触器控制,按下启动按钮 SB_2 后,电动机启动正常;松开启动按钮 SB_2 时,电动机减速停车。电路控制图如图 2.6 所示。

例 2 一台三相交流异步电动机采用交流接触器控制,试车时合上电源开关 QS 后,交流接触器 KM 动作,电动机运行,按下停止按钮 SB_1 时,交流接触器释放,电动机停止运行;松开停止按钮 SB_1 后,交流接触器吸合,电动机运行。电路控制图如图 2.6 所示。

(一) 故障分析

根据故障现象分析,在例 1 和例 2 故障中:

1. 电源电压、电动机、主回路与故障无关。
2. 此 2 例中的故障均在二次控制回路。
3. 例 1 中按下启动按钮 SB_2 电动机启动正常,松开启动按钮 SB_2 电动机减速停车。故障出自电动机控制回路自锁部分,没有闭合或接线错误,元件损坏和导线断线。

4. 例 2 中的故障:合上电源开关 QS,未按启动按钮 SB_2 ,交流接触器 KM 就吸合,电动机运行说明控制回路已构成闭合回路。按下停止按钮 SB_2 时。交流接触器 KM 释放,电动机停止运行。松开停止按钮 SB_1 后,交流接触吸合,电动机运行,其故障原因是控制回路中自保线与线圈线反接。

(二) 故障检查及处理

1. 例 1 中检查二次控制回路中控制线有无断线,接触器 KM 的常开辅助触点闭合是否良好。
2. 例 2 中检查二次控制回路中的启动按钮 SB_1 常开接点



接线位置与线断编号。

(三) 故障处理方法

1. 调整接触器 KM 常开辅助触点,使其闭合接触良好,更换断线的导线。

2. 将启动按钮 SB₂常开接点 3,5 号线对换位置压接。

实例三 按下启动按钮,电动机未转动并发出嗡嗡响声。

一台三相交流异步电动机采用交流接触器控制,按下启动按钮,电动机未转动并发出嗡嗡响声。电动机控制原理图如图 2.6 所示。

(一) 故障分析

根据故障现象分析,按下启动按钮 SB₂,交流接触器动作吸合,电动机转动并发出嗡嗡声,有以下几种原因:

1. 缺相

电源缺相或开关接点一相故障不通及电动机绕组一相断线等。电动机的三相旋转磁场变成了单相脉动磁场,单相旋转磁场分为大小相等、方向相反的两个磁场,所以电动机转子左右摆动不能启动并发出嗡嗡响声。

2. 电源电压过低

三相异步电动机在电动机启动过程中,只有当电磁转矩大于阻力矩的情况下,才能使电动机转子转动并升到额定转速,但电动机不论是启动转矩,还是运行时的转矩和最大转矩,都与电源电压的平方成正比(即 $M \propto U^2$),电压愈低,转矩愈小。根据技术资料得知,电源电压降低 20%,电动机启动时间将增加 3.75 倍,当电压低到某一数值时,即电动机最大转矩小于阻力矩时,也就是所拖动的设备需要的转矩及电动机本身损耗大于电动机最大转矩,则电动机就不能启动并发出嗡嗡声。

3. 过载

电动机的容量选择小,所拖动的设备负荷重,或电动机所拖动的机械设备有故障,或电动机转子轴承损坏等原因,均造成电动机运行时过载。使过载电动机的最大转矩小于阻力转矩,这种情况与电压过低相类似,电动机不能启动(或转动)并发出嗡嗡声音。

(二)故障处理方法

1. 修复缺相电源,开、关不通的接点、电动机的缺线绕组。
2. 调整电源至额定电压值。
3. 更换与拖动设备相匹配的电机容量,修复损坏的机械设备,更换损坏的电动机轴承。

实例四 试车时温度升高电流增大,电动机转速明显下降。

一台三相交流异步电动机采用交流接触控制,试车时温度升高并超过允许温度值,三相电流同时增大,电动机转速明显下降。判断故障原因及处理方法如下:

(一)故障分析

根据故障现象,电动机启动后,温度升高,并超过允许温升。各相电流同时增大,转速明显下降。新装试车的设备和电动机本身不予考虑,应重点考虑电源电压及接线等方面的问题。根据故障现象分析,主要可能由于以下几种原因造成:

1. 电源电压过低

三相异步电动机的转矩是由旋转磁场的每极磁通 φ_m 与转子电流 I_2 相互作用而产生的。因转子电路是电感性的,转子电流 I_2 比转子电动势 E_2 滞后 φ_2 角,则转矩 T 与磁通 φ_m 及转子电流 I_2 的关系为:

$$T = k_T \varphi_m I_2 \cos \varphi_2 = k \times \frac{sR_2 U_1^2}{R_2^2 + (sX_{20})^2}$$

式中的 k_T, k 是一与电动机结构有关的常数, $\cos \varphi_2$ 是转子电路的功率因数, 转矩 T 的单位为牛·米($N \cdot m$)。

可见, 转矩 T 与定子绕组的每相电压 U_1 的平方成正比, 所以当电源电压变化时, 电动机的输出转矩也要改变。此外, 转矩 T 还受转子电阻 R_2 的影响。

当电源电压降低时, 电动机电磁转矩立即随之下降, 在电动机原拖动设备不变的情况下运行, 根据上面公式中转子电流与电磁转矩关系公式: $T = k_T \varphi_m I_2 \cos \varphi_2$, 可以看出转子电流势必增大, 因而定子绕组电流也随之相应增加, 这就使电动机三相电流同时增大, 定子绕组温度升高, 转速明显下降。据有关资料记载, 电源电压低于额定电压 80% 时, 电动机输出功率约低于额定功率的 36%, 电流增加 20% ~ 30%, 温度升高 12 ~ 15 $^{\circ}C$ 。

2. 电动机接线错误

经过大修或新装的电动机, 其绕组接线本来无问题, 但由于疏忽, 误将电动机的角形接成星形, 这样电动机绕组上所加的电压为额定电压的 $1/\sqrt{3}$ 倍, 电动机的启动转矩为角形线 $1/3$ 倍, 在电动机所拖动的设备负荷不变的情况下运行, 电动机运行中就要出现三相电流同时增大、温度升高、转速下降的异常现象。这种故障多发生在铭牌失落的新装电机上。

(二) 故障处理方法

1. 调整电源电压至额定电压值。

2. 找出电动机的三个首端 U_1, V_1, W_1 和三个尾端 U_2, V_2, W_2 , 将 U_1 接 W_2, V_1 接 U_2, W_1 接 V_2 。就是将电动机错接成星形接线改为正确角形接线。

实例五 按下启动按钮, 电动机运行但达不到额定转速。

一台三相异步电动机用交流接触器控制, 三相电源电压正

常,按下启动按钮,电动机运行但达不到额定转速。判断故障原因及处理方法如下:

(一)故障分析

根据故障现象分析:电源电压正常,电动机能运行但达不到额定转速,说明故障出在电动机的电磁转矩和最大转矩。故障有以下几种原因:

1. 电动机过载

电动机拖动的设备机械故障或电动机轴承损坏(扫膛)等原因造成阻力力矩加大。

2. 鼠笼式转子断条

鼠笼式电动机转子绕组是一个闭合的电流回路,当三相旋转磁切割转子绕组时,绕组中产生感应电流和电磁转矩。当转子绕组开路时,感应电流变小,电磁转矩减小,电动机最大转矩下降,转速下降达不到额定转速。

3. 绕线式电动机转子绕组断线

绕线式电动机转子绕组断线与鼠笼式电动机转子断条原因相同,电动机运行中达不到额定转速。

(二)故障处理方法

1. 修复机械设备,更换电动机轴承。
2. 更换规格型号相同的电动机转子。
3. 修复转子绕组开断处。

实例六 用交流接触器控制,按下启动按钮,熔丝熔断。

一台三相异步电动机,按规定选用的熔丝拖动设备正常。用交流接触器控制,按下启动按钮,熔丝熔断。故障原因及处理方法如下:

(一)故障分析

根据故障现象分析,电动机所拖动的设备正常,按下启动



按钮 SB_2 , 熔丝熔断(熔丝按规定选择的)。应主要考虑电动机至熔断器主回路至接线端子及电动机本身等方面的故障。造成故障的原因有以下几种因素:

1. 电动机主回路及电动机本身

从熔断器至接线端子及电动机本身相间短路或相对地短路,如采用保护接零,熔丝熔断即(相间或相对零端)短路。

电气设备发生相间或相对地短路,接地或相间短路,短路电流值远远大于电动机额定电流。熔丝为电路中的短路保护装置,所以熔丝熔断。

2. 电动机绕组匝间或相间短路

电动机运行中由于电压过低、过高或过载都会使绕组电流增大。绕组发热,绝缘老化,造成绕组匝间或相间短路,使电动机绕组阻抗减小,电流增大,超过电动机选择熔丝的额定电流值造成熔丝熔断。

3. 电源缺相

电动机电源一相断路,断路相绕组无电流,其他两相电流增大,远远超过电动机选择的熔丝额定电流,熔丝熔断。

4. 电动机定子绕组一相反接

新装及大修后的电动机绕组一相反接,使电动机三相绕组电流严重不平衡,电动机运行启动时造成熔丝熔断,这种故障多发生在星一角启动的角形接线电动机中。

5. 电源电压过低

电动机的电磁转矩和定子绕组与外加电压的平方成正比,即 $M_{ac} \propto U_1^2$, 当电源电压过低其所拖动的设备正常情况下电动机通电运行时,三相电流同时增大,造成熔丝熔断。

(二) 故障处理方法

1. 用兆欧表测量熔断器以下至电动机接线端子及电动机

绕组,看其有无一点及多点接地,按具体情况进行处理。

2. 用电桥测量电动机各相绕组的直流电阻确定匝间是否短路。

3. 用兆欧表测电动机绕组相间,相对地绝缘电阻值。确定其是否短路。

若经测量发现电动机绕组匝间或相间及相对地短路,应处理或重新绕制线组。

4. 用万用表检查三相电源是否缺相。如果缺相应修复好三相电源。

5. 检查电动机绕组接线端子检查接线。三相绕组的封接线为 U_1 接 W_2 、 V_1 接 U_2 、 W_1 接 V_2 ,有错接时应及时纠正。

6. 测量三相电压值,调整电压为额定电压值。

实例七 用交流接触器控制,电动机启动后却频繁掉闸。

一台三相交流异步电动机采用交流接触器控制,电动机启动后却频繁掉闸,判断故障原因及处理方法如下:

(一)故障分析

根据故障现象分析,电动机启动后频繁掉闸,未发现熔丝熔断,电动机不能转动,过热等故障,因此不考虑电动机本身故障及拖动设备故障,应重点考虑交流接触器、热继电器及电源电压等原因。可能由下列因素造成频繁掉闸:

1. 电源电压不稳定

电源电压低,电动机绕组电流增大,温度升高对绝缘有损坏,易发生故障,造成电动机损坏,所以电动机应有欠电压保护装置。中小型三相交流异步电动机一般采用交流接触器,磁力启动的电磁线圈兼作欠电压保护,电磁线圈对电压值的要求为额定电压的 $105\% \sim 85\%$,电磁铁才能可靠吸合。当在额定电压的 $80\% \sim 70\%$ 时铁芯吸合不良。额定电压的 70% 以下时电磁



铁会释放,以确保电动机安全运行。

当供电线路上接有大容量电动机频繁启动,或多台电焊机引弧时,都会使供电线路电压瞬时急剧下降,造成线路电压不稳定。出现线路电压忽高忽低,致使线路上所接的交流接触器、磁力启动器等欠压保护的磁力线圈铁芯释放而频繁掉闸。

