



中华人民共和国国家标准

GB/T 9651—2008
代替 GB/T 9651—1988

单相异步电动机试验方法

Test procedures for single-phase induction motor

2008-06-13 发布

2009-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布



目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 试验项目	1
4 试验设备	1
4.1 试验电源	1
4.2 测量仪器	1
4.3 试验前的准备	2
5 测量	2
5.1 电气测量	2
5.2 机械测量	3
5.3 温度测量	5
6 通用试验	5
6.1 绝缘电阻的测定	5
6.2 在实际冷状态下绕组直流电阻的测定	6
6.3 空载试验	6
6.4 堵转试验	7
7 效率、功率因数的测定	8
7.1 工作特性曲线的测取	8
7.2 功率因数的求取	8
7.3 效率的测定	8
8 温升试验	10
8.1 目的	10
8.2 一般性说明	10
8.3 温升试验时冷却介质温度的测定	10
8.4 电动机绕组及其他各部分温度的测定	10
8.5 电动机停机后测得温度值的修正	10
8.6 温升试验方法	11
9 转矩转速特性	12
9.1 概述	12
9.2 试验方法	12
10 其他试验	13
10.1 电容器端电压的测定	13
10.2 短时过转矩试验	13
10.3 最大转矩的测定	13
10.4 最小转矩的测定	14
10.5 启动过程中启动元件断开转速的测定	15
10.6 超速试验	15

10.7	噪声的测定	15
10.8	振动的测定	15
10.9	短时升高电压试验	15
10.10	耐电压试验	15
10.11	转动惯量的测定	16
10.12	外壳防护等级测试	16
10.13	湿热试验	16
10.14	匝间耐压测试	16
10.15	短时升高电压试验	17
10.16	泄漏电流测试	17
10.17	寿命试验	17
附录 A (资料性附录)	物理量的符号及单位	18
附录 B (规范性附录)	仪器仪表损耗及误差的修正方法	20
附录 C (规范性附录)	测功机转矩读数的修正	23
附录 D (规范性附录)	各项损耗的确定	24
附录 E (规范性附录)	热电偶的选择、制备、布置、安装、连接的规范	26

前 言

本标准代替 GB/T 9651—1988《单相异步电动机试验方法》。

本标准与原 GB/T 9651—1988 相比主要变化如下：

- 第 1 章的标题改为“范围”。
- 增加了“2 规范性引用文件”一章。
- 在“4.2 测量仪器”中增加了“4.2.1 概述”的内容。
- 增加了“5 测量”一章，对电气测量、机械测量与温度测量分别进行了阐述，在“5.3 温度测量中”增加了热电偶法与埋置检温计法。
- 在“8 温升试验”中增加了“8.1 目的”，“8.2 一般性说明”，“8.6.1 负载的确定”，“8.6.5 带电测温法”等条款。
- 增加了“9 转矩转速特性”的内容。
- 增加了“10.12 外壳防护等级(IP)测试”，“10.13 湿热试验”，“10.14 匝间耐压测试”，“10.16 泄漏电流测试”，“10.17 寿命试验”等条款。
- 将原标准中对输出转矩的修正的内容放到附录 C 中。
- 增加规范性附录 D“各项损耗的确定”。
- 增加规范性附录 E“热电偶的选择、布置、制备、安装、连接的规范”。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 为规范性附录，附录 A 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会小功率电机标准化分技术委员会(SAC/TC 26/SC 1)归口。

本标准起草单位：中国电器科学研究院、广州威凯检测技术研究所、开平市三威微电动机有限公司、卧龙电气集团股份有限公司、浙江京马电机有限公司、闽东电机(集团)股份有限公司、上海出入境检验检疫局、上海电器科学研究所(集团)有限公司、广东威灵电机制造有限公司、广州南国特种电机厂、佛山市南海南洋电机电器有限公司、常州亚美柯宝马电机有限公司、横店集团联宜电机有限公司、广州擎天实业有限公司、广东凌霄泵业股份有限公司、中国电子科技集团公司第 21 所。

本标准主要起草人：罗军波、周新根、严伟灿、朱春富、杨继秀、傅培刚、金惟伟、何湘吉、肖战龙、陈振港、陆锡佳、王秋平、杨昭特、陈斌、许晓华、黄厚清、龚春雨。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 9651—1988。

单相异步电动机试验方法

1 范围

本标准规定了单相异步电动机的试验方法。

本标准适用于频率为 400 Hz 及以下的单相异步电动机。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款,凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 755—2000 旋转电机 定额和性能(idt IEC 60034-1:1996)

GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码) 分级(IEC 60034-5:2000, IDT)

GB/T 5171—2002 小功率电动机通用技术条件

GB/T 10069.1—2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第 1 部分:旋转电机噪声测定方法(ISO 1680:1999, MOD)

GB/T 12665 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求

GB/T 12113 接触电流和保护导体电流的测量方法

JB/T 9615.1—2000 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 试验方法

JB/T 9615.2—2000 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 试验限值

JB/T 10490—2004 小功率电动机机械振动 振动测量方法、评定及限值

3 试验项目

单相异步电动机的型式试验及检查试验的项目,应按照 GB 755—2000《旋转电机 定额和性能》或 GB/T 5171—2002《小功率电动机通用技术条件》及该类型电动机产品标准的规定。

凡本标准未规定的试验项目或特殊试验项目、方法和要求,应在该类型电动机的标准中作补充规定。

4 试验设备

4.1 试验电源

电源电压的波形应尽可能的接近正弦波,试验电源电压的谐波电压因数(HVF)应不超过 2%;在进行温升试验时应不超过 1.5%。

试验期间,电源频率与额定频率之差应在额定频率的 $\pm 0.5\%$ 范围内。

试验电源在试验期间不允许频率发生快速变化,因为频率快速变化不仅影响被试电动机,也会影响到输出测量装置。测量期间频率变化量应小于 0.1%。

4.2 测量仪器

4.2.1 概述

无论是机械式仪表还是电子式仪表,影响其测量精度的主要因数有:

- a) 仪器的量程、使用条件和校准;
- b) 信号源负载;
- c) 引接线的校正。

电子式测量仪器与非电子式测量仪器相比,具有更高的输入阻抗。高输入阻抗可以降低因为仪器

本身导致的损耗,但是高输入阻抗仪器对于干扰的影响更为敏感。

对电子式测量仪器,常见的干扰源有:

- a) 对电源系统信号的感应或静电耦合;
- b) 阻抗耦合或接地环路;
- c) 非充分的常规模式发射干扰;
- d) 电源线的传导干扰。

应根据实际经验,采取减少干扰的措施。

对于采用波形调节电源进行试验时应采用完全真有效值类测量仪器。

4.2.2 测量仪器的选取

试验时,采用的电气测量仪表的准确度应不低于0.5级(兆欧表除外),互感器的准确度应不低于0.2级,电量变送器的准确度应不低于0.5%(检查试验时应不低于1%),数字式转速测量仪及转差率测量仪的准确度应不低于0.1%~1个字,转矩测量仪及测功机的准确度应不低于1%(直接测定效率时应不低于0.5%),测力计的准确度应不低于1.0级,温度测量仪器的误差在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内,砝码的精度应不低于5等,电阻测量仪的准确度应不低于0.2级。

选择仪表时,应使测量值位于20%~75%仪表量程范围内。

测功机的功率,在与被试电动机同样的转速下应不超过被试电动机额定功率的3倍;转矩测量仪的标称转矩,应不超过被试电动机额定转矩的3倍。

4.3 试验前的准备

试验前,应对被试电动机的装配及运转情况进行检查,以保证各项试验能顺利进行。试验线路和设备应能满足试验的要求。试验线路如图1所示。

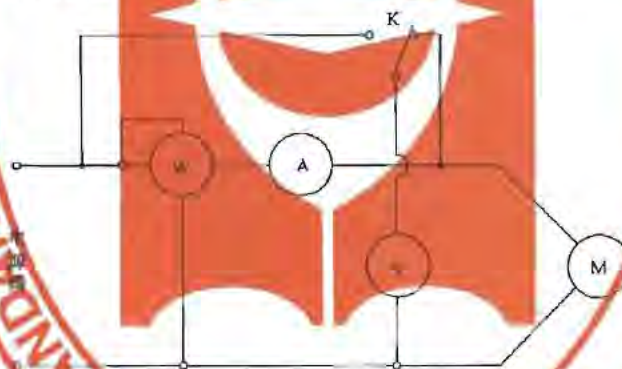


图 1

5 测量

5.1 电气测量

5.1.1 测量要求

进行电气测量时应遵循下列要求:

