

中华人民共和国国家标准

GB/T 5171.21—2016

小功率电动机 第 21 部分：通用试验方法

Small power motors—Part 21: General test methods

2016-08-29 发布

2017-03-01 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 术语和定义、符号..... 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 符号 2

4 试验的基本要求 4

 4.1 试验环境条件 4

 4.2 试验电源 4

 4.3 测量仪器的使用 5

5 试验准备 9

 5.1 绝缘电阻的测定 9

 5.2 冷态绕组温度 θ_1 和冷态绕组电阻 R_1 的测定 10

6 温升试验..... 10

 6.1 概述 10

 6.2 一般性说明 10

 6.3 温升试验结束时冷却介质温度的确定 10

 6.4 电动机绕组及其他各部分温度的测量方法 11

 6.5 温升试验方法 11

 6.6 绕组工作温度 θ_2 的计算 13

 6.7 绕组温升 $\Delta\theta$ 的计算 13

 6.8 修正至基准冷却介质温度 13

7 效率的测定..... 14

 7.1 概述 14

 7.2 直接法(A 法) 14

 7.3 损耗分析法(B 法) 16

 7.4 交流电动机功率因数的计算 20

8 堵转试验..... 21

9 其他试验项目..... 21

 9.1 尺寸检查 21

 9.2 短时过转矩试验 23

 9.3 最大转矩的测定 23

 9.4 最小转矩的测定 24

 9.5 转动惯量的测定 25

 9.6 永磁电动机的磁稳定性检查 26

 9.7 噪声的测定 26

9.8	振动的测定	26
9.9	电气强度试验	26
9.10	重复电气强度试验	27
9.11	匝间绝缘电气强度试验	27
9.12	工作温度下的泄漏电流测试	27
9.13	偶然过电流试验	28
9.14	超速试验	29
9.15	防护等级测试	29
9.16	湿热试验	29
9.17	其他环境试验	29
9.18	其他安全试验	29
9.19	工作期限试验	29
附录 A (规范性附录)	仪器仪表损耗的修正方法	32
附录 B (规范性附录)	测功机转矩读数修正值 T_c 的确定	34
附录 C (规范性附录)	热电偶的选择、制备、布置、安装、连接的规范	35
附录 D (资料性附录)	损耗分析法(B 法)的试验报告模板	37
参考文献		39

前 言

GB/T 5171《小功率电动机》分为如下部分：

- 第 1 部分：通用技术条件(GB/T 5171.1)；
- 第 2 部分：试验方法(GB/T 5171.21～5171.28)；
- 第 21 部分：通用试验方法；
- 第 22 部分：永磁无刷直流电动机试验方法；
- 第 23 部分：永磁有刷直流电动机试验方法；
- 第 24 部分：单相异步电动机试验方法；
- 第 25 部分：永磁同步电动机试验方法；
- 第 26 部分：单相交流串励电动机试验方法；
- 第 27 部分：外转子电动机试验方法；
- 第 28 部分：可靠性试验方法。

本部分为 GB/T 5171 的第 21 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国旋转电机标准化技术委员会(SAC/TC 26)归口。

本部分起草单位：中国电器科学研究院有限公司、广东威灵电机制造有限公司、北京京仪敬业电工科技有限公司、威凯检测技术有限公司、卧龙电气集团股份有限公司、开平市三威微电机有限公司、杭州富生电器股份有限公司、珠海凯邦电机制造有限公司、浙江京马电机有限公司、合肥美的电冰箱有限公司、浙江联宜电机股份有限公司、威海泰富西玛电机有限公司。

本部分主要起草人：伍云山、张传甲、姚磊、张兵、杨中华、王建乔、周新根、张运昌、漆凌君、朱春富、李洋、金宇航、孙静。

小功率电动机

第 21 部分：通用试验方法

1 范围

GB/T 5171 的本部分规定了小功率电动机通用试验方法涉及的术语和定义、符号、试验的基本要求、试验准备、温升试验、效率的测定以及堵转试验等试验项目的试验方法。

本部分适用于 GB/T 5171.1 界定的产品。

本部分未规定的各类型小功率电动机的特殊试验项目、方法，需在该类型小功率电动机的试验方法标准中作补充规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 1958 产品几何量技术规范(GPS) 形状和位置公差 检测规定

GB/T 2423(所有部分) 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4942.1 旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码) 分级

GB/T 5171.1 小功率电动机 第 1 部分：通用技术条件

GB/T 10069.1 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

GB/T 12113—2003 接触电流和保护导体电流的测量方法

GB 12350 小功率电动机的安全要求

GB/T 12665 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求

GB/T 22719.1 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第 1 部分：试验方法

JB/T 10490 小功率电动机机械振动—振动测量方法、评定和限值

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

GB/T 5171.1 和 GB 12350 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

效率 efficiency

相同单位的输出功率对输入功率之比，通常以百分数表示。

注：改写 GB/T 2900.25—2008，定义 411-53-08。

3.1.2

测功机 dynamometer

用于测量施加在被测机器旋转部件上的转矩的设备。该设备能测量并显示转矩和转速，且不限于轴承座结构。可使用同轴转矩传感器直接测量被测电动机传动轴的转矩。

注：改写 GB/T 2900.27—2008，定义 9.2。

3.1.3

热稳定 thermal equilibrium

电机发热部件的温升在半小时内变化不超过 1 K 的状态。

注：改写 GB/T 2900.25—2008，定义 411-51-08。

3.1.4

温升试验 temperature-rise test

在规定的运行条件下，确定电机一个或几个部件温升的试验。

[GB/T 2900.25—2008，定义 411-53-28]

3.1.5

堵转试验 locked-rotor test

为确定堵转转矩及堵转电流，在电机通电而转子堵住时进行的试验。

[GB/T 2900.25—2008，定义 411-53-32]

3.1.6

超速试验 over-speed test

为确定电机转子能否满足规定的超速要求而在电机上进行的试验。

[GB/T 2900.25—2008，定义 411-53-39]

3.1.7

短时过转矩试验 short-time over-torque test

确定电动机在规定时间内承受规定过转矩倍数能力的试验。

[GB/T 2900.27—2008，定义 9.7]

3.1.8

偶然过电流试验 accidental over-current test

确定电动机在规定时间内承受规定过电流倍数能力的试验。

[GB/T 2900.27—2008，定义 9.9]

3.1.9

工作期限试验 operating time limit test

为确定电动机在规定的条件下制造厂向用户保证的正常运行期限所进行的试验。

[GB/T 2900.27—2008，定义 9.12]

3.1.10

空载试验 no-load test

电动机运行时轴上无有效机械输出的试验。

3.1.11

端电阻 line-to-line resistance

多相交流电动机的每两相电源连接的引出线端间电阻的算术平均值。

注 1：对 Y 接法三相电机，相电阻是端电阻的 0.5 倍，对于△接法的三相电动机，相电阻是端电阻的 1.5 倍。

注 2：如无其他注明，7.3 中的所有注释和公式均指三相电动机。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

$\cos\varphi$ —— 功率因数

F —— 测力计读数(N)

f —— 电源频率(Hz)

g —— 重力加速度(m/s^2)