2. 热继电器整定电流值偏小

热继电器是电路中的过流保护电器,热元件的额定电流按负荷额定电流的 1.1 ~ 1.25 倍选择。选择热继电器的电流调整范围为热元件额定电流的 60% ~ 100%,一般的负荷接电动机 1 倍额定电流来整定,若电动机所拖动的设备是重载启动,热继电器按 1 倍或 < 1 倍额定电流整定时,电动机启动时,启动电流将远远超过电动机的额定电流。此时就会出现电动机启动时频繁掉闸。故重载启动设备热继电器整定电流应整定 ≤ 1 倍额定电流值。

3. 电磁线圈铁芯端面有灰尘、油垢及锈蚀

电磁线圈的铁芯端有灰尘、油垢及锈蚀现象时,使铁芯端面接触不良,致使衔铁不能牢固吸合,造成控制回路中的辅助触点接触不牢,导致频繁掉闸。

(二) 故障处理方法

1. 检查三相电源电压。如果高低不稳定,超出允许电压偏差值时,应按不同情况进行处理。

2. 检查热继电器电流整定值是否偏小,然后做合理的调整。

3. 检查磁力线圈的铁芯端面,清除灰尘、油垢,用细砂布打磨净铁芯端面上的锈蚀。

实例八 用交流接触器控制,接线无问题,启动后电动机嗡嗡作响。

一台三相交流异步电动机用交流接触器控制,接线无问题,启动后嗡嗡响,用钳型电流表测量电流,两相电流明显增大。判断故障原因及处理方法如下:

(一)故障分析

根据故障现象,电动机启动后嗡嗡响,有两相的电流明显增大,而接线无问题。判断造成故障的原因可能有以下几种因素:

1. 电源缺相

电动机电源缺相(缺一相)后,电动机由三相交流电源变成单相交流电源,三相的旋转磁场变成单相的脉动磁场,单相脉动磁场由两个大小相等方向相反的磁场组成,电动机不能启动,如果电动机运行中发生缺相时,则电动机仍能继续运行,其原因是由于转子旋转的惯性作用,使电源交流电流瞬间过零时转子转动。但此时电动机的转矩除要克服阻力转矩(负载、损耗)外还要克服脉动磁场所产生的反力矩。因此,未断两相的电流就要增大而转速下降,温升增高,时间稍长电动机绕组就会烧毁。

电动机缺一相电源,未断两相绕组中尚有电流通过,产生单相脉动磁场,没有启动转矩,电动机不能自行启动并发出嗡嗡声,如电源两相缺相则无上述现象。

2. 三相电源电压严重不平衡

电源电压三相不平衡的原因是同一供电线路中有较大容量的单相用电设备在使用。单相设备接在三相线路中,线路中每一相所接的单相设备容量不平衡,造成三相电压不平衡,则三相异步电动机运行中出现三相电流不平衡。当三相电流严重不平衡时,电动机的磁场和转矩就要发生变化,使电动机运行中三相电流不平衡,并发出嗡嗡声。



3. 电动机多根并联绕组一根断线

在多根并联绕组电动机运行中,当发生一相绕组多根并联电磁导线中有一根断线(指两根并联时),则该相电流明显减小,而其他两相电流相应增大,电动机在这种情况下运行,就发出嗡嗡声。

(二) 故障处理方法

1. 用万用表测量电源电压,确定有无断相,如有断相,查明原因进行处理。

2. 检查三相电源电压,电流确定是否平衡。根据不平衡系数调整三相电路中的每一相单相负载的容量至规程规定的不平衡系数值。三相四线制供电,三相不平衡电流 $I_0 \leq 25\% I_e$ 。

3. 用电桥测量电动机三相绕组的直流电阻,确认哪一相绕组并联,导线断线,找出开路点,焊接修复。

实例九 接零保护电源电压正常,但电动机启动时总是 A 相(或 B 相、C 相)一相熔丝熔断。

一台三相交流异步电动机采用接零保护电源电压正常,但电动机启动时总是 A 相(或 B 相、C 相)一相熔丝熔断,判断故障原因及处理方法如下:

(一) 故障分析

根据故障现象,电源电压正常,采用接零保护,电动机启动时总是一相(A 相)熔丝熔断,对这台电动机的故障应主要考虑交流接触器以下 A 相导线至接线端子及电动机的 A 相线有一点或多点对地短路。造成故障的原因有以下几点:

1. 电动机主回路接地

电气设备采用接零保护,一旦设备本身或接线回路发生接地时,立即沿保护零线构成零回路,这条闭合回路是由金属导体组成。其电阻值很小近乎为零,相当相对零短路,短路电流

接近于无穷大,熔丝熔断。

电动机合闸时总是 A 相熔丝熔断故障出现,说明电动机 A 相绕组、接线端子主回路中各元件有接地故障。若主回路故障可以排除,电动机 A 相绕组可能存在故障。

2. 电动机 A 相绕组,相对地短路或严重的匝间短路

电动机绕组相对地短路时,采用保护接零,其故障性质为相对零短路与主回路相对零短路情况一样,其短路电流接近无穷大,保护熔丝熔断。

电动机绕组严重匝间短路后,电动机绕组的阻抗变小(通电后为阻抗,不通电时称为直流电阻),在电压不变阻抗变小,绕组中通过的电流增大,严重匝间短路时,相当于一相绕组短路,流过绕组中的电流远远大于电动机的额定电流值,导致保护熔丝熔断。

(二)故障处理方法

1. 用兆欧表测量主回路处接线端子 A 相对地(壳)的绝缘电阻值,找出接地故障点进行处理。

2. 用兆欧表测量 A 相绕组对地绝缘电阻值,找出接地故障点进行处理或更换新绕组。用电桥测量 A 相绕组直流电阻值,确认有无匝间短路,如果匝间短路,更换绕组。

实例十 电动机在运行中温升过高,三相电流不平衡,差值较大。

一台三相交流异步电动机,在运行中温升过高,三相电流不平衡,差值较大,判断故障原因及处理方法如下:

(一)故障分析

根据故障现象分析,电动机在运行中温升过高,三相电流差值较大,说明电动机发生故障后,只是观察了一下控制盘上的三相电流表,从直观上检查了电动机温升。对电动机的其他



方面未作检查,造成电动机上述故障的主要原因有以下几种因素:

1. 三相电源电压严重不平衡

电动机运行中三相电源电压因某种原因发生严重不平衡时,则三相电流随之出现严重不平衡,电动机运行中,当三相电流发生严重不平衡时,在电动机定子组的电流将分为正序和负序两个电流(因电动机绕组中性点不接地,所以不考虑零序电流值),这两个正序和负序电流将产生正序和负序旋转磁场,负序旋转磁场对电动机转子旋转有制动作用,而正序旋转磁场所产生的力矩比三相电流对称时小,这样电动机在运行中,为了克服负序电流的负序磁转磁场对转子的制动力矩,因此从电源所吸取的功率大部分变成了损耗,使电动机温升过高。

2. 电动机匝间短路或不严重的相间短路

运行中的电动机发生匝间短路或不严重的相间短路时,由于接在电源电压下的电动机绕组匝数减少,加上转差率的变化,使电动机短路绕组的阻抗减小,短路相从电源来的定子绕组电流急剧增大,此刻电动机的保护元件未动作,电动机继续运行时,则三相电动机的三相电流将产生差值,绕组温度升高,机壳发热。

3. 电动机缺相运行

运行中的三相交流异步电动机发生相断路时,未断相的两相绕组变成了串联回路,两相绕组流过同一电流,实际上为单相运行。这样电动机的两相电流就明显增大,绕组温度升高,转速下降,并有嗡嗡声、未保护元件未动作,运行时间稍长,将烧毁电动机的绝缘。

4. 一相接地

在三相四线制供电系统中,中性点是直接接地的,电动机

采用接地保护。发生一相接地短路时,如图 2.7 所示。

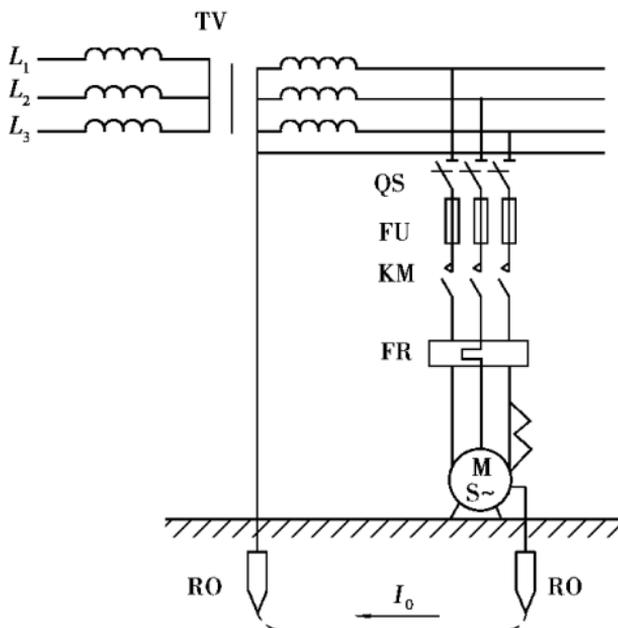


图 2.7 采用接地保护,一相接地

若电动机的容量在 7 kW 以上,熔丝的额定电流 $FU_R \geq 27.5$ A 和热继电器整定电流 $FR_R \geq 27.5$ A 时,保护不能动作,电动机三相电流不平衡。特别应指出的是电动机在这种情况下运行是非常危险的,因此时零线上和电动机金属都带有危险电压威胁人身安全,所以规程规定在保护接零的同一低压系统中不允许一部分电气设备金属外壳采用接零保护,而另一部分电气设备金属外壳采用接地保护。

采用保护接零的用电单位,特别是在临时用电的电气设备和有外单位施工用的电气设备,必须保护接零。不能接零保护和接地保护混用。一旦接错就会造成事故,而且其后果极为严重。



(二) 故障处理方法

1. 检查三相电源电压是否平衡, 查出不平衡原因进行处理。

2. 用电桥和兆欧表检查电动机绕组的绝缘电阻和直流电阻, 查找故障进行处理。

3. 检查三相电源是否缺相, 绕组是否断路, 导线是否断线等。查出故障, 进行处理。

4. 用兆欧表检查电动机绝缘, 检查出故障予以处理。

实例十一 电动机运行中绝缘电阻下降。

(一) 电动机运行中绝缘电阻下降的原因

1. 电动机绕组受潮或选型不符合使用场所规定。

2. 绕组上积尘或碳化物质过多。

3. 电动机接线端子内有导电粉尘。

4. 引出线或接线端子盒内绝缘损坏。

5. 电动机绕组绝缘老化。

6. 电动机长期过载运行。

7. 控制开关接点接触不良。

(二) 电动机绝缘电阻下降处理方法

受潮电动机应进行烧干处理。潮湿场所应选用防潮型或防滴型电动机。

1. 绕组积尘及碳化物应清除干净。

2. 擦拭接线端子盒内导电粉尘。

3. 应重新包绕损坏的引出线或接线盒内导线绝缘。

4. 绕组绝缘老化时应重新绕制绕组。

5. 更换大容量的电动机。

6. 选购质量合格的电气开关、熔断器、交流接触器、热继电器等电气元件, 防止电动机运行中因接点接触不良而造成缺相

运行。

实例十二 电动机运行中温升过热。

电动机运行中温升超过允许温度值称为过热。根据故障现象分析,其过热有以下原因:

(一) 电源电压过高

电动机绕组的阻抗是一个定值。当电源电压过高时,通过绕组的电流增大,绕组发热($Q = I^2 R t$)致使电动机温度高。

(二) 电源电压过低

电动机的电磁转矩和定子绕组外加电压的平方成正比,当电源电压过低时,所拖动的设备在正常情况下,电动机运行时三相电流同时增大,绕组发热,电动机温度高。

(三) 三相电源电压不平衡

三相电源电压严重不平衡时,运行中的电动机三相电流随之出现严重不平衡,定子绕组的电流将分成正序和负序两个电流,这两个电流将产生正负序旋转磁场,负序旋转磁场对转子有制动作用,而正序磁场所产生的力矩比三相电流对称时小,电动机运行中为克服负序电流产生的制动力矩,电源所吸取的功率要大部分变成损耗,使电动机温升过高。

(四) 缺相运行

运行中的三相交流异步电动机当发生一相缺相运行时,未缺相的两相绕组变成了单相运行的串联回路,流过同一电流。这样两相电流明显增大,电动机温升增高。

(五) 电动机绕组匝间或相间短路

运行中的电动机绕组发生匝间或相间短路时,由于接在电源电压下的匝数减少,加上转差率的变化,使电动机短路绕组阻抗减少,短路相从电源来的定子电流急剧增大,未保护未动作,绕组温度升高。



(六) 绕组一相接地

三相四线制供电中性点直接接地系统中,较大容量的电动机发生一相接地时,熔丝的额电流和热继电器的电流整定值大于或等于接地短路电流时,保护不能动作,接地相绕组定子电流增大,绕组发热温度升高。

(七) 电动机过载运行

电动机定子绕组中流过的电流值的大小与所拖动设备的负载有关,负载重电流大,负载轻电流小。若选用的电动机容量与所拖动设备不匹配(电动机容量小,负荷重)时,造成电动机长期过载运行,定子绕组的电流大,绕组发热温升过高。

(八) 电动机外壳通风道阻堵

电动机的机座起到保护定子绕组、铁芯、转子等作用。它是由铸铁铸成并铸有散热片,散热片之间是散热通道,一旦散热通道阻塞影响其散热性能,造成电动机运行中温升高。

(九) 风扇叶损坏或丢失

电动机转子轴上一端装皮带轮或步轮,法兰盘,另一端装风扇叶,风扇叶运行中给电动机座吹风散热,一旦风扇叶损坏或丢失,电动机运行中无风扇叶吹风散热导致电动机温升高。

(十) 电动机运行的环境温度过高

电动机运行中由于温升比环境温度高,向空气中散热,若环境温度过高,高于电动机的温度,电动机将无法散热,导致温度过高。

电动机运行中温度过高的处理方法

1. 上述(一)、(二)、(三)项,检查并调整三相电源至额定对称值。
2. 检查电动机主回路、导线、端线端子处、电动机绕组等有无开路处,查出故障进行处理。

3. 检查电动机绕组有无匝间、相间短路,查出故障处。根据情况进行处理。

4. 检查绕组接地,根据情况进行处理。

5. 更换大容量与拖动设备负荷相匹配的电动机。

6. 清除电动机通风道阻塞物。

7. 更换电动机风扇叶。

8. 降低电动机安装场所环境温度。

实例十三 其他故障的断电处理。

(一)电动机运行中发生以下情况之一时,应立即断开电源进行检查和处理。

1. 电动机运行中发生人身事故。

2. 电动机启动器内部冒烟或有火花时。

3. 电动机运行中发生剧烈震动,威胁电动机安全运行时。

4. 电动机轴承温度过高超过允许值。

5. 电动机运行中温度超过允许值,而且转速下降。

6. 电动机运行中发生两相运行时。

7. 电动机内部发生冲击或扫膛。

8. 电动机运行中冒烟或起火。

9. 电动机的传送装置失灵或损坏。

10. 电动机所拖动的机械设备发生故障。

此外,电动机在运行中发生异常声响、异常气味,电压、电流、温度、震动等异常时都要将电动机停止运行并进行检查。处理出现的故障。

(二)故障处理方法:

1. 会同主管有关人员,查出事故原因进行处理。制订防止事故发生的措施。

2. 检查启动器内部接点、导线连接处接触不良的故障点。



根据情况进行处理。

3. 紧固电动机及地座、机械传动部位的全部螺栓。
4. 检查轴承磨损情况,清洗加油或更换轴承。
5. 检查电动机温度过高原因,根据情况进行处理。
6. 检查缺相原因,并进行处理。
7. 检查电动机转子轴承损坏情况,更换轴承。检查转子轴与铁芯有无窜动,如有窜动,将其复位牢固。
8. 检查电动机绝缘电阻值,低于合格值则更换电动机。
9. 修复失灵损坏的传动装置。
10. 修好机械设备的故障。

第四节 故障电动机中电器元件的选择

由前述第四节内容所见,在实际维修中,综合电动机各类型的故障,可以总结出以下几方面的主要问题。

1. 电源电压问题。
2. 电动机本身问题。
3. 电动机型号技术规范选择问题。
4. 电动机电气回路中元件选择问题。
5. 工作人员疏忽错接线问题。

其中电动机的电气元件正确选用或代换,是防止电动机运行中发生故障的主要措施之一。

电动机电气元件包括导线、闸刀开关、空气开关、熔断器、交流接触器、热继电器、导线接线穿管等。电气元件选择要求如下:

一、导线选择

导线是电路中的载流导体,截面选择过大,会造成有色金属浪费,加大投资;选择的导线截面过小,运行中会发生电气事故,甚至造成严重的后果。导线截面的选择首先应计算电动机或用电设备的额定电流,选择导线截面的安全电流应大于或等于电动机或用电设备的额定电流。导线截面的安全电流可查阅一般电工手册、安装标准、施工图册(集)等,确定导线截面通过的安全电流值。



二、刀开关选择

(闸)刀开关是电路中的控制电器,起到接通、断开电源的作用,它没有灭弧装置。是检修工作中的电气明显断开点。

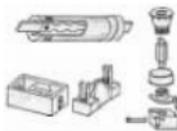
1. 用刀开关直接启动的小容量电动机(5 kW 以下)刀开关的额定电流不应小于电动机额定电流的3倍。

2. 刀开关作为接通、断开电源用交流接触器,在接通、断开电动机电源时,刀开关的额定电流按电动机额定电流的1.5~3倍选择。



三、空气开关选择

空气开关有灭弧装置、过电流保护和短路保护。它作为电路中的控制电器和保护电器“双重身份”使用。空气开关的额定电流按电动机额定电流的1~2倍选择。



四、熔断器选择

电路中短路过流保护电器(过流保护性能差),熔丝按电动机额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍选择。熔断器的额定电流按大于或等于熔丝额定电流选择。



五、交流接触器选择

交流接触器作为电机的控制电器,有灭弧装置,能带负载接通或断开电动机的电源。交流接触器的额定电流按电动机额定电流的 1.3 ~ 2.0 倍选择。



六、热继电器选择

热继电器是电机电路中的过载(过流)保护电器,热元件按电动机额定电流的 1.1 ~ 1.25 倍选择,热继电器电流调整范围为热元件额定电流的 60% ~ 100%,按电动机 1 倍额定电流来整定。

七、电线穿管选择

电线穿管起敷设导线、保护导线的作用。选择线管的内径在导线穿管后应有一定的电线与穿管之间的散热空间,一般导线的外径为线穿内径的 22% ~ 33%。

第五节 三相异步电动机 典型故障的处理

一、定子绕组故障的处理

1. 绕组接地

(1) 绕组接地故障现象及产生的原因

绕组接地是指绕组与铁芯或机壳间绝缘损坏而造成的通地现象。出现这种故障后,会使机壳带电(若保护接地不良),使绕组发热而造成短路等故障。

造成绕组接地的原因有:电动机受潮,维护不当,受有害及腐蚀性介质的腐蚀,因检修不慎而损坏绝缘,使用日久绝缘老化,雷击,经常过载,定、转子相擦,以及绕组制造或检修工艺不良等。

(2) 绕组接地故障的检查方法

绕组接地故障的检查方法如下:

①用验电笔测试:拆下接地线,用验电笔测机壳。如果氖管发亮,说明绕组接地或严重受潮;如果氖管微亮,说明是绝缘下降,电动机受潮。

②用兆欧表测试:根据电动机的电压等级选择相应等级的兆欧表。对于 500 V 以上的高压电动机,用 1 000 ~ 2 500 V 的兆欧表;对于 500 V 以下的低压电动机,使用 500 V 兆欧表。当测得的绝缘电阻在 0.5 M Ω 以下时,说明绝缘受潮或绝缘变差;若电阻为零,则说明绕组接地。

③用万用表检查:将万用表打在 $R \times 10 \text{ k}$ 挡,若测得电阻为零或很小,说明电动机绕组已击穿或严重受潮。

④用校验灯检查:在电源上串联一只 220 V 灯泡。将两线头分别去接触电动机接线端子和机壳。如果灯泡发亮,说明绕组接地;如果灯泡微亮,说明绝缘接地击穿;如果灯泡不亮,但当线头接触到端子和机壳时出现火花,说明绕组尚未击穿,只是严重受潮。

⑤用自耦降压变压器通电检查:自耦降压变压器可用一台废弃的电动机启动用补偿器内的自耦变压器改装而成。经改装后的自耦变压器接入 380 V 交流电时,可获得 76 V、152 V 和 228 V 的三相电源,以供检查时使用。检查时,打开三相绕组的首尾连接线,将电源的一侧接在定子外壳上,另一侧分别接到三相绕组上。通电一定时间后切断电源,用手感温查出发热的绕组部位,此部位即为接地点。

⑥高压试验:试验电压一般为电动机额定电压的两倍加 1 000 V,试验时间为 1 min。对于旧电动机,取电动机额定电压的两倍与 1 000 V 之和的 0.75 倍。如果绕组接地,在接通试验电压后,线路中的熔断器或过流继电器会动作,切断电源。

⑦冒烟法(此法尤其适用于高压电动机):定子绕组非金属性接地可用此法。220 V 交流电通过一调压器加到绕组与地之间,通过电流后可以发现故障接地处冒白烟,甚至有火花。一旦出现这种现象,应立即切断电源。注意,对于小型电动机,通入电流应不超过额定电流的两倍,时间不超过 0.5 min;对于容量稍大的电动机,通入电流为额定电流的 20% ~ 50%。

(3) 处理方法

绕组接地故障的处理方法如下:

①如果查出的是绕组受潮而不是接地故障,则可以通过干燥处理使之恢复绝缘水平。

②若为绕组接地,则接地点通常在定子槽口附近,这时较

易处理。只要在故障点塞入云母片、绝缘纸或竹片,将绕组与铁芯绝缘起来就可。如果上层边绝缘受损,可将槽楔取出,加热(约 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$)使绝缘软化后,取出上层绕组,包扎绝缘带进行局部修理;如果是底槽绕组受损,则应取出一个节距的绕组,进行局部修理。这时需注意,取绕组时切勿损伤匝间绝缘。另外,如果故障处的导线已烧伤或熔蚀,应该换接一段新导线,否则烧伤处易发热烧断。

③对于绕组无匝间短路的星形联接的单路绕组,当不能修理时,可以切除绕组中个别故障线圈。当然,这时电动机的出力会有所降低。

④高压电动机局部修理方法如下:先将故障线圈加热,使绝缘软化后再把故障线圈从线槽中取出。把故障部位的绝缘削掉(注意不要损伤匝间绝缘),并检查匝间及周围的绝缘情况。然后用 0.13 mm 厚的绸云母带填补,填补时应半叠包扎,每包一层,用气干绝缘漆涂刷一次。云母带包扎层数参见表2.1。