- a) 电气测量时应按图1接线,电压表先接至电动机端,将电压调至所需的数值并读取其值。然后,将电压表迅速换接至电源端,保持电源端电压不变,读取其他仪表的数值。

在双绕组运行电动机中,还应在副绕组线路上串接电流表;对电容运转电动机,在电容器两端并接电压表。

在额定电压下空载试验时,或在额定负载下负载试验时,若电源端电压与电动机端电压之差小于1%额定电压时,电压表可固定在电源端进行测量。此时,全部试验都不必换接电压表的开关K。

应该提供有效的手段使得电压能被调到期望值。

- b) 采用互感器时,接入副边回路的仪表总阻抗(包括连接导线)应不超过互感器的额定阻抗。如果电流互感器对电气测量的结果有影响时,应按附录 B 对其进行修正。
 - c) 试验时,各仪表读数应同时读取。
 - d) 绘制特性曲线时,各点读数应均匀测取。
 - e) 对 180 W 及以下电动机的功率测量数值,必须按附录 B 对仪器仪表损耗及误差进行修正。其他容量的电动机,如需获得准确的功率测量数值,也可按附录 B 进行修正。
- 除非另有规定,所有的电压与电流的测量值都是有效值。

5.1.2 电压测量

测量端电压的信号线应尽可能的连接到电动机端子,如果现场情况不允许进行这样的连接,应计算由此引起的误差并对读数进行校正。

5.1.3 功率测量

使用单相功率表或单相电量综合测量仪来测量电动机的输入功率。

如仪器仪表损耗影响测试结果的准确性,可按附录 B 对仪器仪表损耗及其误差进行修正。

5.1.4 电阻测量

5.1.4.1 参考环境温度

所有的性能测试的参数需修正到环境温度为 25 ℃ 时的值。

5.1.4.1.1 电阻修正到规定温度

当绕组的电阻在绕组温度为 θ 时进行测量,该电阻可以按照式(1)修正到规定的温度 θ_1 :

$$R_1 = \frac{R_2(\theta_1 + k)}{(\theta_2 + k)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

R_1 ——修正到规定温度 θ_1 时的绕组电阻值,单位为欧姆(Ω);

R_2 ——在温度 θ_2 下测得的绕组电阻值,单位为欧姆(Ω);

θ_1 ——修正到的规定温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

θ_2 ——测得的绕组温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

k ——常数,根据绕组材料不同而不同。 $k=234.5$,100%的铜绕组; $k=225$,铝绕组。

5.2 机械测量

5.2.1 转矩测量

电动机通过联轴器与测功机(或负载电机)连接在一起,在被试电动机额定转速下运行时,测功机(或负载电机)的联接损耗、风摩擦的和应不大于被试电动机额定输出的 15%,测功机的精度应不低于电动机额定输出转矩的 0.25%。

按附录 C 给出的方法对测得的转矩进行修正。

5.2.2 转差率(或转速)的测量

电动机转差率(或转速)测量方法有下列五种:

- a) 数字式转差率(或转速)测量仪;
- b) 感应线圈法;
- c) 转速测量仪;
- d) 数字频率计;
- e) 频闪光仪测试法。

用来测量转速的仪器其误差不得大于 $\pm 1.0 \text{ r/min}$,如用感应线圈法或频闪光仪测试法直接测量转差率,其电源应为被试电动机电源。

5.2.2.1 数字式转差率(或转速)测量仪

在旋转轴上安置一个当电动机旋转时不产生明显负载的光电反射标记或磁电感应装置。由光电传

感器或磁电感应器将转速信号变换成脉冲信号。测量仪将这一信号与电源频率信号进行运算处理后,直接显示出被试电动机的转差率(或转速)。

5.2.2.2 感应线圈法

在电动机机壳上放置一只带铁芯的多匝线圈,并与磁电式检流计或阴极示波器连接。试验时,用秒表测定检流计指针或示波器波形全摆动 N 次所需的时间 t ,转差率 s 按式(2)计算。

$$s = N/lf \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

f ——被试电动机的电源频率,单位为赫兹(Hz)。

5.2.2.3 转速测量仪

试验时,用转速测量仪测量电动机的转速 n_s ,并同时用数字频率计测量被试电动机电源的频率 f ,转差率 s 按式(3)计算:

$$s = (n_s - n_1)/n_1 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

n_1 ——对应于被试电动机实际电源频率 f 时的同步转速,单位为转每分钟(r/min)。

5.2.2.4 数字频率计

使用同步机型测功机进行负载试验时,将数字频率计接至该测功机的定子绕组出线端上,测出测功机的频率,按式(4)换算成被试电动机的转速 n_1 :

$$n_1 = 60f_1/P \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

f_1 ——数字频率计测得的频率;

P ——测功机的极对数。

5.2.2.5 频闪光仪测试法

在电动机转轴的端面上,画出与电动机极数相同数量的扇形片,并用荧光灯或氖灯照明。供给闪光灯具的电源频率必须与被试电动机的电源频率相同。试验时,用秒表测定扇形片转动 N 次所需的时间 t (s),转差 s_1 按式(5)计算:

$$s_1 = 60N/t \quad \dots\dots\dots(5)$$

5.2.3 转差率对温度的修正

可以通过式(6)将测得的转差率修正到规定温度:

$$s_r = \frac{s(\theta_1 + k)}{\theta_1 + k} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

s_r ——修正后的转差率;

s ——温度 θ_1 下测得的转差率;

θ_r ——修正到的规定温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

θ_1 ——测得的绕组温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

k ——常数,根据绕组材料不同而不同。 $k=234.5$,100%的铜绕组; $k=225$,铝绕组。

5.2.4 输出功率

输出功率 P_2 等于输出转矩 T 与角速度 ω 的乘积,按式(7)计算:

$$P_2 = T \cdot \omega \quad \dots\dots\dots(7)$$

如果使用国际单位制,转矩以 $\text{N} \cdot \text{m}$ 表示,角速度以弧度/秒为单位,则功率的单位以 W 表示。转速的单位按照惯例表示为 r/min ,因此,按式(8)和式(9)计算:

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} = 9.55\omega \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$P_i = \frac{T \cdot n}{k} = \frac{T \cdot n}{9.55} \dots\dots\dots(9)$$

5.3 温度测量

5.3.1 测量温度的方法

测量温度的方法有如下几种：

- 温度计法；
- 热电偶法；
- 电阻法；
- 埋置检温计法。

5.3.2 温度计法

温度计包括膨胀式温度计(例如水银、酒精等温度计)、半导体温度计及非埋置的热电阻或电阻温度计。测量时,温度计应紧贴在被测点表面,并用保温材料覆盖好温度计的测温部分,以免受周围冷却介质的影响;有交变磁场的地方不能采用水银温度计。

5.3.3 热电偶法

本方法建议使用在电动机部件表面温度的测量,不建议使用本方法测量绕组的温度。

在采用热电偶测量绕组的温度时应考虑,由于热电偶的读数滞后于绕组的温度变化,当电动机断电后,热电偶的温度可能还会继续上升,因此电动机绕组的温度应记录其最高温度,该温度可能是断电以后才能达到。

热电偶的选择、制备、布置、安装、连接的要求按附录 E(规范性附录)进行。

5.3.4 电阻法

用电阻法测取绕组的温度时,冷热态电阻必须在相同的出线端上测量。此时,绕组的温升 $\Delta\theta$ 按式(10)计算:

$$\Delta\theta = \frac{R_t - R_0}{R_0}(k + \theta_0) + \theta_0 - \theta_l \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- R_t ——温升试验结束时断电瞬间的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);
- R_0 ——实际冷状态下的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);
- θ_l ——温升试验结束时的冷却介质温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- θ_0 ——测量 R_0 时的冷却介质温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- k ——常数,对铜绕组为 234.5;对铝绕组为 225。

5.3.5 埋置检温计法

用埋入电动机内部的检温计(如电阻检温计、热电偶或半导体负温度系数检温计)来测量温度,测温元件应与被测点表面紧密相贴,并加以可靠的保护以防损伤元件和受冷却气流的影响。检温计在电动机制造过程中埋置于电动机制成后触及不到的部位。

6 通用试验

6.1 绝缘电阻的测定

6.1.1 测量时电动机的状态

测量电动机绕组的绝缘电阻时,可在实际冷状态或热状态下进行。

检查试验时,在实际冷状态下进行。

6.1.2 兆欧表的选用

根据电动机的额定电压,按表 1 选用兆欧表。

表 1

电动机的额定电压/V	兆欧表电压值/V
≤36	250
>36~500	500

6.1.3 测量方法

主、副绕组回路的始末端均引出机壳外时,则应分别测量主、副绕组回路对机壳及其相互间的绝缘电阻。如绕组已在电动机内部连接,仅引出两个出线端时,则测量该线端对机壳的绝缘电阻。对电容电动机,电容器应接入副绕组回路(除另有协议外)。测量后,应将绕组对地放电。