HVF	——谐波电压因数
I	——电流(A)
I_k	——堵转电流(A)
I_{kN}	——额定电压时的堵转电流(A)
I_0	——空载电流(A)
J	——转动惯量($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
k	——绕组导体材料在 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 时电阻温度系数的倒数 对于铜绕组, $k=234.5$; 对于铝绕组, $k=225$; 对于铜铝混合绕组, 按 $k=234.5$ 计算考核。
k_θ	——绕组电阻、转差率修正至 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 基准冷却介质温度的修正系数
N	——测量转差率时检流计指针或示波器波形全摆动次数, 或扇形片转动次数
n	——转速(r/min)
n_d	——测量 P_1 时的电动机转速(r/min)
n_s	——对应于实际频率时的同步转速(r/min)
P_c	——恒定损耗(W)
P_{fe}	——铁耗(W)
P_{fw}	——摩擦和风阻损耗(W)
P_{fw0}	——在同步转速的摩擦和风阻损耗(W)
P_k	——堵转输入功率(W)
P_{LL}	——附加负载损耗(W)
P_{Lr}	——杂散损耗(W)
P_r	——转子绕组损耗(W)
$P_{r,\theta}$	——修正至 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 基准冷却介质温度的转子绕组损耗(W)
P_s	——定子绕组损耗(W)
$P_{s,\theta}$	——修正至 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 基准冷却介质温度的定子绕组损耗(W)
P_T	——总损耗(W)
P_0	——空载输入功率(W)
P_1	——输入功率(W)
$P_{1,\theta}$	——修正至 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 基准冷却介质温度的输入功率(W)
P_2	——输出功率(W)
P_{2c}	——修正后的输出功率(W)
p	——极对数
Q	——法码与容器的重力(N)
R	——绕组电阻
$R_{ll,0}$	——空载试验时(每个电压点)的插值绕组电阻(Ω)
R_0	——空载试验时的绕组电阻(Ω)
R_1	——冷态绕组电阻(Ω)
R_2	——温升试验时电动机停机后测得绕组电阻或带电测温法测得绕组电阻
r	——滑轮与绳索的半径(m)
s	——转差率
s_θ	——修正至 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 基准冷却介质温度的转差率
T	——转矩($\text{N} \cdot \text{m}$)

T_c	——转矩读数修正值(N·m)
T_d	——测功机转矩(N·m)
T_{fw}	——风摩擦转矩(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_{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)
t	——时间(s)
U	——电压(V)
U_k	——堵转电压(V)
U_{k0}	——测定转子等值电阻时的电压(V)
U_N	——额定电压(V)
U_n	——谐波电压的标么值(以额定电压 U_N 为基准)
$U_{rms,max}$	——最大有效值运行电压(V)
U_0	——空载电压(V)
θ	——温度(°C)
θ_a	——环境温度(°C)
θ_c	——冷却介质温度(°C)
θ_w	——绕组温度(°C)
θ_1	——测量冷态绕组电阻时的绕组温度(°C)
θ_2	——温升试验结束时绕组温度,也称绕组工作温度(°C)
$\Delta\theta$	——绕组温升(K)
η	——效率

4 试验的基本要求

4.1 试验环境条件

环境温度:15 °C~30 °C

相对湿度:45%~75%

大气压力:86 kPa~106 kPa

温升和效率试验时的环境温度:20 °C±5 °C。对于装有温控器或热熔断体的电动机,如果有疑问时,则温升试验时的环境温度保持在 23 °C±2 °C。

注:工作期限试验时的环境条件在该项试验项目的要求中规定。

4.2 试验电源

4.2.1 交流电源

试验用交流电源的谐波电压因数(HVF)应不超过 0.02。进行温升和效率试验时,谐波电压因数(HVF)应不超过 0.015。

HVF 值按式(1)计算:

$$\text{HVF} = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{U_n^2}{n}}$$

.....(1)

式中：

- U_n ——谐波电压的标么值(以额定电压 U_N 为基值)；
- n ——谐波次数(对三相交流电动机不包含 3 及 3 的倍数)；
- $k=13$ 。

进行温升和效率试验时,试验用交流电源的电压允差应不大于 0.5%,交流电源的频率波动应在额定频率的±0.1%范围内。平均供电频率应在试验要求频率的±0.1%。

4.2.2 三相交流电源

对于三相交流电源,除满足 4.2.1 要求外,三相电压系统的负序分量应小于正序分量的 0.5%,且零序分量的影响应予消除。可用测量电流系统的负序分量来取代测量电压系统的负序分量。电流系统的负序分量应不超过正序分量的 2.5%。

4.2.3 直流电源

试验用直流电源设备在标称源电压和每路输出在半额定负载下的输出电压允差应不大于 0.5%;对于每路输出,在规定的负载范围内和在最不利的电源电压下负载调整率不大于 0.2%。

4.3 测量仪器的使用

4.3.1 总则

试验时的环境条件应在设备制造商推荐的范围内。如果适用,应根据制造商的设备使用说明书对测量值进行温度修正。

应尽可能选用数字式测量仪器。

由于模拟式测量仪器的准确度通常表示为一个满刻度的百分比数,试验时所选择的测量仪器的量程应当尽可能像实际值那样小。观测值应该位于仪器量程的三分之一至满刻度范围。

测量仪器的量程,特别是电流传感器,应当适应被测试的电动机的功率。

在负载下测试电动机时,输出功率和其他测量量的缓慢波动难于避免。因此对于每个负载点的许多瞬时值(通常是几百个瞬时值)应当由一个合适的数字仪表自动在几个波动周期的一段时间,但不超过 15 s 测得。

4.3.2 电量测量

除非另有规定,采用的电气测量仪表的准确度应不低于 0.5 级。

在测量效率时,采用的电气测量仪表的准确度应不低于 0.2 级。测量设备在功率因数为 1.0 时读数应达到一个 0.2%的总不确定度,包括所有使用了的仪表或传感器的误差。

用于堵转试验、非正常试验和类似的大容量的试验的电量测量仪表可以降低一个精度等级。

对于三相交流电动机,除非在本文件中另有说明,应使用线电流和电压的算术平均值。

除堵转试验外,电流的测量不宜使用电流互感器。

采用电流互感器进行测量时,接入副边回路的仪表总阻抗(包括连接导线)应不超过电流互感器的额定阻抗值。

除非另有规定,所有的电压与电流的测量值都是真有效值。

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。

对于交流电动机使用交流功率表测量电动机的输入功率。

对于直流电动机使用直流功率表测量电动机的输入功率。也可通过相应电压和电流的测量值进行计算。

如仪器仪表损耗影响测试结果的准确性,可按附录 A 对仪器仪表损耗进行修正。

4.3.3 转矩测量

用于测量转矩的仪器的准确度应不低于 0.5 级,在测量效率时应不低于 0.2 级。测得的最小转矩应至少为转矩测量仪器额定转矩的 10%。如果使用了一个更好等级的测量仪器,允许的转矩范围相应地扩展。