表2.1 定子线圈包扎云母带规定

电动机额定电压 /kV	云母带厚度 /mm	云母带层数	
		槽部	端部
2.0	0.13	4	3
3.0	0.13	5	4
6.0	0.13	9	8

云母带包扎完后,表面再包一层白纱带作为保护层,并涂以沥青气干绝缘漆,经干燥处理后做耐压试验,合格后再将线圈嵌入槽内。然后焊接端部接头,包扎好接头绝缘,再做耐压试验,合格后方可组装电动机。



如果接地点在槽口附近,除绝缘已老化外,均可作局部修理。如只有一根导线绝缘损坏而接地,可先将线圈加热,待绝缘软化后,用划线板撬开接地点的槽绝缘,插入硬云母片或 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 厚的绝缘纸,涂以绝缘漆。修好后测量绝缘电阻,并做耐压试验。如果有两根导线均已损伤,除处理槽绝缘外,还应对匝间绝缘进行处理。在匝间插入云母片绝缘,大、中型电机应对匝间包扎云母绝缘带。如果导体有烧伤情况,应先进行修补,再作绝缘处理。

另外,还可用环氧粉末熔敷修补,方法如下:首先用小刀削去碳化部分的绝缘并清理干净,然后将线圈加热到 $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,用由环氧树脂、石英粉末和乙二胺按 $100:50:8$ 的重量比配成的绝缘粘结剂趁热滴入损坏处密封,在室温中固化。也可用环氧树脂和聚酰氨按 $3:1$ 的重量比调匀,再在上述混合物中按 $4:(1 \sim 1.5)$ 的重量加入云母粉末,并调匀,分三次涂抹掺补处并补平削刮去的部分,然后把固化成型的表面修整光滑。如果接地点位于槽内,一般应更换绕组。

2. 绕组短路

(1) 绕组短路故障现象及其产生的原因

绕组短路是指绕组匝间或不同绕组之间的绝缘损坏而造成相互短路的现象。出现这种故障后,电动机会冒烟(短路匝数很少时不冒烟),三相电流不平衡,电动机运行时噪声和振动加剧。严重时电动机不能启动。

造成绕组短路的原因有:电动机经常过载,电流过大,单相运行,电源电压变动过大,绕组机械损伤,以及制造或检修工艺不良等。

(2) 绕组短路故障的检查方法

①外部检查:使电动机空载运行约 20 min ,观察绕组有无

冒烟现象(短路匝数很少时,不冒烟),然后迅速拆卸电动机,手摸绕组探查出较热的绕组,同时观察绝缘物的变色处,找出故障点。

②用兆欧表测试:测量每两相之间的绝缘电阻,如果阻值很低,说明该两相间有短路现象。

③电流检查法:使电动机空载运行,测量三相电流。电流较大的一相绕组可能有短路故障。注意三相电源电压,如果三相电压不平衡,应采取调换两相电源的方法来校验。若电流不随电源调换而改变,则电流较大的一相绕组可能有短路故障。找出有短路故障的绕组后,再进一步找出故障点。

④电阻检查法:用电桥测量每相绕组的直流电阻,阻值较小的一相即可能有短路故障。但短路匝数很少时,很难测出。

⑤短路探测器检查法:短路探测器是一个在铁芯上绕有线圈的感应器,其底部呈曲面,以便和定子内周的弧形相吻合。使用时将探测器开口部分放在被检查的定子铁芯槽口上。在探测器线圈回路中串入一只电流表,然后接到规定的交流电源上。这样探测器线圈成为变压器的初级,被测试线圈成为次级。如果该线圈良好,则没有什么反应;如果该线圈短路,即产生电流,使初级的电流增大。观察电流表读数的变化,便可查出短路的故障所在。另外,也可以将一小段旧钢锯片放在被测线圈另一有效边所在的槽口处,如果该线圈短路,则钢锯片会被吸引而振动,发出“吱吱”声。

使用此方法时应注意以下几点:一是电动机为 Δ 形接法时,应将 Δ 形拆开口;二是绕组为多路并联时,应拆开并联支路;三是电动机为双层绕组时,因被测槽中有两个线圈,它们分别隔一个线圈节距跨于左右两边,所以要将探测器(或钢锯片)在左右两个槽口都试一下,以便确定哪个是短路线圈。



(3) 处理方法

绕组短路故障的处理方法如下:

①如果烧损不严重,可以用修补匝间绝缘的方法处理,即在损坏处包缠绢带、涂绝缘漆、垫绝缘物等;如果烧损严重,则应更换绕组。

②整个极相组短路时(通常由连接线处短路造成),可将绕组加热至 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$,使绕组绝缘软化,然后撬开引线处,将黄蜡管重新套到接近槽部,或用绝缘纸垫好。

③绕组间短路时,如果短路点在端部,可用绝缘纸垫好。

④绕组匝间短路时,往往电流很大,会将几匝导线烧成裸线。这时如果槽绝缘还未完全烧焦,可将短路的几匝导线在端部剪开,烘热绕组,用钳子将已坏的导线抽出;如果短路的匝数少于槽内总匝数的 30%,则不必再穿补新导线,只需将原来的绕组接通即可。当然这样做会使电动机出力受影响。

⑤对于高压电动机,修理时先剥去对地绝缘,剖去导线烧伤部分,再将短路处的导线修光,将其两头锉成斜形(其斜面长度等于导线直径的两倍),各线匝间接头必须互相错开。然后配好同样尺寸的导线,用银焊将其焊牢。并用电桥测量直流电阻以检验焊接质量。再按原有匝间绝缘厚度包扎匝间绝缘,涂绝缘漆,进行烘干。最后包好主绝缘,进行嵌线下槽等工作。

另外,还可以用环氧粉末熔敷修补,修补方法如前所述。

3. 绕组断路

(1) 绕组断路故障现象及其产生的原因

如果是一相断路,会造成电动机单相运行,使另外两相电流猛增,如果没有及时发现、停机,则电动机很快会烧毁。

造成绕组断路的原因有:绕组接头焊接不良、虚焊,或使用了腐蚀性焊剂,焊接后又未清除干净,使接头受腐蚀而断开,绕

组受机械应力而断开,短路和接地故障把导线烧断等。

(2) 绕组断路故障的检查方法

绕组断路故障的检查方法如下:

①用万用表测试:用万用表欧姆挡测定三相绕组的直流电阻,阻值大的一相即为故障相(高压电动机三相绕组的直流电阻相差不应超过平均值的2%),再对绕组分段进行检查(以极相组接头处分段),便可查出故障绕组。

②用兆欧表测试:测试方法同①。

③用自耦降压变压器通电检查:按前面介绍的绕组接地故障中的用自耦降压变压器通电检查的方法。将定子绕组通电一段时间后,由于断路的绕组没有通电回路,所以只要找出有明显温升的绕组,便可以区别出断路的绕组。用这种方法查找多路并联的断路线圈十分方便。

(3) 处理方法

绕组断路故障的处理方法如下:

①如果断路发生在引线或引线接头处(特别是铜鼻子根部扇折断),则较易修理;如果高压电动机个别线圈断股发生在接头处,应用银焊焊接好,或换备用线圈。

②如果断线发生在槽内,应先将绕组加热至 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$,将故障线圈翻出槽外,放入一根截面相同的绝缘导线(高压电动机可换备用线圈),将接头引至槽口以外的端部连接,焊接好后再作绝缘处理。对于高压电动机,每包一层绝缘带应涂刷一次绝缘漆,最后包扎一层白纱带作为保护层,外部涂刷气干漆,烘干后还需进行耐压试验。

4. 绕组接线错误或嵌反

在新换绕组工作中,检修人员因粗心大意往往会将绕组出线接错或嵌反。这时电动机三相电流严重不平衡,噪声大,振

动厉害,发热严重,转速降低,有时无法启动,若不及时停机,甚至还将烧毁电动机。

绕组接线错误与嵌反大致有以下几种情况:几只线圈嵌反或头尾接错,极相组接反,某相绕组接反,多路并联绕组支路接错,星形、三角形接法错误等。

绕组接错或嵌反的检查方法如下:

(1) 绕组头尾接错的检查

电动机 6 个引出线头的正确接线如图 2.8 所示。在检查错误接线时可对照检查。接线的检查方法很多,现介绍最常用的两种方法。

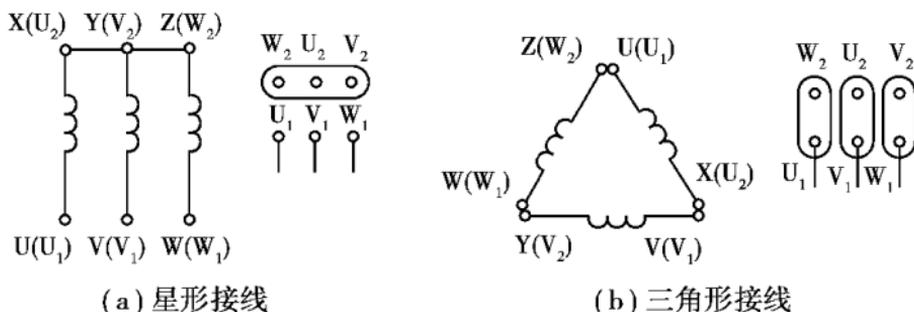


图 2.8 星形和三角形正确接线

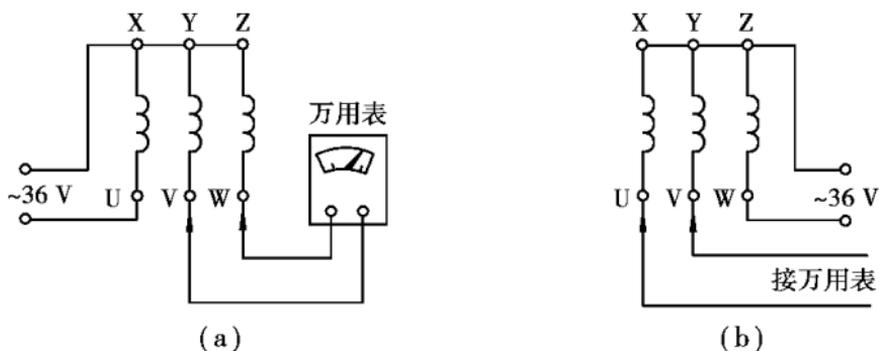


图 2.9 用万用表判别绕组头尾端示意图

①用万用表检查:如图 2.9(a)所示,先把 36 V 交流电通

入其中一相,用万用表电压挡测出其余两相的电压,记下有无读数,然后换接成图 2.9(b)所示接法,再记下有无读数。最后根据下述情况判别:若两次均无读数,表示绕组头尾端正确;若两次都有读数,表示两次中没有接电源的那一相绕组头尾端反接;若两次中有一次有读数,而另一次没有读数,表示无读数那一次接电源的那一相绕组头尾端反接。

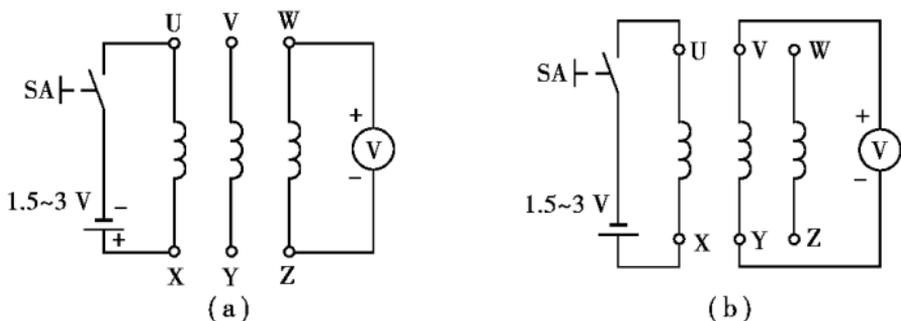


图 2.10 用干电池判别绕组头尾端示意图

②干电池检查法:如图 2.10(a)所示,在合上开关 SA 的瞬间,电压表(毫伏表或万用表毫安挡)指针应正向(即大于零的一边)摆动,否则应将两表笔调换,使指针正向摆动。这时,干电池的“+”极与表头的“-”极为同名端。同理,把表接到另一未测相绕组,如图 2.10(b)所示。经过两次试验,便可找出三相绕组的头尾端。