6.2 在实际冷状态下绕组直流电阻的测定

6.2.1 实际冷状态下绕组温度的测定

将电动机在室内放置一段时间,用温度计测量电动机绕组端部或铁芯的温度。当所测温度与冷却介质温度之差不超过 2 K 时,则所测温度即为实际冷状态下绕组的温度。若绕组端部或铁芯的温度无法测量时,允许用机壳的温度代替。

6.2.2 测量方法

绕组的直流电阻值用双臂电桥、单臂电桥或其他同等准确度的仪器测量。电阻在 1 Ω 及以下时,必须采用双臂电桥或其他同等准确度并能消除测量用导线和接触电阻影响的仪表测量。

当采用自动检测装置以电压电流表法测量绕组的电阻时,流过被测绕组的电流应不超过额定电流的 10%,通电时间应不超过 1 min。

测量时,电动机的转子静止不动。在电动机的出线端测量主、副绕组的直流电阻。

每一电阻应测量 3 次,每次读数与 3 次读数的平均值之差应在平均值的 ±0.5% 范围内,取其平均值作为电阻的实际值。

检查试验时,可采用准确度不低于 0.5 级的电阻测量仪表,每一电阻可仅测量 1 次。

6.3 空载试验

6.3.1 空载电流和空载损耗的测定

6.3.1.1 测定前,电动机应在额定电压、额定频率下空载运转,使机械损耗达到稳定,即输入功率相隔半小时的两个读数之差应不大于前一个读数的 3%;对小功率电动机,可空载运转 15 min~30 min。

检查试验时,空载运转的时间可适当缩短。

6.3.1.2 型式试验时,应测取空载特性曲线,即空载电流 I_0 和空载输入功率 P_0 与空载电压 U_0 的标么值 (U_0/U_N) 的关系曲线(图 2), U_N 为额定电压。

试验时,施于定子绕组上的电压应从 1.1~1.3 倍额定电压开始,逐步降低到可能达到的最低电压值,即功率和电流开始回升时为止,其间测取 7 点~9 点读数,每点应测取下列数值:电压、电流、输入功率。空载输入功率应采用低功率因数瓦特表测量。

进行空载试验时,电动机的副绕组应开路(对电容运转电动机与双值电容电动机)。

试验结束,应立即测量定子绕组的电阻。对空载电流大于 70% 额定电流的电动机,应尽可能在每点读数后测量定子绕组的电阻。

检查试验时,可仅测取额定电压时的空载电流和空载输入功率。

6.3.2 转子绕组等值电阻的测定

紧接着 6.3.1.2 试验后,在转子静止状态下,主绕组施以低值电压,使绕组中的电流等于或接近额定值,测取电压 U_{k0} , 电流 I_{k0} 及输入功率 P_{k0} , 以求取转子绕组等值电阻 r'_2 。

6.3.3 试验结果的计算

6.3.3.1 转子绕组等值电阻 r'_2 按式(11)计算:

$$r'_2 = \frac{P_{k0}}{I_{k0}^2} - r_{0m} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

r_{0m} ——空载试验后测得的主绕组电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.3.3.2 定子绕组的空载 $I_0^2 R$ 损耗 P_{0cu} ,按式(12)计算:

$$P_{0cu} = I_0^2(r_{10} + 0.5r_2) \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

I_0 ——空载电流,单位为安培(A);

r_{10} ——空载试验后测得的定子绕组电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.3.3.3 铁耗与机械耗之和,按式(13)计算:

$$P'_0 = P_{fe} + P_{mw} = P_0 - P_{0cu} \quad \dots\dots\dots(13)$$

为了分离铁耗和机械耗,作曲线 P , 延长曲线的直线部分与纵轴交于 P 点(图2), P 点的纵坐标 OP 即为电动机的机械耗。

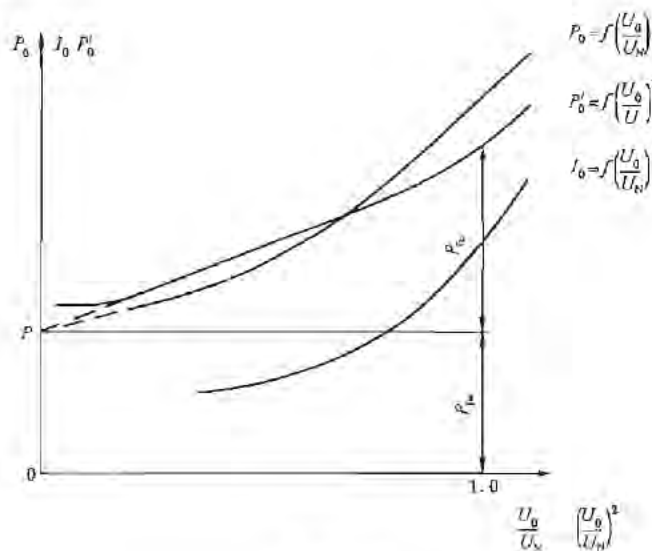


图 2

6.4 堵转试验

堵转试验在电动机接近实际冷状态下进行。试验时,应将转子堵住。

6.4.1 堵转电流和堵转转矩的测定

堵转转矩定义为转子静止在任意角度下测得的最小转矩。

型式试验时应测取堵转特性曲线,即堵转时的电流 I_k 、转矩 T_k 与电压 U_k 的关系曲线(图3)。额定电压时的堵转电流 I_{kN} 和堵转转矩 T_{kN} 由堵转特性曲线查取。

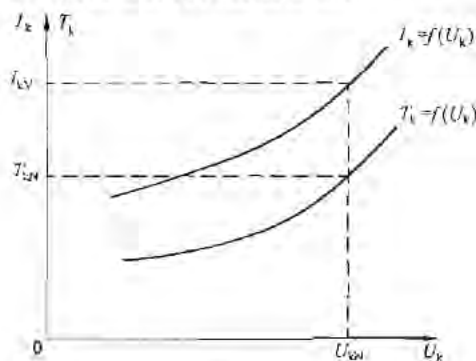


图 3

试验时,先在定子绕组上施以低电压,使堵转电流接近额定电流。保持此电压,调节机座或转子使转子相对于定子产生位移,分别测出堵转转矩为最小、堵转电流为最大的两个位置,并分别做好标记后断开电源。用调节机座的方法时,做好标记后即可将机座固定;用调节转子的方法时,应按照标记调整机座位置,使堵转臂恢复至与测力计相垂直后将机座固定。

然后,分别在上述两个位置上施于定子绕组的电压从不低于 0.95~1.05 倍额定电压值开始,逐步降低电压至堵转电流接近额定电流值为止,其间共测取 5 点~7 点读数。每点应同时测取下列数值:电压、电流及转矩。

对小功率电动机,可分别在上述两个位置上,于额定电压值一点,测取堵转转矩、堵转电流。每点读数时,通电持续时间应不超过 5 s,以免绕组过热。

检查试验时,可在任一转子位置上,于额定电流值附近一点,测取堵转时的电压、电流、转矩和输入功率;对小功率电动机,所施定子绕组的电压值,按 GB/T 5171—2002 或该类型电动机的产品标准的规定进行。

7 效率、功率因数的测定

7.1 工作特性曲线的测取

工作特性曲线是电动机在额定电压及额定频率下,输入功率 P_1 、定子电流 I_1 、效率 η 、功率因数 $\cos\varphi$ 、转差率 s (或转速 n) 与输出功率 P_2 的关系曲线(图 4)。



图 4

工作特性曲线应在电动机的温度接近热状态时在负载试验中测取。此时,在 1.25~0.25 倍额定功率范围内测取 6 点~8 点读数,每点应测取下列数值:电压、电流、输入功率、转差率(或转速)及转矩。

7.2 功率因数的求取

电动机的功率因数按式(14)计算:

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{U_1 I_1} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

P_1 ——输入功率,单位为瓦特(W);

U_1 ——定子电压,单位为伏特(V);

I_1 ——定子电流,单位为安培(A)。

7.3 效率的测定

效率的测定方法采用直接法,对带有密封圈的电动机,无特别约定时效率测定应在卸掉密封圈后进行。

7.3.1 效率的直接测定法

直接测定效率时,电动机的输入功率用瓦特表测量,输出功率可用以下方法测量:

- 测功机（或校正过的直流电机——下同）法；
- 转矩测量仪法；
- 绳索滑轮法。

7.3.1.1 测功机法和转矩测量仪法

测功机用联轴器与被试电动机联接，转矩测量仪按规定的使用要求与被试电动机和负载电机联接。

7.3.1.1.1 试验方法

试验时，被试电动机应达到热稳定状态。在 1.25~0.25 倍额定功率范围内，测量负载下降及上升时的工作特性曲线。

对小功率电动机可仅测取下降曲线。每条曲线测取 6 点~8 点读数，每点应测取下列数值：定子电压、定子电流、输入功率、输出转矩、转速和定子绕组的电阻，并记录周围冷却介质温度。如定子绕组的电阻在切离电源后测得，按 8.5 规定执行。