注:例如,0.1 等级意味着转矩测量仪器额定转矩的 5%。

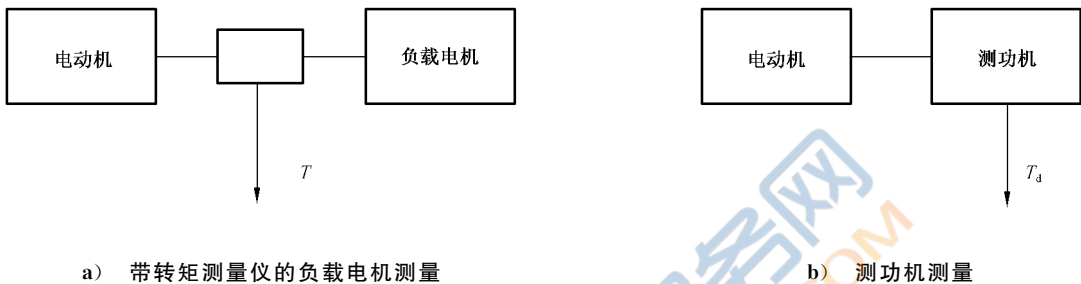


图 1 转矩测量示意图

转矩的测量方法有两大类,如图 1 所示。

当通过轴承座结构的测功机进行转矩测量时,应当进行转矩修正测试以补偿负载机器的轴承摩擦等损失。

此时,电动机的转矩 T 由式(2)计算:

$$T = T_d + T_c \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

T_d —— 负载测试中测功机的转矩读数;

T_c —— 由于摩擦损失的转矩修正,具体修正办法参见附录 B。

在被试电动机为额定转速时,测得的 T_c 应不大于被试电动机额定输出的 15%。

由于转矩传感器在转子附近,转矩传感器的温度可能比环境温度更高,被公认为对总不确定度有重大贡献。在这种情况下,温度对不确定度的贡献应该限制为满刻度的 0.15%。如果这是不切实际的,一个适当的温度校正必须应用。

寄生负载应该通过轴的校直调整和柔性的联轴器的使用而被最小化。

4.3.4 转速的测量

4.3.4.1 总则

转速测量仪表的示值误差应小于转速量程的 $\pm 0.1\%$ 或小于 1 r/min,取二者误差最小者。

对于异步电动机,也可采用感应线圈法或闪光法进行转差率的测量以取代转速的测量。

电动机转速(转差率)的测量方法主要有:

- 数字式转速(或转差率)测量仪;
- 感应线圈法;
- 转速测量仪测量转差率;
- 数字频率计;

——频闪光仪测试法。

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。不建议采用影响电动机运行状态的直接机械接触方法。

4.3.4.2 数字式转速(或转差率)测量仪法

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、透射光栅盘或磁电感应装置。由光电传感器或磁电感应器将转速信号变换成脉冲信号。测量仪直接显示出被试电动机的转速(或转差率)。

4.3.4.3 感应线圈法

对异步电动机,可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 (s),转差率 s 按式(3)计算。

$$s = \frac{N}{t \times f} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

f ——被试电动机的电源频率,单位为赫兹(Hz)。

4.3.4.4 转速测量仪测量转差率

试验时,用转速测量仪测量电动机的转速 n ,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(4)计算:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

n_s ——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(r/min)。

按式(5)计算:

$$n_s = \frac{60 \times f}{p} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

p ——被试电动机的极对数。

将式(5)代入式(4)可得到式(6):

$$s = 1 - \frac{n \times p}{60 \times f} \quad \dots\dots\dots (6)$$

4.3.4.5 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(7)换算成被试电动机的转速 n :

$$n = \frac{60 \times f_t}{p} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

f_t ——测得的同步测功机的频率;

p ——同步测功机的极对数。

4.3.4.6 频闪光仪测试法

对于异步电动机,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应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 $t(s)$,转差率 s 按式(8)计算:

$$s = \frac{60 \times N}{t} \dots\dots\dots (8)$$

4.3.5 频率的测量

频率表的准确度等级应不低于 0.1 级。

4.3.6 温度的测量

4.3.6.1 总则

温度测量仪器的示值误差限为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

测量温度的方法主要有:

- 温度计法;
- 热电偶法;
- 电阻法。

电动机部件表面温度的测量应选取温升最高部位进行测量,温升最高部位不确定时,应适当多布设若干个点,或使用红外测温仪器予以确定。

4.3.6.2 温度计法

温度计包括膨胀式温度计(例如水银温度计和酒精温度计)、半导体温度计及非埋置的热电偶或电阻温度计。

当用于测量电动机的部件温度时,温度计应紧贴在被测点表面。为测出接触点表面的温度,从被测点至温度计的热传导应尽可能良好,并用绝热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。

当用于测量存在强交变或移动磁场的部位的温度时不应采用水银温度计。

4.3.6.3 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、连接的规范见附录 C。

4.3.6.4 电阻法

电阻法是以绕组的电阻在温度升高后电阻值相应增大的关系来确定绕组的温度,其所测得的是绕组的平均温度。

电阻法包括直接测量法和带电测量法(参见 6.5.3 和 6.5.4)。

4.3.7 绕组电阻的测定

4.3.7.1 总则

绕组电阻 R 可采用双臂电桥、单臂电桥或直流电压表-电流表法等适当的方法确定欧姆值。

对于永磁直流电动机, R 是所有负载电枢电流的线圈的总电阻(电枢、换向片)。

对于多相交流电动机, R 是定子或电枢绕组的端电阻。

对于带抽头绕组的电动机, 应分别测取主接线端与各抽头接线端之间的电阻。

必要时, 温升试验结束时使用直接测量法测得的绕组电阻应以 6.5.3 规定的外推法确定。

4.3.7.2 注意事项

如绕组电阻在 $1\ \Omega$ 及以下时, 应采用双臂电桥进行测量, 并应注意消除测量用导线和接触电阻的影响。

当采用自动检测装置或直流电压表-电流表法测量绕组的电阻时, 通过被测绕组的试验电流应不超过其正常运行时电流的 10% , 通电时间应不超过 $1\ \text{min}$ 。

测量时, 电动机的转子静止不动。在电动机的出线端测量各绕组的电阻。

采用直流电压表-电流表法进行测量时, 有两种接线方式。图 2a) 中 R_b 为调节限流电阻, R 为被测绕组电阻, V 为电压表, A 为电流表。图 2a) 适用于电压表内阻与被测电阻之比大于 200, 图 2b) 适用于电压表内阻与被测电阻之比小于 200。

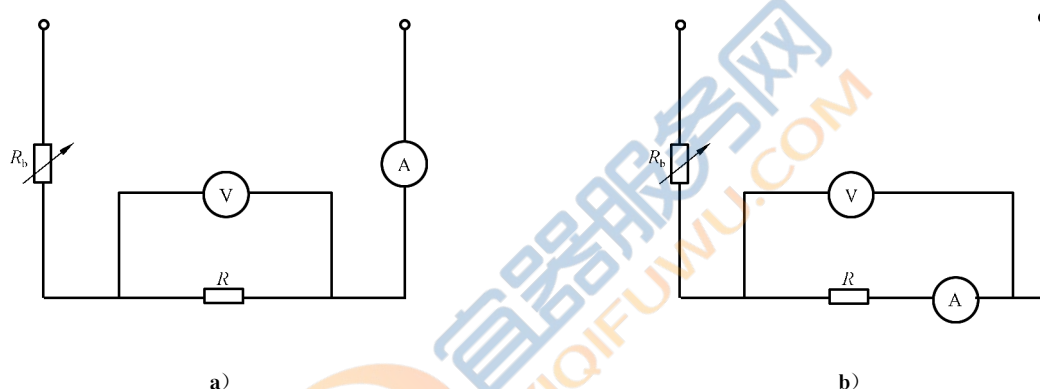


图 2 电压表-电流表法原理接线图

4.3.8 其他测量仪器

为确保试验结果的准确, 试验过程中用到其他测量仪器也应有足够的准确度, 如:

- 测力计的准确度应不低于 1 级;
- 砝码的准确度应不低于 M3 等级;
- 双臂电桥或单臂电桥的准确度应不低于 0.2 级;
- 兆欧表的准确度应不低于 10 级;
- 电气强度测试仪的输出电压和输出电流准确度等级应不低于 5 级;
- 泄漏电流测试仪的泄漏电流示值的准确度等级应不低于 5 级。

5 试验准备

5.1 绝缘电阻的测定

5.1.1 测量时电动机的状态

测量电动机绕组的绝缘电阻时, 应分别在实际冷态下和热稳定状态(温升试验后)下进行。出厂试验时, 如无其他规定, 允许在实际冷态下进行测量。测量绝缘电阻时应同时测量并记录绕组温度, 在实际冷态下测量时可取周围介质温度作为绕组温度。

5.1.2 兆欧表的选择

根据电动机的额定电压,按表 1 选用兆欧表。

表 1 兆欧表的选择

电动机的额定电压/V	兆欧表的直流测量电压/V
≤ 36	250
$> 36 \sim 500$	500

5.1.3 测量方法

测量绕组绝缘电阻时,如各绕组回路的始末端均已引出至机壳外,则应分别测量各绕组回路对机壳及绕组相互间的绝缘电阻。如绕组已在电动机内部连接,仅引出出线端时,则测量该线端对机壳的绝缘电阻。

对于电容电动机,电容器应接入副绕组回路(除另有协议外)。

绝缘电阻测量结束后,应将绕组对地放电。

5.2 冷态绕组温度 θ_1 和冷态绕组电阻 R_1 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,则所测温度即为冷态绕组的温度 θ_1 。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。

测量冷态绕组温度 θ_1 的同时,测取冷态绕组电阻 R_1 ,参见 4.3.7。

6 温升试验

6.1 概述

温升试验的目的是确定电动机在规定负载条件下运行时绕组和电动机某些部分温度高于冷却介质温度的温升。温度的测量方法根据 4.3 和本章的有关规定进行选取。

6.2 一般性说明

试验期间应采取措施尽量减少冷却介质温度的变化。

应对被试电动机予以防护以阻挡其他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。

如试验结束时冷却介质温度与使用地点所指定的冷却介质温度之差大于 30 K,应按 GB 755 的规定对温升限值进行修正。

6.3 温升试验结束时冷却介质温度的确定

对连续工作制(S1)定额和断续周期工作制(S3)定额的电动机,应采用在试验过程中的最后 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,作为温升试验结束时冷却介质温度。

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,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。

若冷却介质为空气,则空气的温度可由几只温度计分布在电动机的四周进行测定。温度计安置在距电动机 1 m~2 m 处,球探头部所处的位置为电动机机壳高度的一半,并应防止外来辐射热及气流的影响。

6.4 电动机绕组及其他各部分温度的测量方法

6.4.1 绕组温度的测定

电动机绕组的温度用电阻法测量,包括带电测温法。

6.4.2 铁芯温度的测定

铁芯温度用温度计或热电偶测量。

6.4.3 轴承温度的测定

轴承温度的测量可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。

6.5 温升试验方法

6.5.1 负载的确定

6.5.1.1 概述

电动机应能在其额定或小于额定负载下运行,能在多速状态下运转的电动机应能在最低、中间和最高转速下施加额定负载运行,在此过程中,电动机的各部位不应达到过高的温度。

对于工作在一个电压范围内的调压类电动机以及有多种工作状态的电动机,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。

对于无固定安装位置的带有热保护器或热熔断体的电动机,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处于承受最高可能温度的位置(通常为处于电机绕组上部位置),试验过程中,热保护器或热熔断体不允许动作。

6.5.1.2 有明确额定工作点的电动机

该类电动机采用直接法,通过测功机(或带转矩测量仪的负载电机)给被试电动机施加额定负载,在额定频率、额定电压下进行试验。

对带电容运行的单相异步电动机,其温升试验应在最大损耗点进行考核。最大损耗点在额定点和空载点以及上述两点中间转速点三点中通过试验求取。

对电容运转异步电动机以及双值电容异步电动机,还应测取其空载时的温升。

6.5.1.3 带实际负载的电动机

该类电动机由于在正常工作时均带有实际负载,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、额定电压下进行试验。

6.5.2 各类电动机温升试验的持续时间

6.5.2.1 最大连续定额(或 S1 工作制)电动机

试验应持续进行到电动机各部分达到热稳定状态。

试验过程中,每隔 30 min 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。如采用带电测温法,还应测量绕组的电阻。

为了缩短试验时间,在温升试验开始时,可适当过载(25%~35%)一段时间。

6.5.2.2 短时定额(或 S2 工作制)电动机

试验持续时间即为该定额所规定的时限,试验开始时,电动机的温度与冷却介质温度差应在 5 K 以内。

试验过程中,根据工作时限长短,选择每隔 5 min~15 min 读取并记录一次试验数据,工作时间不足 5 min 时,仅读取并记录试验结束时数据。其他试验要求同 6.5.2.1。

6.5.2.3 周期定额(或 S3~S8 工作制)电动机

对断续负载,应按规定的负载周期连续运行,直至达到实际上相同的温度循环。判断的准则为:将两个工作周期上的相应点连成直线,其梯度应小于 2 K/h。如有必要,应在一段时间内,以适当的时间间隔进行测量。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,在温升试验开始时,负载可适当持续一段时间。其他试验要求同 6.5.2.1。

6.5.2.4 非周期定额(S9 工作制)电动机

温升试验应以制造厂拟定的等效连续定额按 6.5.2.1 进行,在拟定等效连续定额时,应以用户提出的考虑到额定负载和转速的变化及允许的过载程度的 S9 工作制为基础。

6.5.2.5 多种额定值电动机

对多种额定值电动机温升的测量,应在能产生最高温升时的额定值下进行。

6.5.2.6 堵转温升试验

对于电容起动和电阻起动的单相异步电动机,还应进行堵转温升试验。

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,立即测量主、副绕组的电阻以求取绕组的温升。

6.5.3 电动机停机后测得绕组电阻 R_2 和电动机各部分温度的确定

温升试验结束应迅速断电停机。要仔细地安排试验程序和适当数量的试验人员,尽快地测取绕组电阻读数和电动机各部分的温度。

从断电瞬间算起,如在切断电源后 15 s 内测得绕组电阻和温度时,则可用此电阻值计算绕组温升,测得的电动机各部分的温度可不必修正。

如不能在 15 s 内测得,应尽快以 20 s~60 s 的时间间隔读取附加的读数,把这些读数作为时间的函数绘制成曲线,采用外推法修正到断电瞬间。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 3。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。