(2) 其他接线错误及线圈嵌反的检查

①滚珠检查法:取出电动机转子,将一粒钢珠放在定子铁芯内圆面上。定子通入低压三相交流电,如滚珠沿定子内圆周表面旋转滚动,说明定子绕组接线正确;如滚珠不动,则说明绕组接线有误。用此法只能判断是否接错,而不能确定故障点。

②指南针检查法:将 3~6 V 直流电通入绕组的一相,使指南针沿定子铁芯内圆周表面向一个方向移动,逐槽检查,如图



2.11 所示。当指南针经过绕组各极相组时,如指针的方向有规则地交替变化,表示接线正确;如经过相邻的极相组时指针的指向不变,则表示极相组接错。如果一个极相组中个别线圈嵌反,则在这个极相组范围内指针的指向会交替变化,可把嵌反的线圈找出来,再把嵌反的线圈连接线或过桥线的线头反接过来即可。

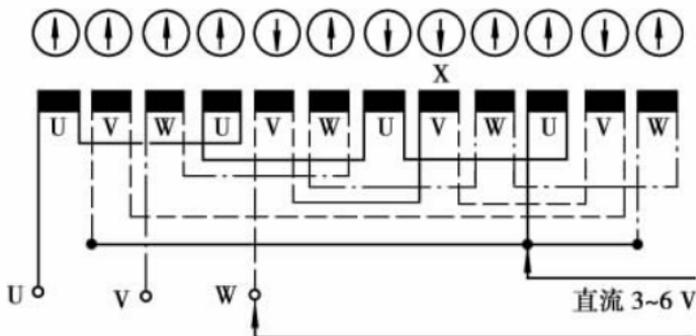


图 2.11 用指南针检查绕组接错示意图

二、转子故障的处理

1. 鼠笼型转子断条故障的处理

(1) 转子断条故障现象及其产生的原因

转子断条会使电动机启动困难,电动机运转时发出强烈的周期性电磁噪声和振动,三相电流表指针抖动,电动机带负荷能力降低,转速下降。

产生转子断条的原因有:制造质量差,电动机启动频繁,操作不当,频繁作正反转运行等造成剧烈冲击而致使转子损坏。

(2) 转子断条的检查方法

转子断条的检查方法如下:

①外观检查法:在电动机运行时,若转子与定子的间隙处有火花出现,则说明转子有断条现象。也可以通过观察电流表

指针有无抖动、电动机转速和带负荷能力等加以判断。然后抽出转子,寻找断路点。

②电流检测法:用三相调压器对定子绕组施加低压电源进行检查(额定电压为 380 V 的电动机可施加 100 V 左右的电压)。在一相中串入一只电流表。用手使转子慢慢转动,如果转子鼠笼条是完好的,则电流表只有均匀的微弱摆动;如果转子断条,则电流表就会出现指针突然下降的现象。

③用探测器检查:将电动机拆开,取出转子,用电磁感应法测定转子断条位置。如果鼠笼条是完好的。则毫伏表读数较小;如果转子断条,则读数将变大。检查方法如图 2.12 所示。

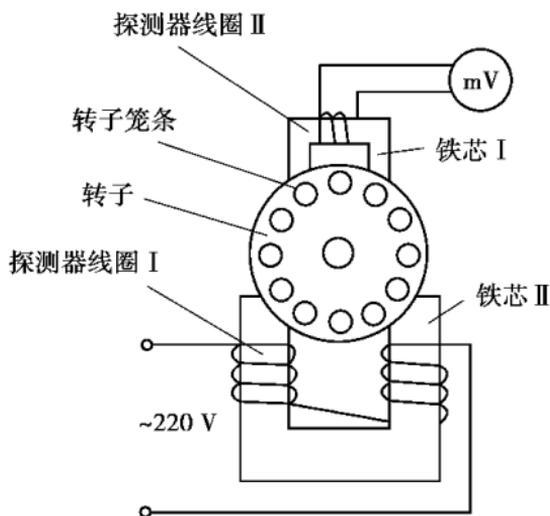


图 2.12 用探测器检查转子断条示意图

④用铁粉检查:在转子两端环上通入低压大电流,将铁粉撒在转子表面。由于电流通过鼠笼条产生磁力线,磁力线将吸引铁粉。如发现某一根鼠笼条周围铁粉很少,则该处即为断条。



(3) 处理方法

根据断条的不同情况,采取不同的修理方法。

①如果是铜条,并且断条发生在端部(槽内部分不易断裂),可在断裂处打成坡口,用银焊焊接。焊接前应用耐火石棉等物用水浇湿后将铁芯保护好,以免高温烧伤铁芯。

②如果是铸铝转子,且断条较多不能使用。可将铝条熔化后再重新铸铝或换为紫铜条。熔铝前先车掉两端的铝端环,用夹具将铁芯夹紧。熔铝的方法可以用工业烧碱(氢氧化钠)来腐蚀铝条,将转子浸入浓度为10%~30%的碱液中,然后将碱液加热到80~100℃。直至铝条熔化为止(一般需经7~8h)。然后取出转子用水冲洗,并立即投入到浓度为0.25%的工业用冰醋酸溶液中煮沸,以中和残余碱液,再放入开水中煮沸1~2h,取出后用水冲洗后再烘干。处理时注意碱液对人身健康的影响,加强劳动保护。也可用煤炉等将转子加热到700℃左右将铝条熔化,然后将槽内及铁芯内的残铝清除干净。

如果用铜条代替铝条,铜条截面积应占槽面积的70%左右(不要把槽塞满,否则会造成启动转矩小,而电流增大等情况),两端用短路环焊牢。对于小型转子,可将铜条伸出铁芯两端打弯,然后采用紫铜堆焊;对于大、中型电动机,应加铜短路环。环的截面积不应小于铝短路环的70%。铜条和短路环的焊接用银焊。

转子焊接好后要做静平衡试验。对于振动小、转速高或转子轴向较长的电动机,还要做动平衡试验。

2. 绕线型转子的故障及处理

绕线型转子绕组的结构、嵌线等都与定子绕组相同,所以故障检查的方法可参考定子绕组故障的检查方法。

(1) 钢线部分修理

绕线型转子端部绕组均用钢线绑扎(也有用无纬玻璃丝带绑扎的),通常易发生导体绝缘破损、钢丝短路以及钢线散落、断裂、开焊、甩开等故障。

绑扎线与绕组之间填有绝缘材料,以免由于膨胀收缩或机械力作用而擦伤绕组绝缘。

转子绕组端部扎钢丝打箍工作可以在车床上进行,也可以在简易木制机械上进行,如图 2.13 所示。

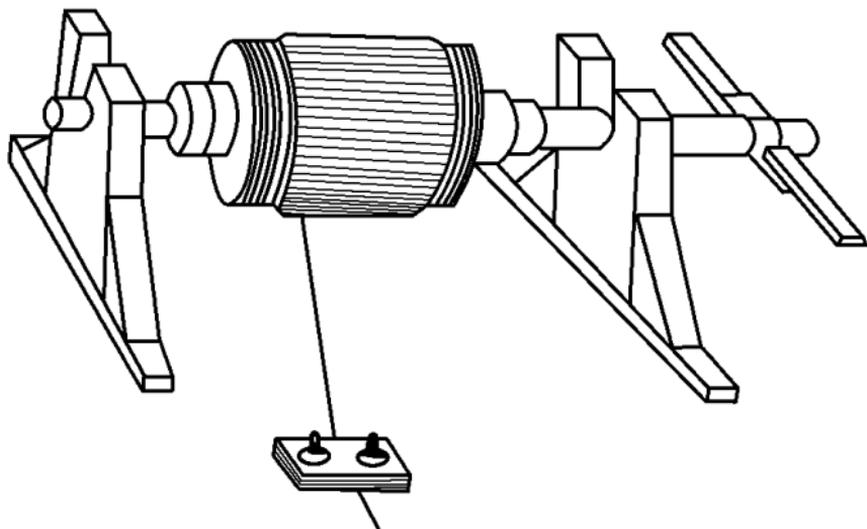


图 2.13 简易扎钢丝打箍示意图

电动机转子绑线钢丝的弹性极限应不低于 160 kg/mm^2 ($1\,569 \text{ MPa}$)。钢丝拉力按表 2.2 选择。拉力过大,易损伤绝缘;拉力过小,易使钢丝箍脱落。

选择钢丝时应尽量和原来的直径相同,匝数、宽度和排列布置也应尽量和原来的一样。

在扎钢丝前应先在绑扎部位包扎 2~3 层白纱带。再卷上 1~2 层青壳纸和一层云母。纸板宽度应比扎线宽 10~



30 mm。为了使钢丝扎紧,在钢丝下面每隔一定间距放置一块铜片。当该段钢丝扎好后,将铜片两端弯到钢丝上,用锡焊牢。钢丝的首端和尾端均应放在此处,以便由铜片卡紧焊牢。

表 2.2 扎钢丝预加的拉力

钢丝直径/mm	拉力/N	钢丝直径/mm	拉力/N
0.5	120 ~ 150	1.0	490 ~ 590
0.6	170 ~ 200	1.2	640 ~ 780
0.7	250 ~ 300	1.5	980 ~ 1 200
0.8	300 ~ 340	1.8	1 370 ~ 1 570
0.9	390 ~ 440	2.0	1 770 ~ 2 000

(2) 转子端部并接头铜套开焊的修理

先用兆欧表检查转子绕组对地和绕组对钢丝的绝缘电阻。如符合要求,只需重新焊接开焊的铜套或更换部分烧坏的铜套即可。为了使接触良好,在铜套之间再敲入挂锡铜楔,以填塞上下层导体间的空隙。

(3) 滑环部分的修理

当电源容量和使用条件允许的话,为了简化修理工作,可以把绕线型转子改为鼠笼型转子,即把绕线型转子绕组两端伸出铁芯外的端部切断,使绕组成为鼠笼条似的铜条,导线两端应伸出槽外 20 mm。然后把导线的伸出端朝一个方向敲弯,彼此重叠贴紧,再用铜条焊接成两端短路环,最后到车床上将短路环两端面车平。并校准转子的平衡。用此法修理,会使转子电流略微升高,启动转矩有所下降。最好是清除转子绕组,按前面介绍的方法换入新铜条。

三、定子、转子铁芯故障的处理

铁芯发生故障,会使涡流增大,铁芯局部过热,影响电动机

正常运行。

1. 铁芯的常见故障

铁芯的常见故障有：因定子绕组短路或接地弧光烧伤铁芯，使硅钢片局部短路；硅钢片间绝缘损坏而造成短路；紧固不良和电机振动造成铁芯松弛；拆除旧绕组时因操作不当而损伤铁芯；大修时不慎被机械力损伤等。

2. 铁芯的修理

当因绕组短路或接地弧光烧伤铁芯，但不严重时，可用以下方法修理：先把铁芯清理干净，除去灰尘和油污，将已烧损熔化了局部硅钢片用小锉锉掉，打磨平整，消除片与片熔化在一起的缺陷。再将定子铁芯靠近故障点附近的通风槽片取出，使修理时硅钢片有一定的松动余地，然后用钢片剥开故障点上的硅钢片，将被烧伤硅钢片上的碳化物清除干净，再涂以硅钢片绝缘漆，插入一层薄云母片，最后将通风槽片打入，保持铁芯紧固。