7.3.1.2 绳索滑轮法

从测力计端垂直吊下来的一根细绳绕在置于电动机转轴上的滑轮上，绳索的自由端吊以砝码（如图 5），改变绳索的圈数或砝码以调节电动机的负载。砝码的测力计的合力与滑轮和绳索半径的乘积，即是电动机的机械输出转矩。在测取转矩时同时测取转速，电动机的输出功率 P_2 按式(15)计算：

$$P_2 = \frac{(F - Q)rn}{9.55} \dots\dots\dots(15)$$

式中：

- F ——测力计读数，单位为牛顿(N)；
- Q ——砝码连同容器重量，单位为牛顿(N)；
- r ——滑轮和绳索半径，单位为米(m)；
- n ——电动机的转速，单位为转每分钟(r/min)。

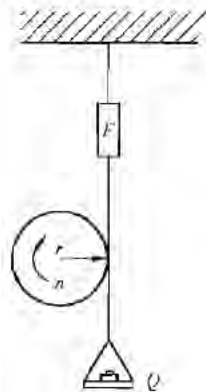


图 5

7.3.1.3 输出转矩的修正

输出转矩的修正按照附录 C(规范性附录)进行。

7.3.1.4 输出功率的修正

试验时的冷却介质温度应换算到 25℃。

被试电动机修正后的输出功率 P_{2c} 按式(16)计算：

$$P_{2c} = \frac{T_c n_d}{9.55} \dots\dots\dots(16)$$

式中：

- T_c, n_d ——见附录 C(规范性附录)。

7.3.1.5 效率的求取

电动机不同负载时的效率 η 按式(17)计算。对测功机法和转矩测量仪法作效率曲线 $\eta=f(P_2)$ 。若测量负载下降及上升时的工作特性曲线时,则取两条曲线的平均值作为所求的效率曲线。

$$\eta = \frac{P_{2e}}{P_1} \dots\dots\dots(17)$$

8 温升试验

8.1 目的

温升试验的目的是确定在规定负载状态下运行时的电动机某些部分高于冷却介质温度的温升。温度的测量方法根据 5.3 进行选取。

8.2 一般性说明

应对被试电动机予以防护以阻挡机械或周围环境产生的气流对被试电动机的影响,一般非常轻微的气流足以使温升试验的结果产生很大的偏差。引起周围空气温度快速变化的环境条件对温升试验是不适宜的,电动机之间应有足够的空间,容许空气自由流通。

8.3 温升试验时冷却介质温度的测定

8.3.1 冷却介质温度的测量方法

对采用周围空气冷却的电动机,可用几只温度计分布在冷却空气进入电动机的途径中进行测量。温度计应安置在距电动机约 1 m~2 m 处,球部处于电动机高度一半的位置,并应防止外来辐射热及气流的影响,取温度计读数的平均值作为冷却介质温度。

8.3.2 试验结束时冷却介质温度的确定

8.3.2.1 对连续定额和断续周期工作制定额的电动机,试验结束时的冷却介质温度,应取在整个试验过程最后的 1/4 时间内,按相等时间间隔测得的几个温度计读数的平均值。

8.3.2.2 对短时定额的电动机,试验结束时的冷却介质温度,定额为 30 min 及以下的,取试验开始与结束时温度计读数的平均值;定额为 30 min 以上 90 min 以下的,取其 1/2 试验时间与结束时温度计读数的平均值。

8.4 电动机绕组及其他各部分温度的测定

8.4.1 绕组温度的测定

电动机绕组的温度用电阻法测量。可以采用带电测温法。

8.4.2 铁芯温度的测定

铁芯温度用温度计或热电偶测量。

8.4.3 轴承温度的测定

轴承温度用温度计或热电偶测量。对于滑动轴承,温度计或热电偶放在最接近轴瓦处;对于滚动轴承,温度计或热电偶放在最接近轴承外圈处。

8.5 电动机停机后测得温度值的修正

电动机各部分的温度或电阻如在切离电源后测得,则所测得的温度值或电阻值应采用外推法修正到断电瞬间。

对小功率电动机,如在切离电源后 15 s 内测得温度或电阻时,允许不外推到断电瞬间。如在上述时间范围内读不出最初读数,按 8.5.1 进行外推,外推到断电瞬间。

在切离电源后,电动机某些部分的温度继续上升,则应取测得温度中的最高数值作为电动机的最高温度。

8.5.1 外推法

电动机切离电源后,应立即测取电阻 R 或温度 θ 与对应时间 t ,点数不少于 5 点。在坐标纸或半对数坐标纸上绘制 $R=f(t)$ 或 $\theta=f(t)$ 曲线,如图 6。延长曲线与纵轴相交,其交点即为断电瞬间的电阻值或温度值。

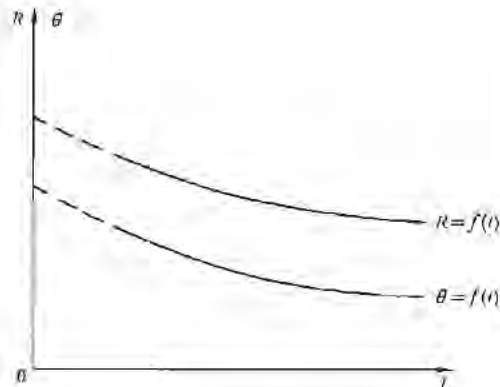


图 6

8.5.2 第一点读数时间

采用外推法时,从电动机脱离电源至测得冷却曲线第一点读数的时间应不超过表 2 规定的数值。

表 2

电动机的额定功率/W	第一点读取的时间/s
$\leq 4\ 000$	20
$> 4\ 000$	30

8.6 温升试验方法

8.6.1 负载的确定

8.6.1.1 有明确额定工作点的电动机

该类电动机采用直接负载法,通过测功机(或负载电机)给被试电动机施加额定负载,在额定频率、额定电压、额定功率下进行试验。

8.6.1.2 无明确额定工作点的电动机

该类电动机由于在正常工作条件时均带有实际负载,这些实际负载对电动机的温升影响较大,因此在进行温升测试时,需带上实际负载在额定频率、额定电压、额定输出(或输入)功率下进行试验。

对于工作在一个电压范围内的调压类电动机,应该在正常使用中可能出现的最不利情况下进行温升试验。

对于带有热保护器或是热熔断体的电动机,在额定负载温升试验与空载温升试验时,电动机的安装位置应使得热保护器或热熔断体所处的位置为绕组中温度最高的地方,热保护器或热熔断体不允许动作。

8.6.2 连续定额(S1工作制)电动机

8.6.2.1 额定负载温升试验

试验时,被试电动机应保持额定负载直到电动机各部分温度达到热稳定状态时为止。试验过程中,每隔半小时记录被试电动机的电压、电流、输入功率、转矩和转速以及定子铁芯、轴承、风道进出口的冷却介质和周围冷却介质的温度。如采用带电测温时,还应测量绕组的电阻。

试验期间应采取措施尽量减少冷却介质温度的变化。

为了缩短试验时间,在温升试验开始时可适当过载一段时间。

对有几种额定数据电动机的温升试验,应在产生最高温升的额定数据下进行。若不能预先确定时,应在每一种额定数据下逐一进行。

额定负载温升试验应持续进行至热稳定,热稳定状态为电动机的温升在半小时内变化不超过 0.5 K。

8.6.2.2 堵转温升试验

对电容起动和电阻起动的电动机进行堵转温升试验时,被试电动机应在热状态下或在温升试验结束后迅速将转子堵住,并施以额定电压,持续 5 s 后脱离电源,立即测量主、副绕组的电阻以求取绕组

的温升。

8.6.2.3 空载温升试验

对电容运转和双值电容电动机进行空载温升试验时,被试电动机在额定频率、额定电压下空载运行,直至电动机各部分温度达到热稳定状态后切离电源,立即将电动机停转,迅速测量主、副绕组的电阻值,以求取绕组的温升。

8.6.3 短时定额(S2工作制)电动机

试验应从实际冷状态下开始,试验的持续时间按定额的规定。试验时,按定额时限的长短,每隔 5 min~15 min 记录一次试验数据。其他要求按 8.6.2.1 进行。

8.6.4 断续周期工作制定额(S3工作制)电动机

如无其他规定,试验时每一个工作周期应为 10 min,并记录一次试验数据,直到电动机各部分温度达到热稳定状态为止,热稳定状态为电动机的温升在半小时内的变化不超过 0.5 K。每一工作周期的运行时间结束时,电动机应在 3 s 内停止转动。温度的测定应在最后一个工作周期中负载时间的一半终止时进行。为了缩短试验时间,在试验开始时,负载可适当地持续一段时间。其他要求同 8.6.2.1。