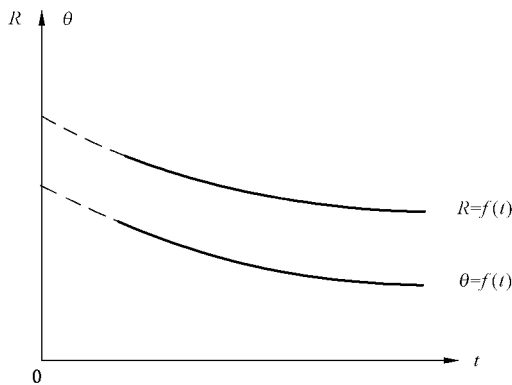


图 3 $R=f(t)$ 或 $\theta=f(t)$ 曲线

如果切断电源后测得的结果显示出温度继续上升,则应取绕组电阻/温度中的最大值。

用电阻法确定绕组的温升时,温升试验后绕组电阻和冷态绕组电阻应当用同一电阻测量仪并在同一引出线端子测量;对于永磁直流电动机,则应在相同的两片换向片间测量。

6.5.4 带电测温法测得绕组电阻 R_2 的确定

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。

6.6 绕组工作温度 θ_2 的计算

绕组工作温度是指电动机在额定负载温升试验过程中达到热稳定状态时绕组的温度,按式(9)计算:

$$\frac{\theta_2 + k}{\theta_1 + k} = \frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots (9)$$

即:

$$\theta_2 = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times (k + \theta_1) + \theta_1 \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- θ_1 ——测量冷态绕组电阻 R_1 时的绕组温度,单位为摄氏度(℃);
- R_1 ——温度为 θ_1 (冷态)时的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);
- R_2 ——温升试验结束时的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);
- k ——导体材料在 0℃时电阻温度系数的倒数,对铜绕组为 234.5,对铝绕组为 225,对于铜铝混合绕组,按 234.5 考核。

6.7 绕组温升 $\Delta\theta$ 的计算

绕组温升由式(11)计算:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_c \dots\dots\dots (11)$$

式中:

θ_c ——温升试验过程中的冷却介质温度,单位为摄氏度(℃)。

6.8 修正至基准冷却介质温度

需要时,试验期间记录的绕组电阻值应当是指一个标准的基准温度 25℃ 的值。修正绕组电阻(和

异步电动机的转差率)至基准冷却介质温度 25 ℃ 的修正系数由式(12)确定:

$$k_{\theta} = \frac{k + \theta_w + 25 - \theta_c}{k + \theta_w} \dots\dots\dots (12)$$

式中:
 θ_w —— 试验时测得的绕组温度,其计算方法参见式(10),单位为摄氏度(℃);
 θ_c —— 试验过程中冷却介质温度,单位为摄氏度(℃)。

7 效率的测定

7.1 概述

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。
本部分规定了两种不同的在给定的应用范围具有较低不确定度的首选方法,参见表 2。具体方法的选用取决于被测试电动机的类型或规格。
直接法(方法 A):使用测功机直接测量输入和输出功率。适用于所有单相交流电动机、永磁直流电动机和输出功率小于 750 W 的三相异步电动机。
损耗分析法(方法 B):各项损耗求和。附加负载损耗通过杂散损耗确定。适用于输出功率大于和等于 750 W 的三相异步电动机。

表 2 首选的效率测试方法

方法	类型	条款号	适用范围	要求的设备
直接法(A 法)	转矩测量	7.2	所有单相交流电动机、永磁直流电动机和输出功率小于 750 W 的三相异步电动机	能施加被试电动机满负荷的测功机或带转矩测量仪的负载电机、测力计、砝码
损耗分析法(B 法)	从杂散损耗确定 P_{LL}	7.3	输出功率大于和等于 750 W 的三相异步电动机	能施加被试电动机 1.25 倍满负荷的测功机,或带转矩测量仪的负载电机

7.2 直接法(A 法)

7.2.1 概述

这是一个电动机的机械输出功率通过测量轴的转矩和速度确定的测试方法。定子的电输入功率在同一试验中测量。
输出功率可用以下方法测量:
——测功机(或带转矩测量仪的负载电机,下同)法;
——绳索滑轮法。

7.2.2 输出功率的测定

7.2.2.1 测功机法和转矩测量仪法

连接被试电动机和测功机或带转矩测量仪的负载电机。
被试电动机在要求的负载下运行,直到达到热稳定。
记录 U 、 I 、 P_1 、 n 、 T 、 θ_c 。
输出功率 P_2 等于输出转矩 T 与角速度 ω 的乘积,见式(13):

$$P_2 = T \cdot \omega \dots\dots\dots (13)$$

使用国际单位制,转矩以牛米(N·m)表示,角速度以弧度每秒(rad/s)为单位,则功率的单位以瓦(W)表示。转速的单位按照惯例表示为转每分(r/min),因此有式(14):

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} = 9.55\omega \dots\dots\dots (14)$$

所以有式(15):

$$P_2 = \frac{T \cdot n}{9.55} \dots\dots\dots (15)$$

7.2.2.2 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4),改变绳索的圈数或砝码以调节电动机的负载。

被试电动机在要求的负载下运行,直到达到热稳定。

砝码与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(16)计算:

$$P_2 = \frac{(F - Q) \times r \times n}{9.55} \dots\dots\dots (16)$$

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(r/min)。

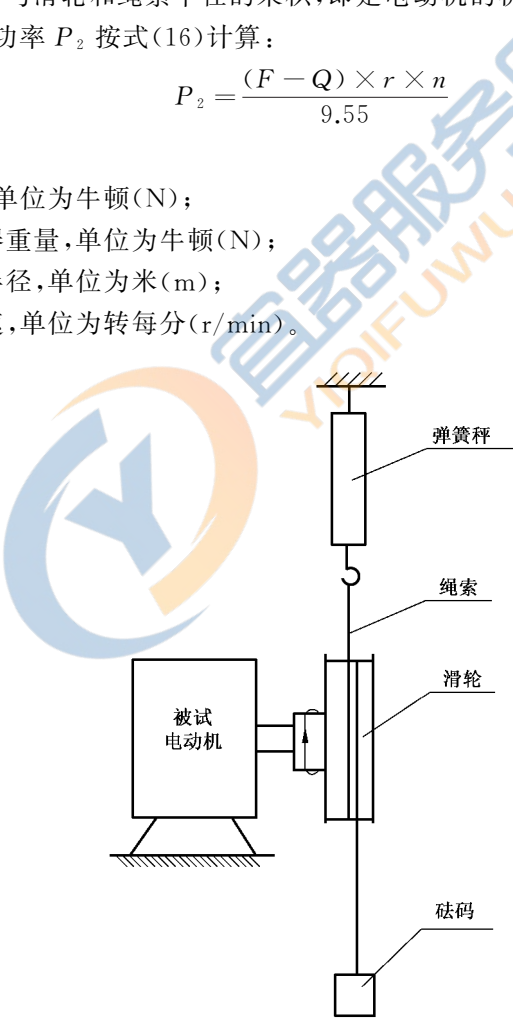


图 4 绳索滑轮法安装示意图

7.2.3 效率的计算

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 $\eta = f(P_2)$ 。

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

7.3 损耗分析法(B 法)