如果铁芯在槽的齿部烧伤，只要把熔化在一起的硅钢片锉掉即可。如果影响到绕组的牢固性，则可用环氧树脂修补烧缺部分的铁芯。

当铁芯齿端轴向朝外张开和两侧压圈不紧时，可在两块钢板制成的圆盘（其外径略小于定子绕组端部的内径）中心开孔。穿一根双头螺栓，将铁芯两端夹紧，然后紧固双头螺栓，使铁芯恢复原形。槽齿歪斜时可用尖嘴钳修正。

铁芯中间松弛时，可在松弛部位打入硬质绝缘材料，并涂以沥青油漆（462号漆）。

四、微型电动机轴承的清洗

轴承拆封后，先要除去防锈剂，然后按下列方法清洗：

①对于用防锈油封存的轴承,可用航空汽油或洗涤用轻质汽油清洗;

②对于用防锈油脂防锈的轴承,应先用轻质矿物油(如10号机油、变压器油)加热溶解(油温不宜超过 100°C),将轴承浸入油内,轻轻摇动,待防锈油脂溶解后再取出,冷却后再用汽油清洗干净;

③对于用气相剂或其他水溶性防锈材料防锈的轴承,可用皂类或其他清洗剂水溶液清洗。表2.3给出了常用清洗液配方,这种清洗液可以清洗多种防锈剂涂封的轴承。在 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的温度下,清洗1 min即可。

表 2.3 轴承清洗液配方示例

原料名称	成分(重量比)/%
664	0.5
平平加	0.3
三乙醇胺	1
油酸	0.5
亚硝酸钠	0.3
水	97.4

清洗干净的轴承应放在洁净的容器内,不得用裸手接触,以免手上的汗水使轴承生锈。烘干后立即涂以润滑脂。

第六节 电动机机械故障检修

电动机的机械故障尽管出现不多,但如不及时处理,仍会引起电动机运行不正常。也有许多电气故障就是由机械故障引起的,如轴承磨损严重会造成电动机定、转子相擦,因而烧毁

绕组。

一、转轴故障检修

转轴是传递转矩、带动机械负载的部件,一般采用 35 号或 45 号钢制成。电动机的转轴必须有足够的机械强度和刚度,轴的几何中心线为直线,使电动机在运行时不发生较大振动或定转子相擦。

主要故障:轴弯曲、轴颈磨损、轴裂纹或断裂。

(一)轴弯曲

轴的弯曲,可用千分尺检查。若弯曲度不大,可通过磨光轴颈、滑环的方法进行修复,若轴的弯曲超过 0.2 mm,可将转轴放于压力机下,在轴弯曲处加压矫正,矫正后的轴表面用车床切削磨光,如果轴弯曲过大,则需另换新轴。

(二)轴颈磨损

轴颈磨损不大时,可在轴颈上镀一层铬,再磨削至需要尺寸,磨损较多时,可在轴颈上进行堆焊,再到车床上切削磨光;如果轴颈磨损过大,也可在轴颈上车削 2~3 mm,再另车削一套筒,加热后套在轴颈上,然后车削至所需尺寸。

(三)轴裂纹或断裂

轴的横向裂纹深度不超过轴直径的 10%~15%,纵向裂纹不超过轴长的 10% 时,可用堆焊法补救,然后再精车至所需尺寸,轴还可继续使用,但如果轴的裂纹较严重或轴断裂,则必须更换新轴。

二、轴承故障检修

轴承通过转轴支承转子,是电动机中承受磨损最重的部件,电动机中所用轴承有滚动轴承和滑动轴承两大类。滑动轴



承精度高、噪声小、成本低,但安装维修复杂,除大型电动机外一般很少采用;滚动轴承噪声大、成本高,装配方便,维修简易,不易造成定转子相擦,因而在中小型电动机中使用较普遍。

(一) 轴承故障检查方法

1. 电动机运行中的检修 滚动轴承缺油时,会听到“骨碌骨碌”的声音,若听到不到连续的“梗梗”声,可能是轴承钢圈破裂,轴承内混有砂土等杂物或轴承部件有轻度磨损,因而会产生轻微的杂音。轴承的松动会引起电动机的振动,轴承故障产生后,除了会引起振动,还会引起电机过热。

2. 拆卸后检查 先检查轴承滚动体,内外钢圈是否磨损、锈蚀,有无疤痕等,然后用手捏住轴承内圈,并使轴承摆平,用另一只手用力推外钢圈,如果轴承良好,外钢圈应转动平稳,转动中无振动和明显的停滞现象,停转后外钢圈没有倒退现象,否则说明轴承已不能再用了。左手卡住外钢圈,右手捏住内钢圈,用力向各个方向推动,如果推动时感到很松,就是磨损严重。

(二) 轴承修理

1. 轴承清洗和加油 先去除轴承中的旧油,然后用布块蘸汽油清洗,洗净后的轴承用干净软布擦干。

经清洗并干燥后的轴承要重新加入纯净的润滑脂。润滑脂过多或过少都会引起轴承发热,一般情况下,所加润滑脂占轴承内空间容量的 $1/2 \sim 1/3$ 即可。

2. 轴承故障修理 轴承外表面上的锈斑可用 0 号砂纸擦除,然后浸入汽油中清洗;若轴承有裂纹、内外圈碎裂或轴承过度磨损时,应更换新轴承。更换轴承时,要选用与原来型号相同的轴承(轴承型号在轴承钢圈的外端面上)。

有些用于高速电动机的轴承,如果磨损不严重,可以改用

作低速轴承继续使用。

三、集流装置的故障处理

这里所说的集流装置是指三相异步电动机的滑环和电刷装置等部件。

(一) 滑环修理

滑环的常见故障有磨损、烧伤、表面粗糙、椭圆、裂纹等。

1. 表面轻微损伤,如只有斑点、刷痕,可先用细板锉在转子转动时研磨,再用0号砂纸抛光。如有裂纹,应更换。

2. 表面烧伤、灼痕、凹凸不平较严重应进行车削,车完后用0号砂纸磨光,再在砂纸上涂一层凡士林抛光。

3. 滑环外圈呈椭圆状时,应将其车圆,以免因电刷跳动而引起火花。

(二) 电刷修理

电刷直接接触于滑环,时间长了易在滑环之间产生火花,有时还会出现噪声。

1. 电刷研磨 当电刷与滑环的接触面积小于70%时,就需要研磨,研磨电刷时用0号砂纸压在电刷和滑环之间,有砂的一面朝着电刷,用手前后转动电枢。研磨好以后,拿下砂纸,刷净炭屑、砂粒,再用干布擦净。

2. 电刷的更换 电刷上的弹簧压力,是随着电刷的磨损而逐渐减弱的。当电刷磨损超过一定限度时,可通过调节弹簧压力予以补偿。当电刷磨损超过60%时,应更换新电刷。更换电刷时,应参考有关电刷技术数据资料。

四、转子平衡的方法

电动机转子修理后,应进行平衡校验。校平衡后才能进行

电动机总装,以保证转子运转平稳。

对中小型电动机,其转子修理后只需校正静平衡即可,不必再进行动平衡试验。

校正静平衡的方法是,把转子置于两根水平并相互平行的钢刃上(见图 2.14)。若转子不平衡,就会在钢刃上转动,停止时转子最低位置为最重部分,在此处标上记号。这时再将转子转过 90° 松手,作记号处此时仍应在最低位置。这样在转子最高处试加一平衡物(可用油灰,它易于粘到转子上),重新试验,直至转子在任何位置都不转动。平衡物确定之后,将油灰取下,换上重量相等的金属,然后固定在转子上。

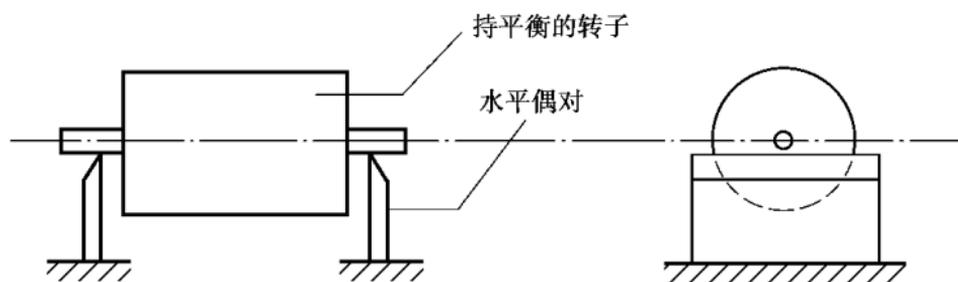


图 2.14 转子静平衡的调整



第三章 单相异步电动机

目前较常用的交流电动机有两种：三相异步电动机和单相异步电动机。前者多用在工业上，而后者常用在民用电器上。但单相异步电动机与三相异步电动机在结构上基本相同。

第一节 单相异步电动机原理与结构简介

一、单相交流电动机的旋转原理

单相交流电动机只有一个绕组，转子是鼠笼式的。当单相正弦电流通过定子绕组时，电动机就会产生一个交变磁场，这个磁场的强弱和方向随时间作正弦规律变化，但在空间方位上是固定的，所以又称这个磁场是交变脉动磁场。这个交变脉动磁场可分解为两个以相同转速、旋转方向互为相反的旋转磁场，当转子静止时，这两个旋转磁场在转子中产生两个大小相等、方向相反的转矩，使得合成转矩为零，所以电动机无法旋转。当用外力使电动机向某一方向旋转时（如顺时针方向旋转），这时转子与顺时针旋转方向的旋转磁场间的切割磁力线运动变小；转子与逆时针旋转方向的旋转磁场间的切割磁力线

运动变大。这样平衡就打破了,转子所产生的总电磁转矩将不再是零,转子将顺着推动方向旋转起来。

要使单相电动机能自动旋转起来,可在定子中加上一个启动绕组(即副绕组),启动绕组与主绕组在空间上相差 90° ,启动绕组要串接一个合适的电容,使得与主绕组的电流在相位上近似相差 90° ,即所谓的分相原理。这样两个在时间上相差 90° 的电流通入两个在空间上相差 90° 的绕组,将会在空间上产生(两相)旋转磁场。在这个旋转磁场作用下,转子就能自动启动,启动后,待转速升到一定时,借助于一个安装在转子上的离心开关或其他自动控制装置将启动绕组断开,正常工作时只有主绕组工作。因此,启动绕组可以做成短时工作方式。但有时候,启动绕组并不断开,称这种电动机为电容式单相电动机,要改变这种电动机的转向,可由改变电容器串接的位置来实现。

二、单相罩极式电动机

在单相电动机中,产生旋转磁场的另一种方法称为罩极法,又称单相罩极式电动机。此种电动机定子做成凸极式的,有两极和四极两种。每个磁极在 $1/3 \sim 1/4$ 全极面处开有小槽,把磁极分成两个部分,在小的部分套装上一个短路铜环,好像把这部分磁极罩起来一样,所以叫罩极式电动机。

单相绕组套装在整个磁极上,每个极的线圈是串联的,连接时必须使其产生的极性依次按 N, S, N, S 排列。当定子绕组通电后,在磁极中产生主磁通。根据楞次定律,其中穿过短路铜环的主磁通在铜环内产生一个在相位上滞后 90° 的感应电流,此电流产生的磁通在相位上也滞后于主磁通,它的作用与电容式电动机的启动绕组相当,从而产生旋转磁场使电动机转