8.6.5 带电测温法

在采用带电测温法时,测量附加电流应不超过被试电动机额定电流的 1%,测温仪的稳定反应时间不超过 40 s,测量时应断开仪表电压线圈回路,否则应按照电压线圈的直流电阻与被测绕组电阻的并联关系对测量结果进行修正。

9 转矩转速特性

9.1 概述

转矩-转速特性是转矩和转速之间从零转速到同步转速的关系。该曲线将包括最大转矩、最小转矩和堵转转矩。

9.2 试验方法

以下方法可以用来测量转速-转矩特性。试验时应记录足够的点数,以确保曲线能绘制在关键的区域。

电源频率在测试过程中应稳定保持在额定值。

方法 1~方法 4 要求对于每组数据需要保持稳定的转速。因此,这些方法不能用于转矩随转速快速增加而增加的区域。

9.2.1 方法 1:测量输出法

被测电动机连接到测功机或其他的负载电机上以使电动机转速可以通过变化的负载来控制。负载下的风摩擦应预先确定。转矩的测试值应按照附录 C 进行修正。

测试数据应在约 1/3 同步转速与最高转速之间测得。在记录数据的时候,转速应保持恒定,确保加速或减速不会影响记录数据的值。在每一个转速点应读出电压、电流和转矩数值。应注意避免电动机过热。

总输出功率是测量的输出功率和负载损耗之和。因此对应每个转速 n 下的转矩 T 可以按式(18)计算:

$$T = 9.55(P_0 + P_1)/n \quad \dots\dots\dots(18)$$

式中:

T ——转矩,单位为牛顿米(N·m);

P_0 ——输出功率,单位为瓦特(W);

P_1 ——负载风摩擦,单位为瓦特(W);

n ——转速,单位为转每分钟(r/min)。

9.2.2 方法 2:加速度法

该方法必须通过计算或者测量先求取转动部件的瞬间转动惯量。当电动机从静止加速到接近同步

转速时,应在固定的时间间隔中读取电流和转速值。转矩 T 可以按式(19)计算:

$$T = (J/k)(dn/dt) \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中:

T ——转矩,单位为牛顿米(N·m);

dn/dt ——转速的变化率(r/min·s);

J ——瞬间转动惯量,单位为千克平方米(kg·m²);

k ——为常数, 109.7×10^{-4} 。

当这个方法应用于 40 W 及以下电动机时,建议转速采用频闪观测仪的方法测量。

9.2.3 方法 3:输入法

该方法中,转矩由输入功率减去损耗计算得到。

9.2.1.2 中要求的输入功率读数与转速绘成图。线电压、功率和转速应绘成时间的函数曲线。应包括堵转试验中 0 转速的平均值。

每个转速下的转矩 T 应通过输入功率算得,可以按式(20)计算:

$$T = \frac{k}{n}(P_1 - P_{cu}) - T_{fw} \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中:

T ——转矩,单位为牛顿米(N·m);

k ——常数,9.55;

P_{cu} ——定子铜耗,单位为瓦特(W);

P_1 ——输入功率,单位为瓦特(W);

n ——转速,单位为转每分钟(r/min)

T_{fw} ——电动机在转速 n 下的风摩转矩,单位为牛顿米(N·m)。

9.2.4 方法 4:直接测量法

转矩-转速试验应通过连续数值测量的方法进行。当设备不能实现连续测量数据时,该试验可以使用测功机来进行。试验应采用稳定电源供电并在额定电压下进行。当采用测功机方法时,测量转矩时的转速应该按照能确保画出基本特性中最大转矩的间隔选取。

10 其他试验

10.1 电容器端电压的测定

电容运转电动机和双值电容电动机的电容器端电压的测定,应使电动机在额定电压、额定频率和额定负载情况、空载运行的情况下运行,用电压表测量副绕组回路中电容器两端的电压值。

10.2 短时过转矩试验

短时过转矩试验应在额定电压、额定频率下进行。

试验时,电动机在热状态下逐渐增加负载。过转矩倍数和时间按 GB 755—2000 或 GB/T 5171—2002 及该类型电动机的产品标准的规定。

10.3 最大转矩的测定

最大转矩的测定方法有下列两种:

——测功机法(或校正过的直流电动机);

——转矩测量仪法。

测定时,应在额定频率、额定电压下进行。当试验电压在 0.9~1.1 倍额定电压范围内变化时,最大转矩值按 10.3.3 换算。

10.3.1 测功机法

试验时,将被试电动机与测功机用联轴器联结,开动被试电动机带动测功机旋转。逐渐增加被试电

动机的负载,至测功机显示最大值,并同时读取被试电动机的端电压。

试验过程中,应防止被试电动机过热而影响测量的准确性。被试电动机的端电压应在其出线端上测量。

10.3.2 转矩测量仪法

用转矩测量仪法测定最大转矩时,必须测取被试电动机的转矩转速特性曲线,最大转矩从曲线上求取。

转矩转速特性曲线可逐点测定后由人工绘制,也可用自动记录仪直接绘制,测取的点数应达到正确求取各种转矩(最大转矩、最小转矩、堵转转矩)的需要,在这些转矩附件,测量点应尽可能密一些。

10.3.2.1 对负载的要求:负载器械的特性应能满足测取整条转矩-转速特性曲线时,调节方便,运行稳定,数据可靠。

10.3.2.2 以直流电动机作负载时,被试电动机与转矩测量仪、直流电动机相联接。直流电动机他励,其电枢由可调电压和可变极性的电源供电。被试电动机与直流电动机的转向应一致。调节直流电动机的电源,逐渐增加被试电动机的负载,并同时读取转矩、转速和被试电动机的电压值,或用自动记录仪绘制转矩-转速特性曲线和被试电动机的端电压与转速的关系曲线。

用自动记录仪绘制曲线时,建议在被试电动机转速上升和下降的情况下测取两条转矩-转速特性曲线,取其平均值。每条曲线的绘制速度要均匀,绘制时间应不少于15 s。

10.3.3 最大转矩值的换算

最大转矩按式(21)换算:

$$T_{\max} = T_{\max 1} \left(\frac{U_N}{U_1} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$T_{\max 1}$ ——在试验电压 U_1 下测得的最大转矩,单位为牛顿米(N·m)。

10.4 最小转矩的测定

最小转矩定义为异步电动机在起动过程中转矩转速曲线上的转矩极小值。如极小值不存在,则定义堵转转矩为最小转矩。如整个转矩转速曲线为单调减的情况如力矩电动机,则最小转矩不存在。

笼型电动机在启动过程中最小转矩的测定方法有下列两种:

- 测功机法(或校正过的直流电动机);
- 转矩测量仪法。

测定时,被试电动机应接近实际冷状态,在额定频率和额定电压下进行。当试验电压在0.95~1.05倍额定电压范围内时,最小转矩按10.4.3换算。

10.4.1 测功机法

试验时,将被试电动机与测功机用联轴器联接,先将被试电动机通以低电压,调节测功机的端电压(或励磁电流),以确定被试电动机出现最小转矩的转速。断开被试电动机的电源将电压升至额定值时再接通;迅速调节测功机的端电压(或励磁电流),直至加速到额定转速期间测功机的读数出现最小值,读取此数值并同时读取被试电动机的端电压。

试验过程中,应防止被试电动机过热。

10.4.2 转矩测量仪法

用转矩测量仪法测定最小转矩时,必须从堵转状态开始使转速逐渐升高,以测取被试电动机的转矩-转速特性曲线,最小转矩从曲线上求取。

试验时,被试电动机与负载直流电动机转向可以一致或相反。首先使直流电动机在极低转速下运行,然后在额定电压或接近额定电压下启动被试电动机,增加或逐渐减小被试电动机的负载,直至其额定转速。其他试验方法及要求同2.2。

10.4.3 最小转矩值的换算

最小转矩按式(22)换算:

$$T_{\min} = T_{\min} \left(\frac{U_N}{U_t} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

T_{\min} ——在试验电压 U_t 下测得的最小转矩,单位为牛顿米(N·m)。

10.5 启动过程中启动元件断开转速的测定

启动过程中电动机的启动元件断开转速的测量方法有下列两种:

- 记录仪表或转矩测量仪法;
- 拖动法。

10.5.1 记录仪表或转矩测量仪法

用记录仪表或转矩测量仪录取转矩-转速曲线。启动过程中电动机的启动元件断开转速从曲线上求取。

10.5.2 拖动法

用可调速的电动机作为原动机,拖动被试电动机空转。在被试电动机启动元件回路中(不包括启动继电器)串联——指示灯或电压表,并施加适当电压。调节原动机的转速由低速逐渐升高,应随时测量被试电动机转速及观察指示灯或电压表的指示(此时应为通路)。当指示灯熄灭或电压指针回零,此瞬时的转速即为启动元件的断开转速。

10.6 超速试验

如该类型电动机标准无规定时,超速试验允许在冷状态下进行。试验时,超速倍数和时间按 GB 755—2000 或 GB/T 5171—2002 及该类型电动机标准中的规定。