7.3.1 概述

这是一个通过各项损耗求和的方式确定效率的测试方法。损耗的构成有：

- 铁损耗；
- 风阻和摩擦损耗；
- 定子和转子铜损耗；
- 附加负载损耗。

为便于应用,图 5 给出了损耗分析法(B 法)的流程图,附录 D 还给出了损耗分析法(B 法)的试验报告模板。



图 5 根据损耗分析法(B 法)测定效率

7.3.2 试验程序

7.3.2.1 额定负载试验

在额定负载温升试验结束时,在记录温度、电阻的同时,记录 P_1 、 T 、 I 、 U 、 n 、 f 或 s 。

负载试验后应立即检查转矩传感器的漂移。假如偏差超过传感器的允许公差,应调整并重复测量。

7.3.2.2 负载损耗

定子绕组损耗和温度校正

在额定负载的未经修正的定子绕组损耗按式(18)计算:

$$P_s = 1.5 \times I^2 \times R_2 \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中, I 和 R_2 在 7.3.2.1 确定。

确定定子绕组损耗,采用额定负载试验中测得的定子绕组电阻 R_2 ,修正至 25 °C 的基准冷却温度,按式(19)计算:

$$P_{s,\theta} = P_s \times k_\theta \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

k_θ ——定子绕组的修正系数,参见 6.8。

转子绕组损耗和温度校正

对于未修正的转子绕组损耗,使用式(20)计算:

$$P_r = (P_1 - P_s - P_{fe}) \times s \quad \dots\dots\dots (20)$$

P_1 、 n 、 f 或 s 在 7.3.2.1 确定;

P_s 根据式(18)确定;

P_{fe} 根据 7.3.2.5 确定。

修正后的转子绕组损耗使用修正后的定子绕组损耗值按式(21)计算:

$$P_{r,\theta} = (P_1 - P_{s,\theta} - P_{fe}) \times s_\theta \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

P_{fe} 参见 7.3.2.5,修正到 25 °C 基准冷却温度;

$s_\theta = s \times k_\theta$,是修正至 25 °C 基准冷却温度的转差率, k_θ 是修正系数,参见 6.8。

输入功率的温度修正

采用经修正的定子和转子绕组损耗,修正的输入功率按式(22)计算:

$$P_{1,\theta} = P_1 - (P_s - P_{s,\theta} + P_r - P_{r,\theta}) \quad \dots\dots\dots (22)$$

7.3.2.3 负载曲线测试

本试验应在额定负载试验后电动机在运行温度时立即进行。

如果不可能,在本试验开始记录数据之前,绕组的温升与额定负载温升试验时获得的初始温升 θ_2 应在 5 K 以内。

在下列 6 个负载点对电动机施加负载:约为额定负载的 125%、115%、100%、75%、50% 和 25%。这些试验应尽可能快地进行,以减少试验过程中电动机温度的变化。

各测试点之间,电源频率的变化应小于 0.1%。

在最高负载读数之前和最低负载读数之后测量 R 。100% 负载和更高负载的电阻应是最高负载读数之前确定的值。负载小于 100% 的电阻应被确定为随负载线性变化,使用最高负载测试前的读数和

最低 25% 负载测试后的读数。

注：电阻也可通过使用安装在绕组中的温度监测装置测定定子绕组温度。各负载点的电阻可从该点的绕组温度确定，并与试验开始前时测得的电阻和温度相关联。

记录每个负载点的 P_1 、 T 、 I 、 U 、 n 、 f 或 s 。

定子绕组损耗

在每个负载点的定子绕组损耗按式(23)计算：

$$P_s = 1.5 \times I^2 \times R \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中 I 和 R 根据每个负载点确定。

转子绕组损耗

在每个负载点的转子绕组损耗按式(24)计算：

$$P_r = (P_1 - P_s - P_{fe}) \times s \quad \dots\dots\dots (24)$$

P_1 、 n 、 f 或 s 根据负载试验确定；

P_s 根据式(23)确定；

P_{fe} 根据 7.3.2.5 确定。

7.3.2.4 空载试验

空载试验应在负载曲线试验后，在热的电动机上立即进行。

试验在下列 8 个电压值进行，包括额定电压，以便：

——在约 110%、100%、95% 和 90% 额定电压的值，用于测定铁芯损耗；

——在约 60%、50%、40% 和 30% 额定电压的值，用于测定风阻和摩擦损耗。

试验应尽可能快地与采取降序排列电压的试验数据的读取同时进行。

记录在每个电压值的 U_0 、 I_0 、 P_0 。

在空载试验之前和之后迅速测定电阻 R_{00} 。

每个电压点内插的绕组电阻应由试验前后的电阻与电功率 P_0 线性地插入计算。

注 1：对于异步电动机， R_{00} 即 $R_{11,0}$ 。由于电阻非常低，电阻测量是不可行的，计算出的值是允许的。

注 2：对于交流电动机，电阻也可通过利用安装在绕组的温度感测设备来测量定子绕组的温度来确定。每个电压点的电阻可通过与试验开始前测得的电阻和温度相关联的该点的绕组温度来确定。

对于连接测功机或负载电机的电动机， P_0 由 T 和 n 确定。

7.3.2.5 恒定损耗

从空载输入功率减去空载绕组损耗得到恒定损耗，即摩擦、风阻和铁损耗的总和。为记录的每个电压值确定恒定损耗，按式(25)计算。

$$P_c = P_0 - P_s = P_{fw} + P_{fe} \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中的 P_s 按式(26)计算：

$$P_s = 1.5 \times I_0^2 \times R_{11,0} \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中：

$R_{11,0}$ ——在每个电压点的插值绕组电阻。

摩擦和风阻损耗

从约 60% 电压和 30% 电压间的四个或更多个连续的空载损耗点获得恒定损耗 (P_c) 对电压平方 (U_0^2) 的曲线。

线性推导至零电压，确定在零电压的截距，即为约在同步转速的摩擦和风阻损耗 P_{fw0} 。

铁耗

从约 90% 至 110% 额定电压, 获得 $P_{fe} = P_c - P_{fw}$ 对电压 U_0 的曲线。

为了确定在满负载的铁耗, 应按式(27)计算在绕组中产生电阻压降的内部电压 U_i :

$$U_i = \sqrt{\left(U - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I \cdot R \cdot \cos\varphi\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I \cdot R \cdot \sin\varphi\right)^2} \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中 $\cos\varphi$ 按式(28)计算, $\sin\varphi$ 按式(29)计算:

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} \times U \times I} \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} \quad \dots\dots\dots (29)$$

U 、 P_1 、 I 和 R 取自 7.3.2.1 负载试验。

满负载的铁耗应从铁耗—电压 U_0 曲线在电压 U_i 处插值获得。

在满负载的铁耗可以通过使用比率 $(U_i/U_N)^2$ 乘以空载铁耗来计算。

由于定子漏电感是未知的, 该电压仅考虑电阻电压下降。由于在空载时功率因数较低, 在空载测量期间该电阻压降可忽略, 应仅在负载值时考虑。

7.3.2.6 附加负载损耗 P_{LL} **杂散损耗 P_{Lr}**

杂散损耗应为每个负载点从输入功率中减去输出功率、未修正的定子绕组在测试时电阻的损耗、铁耗、风阻和摩擦损耗以及未修正的对应于确定的转差率值的转子绕组损耗来确定, 按式(30)计算。

$$P_{Lr} = P_1 - P_2 - P_s - P_r - P_{fe} - P_{fw} \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中 P_{fw} 按式(31)计算:

$$P_{fw} = P_{fw0} \times (1 - s)^{2.5} \quad \dots\dots\dots (31)$$

杂散损耗数据的处理

杂散损耗数据基于损耗是负载转矩平方变量的函数关系, 应通过线性回归分析进行平滑处理(见图 6), 如式(32):

$$P_{Lr} = A \times T^2 + B \quad \dots\dots\dots (32)$$

A 和 B 是使用下式从 6 个负载点确定的常数:

A 是根据式(33)求得的斜率:

$$A = \frac{i \cdot \sum (P_{Lr} \cdot T^2) - \sum P_{Lr} \cdot \sum T^2}{i \cdot \sum (T^2)^2 - (\sum T^2)^2} \quad \dots\dots\dots (33)$$

B 是根据式(34)求得的截距:

$$B = \frac{\sum P_{Lr}}{i} - A \cdot \frac{\sum T^2}{i} \quad \dots\dots\dots (34)$$

i 是求和负载点的数量。

截距 B 应比额定转矩时的附加负载损耗 P_{LL} 小很多 ($< 50\%$), 否则测量可能是错误的, 并进行检查。

注: 截距 B 可以是正数或负数。图 6 给出了一个截距 B 为正数的例子。

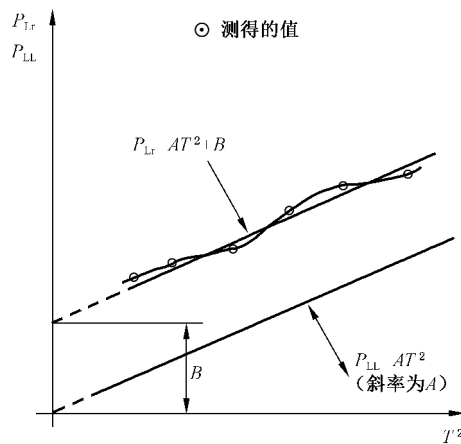


图 6 杂散损耗数据的平滑处理

相关系数由式(35)计算:

$$\gamma = \frac{i \times \sum (P_{Lr} \times T^2) - (\sum P_{Lr}) \times (\sum T^2)}{\sqrt{[i \times \sum (T^2)^2 - (\sum T^2)^2] \times [i \times \sum P_{Lr}^2 - (\sum P_{Lr})^2]}} \quad \dots\dots\dots (35)$$

当相关系数 γ 小于 0.95 时,删除最坏点并重复该回归。如果 γ 增加到 ≥ 0.95 ,使用第二次回归结果;如果 γ 仍小于 0.95,试验是不能令人满意的,表明存在仪器仪表或测试读数的错误,或两者都存在。应调查和纠正错误的根源,并重新进行测试。在试验数据良好的情况下,0.98 或更好的相关系数是可能的。

当斜率常数 A 确定后,各负载点的附加负载损耗的值应通过使用式(36)确定:

$$P_{LL} = A \times T^2 \quad \dots\dots\dots (36)$$

7.3.3 效率的确定

总损耗

总损耗应通过调整后的铁耗、修正后的摩擦和风阻损耗、负载损耗和附加负载损耗的总和求得,按式(37)计算:

$$P_T = P_{fe} + P_{fw} + P_{s\theta} + P_{r\theta} + P_{LL} \quad \dots\dots\dots (37)$$

式中 P_{fw} 按式(38)计算:

$$P_{fw} = P_{fw0} \cdot (1 - s_\theta)^{2.5} \quad \dots\dots\dots (38)$$

P_{fw} 是修正后的摩擦和风阻损耗。

效率

效率由式(39)确定:

$$\eta = \frac{P_{1,\theta} - P_T}{P_{1,\theta}} \quad \dots\dots\dots (39)$$

式中:

$P_{1,\theta}$ ——经温度修正的额定负载试验时的输入功率。

7.4 交流电动机功率因数的计算

单相交流电动机的功率因数按式(40)计算:

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{U_1 \times I_1} \quad \dots\dots\dots (40)$$

三相交流电动机的功率因数按式(41)计算:

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} \times U_1 \times I_1}$$

.....(41)

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)。

8 堵转试验

堵转试验在电动机接近实际冷态下进行。试验时,应将转子堵住,电动机施以额定电压,转子在360°机械角度内的5个等分位置上分别测定堵转时的电流 I_k 和转矩 T_k 。

堵转转矩定义为5个点中测得的最小转矩。

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(参见图7单相异步电动机堵转特性曲线)。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。

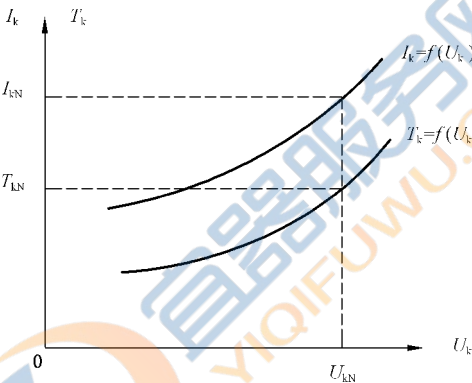


图7 电动机堵转特性曲线

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,然后分别在上述两个位置上在从不低于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5~7点读数。每点应同时测取下列数值:电压、电流及转矩。每点读数时,通电持续时间应不超过5s,以免绕组过热。

检查试验时,可在额定电压下,任一转子位置上测定。

9 其他试验项目

9.1 尺寸检查

9.1.1 外形及安装尺寸检查

可用游标卡尺或千分尺检查电动机的外形及安装尺寸,尺的分辨率应优于被检查尺寸公差范围的1/10。

9.1.2 轴向窜动量

电动机轴向水平放置并固定在平板上,千分表的测量头置于轴伸顶端,将表3中规定的力沿轴线加

在转轴上,先是一个方向,然后是相反方向,千分表两次读数之差即为轴向窜动量。

表 3 测量轴向间隙时施加在电动机轴向的力

波形弹簧规格	D16	D19	D22	D26	D28	D30	D32	D35	D40	D42	D47	D52
波形弹簧外径 D/mm	15.4	18.6	21.4	25.0	27.2	29.0	31.4	34.0	38.6	40.6	45.5	50.5
施加的力 F/N	50	60	70	80	90	100	110	130	160	170	190	210
注 1: 波形弹簧规格代号的规定参见 JB/T 7590—2005。 注 2: 表中之外波形弹簧规格施加的力可通过下式计算: $F = 4.88D - 35$												