动起来。

三、单相交流电动机的种类

单相异步电动机分为:分相式电动机、电容运转式电动机、电容启动运转式电动机和罩极式电动机。

(一)分相式电动机

分相式电动机有电阻分相式和电容分相式两种。电阻分相式电动机(图 3.1),其线端标记为主绕组 $U_1 - U_2$,副绕组 $Z_1 - Z_2$ 。副绕组通常由细导线绕制而成,因而副绕组电阻大于主绕组电阻。在同一电源下,主绕组电流滞后副绕组电流一定的相位角($30^\circ \sim 40^\circ$),因而形成椭圆形旋转磁场,并且椭圆度较大,故电阻分相式电动机具有中等启动转矩和较大的启动电流,常见产品的功率为 $60 \sim 370 \text{ W}$ 。

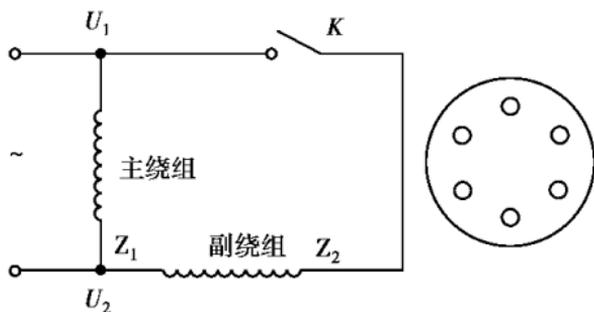


图 3.1 电阻分相式电动机原理图

电容分相式电动机(图 3.2),是利用副绕组中的电容器造成副绕组电流超前主绕组电流一定相位差。如果电容量选择适当,可使主、副绕组电流相差接近 90° 电角,形成近似圆形磁场。因而电容分相式电动机有较大的启动转矩和较小的启动电流,常见产品的功率多在 120 W 以上。

单相异步电动机的定子由定子铁芯、定子绕组、机座和端盖组成。定子绕组有两套线圈,主绕组(运行绕组)和副绕组

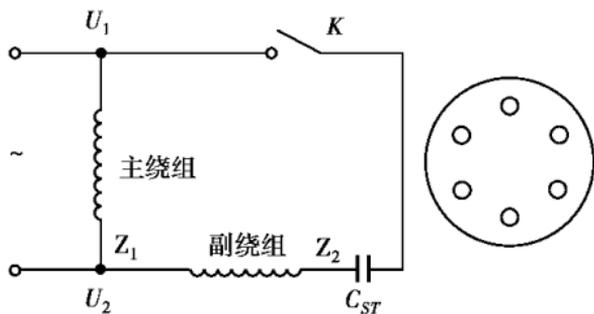


图 3.2 电容分相式电动机原理图

(启动绕组)。两套绕组在空间上须相差 90° 电角嵌放。两套绕组的线圈在同一槽中时,一般将主绕组放在槽的底部,副绕组放在槽内上部。转子为普通鼠笼式铸铝转子。空气隙较小,一般为 $0.02 \sim 0.03 \text{ mm}$ 。

在副绕组上还有启动元件,主要有离心开关、启动继电器和 PTC 启动元件。

1. 离心开关

离心开关包括静止部分、可动部分和弹簧;静止部分装在前端盖内,用以接通副绕组回路。可动部分和弹簧装在转子上(见图 3.3)。

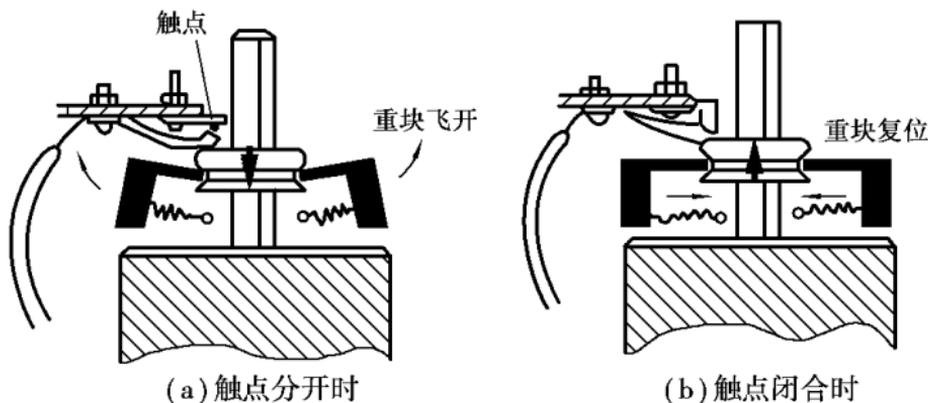


图 3.3 离心开关工作原理图

电动机静止时,在弹簧压力作用下两触头闭合,接通副绕组,电动机通电启动后,转速达到同步转速的 70% ~ 80% 时,可动部分在离心力作用下,重块克服弹簧拉力使触点断开,这时只有主绕组参与运行。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 继电器的线圈连入主绕组回路,触点连到副绕组回路,见图 3.4。电动机合闸前,触点靠弹簧拉力打开,电动机合闸后,主绕组中流过较大的启动电流,此电流经继电器线圈后使衔铁动作,吸合触点,于是副绕组接通,电动机便可启动。随着电动机转速上升,主绕组电流下降,磁铁吸力减小,在弹簧拉力作用下,断开副绕组(在 $n = 78\% n_1$ 左右时继电器动作),完成启动过程。

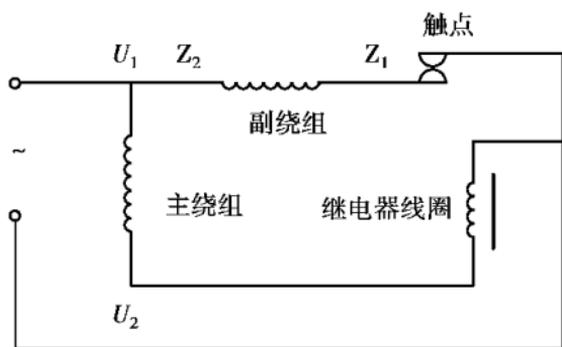


图 3.4 电流继电器启动连线

2) 电压继电器 在定子绕组中再嵌入一附加绕组,并与继电器的线圈相连,见图 3.5。电动机合闸前,触点在弹簧作用下接通,电动机开始启动。随着转速上升,附加绕组上与转速成正比的感应电动势增加,当达到一定数值后,便可吸开触点,使副绕组从电网上断开。

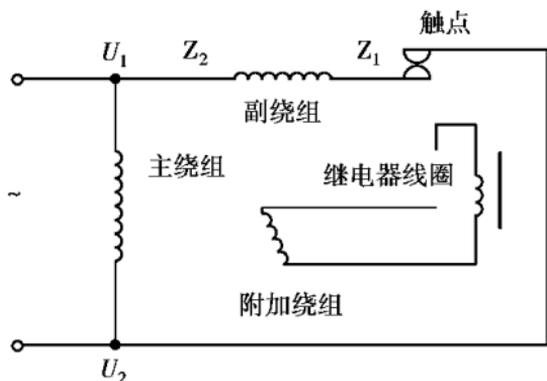


图 3.5 电压继电器启动连线

3) PTC 启动元件 PTC 热敏电阻是一种新型半导体元件, 它的电阻温度特性中电阻阻值急骤增加的温度点叫“居里点”。居里点的高低可通过原材料配方来调节。温度在居里点以下时, 电阻值很低; 超过居里点后, 电阻值会随温度急速上升; 之后又趋于稳定(饱和)。其电阻值的最大与最小之比可达 1 000 倍。

PTC 热敏电阻用于分相式电动机副绕组后, 在启动初期, 因 PTC 热敏电阻尚未发热, 阻值很低, 副绕组在通路状态下, 电动机开始启动。随着转速上升, PTC 热敏电阻的温度超过居里点, 电阻剧增, 副绕组相当于断开, 但还有一个很小的维持电流, 并有 2 ~ 3 W 的功耗, 使 PTC 热敏电阻的温度大致保持不变。当电机停转以后, PTC 热敏电阻温度不断下降, 约 2 ~ 3 min 后阻值降到居里点下, 于是又可以重新启动。

3. 分相式电动机特点

①主绕组采用的漆包线较粗、匝数多、电阻小; 副绕组线细、匝数少、电阻大, 匝比 K (副绕组匝数与主绕组匝数之比) 小于 1。

②当电动机启动、转速达到 $(70\% \sim 80\%) n_1$ 时, 开关 K 须

断开。否则电动机便会过热、甚至烧坏。

③电阻分相式电动机为了增大副绕组电阻、减少漏抗,使主、副绕组间有较大的电流相位,副绕组有时采用反绕措施。如从日本进口的电冰箱压缩机电机,副绕组均有反绕,这样电动机容易启动。

④电容分相式电动机中用的启动电容,多采用金属模纸介质电容器。

⑤因离心开关和启动电容器的性能关系,不宜作频繁启动。

分相式电动机有 BO_2 (电阻分相式) 和 CO_2 (电容分相式) 两个基本系列,为 2 极或 4 极。

(二) 电容运转式电动机

1. 工作原理与结构特点

形成旋转磁场必须满足以下条件:主、副绕组在空间相差 90° 电角嵌放;通过主、副绕组的电流由于电容器的存在相差 90° 。电容运转式电动机(图 3.6)除没有离心开关或启动继电器外,与电容分相式电动机相同。

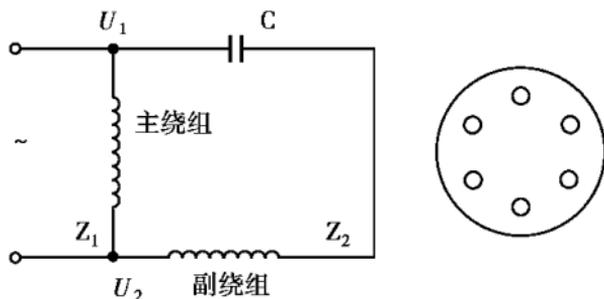


图 3.6 电容运转式电动机原理

2. 电容运转式电动机的特点

①主绕组采用的漆包线较粗,匝数少,电阻小;副绕组线细,匝数多,电阻大;匝比 K 大于 1,这一点与分相式电动机

不同。

②具有良好的运行特性,效率、功率因数都较高,但启动转矩较低,是用途最广的单相异步电动机。在电风扇、洗衣机中普遍采用。

电容运转式电动机的基本系列是 CO_2 系列。

(三) 电容启动运转式电动机

电容启动运转式电动机(图 3.7),除副绕组中有两个电容外,其他与电容运转式电动机相同。

当电动机启动后,转速达到 $(75\% \sim 80\%)n_1$ 时,通过启动开关将启动电容器 C_1 切除,而副绕组和工作电容 C 继续参与运行。

电容启动运转式电动机具有较高的启动性能、过载能力、功率因数和效率,克服了电容运转式电动机启动性能差的缺点,适用于家用电器、水泵和小型机床等。

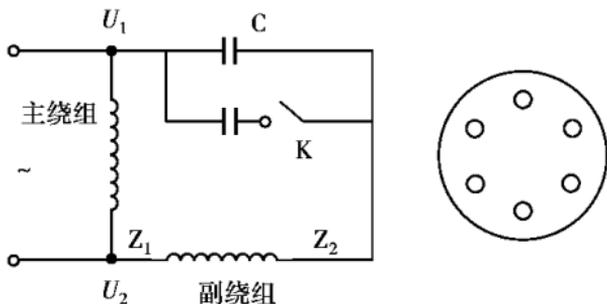


图 3.7 电容启动运转式电动机原理

(四) 罩极式电动机

1. 工作原理

罩极式电动机要形成旋转磁场须满足以下条件:主绕组和短路环(副绕组)在空间相差一定角度,并且电流也相差一定角度。由于这个角度小于 90° ,该磁场椭圆度很大。主绕组和短路环电流相位是这样产生的:主绕组通电后,其中有一部分

磁通穿过短路环,而在短路环上感生电流。电动机的旋转方向是由主绕组(超前绕组)移向短路环(滞后绕组),即由磁极的未罩部分向被罩部分旋转。当电动机达到正常转速后,短路环便失去作用。