超速方法有下列两种:

- 提高被试电动机的电源频率(对电容运转和双值电容电动机不适用);
- 用原动机直接驱动。

超速试验时,应采取安全防护措施,尽可能远离测量转速。

10.7 噪声的测定

按 GB 10069.1—2006《旋转电动机噪声测定方法及限值 第1部分:旋转电动机噪声测定方法》进行。

10.8 振动的测定

按 JB/T 10490—2004《小功率电动机机械振动—振动的测量、评定及限值》进行。

10.9 短时升高电压试验

短时升高电压试验应在电动机空载运转状态下进行。

型式试验时,该项试验应在超速试验之后进行。

试验时,电压升高的倍数和时间按 GB 755—2000 或 GB/T 5171—2002 及该类型电动机标准的规定。

10.10 耐电压试验

试验电源的频率为 50 Hz,电压波形尽可能为正弦波形。

10.10.1 试验要求

- a) 耐电压试验在电动机静止的状态下进行。试验前,应先测量绕组的绝缘电阻。如需进行超速和短时过转矩试验时,本项试验应在这些试验之后进行。型式试验时,本项试验还应在温升试验后电动机接近热状态下进行;
- b) 电容电动机的电容器、离心开关必须与绕组连接同正常工作一样。对主绕组回路试验时,副绕组回路应和铁芯及机壳相连接;对副绕组回路试验时,应注意高电压只能施加在副绕组回路中的绕组端,主绕组回路应和铁芯及机壳相连接;
- c) 用于此试验的耐压试验仪的变压器容量不得小于 0.5 kVA;
- d) 试验前,应采取切实的安全防护措施;试验中如发现异常情况,应立即断电,并将绕组回路对地放电。

10.10.2 试验电压和时间

试验电压的数值按 GB 755—2000 或 GB/T 5171—2002 及该类型电动机的产品标准的规定。

试验时,施加的电压应从不超过试验电压全值的 1/2 开始,然后逐渐增加至全值。

对大批量连续生产的电动机进行检查试验时,允许用规定的试验电压值的 120%、历时 1 s 来代替。

10.11 转动惯量的测定

10.11.1 悬挂转子摆动法

10.11.1.1 单钢丝法

采用单钢丝扭转摆动比较法测定电动机转子的转动惯量。

选择密度均匀的金属制成假转子,假转子的形状应为简单的圆柱体,以便能用式(25)较精确的计算出假转子的转动惯量。假转子的质量应能将所选用的钢丝拉直且钢丝不变形。把假转子可靠的悬挂在长度 $l \geq 0.5$ m 的钢丝一端,钢丝的另一端固定在支架上,钢丝轴线应与假转子轴线同心且垂直地面。

将假转子绕心轴扭转一个适当角度,仔细测量往复摆动次数 N 及所需时间 t (s),求得摆动周期平均值 T' ($T' = N/t$),当被试电动机转子在相同的条件下,重复上述试验,按上方法求得其摆动周期的平均值 T ,按式(25)计算被试电动机的转动惯量 J 。

假转子的转动惯量 J' 由式(23)计算:

$$J' = \frac{mD^2}{8} \dots\dots\dots(23)$$

式中:

J' ——假转子的转动惯量,单位为千克平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

D ——圆柱体直径,单位为米(m);

m ——直径。部分的圆柱体质量,单位为千克(kg)。

被试电动机转子的转动惯量 J 按式(24)计算:

$$J = J' \frac{T^2}{(T')^2} \dots\dots\dots(24)$$

式中:

T ——被试电动机转子的摆动周期平均值,单位为秒(s);

T' ——假转子的摆动周期平均值,单位为秒(s)。

10.11.1.2 双钢丝法

用两根平行的钢丝将被试电动机转子悬挂起来,使转轴中心线与地面垂直。扭转转子,使其产生以轴线为中心的摆动,距转轴中心线的扭角应不大于 10° 。仔细测取若干次摆动所需的时间,求出摆动周期的平均值 T 。转动惯量 J 按式(25)求取:

$$J = \frac{T^2 a^2 m g}{l(4\pi)^2} \dots\dots\dots(25)$$

式中:

g ——重力加速度,单位为米每平方秒(m/s^2);

a ——两钢丝之间的距离,单位为米(m);

l ——钢丝的长度,单位为米(m);

m ——被试电动机转子的质量,单位为千克(kg)。

10.12 外壳防护等级测试

电动机的外壳防护等级测试按 GB/T 4942.1—2006 有关方法进行。

10.13 湿热试验

单相异步电动机湿热试验按 GB/T 12665 有关方法进行。

10.14 匝间耐压测试

单相异步电动机匝间耐压测试按 JB/T 9615.1—2000 与 JB/T 9615.2—2000 有关方法进行。

10.15 短时升高电压试验

采用短时升高电压试验时,电动机应施加 130% 额定电压,历时 3 min,电动机应无冒烟等击穿现象,试验时允许将电源频率提高到额定值的 110% (电容运转电动机除外)。

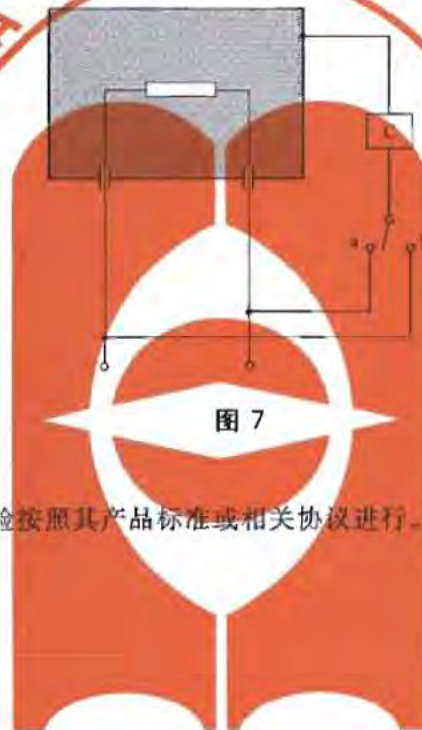
10.16 泄漏电流测试

电动机以 1.06 倍的额定电压供电。

泄漏电流通过用 GB/T 12113 中图 4 所描述的电路装置进行测量,测量在电源的任一极和连接金属箔的易触及金属部件之间进行。被连接的金属箔面积不超过 $20\text{ cm} \times 10\text{ cm}$,它与绝缘材料的易触及表面相接触。

其测量电路在图 7 中给出,图 7 中的 C 是 GB/T 12113 中图 4 所描述的测量网络。

将选择开关分别拨到 a、b 的每一个位置来测量泄漏电流。



10.17 寿命试验

单相异步电动机的寿命试验按照其产品标准或相关协议进行。

附 录 A
(资料性附录)
物理量的符号及单位

- C ——电容(F)
 f ——电源频率(Hz)
 f_t ——试验测得的频率
 i ——电流(A)
 P_0 ——空载输入功率(W)
 P_1 ——输入功率(W)
 P_2 ——输出功率(W)
 P_{2c} ——修正后的输出功率(W)
 P_{1s0} ——测定转子等值电阻时的输入功率(W)
 P_k ——堵转输入功率(W)
 P_{0n} ——额定电压下空载输入功率(W)
 P_{fw} ——机械耗(W)
 P_{fe} ——铁耗(W)
 P_{st} ——杂散损耗(W)
 P'_0 ——铁耗机械耗之和 $P'_0 = P_{fe} + P_{fw}$ (W)
 P_{c0} ——空载时的 I^2R 损耗(W)
 P_{c0t} ——定子绕组在试验温度下的 I^2R 损耗(W)
 P_{c0r} ——转子绕组在试验温度下的 I^2R 损耗(W)
 s ——转差率
 s_r ——修正到规定温度 θ_r 下的转差率
 s_t ——转差
 t ——时间(s)
 U ——电压(V)
 θ ——温度($^{\circ}\text{C}$)
 θ_r ——修正到的规定温度($^{\circ}\text{C}$)
 θ_t ——测试到的绕组温度($^{\circ}\text{C}$)
 $\Delta\theta$ ——绕组温升(K)
 θ_0 ——测量 R_0 时的冷却介质温度($^{\circ}\text{C}$)
 θ_1 ——温升试验结束时的冷却介质温度($^{\circ}\text{C}$)
 $\Delta\theta_{0n}$ ——额定功率时的绕组温升(K)
 $\Delta\theta_1$ ——试验时的定子绕组温升(K)
 $\Delta\theta_2$ ——试验时的转子绕组温升(K)
 η ——效率
 $\cos\varphi$ ——功率因数
 g ——重力加速度(m/s^2)
 J ——转动惯量($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
 I_0 ——空载电流(A)
 I_{s0} ——测定转子等值电阻时的电流(A)

- I_k ——堵转电流(A)
 I_{kN} ——额定电压时的堵转电流(A)
 I_n ——额定电流,额定输出时的绕组电流(A)
 I_1 ——定子电流(A)
 I_a ——副绕组电流(A)
 I_m ——主绕组电流(A)
 U_0 ——空载电压(V)
 U_N ——额定电压(V)
 U_{k0} ——测定转子等值电阻时的电压(V)
 U_k ——堵转电压(V)
 R_t ——试验温度 θ ,下测得的绕组电阻(Ω)
 R_s ——修正到规定温度 θ ,时的绕组电阻(Ω)
 R_0 ——实际冷状态下的绕组电阻(Ω)
 R_{0m} ——实际冷状态下主绕组电阻(Ω)
 R_{0a} ——实际冷状态下副绕组电阻(Ω)
 R_l ——温升试验结束时断电瞬间的绕组电阻(Ω)
 r_0 ——空载试验后定子绕组电阻(Ω)
 r_{0m} ——空载试验后测得的主绕组电阻(Ω)
 r_2 ——转子等值电阻(Ω)
 T ——转矩(N·m)
 T_k ——堵转转矩(N·m)
 T_{kN} ——额定电压时的堵转转矩(N·m)
 T_{fw} ——风摩擦转矩(N·m)
 T_d ——测功机转矩(N·m)
 T_c ——修正后时的输出转矩(N·m)
 T_t ——试验时的输出转矩(N·m)
 T_{max} ——最大转矩(N·m)
 $T_{max,t}$ ——试验时测得的最大转矩(N·m)
 T_{min} ——最小转矩(N·m)
 $T_{min,t}$ ——试验时测得的最小转矩(N·m)
 N ——示波器波形全摆动次数
 n ——转速(r/min)
 n_s ——对应于实际频率时的同步转速(r/min)
 n_d ——测量 P_1 的电动机转速
 p ——极对数
 F ——测力计读数
 r ——滑轮与绳索的半径
 Q ——法码与容器的重量

附录 B
(规范性附录)

仪器仪表损耗及误差的修正方法

B.1 仪表损耗的修正

当测量回路中没有电流互感器和电压互感器时,按照电压表、电流表和瓦特表在测量线路中的不同接法(图 B.1、图 B.2),某些仪表消耗的功率将被包括在测量的结果中。当这些仪表消耗的功率和所测的负载功率相比不能忽略时,应将这些仪表所消耗的功率从测量结果中减去。

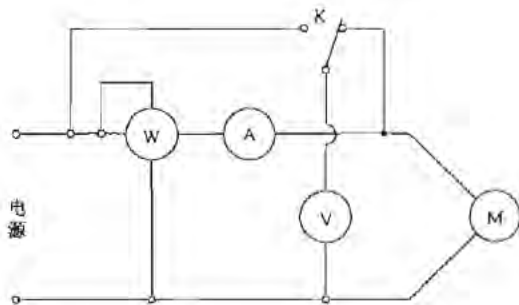


图 B.1

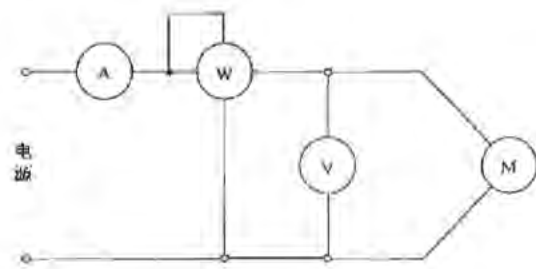


图 B.2

在考虑对仪表损耗修正时,图 B.1 的接法在负载电流变化时,电压表的损耗是一个恒定值,按图 B.2 的接法时,电流表的损耗随负载电流的变化而不同。

B.1.1 按图 B.1 接线时,仪表损耗的修正

此时,电流表和瓦特表电流线圈(包括瓦特表至负载端的连接导线)的损耗 P_A 按式(B.1)计算,并将它们从测得的功率中减去。

$$P_A = I^2 (R_A + R_{W_A} + r) \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

I ——电流表的读数,单位为安培(A);

R_A ——电流表的内阻,单位为欧姆(Ω);

R_{W_A} ——瓦特表电流线圈回路的内阻,单位为欧姆(Ω);

r ——瓦特表至负载端连接导线(包括开关等)的电阻,单位为欧姆(Ω)。

B.1.2 按图 B.2 接线时,仪表损耗的修正

此时,电压表的损耗 P_V 和无补偿的瓦特表电压线圈回路的损耗 P_W 按式(B.2)、式(B.3)计算,并将它们从测得的功率中减去。

$$P_V = \frac{U^2}{R_V} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

$$P_W = \frac{U^2}{R_{W_V}} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

U ——电压表的读数,单位为伏特(V);

R_V ——电压表回路的总电阻,单位为欧姆(Ω);

R_{W_V} ——瓦特表电压线圈回路的总电阻(包括外接附加电阻),单位为欧姆(Ω)。

B.2 仪表刻度误差的修正

根据电流表、电压表、瓦特表指示的数值 I_A 、 U_V 及 P_w ，按式(B.4)、式(B.5)、式(B.6)进行刻度误差的修正。

$$I' = I_A + \Delta I \quad \dots\dots\dots(B.4)$$

$$U' = U_V + \Delta U \quad \dots\dots\dots(B.5)$$

$$P'_w = P_w + \Delta P_w \quad \dots\dots\dots(B.6)$$

式中：

ΔI 、 ΔU 及 ΔP_w ——分别为电流表、电压表和瓦特表的刻度修正值，可从各仪表的校验报告中获得。

B.3 互感器变比误差的修正

电流互感器和电压互感器的变比误差，可以从互感器校验报告中获得。当互感器副边的实际负载与校验时的负载不同时，其变比误差可以由互感器不同负载时的变比特性曲线来估算。

B.3.1 互感器的实际变比按式(B.7)、式(B.8)计算：

电流互感器的实际变比：

$$K_I = K_{In}(1 - r_I) \quad \dots\dots\dots(B.7)$$

电压互感器的实际变比：

$$K_U = K_{Un}(1 - r_U) \quad \dots\dots\dots(B.8)$$

式中：

K_{In} 、 K_{Un} ——电流互感器和电压互感器的标称变比；

r_I 、 r_U ——电流互感器和电压互感器的变比误差。

B.3.2 对测量值的修正按式(B.9)、式(B.10)计算：

电流互感器原边的实际电流：

$$I = K_I I' \quad \dots\dots\dots(B.9)$$

电压互感器原边的实际电压：

$$U = K_U U' \quad \dots\dots\dots(B.10)$$

修正后的功率按式(B.11)计算：

$$P = K_U K_I P'_w \quad \dots\dots\dots(B.11)$$

B.4 互感器相角误差的修正

功率测量中的相角误差包括：

- a) 瓦特表电压线圈回路中的相角误差；
- b) 电流互感器的相角误差；
- c) 电压互感器的相角误差。

B.4.1 瓦特表电压线圈回路中的相角误差。

相角误差 α 按式(B.12)求取：

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{X_w}{R_w} \quad \dots\dots\dots(B.12)$$

式中：

R_w ——瓦特表电压线圈回路的总电阻(包括外附加电阻)，单位为欧姆(Ω)；

X_w ——瓦特表电压线圈的感抗，单位为欧姆(Ω)；

X_w —— $2\pi fL$, 其中 L 为瓦特表电压线圈的电感, 单位为 H。可以从瓦特表的刻度面板上获得。

α 符号的决定: 当 X_w 为容抗时, 取“+”号; 当 X_w 为感抗时, 取“-”号。无补偿的瓦特表, 其电压线圈为感抗。

B. 4. 2 电流互感器的相角误差 β_i

电流互感器的相角误差 β_i 可以从互感器校验报告中获得。当互感器副边的实际负载与校验时的负载不同时, 其相角误差 β_i 可以由互感器不同负载时的相角特性曲线来估算。

β_i 符号的决定: 当副边电流超前原边电流时, 取“+”号; 滞后时, 取“-”号。无补偿的电流互感器, 其副边电流超前原边电流。

B. 4. 3 电压互感器的相角误差

电压互感器相角误差 β_v 的确定方法与电流互感器相同。

β_v 符号的规定: 当副边电压超前原边电压时, 取“+”号; 滞后时, 取“-”号。无补偿的电压互感器, 其副边电压滞后原边电压。

B. 4. 4 功率测量值的修正

修正前的表观功率 S 及功率因数 $\cos\varphi'$ 按式(B. 13)、式(B. 14)、式(B. 15)决定:

$$S = UI \quad \dots\dots\dots (B. 13)$$

$$\cos\varphi' = \frac{P}{S} \quad \dots\dots\dots (B. 14)$$

$$\varphi' = \cos^{-1}\left(\frac{P}{S}\right) \quad \dots\dots\dots (B. 15)$$

实际的功率因数 $\cos\varphi$ 按式(B. 16)求取:

$$\cos\varphi = \cos(\varphi' - \alpha + \beta_i + \beta_v) \quad \dots\dots\dots (B. 16)$$