2. 结构要点

罩极式电动机的定子铁芯用硅钢片叠成,按磁极形式不同分为凸极式和隐极式两种。凸极式定于铁芯上有突出形状的凸极,在上面嵌放主绕组,在凸极的一侧开有小槽,用以嵌放短路环。主绕组一般由绕好的线圈直接套在铁芯凸极上,短路环由匝数很少的圆(或扁)电磁线直接短接而成。隐极式定子铁芯形状与普通的单相异步电动机相似。其转子为铸铝鼠笼式,轴承多采用含油轴承。

3. 罩极式电动机特点

- ①罩极式电动机结构简单、成本低。
- ②功率因数($\cos \phi = 0.2$ 左右)、效率($\eta = 5\% \sim 30\%$)低,但堵转能力强。
- ③启动转矩和最大转矩小。主要用于对启动转矩要求不高的场合,如小型风扇、电吹风、打字机等。
- ④要改变电动机的旋转方向,可拆下定子铁芯,进行调端装配。可倒转罩极电动机采用两组主绕组和一组罩极线圈。当电动机顺时针方向旋转时,只利用一组主绕组,而另一组主绕组与电路断开;当逆时针方向旋转时,则应用另一组主绕组,原主绕组断开。

第二节 单相异步电动机的常见故障及处理

单相异步电动机的常见故障及处理见表 3.1。

表 3.1 单相异步电动机的常见故障及处理

故障现象	可能原因	处理方法
电动机不能启动	①电源未接通 ②引线开路 ③主绕组或辅助绕组开路 ④离心开关触点合不上 ⑤罩极绕组接触不良 ⑥电容器损坏 ⑦轴承紧力太大或有偏心情况 ⑧定、转子相互摩擦 ⑨负荷太重	①检查电源及其回路 ②接好引线 ③用表计测量,若为引线头断线,则可重新焊接;若为磁极处断线,则需要重绕绕组 ④拆开修理离心开关 ⑤重新焊接 ⑥更换同规格的电容器 ⑦重新调整轴承 ⑧检查安装质量(如端盖是否在安装中造成偏心),检查轴承是否磨损太大 ⑨减轻负荷

续表

故障现象	可能原因	处理方法
空载时能启动,或在外力帮助下能启动,但启动迟缓,且转向不定	①辅助绕组开路 ②离心开关触点合不上 ③电容器损坏	①检修辅助绕组 ②拆开修理离心开关 ③更换同规格的电容器
通电后保险丝熔断,电动机不动	①绕组短路或接地 ②引出线接地 ③电容器短路	①检修或重绕绕组 ②检修引出线 ③更换同规格的电容器
电动机过热	①主绕组短路或接地 ②定、转子气隙中有杂物 ③轴承缺油或损坏 ④绕组极性接反 ⑤轴承与转轴紧力太大 ⑥机械部分不灵活 ⑦主、辅助绕组相互接错 ⑧启动后离心开关触点断不开,使启动绕组长期运行而发热,甚至烧毁	①检修或重绕绕组 ②清除杂物 ③加油或更换轴承 ④改正接线 ⑤用绞刀适当绞动轴承内孔 ⑥检查机械部分 ⑦检查并改正主、辅助绕组接线 ⑧拆开检修离心开关

续表

故障现象	可能原因	处理方法
转速降低	<ul style="list-style-type: none">①主绕组短路②轴承磨损或缺油,造成阻力转矩加大③电源电压太低④电容器损坏 ⑤主绕组内有几极反接或绕组接错⑥启动后离心开关触点断不开	<ul style="list-style-type: none">①更换主绕组②更换轴承或加油 ③检查电源电压④更换同规格的电容器⑤改正主绕组接线 ⑥拆开检修离心开关
电动机振动加大	<ul style="list-style-type: none">①和被连接的机械负载之间中心未校好②各处螺丝未拧紧③有严重的匝间短路现象 ④轴承弯曲	<ul style="list-style-type: none">①重新校中心②拧紧螺丝③用万用表分别测量每个绕组的直流电阻,找出有匝间短路现象的绕组,并重新绕组④更换转轴
电动机噪声太大	<ul style="list-style-type: none">①绕组短路或接地②轴承损坏③轴向间隙太大④有杂物浸入电动机内⑤离心开关损坏	<ul style="list-style-type: none">①检修或重绕绕组②更换轴承③调整轴承间隙④清除杂物 ⑤检修或更换离心开关
电动机外壳带电	绝缘损坏	更换损坏绕组,若引线绝缘破损,则包扎绝缘带



第四章 电动机修理后的测试

为了保证电动机的修理质量,对已修复的电动机应进行必要的测试。电动机的修后测试主要包括绕组冷却状态下直流电阻的测试、绝缘电阻测试、耐压试验和空载试验部分。这里以三相异步电动机修理后的测试为例。

第一节 冷态直流电阻的测定

绕组的冷态直流电阻,按电动机功率大小分为高阻(10 Ω 以上)和低阻(10 Ω 以下)两种。高电阻可用万用表测量,低电阻一般采用精度较高的电桥进行测量,小于1 Ω 的要用双臂电桥,大于1 Ω 的用单臂电桥。

对正常的三相绕组,各相电阻值之间的误差与三相绕组电阻平均值之比不应大于10%,即

$$\frac{R_{\text{最大}} - R_{\text{最小}}}{R_{\text{平均}}} \times 100\% \leq 10\%$$

式中, $R_{\text{平均值}} = \frac{1}{3}(R_A + R_B + R_C)$

若测出的三相电阻相差过大,则表示绕组中有短路、断路、焊头接触不良或绕组匝数有误差,这时需进行检查处理。若三

相绕组电阻超出规定范围,说明导线过细。

第二节 绝缘电阻的测定

测量电动机绕组对机壳及绕组各相间的绝缘电阻,是电动机修后的一项基本试验,一般在常温下测量。对绕线式异步电动机还应测量转子绕组的绝缘电阻,对多速多绕组电动机应对各绕组的绝缘电阻进行逐个测量。

对额定电压在 500 V 以下的电动机,一般采用 500 V 兆欧表进行测量。测出的绝缘电阻应不低于 0.5 MΩ,全部更换绕组的应不低于 5 MΩ。

对大型电动机,为判断高压绕组的绝缘情况,要测定吸收系数 K (用 1 000 V 的兆欧表),即读取兆欧表开始旋转第 15 s 时的绝缘电阻 r_{15} 和第 60 s 时的绝缘电阻 r_{60} ,则

$$K = \frac{r_{60}}{r_{15}}$$

一般地, $K \geq 1.3$ 可以认为绝缘良好,否则说明绕组受潮。

各类电动机绕组的绝缘电阻最小限值,通常要求不低于下式求得的数值。

$$R = \frac{U_N}{1\,000 + \frac{P_N}{100}} (\text{M}\Omega)$$

式中, U_N 、 P_N 分别为绕组的额定电压(V)和电动机的额定功率(kW)。

第三节 耐压试验

上述绝缘电阻测量试验,若测出的绝缘电阻高,并不一定

说明绕组的绝缘性能好。有时绝缘可能机械损坏,但只要线圈与外壳之间无金属性接通,它的绝缘电阻仍可很高。检查绕组绝缘最可靠的方法是绝缘耐压试验。此试验包括绕组对机壳和绕组匝间的绝缘试验,应在绝缘电阻测量,必要时在超速、短路或温升试验后进行。

一、绕组匝间绝缘试验

试验时,对被测绕组加 1.3 倍的额定电压,历时 3 min。对使用过的电动机或绕组绝缘局部更换过的电动机,试验时间可缩到 1 分钟。合格的电动机应能承受上述电压而不发生匝间击穿或闪烁。

鼠笼式异步电动机,应在空转情况下试验。

绕线式异步电动机,应将转子线圈开路,并在转子静止时进行。这时转子感应的电压也将高于其额定电压的 30%;这样就同时试验了转子线圈的匝间绝缘。

多速电动机,应对每一额定转速的绕组分别进行试验。

电动机为单一绕组时,仅对其最大转速接线方式进行试验。

二、绕组对机壳的耐压试验

1. 试验电压的要求 试验电压频率为 50 Hz,并尽可能为正弦波。

(1) 绕组完全重绕的电动机 一般情况下,对额定功率小于 1 kW 以及额定电压不超过 380 V 的电动机绕组,试验电压为 $500\text{ V} + 2U_N$ 。对额定功率大于 1 kW 的电动机绕组,试验电压为 $1\ 000\text{ V} + 2U_N$ 。

(2) 绕组部分重绕的电动机 试验电压应不超过上述电



压的 75% , 试验前应对未重绕部分进行清洁和干燥处理。

(3) 拆装清理过的电动机 用 1.5 倍的额定电压做试验, 额定电压为 100 V 及以上的电动机, 试验电压应不小于 1 000 V; 额定电压为 100 V 以下的电动机, 试验电压应不小于 500 V。

2. 试验方法 绕组对机壳的耐压试验, 应在电动机静止状态下进行。试验电压施加在绕组与机壳之间。试验时, 施加电压从不超过试验全值的一半开始, 上升至全值的时间大于 10 s, 然后维持全压 1 min, 不应有闪烁或击穿发生。试验完成后, 应匀速降压, 待电压降至 1/3 全值电压时断开电源, 并将试验绕组接地放电。

这个试验应对每相绕组轮流进行。若在试验中, 绝缘处冒烟或发出响声等异常情况, 应立即降低电压, 断开电源, 将绕组接地放电后进行检查。

第四节 空载试验

空载试验是修后电动机必须的一项基本试验, 是在电动机定子绕组上施加对称的三相交流电, 使电动机不带负载运行。

空载试验, 一般使电动机运转半小时以上, 用钳形电流表测量空载电流是否平衡。通常情况下, 三相空载电流不平衡应不超过 10% , 若超过此值, 说明绕组中匝数不等或绕组匝间短路。这时应停止试验, 检修绕组。

常用电动机空载电流与额定电流的百分比见表 4.1。若空载电流超出范围较多, 表明定子绕组匝数太少或气隙超过允许值; 若空载电流过小, 表示电动机定子绕组匝数太多或将 Δ 接法误接成 Y 接法, 两路误接为一路等。空载电流大小与定

子绕组匝数增减的比例见表 4.2。

空载试验还应检查定、转子之间有无摩擦、振动,轴承、铁芯是否过热等,以确定电动机的其他故障。

表 4.1 电动机空载电流与额定电流百分比

功率 极数	0.125 kW	0.55 kW 以下	2.2 kW 以下	10 kW 以下	55 kW 以下	125 kW 以下
2	70 ~ 90	50 ~ 70	40 ~ 55	30 ~ 45	23 ~ 35	18 ~ 30
4	80 ~ 90	65 ~ 85	45 ~ 60	35 ~ 55	25 ~ 40	20 ~ 30
6	85 ~ 97	70 ~ 90	50 ~ 65	35 ~ 65	30 ~ 45	22 ~ 33
8	90 ~ 98	75 ~ 90	50 ~ 70	37 ~ 70	35 ~ 50	25 ~ 85

表 4.2 空载电流大小与定子绕组匝数增减的比例

空载电流变化/%	15 ~ 20	30	50
定子绕组匝数变化/%	5	10	20



参考文献

- [1] 李佩禹. 电动机检修技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [2] 周裕厚. 常见电气故障处理[M]. 北京: 中国物资出版社, 1999.
- [3] 方大千, 朱征涛. 实用电机维修技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [4] 潘成林. 电机和变压器的控制与维修问答[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [5] 陈家斌. 电气设备故障监测诊断及实例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [6] 刘午平. 电动机修理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.