相角修正系数 K_φ 按式(B. 17)求取:

$$K_\varphi = \frac{\cos\varphi}{\cos\varphi'} \quad \dots\dots\dots (B. 17)$$

经相角误差修正后, 实际的功率按式(B. 18)求取:

$$P_c = PK_\varphi \quad \dots\dots\dots (B. 18)$$

附录 C
(规范性附录)
测功机转矩读数的修正

用测功机、转矩测量仪或绳索滑轮测得的输出转矩,应进行风摩擦转矩的修正。

测功机、转矩测量仪或滑轮的风摩擦转矩按式(C.1)计算:

$$T_w = \frac{0.55(P_{10} - P_0)}{n_d} - T_d \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

式中:

P_{10} ——电动机在额定电压下驱动测功机、转矩转速传感器或带动滑轮时的输入功率,单位为瓦特(W)。此时,测功机的电枢和励磁回路均应开路;转矩转速传感器应与负载器械脱离;绳索应与滑轮脱离;

P_0 ——在额定电压下,被试电动机的空载(不带测功机、转矩转速传感器或滑轮),输入功率,单位为瓦特(W);

T_d ——测量 P_{10} 时测功机的转矩值,单位为牛顿米(N·m);

n_d ——测量 P_{10} 时电动机的转速,单位为转每分钟(r/min)。

电动机修正后的输出转矩 T_c 按式(C.2)计算:

$$T_c = T_t + T_w \quad \dots\dots\dots(C.2)$$

式中:

T_t ——试验时测得的输出转矩,单位为牛顿米(N·m)。



附录 D
(规范性附录)
各项损耗的确定

D.1 指定温度下定子绕组 I^2R 损耗

对电容运转电动机,该损耗包括运转电容器的损耗。

D.1.1 分相起动电动机与电容起动电动机[损耗按式(D.1)计算]

$$P_{\text{cui}} = I_1^2 R_{1\text{ref}} \quad \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

式中:

I_1 ——定子主绕组相电流,单位为安培(A);

$R_{1\text{ref}}$ ——换算到基准工作温度时定子主绕组的电阻值,单位为欧姆(Ω)。

D.1.2 电容运转电动机与双值电容电动机[损耗按式(D.2)计算]

$$P_{\text{cui}} = I_2^2 R_{1\text{ref}} + I_c^2 (R_c + R_s) \quad \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

式中:

I_2 ——定子副绕组相电流,单位为安培(A);

R_s ——换算到基准工作温度时定子副绕组的电阻值,单位为欧姆(Ω);

R_c ——电容器等效电阻,单位为欧姆(Ω)。

$$R_c = \frac{W_c}{I_c^2} \quad \dots\dots\dots (\text{D.3})$$

式中:

W_c ——电容器损耗功率,在电容器端电压接近额定工作电压时以低功率因数功率表测得;

I_c ——在同一电压下的电容器电流。

D.2 机械耗

机械耗 P_{fw} 按 6.3.3.3 确定。

D.3 指定温度下转子 I^2R 损耗

转子绕组 I^2R 损耗按式(D.4)计算:

$$P_{\text{cu2s}} = (P_1 - P_{\text{cu1s}} - P_{\text{Fe}})s \quad \dots\dots\dots (\text{D.4})$$

式中:

P_1 ——转子输入功率,单位为瓦特(W);

P_{cu1s} ——定子铜耗,单位为瓦特(W);

P_{Fe} ——铁耗,单位为瓦特(W);

s ——转差率。

D.4 铁耗

铁耗 P_{Fe} 按 6.3.3.3 确定。

D.5 杂散损耗 P_{sc}

杂散损耗是总损耗中,不包含机械耗,定子铜耗,转子损耗和铁耗之和的部分。

D.5.1 间接测量

杂散损耗可间接由总损耗减去机械耗、定子铜耗、转子损耗和铁耗之和得到。

$$P_{st} = \sum P - P_{cu1s} - P_{cu2s} - P_{Fe} - P_{fw} \quad \dots\dots\dots (D.5)$$

D.5.2 绕线转子电动机的直接测量法

这个方法中,转子通直流电流,定子绕组接线端短路并在电路中接一个电流表。采用外力使转子达到同步转速;调节转子励磁电流使得定子绕组回路中的电流值达到杂散损耗测定的要求值。

杂散损耗可由式(D.6)得到:

$$P_{st} = (P_r - P_l) - P_{s1} \quad \dots\dots\dots (D.6)$$

式中:

P_r ——以直流电驱动转子所需的机械功率,单位为瓦特(W);

P_l ——不通直流电驱动转子所需的机械功率,单位为瓦特(W);

P_{s1} ——定子在测试温度下的铜耗,单位为瓦特(W)。

D.5.2.1 测试数据的修正

这个方法的精度可以通过描绘杂散损耗与定子电流的直角坐标图来提高。参数 P_{st} 、 $(P_r - P_l)$ 和 P_{s1} 满足式(D.7):

$$P_{st} = A_i I^{N_i} \quad \dots\dots\dots (D.7)$$

式中:

i ——1、2或3;

P_{st} —— $P_{st} = P - P_{cu1s} - P_{cu2s} - P_{Fe} - P_{fw}$ 和 $P_{s1} = P_{s1}(W)$;

A_i ——图标中 Y 坐标上取的点;

N_i ——图标中的倾斜度;

I ——杂散损耗试验时测得的电流直线。



附录 E

(规范性附录)

热电偶的选择、制备、布置、安装、连接的规范

E.1 目的

本规范是针对温度测量中热电偶的选择、制备、布置、连接的使用情况制定的。

E.2 范围

本规范适用于电动机和类似产品测试中温度测量所用热电偶。

本规范描述的操作规范,但并不限制其他的有效实用的操作规范。

E.3 热电偶的选择

E.3.1 选择热电偶时必须在制造商规定的工作参数范围内使用(例如温度范围)。

E.3.2 由于热量会沿着热电偶导线传导。在热电偶接点与临近引线存在温差处,将产生从接点到引线或引线传接点的热传递,于是无法对与接点接触的表面进行最佳的温度测量。细的引线可使这类影响最小化,建议选用 0.320 mm~0.254 mm 的热电偶。

E.4 热电偶的制备

E.4.1 热电偶应由经过培训的员工制备。

E.4.2 热电偶按如下要求制备:

E.4.2.1 剥去内层绝缘直至距离测量接点约 1.5 mm 处;

E.4.2.2 如有外层绝缘,剥去直至距离测量接点约 15 mm 处;

E.4.2.3 测量接点通过点焊连接。

E.5 热电偶的布置

E.5.1 热电偶测量接点必须布置在温度测量处,为的是与被测部件达到相同的温度。

E.5.2 如果热电偶连接到带电部件,或者分别连接到不同极性的部件,测量设备需要谨防可能出现的电击危险和应力损坏,此时适于在被测导体表面加设绝缘护套(而不是在热电偶测量接点处)。

E.6 热电偶的安装

E.6.1 为了保证与被测部件达到同样温度,安装时热电偶接点应与被测部件表面紧密接触,而且,两者之间应保持良好的热接触。基于这点,应采用对被测温度影响最小的热电偶安装方法。

E.6.2 热电偶引线应固定在与焊接点相同的温度环境中。

E.6.3 为了避免电动机工作时产生振动,造成热电偶接点分离,通常可采用胶带固定热电偶引线,以消除热电偶应变。高温测量场合可采用热固型玻璃胶带。但胶带应固定在远离接点处,在同时保证热电偶固定牢靠的同时,尽可能使用少量的胶带,以减少自然散热效果。

E.6.4 热电偶的固定方法有:绑扎、粘合和锡焊等:

E.6.4.1 绑扎——用细线绑扎,比较适用于像绝缘导线类的圆形物体。

E.6.4.2 粘合——较之接点和测温表面之间的点固定方式,粘合方式具有更好的热连接。同时周围空气与待测温度存在一定温差,粘合方式可减少暴露在空气中的接点和引线的表面积。一般可采用等比混合的高岭土和硅酸钠或快速粘合剂。

E.6.4.3 锡焊——对于铜质或其他金属表面,锡焊是非常有效的接点固定方式。相对其他粘合方式,锡焊具有热传导更好和固定更牢的优势。但应避免冷焊和使用过多焊料。

E.7 热电偶的连接

使用时,热电偶应直接与温度测量仪表连接。但实际场合无法满足时,应采用与热电偶型号相同的补偿导线和与之适配的连接器。

中华人民共和国
国家标准
单相异步电动机试验方法
GB/T 9651—2008

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 54 千字
2008年10月第一版 2008年10月第一次印刷

书号:155066·1-33214 定价 25.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 9651—2008