9.1.3 形状和位置误差检查

9.1.3.1 总则

电动机的形状误差和位置误差(以下简称形位误差)的检测原则、检测条件、评定方法及检测方案应符合 GB/T 1958 的规定。

测量形位误差时,表面粗糙度、划痕、擦伤以及塌边等其他外观缺陷,应排除在外。

电动机常见形位公差测量截面和测点的布置按下述规定。

9.1.3.2 轴伸径向圆跳动

电动机轴向水平放置并固定在平板上,千分表的测量头置于轴伸长度一半处,缓慢平稳地转动转轴一周,千分表的最大与最小读数之差即为轴伸径向圆跳动。

9.1.3.3 安装凸缘止口对电动机轴线的径向圆跳动

电动机转轴垂直放置并固定在平板上,千分表的测量头置于安装凸缘止口配合面上,转动定子,千分表的最大与最小读数之差即为安装凸缘止口对电动机轴线的径向圆跳动。

对于体积较大的电动机,也可以将电动机机壳固定在平板上,带千分表的测量架固定在轴伸上,千分表的测量头置于安装凸缘止口配合面上,转动转子进行测量。

9.1.3.4 安装凸缘配合面对电动机轴线的端面圆跳动

电动机转轴垂直放置并固定在平板上,千分表的测量头置于安装凸缘配合面的外缘,转动定子,千分表的最大与最小读数之差即为安装凸缘配合面对电动机轴线的端面圆跳动。

对于体积较大的电动机,也可以将电动机机壳固定在平板上,带千分表的测量架固定在轴伸上,千分表的测量头置于安装凸缘配合面的外缘,转动转子进行测量。

9.1.3.5 底脚支承面的平面度

将电动机放置在平板上,使用塞尺测量电动机底脚和平板之间的间隙,测得不同点上若干截面的直线度误差值,取其中最大值即为底脚支承面的平面度。

9.1.3.6 电动机轴线对底脚支承面的平行度

电动机轴向水平放置并固定在平板上,轴线用轴伸的上素线模拟,在测量距离为 L_2 的轴伸上的两个位置测得的示值分别为 M_1 和 M_2 ,电动机轴线对底脚支承面的平行度误差按式(42)计算:

$$f = \frac{L_1}{L_2} \times |M_1 - M_2| \dots\dots\dots (42)$$

式中：
 L_1 ——轴的长度。

9.1.3.7 轴伸上键槽的对称度

宜使用键槽加工完毕后尚未装配的轴进行测量。

如图 8 所示,基准轴线由 V 形块模拟,被测中心平面由定位块模拟,调整被测轴使定位块沿径向与平板平行。在键槽长度两端的径向截面内测量定位块至平板的距离。再将被测轴旋转 180°后重复上述测量,得到两径向测量截面内的距离差之半 Δ_1 和 Δ_2 ,键槽的对称度的误差按式(43)计算:

$$f = \frac{2\Delta_2 h + d(\Delta_1 - \Delta_2)}{d - h} \dots\dots\dots (43)$$

式中：
 d ——轴的直径；
 h ——键槽深度。
注：以绝对值大者为 Δ_1 ,小者为 Δ_2 。

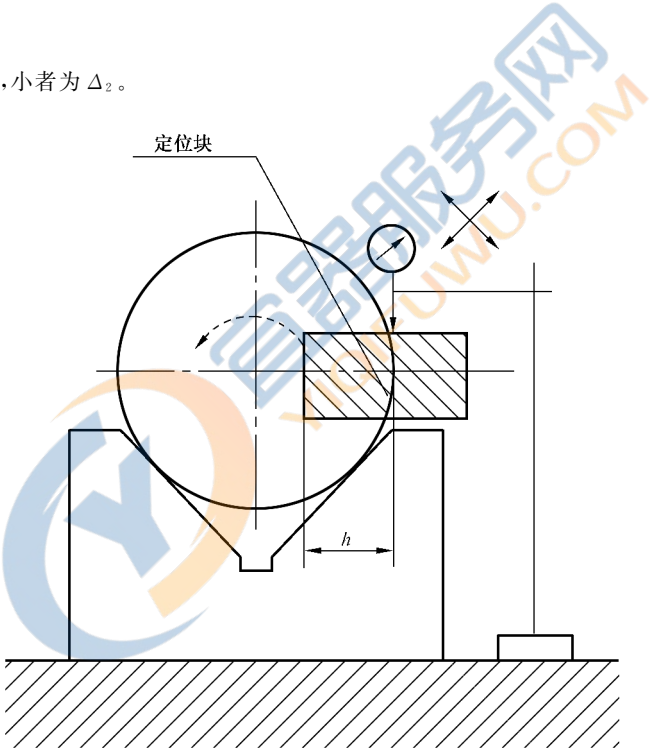


图 8 键槽对称度测量示意图

9.2 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/T 5171.1 或该类型电动机的产品标准的规定。

9.3 最大转矩的测定

9.3.1 概述

最大转矩的测定方法有下列两种：

- 测功机法；
- 转矩测量仪法。

测定时，应在额定电压下进行。如试验电压不能达到额定电压，试验电压应控制在 0.9~1.1 倍额定电压范围内，测得的最大转矩值应按 9.3.4 换算。

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。

9.3.2 转矩测量仪法

用转矩测量仪法测定最大转矩时，应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，测取的点数应满足正确求取各种转矩(最大转矩、最小转矩、同步转矩和堵转转矩)的需要，在这些转矩附近，测量点应尽可能密一些。

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

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，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。

9.3.3 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出现最大值，读取此数值，并同时读取被试电动机的端电压。

9.3.4 最大转矩值的换算

当试验电压在 0.9~1.1 倍额定电压范围内时，最大转矩按式(44)换算：

$$T_{\max} = T_{\max t} \left(\frac{U_N}{U_t} \right)^2 \dots\dots\dots (44)$$

式中：

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

9.4 最小转矩的测定

9.4.1 概述

最小转矩是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，则以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。

笼型电动机在起动过程中最小转矩的测定方法有下列两种；

- 测功机法；
- 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。如试验电压不能达到额定电压，当试验电压在 0.95~1.05 倍额定电压范围内时，最小转矩按 9.4.4 换算。

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。

9.4.2 转矩测量仪法

用转矩测量仪法测定最小转矩时,应从堵转状态开始使转速逐渐升高,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起动被试电动机,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 9.3.3。

9.4.3 测功机法

用测功机作被试电动机的负载,最小转矩从测功机测力计上读出。

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中间转速(某一转速,机组在该转速下能稳定运行而不升速)。断开被试电动机的电源,调节测功机的电源电压(或励磁电流),使其转速约为中间转速的 1/3。然后将电动机供电电压升至额定值时再接通;迅速调节测功机的电源电压(或励磁电流),直至加速测功机的测力计读数出现最小值,读取此数值。

9.4.4 最小转矩值的换算

最小转矩按式(45)换算:

$$T_{\min} = T_{\min t} \left(\frac{U_N}{U_t} \right)^2 \dots\dots\dots (45)$$

式中:

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

9.5 转动惯量的测定

9.5.1 单钢丝法

采用单钢丝悬挂转子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(46)较准确地计算出假转子的转动惯量 J' 。假转子的质量应能将所选用的钢丝拉直且钢丝不变形。把假转子可靠地悬挂在长度 $l \geq 0.5$ 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(47)计算被试电动机的转动惯量 J 。

假转子的转动惯量 J' 按式(46)计算:

$$J' = \frac{mD^2}{8} \dots\dots\dots (46)$$

式中:

J' ——假转子的转动惯量,单位为千克平方米(kg·m²);

D ——圆柱体直径,单位为米(m);

m ——直径 D 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(47)计算:

$$J = J' \frac{T^2}{(T')^2} \dots\dots\dots (47)$$

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)。

9.5.2 双钢丝法

采用双钢丝悬挂转子扭转摆动法测定电动机转子的转动惯量。

用两根平行的钢丝将被试电动机转子悬挂起来,使其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,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(48)求取：

$$J = \frac{T^2 a^2 m g}{l (4\pi)^2} \dots\dots\dots (48)$$

式中：

g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(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)。

9.6 永磁电动机的磁稳定性检查

试验前先测量电动机的空载电流,之后电动机在 1.1 倍额定电压下,经受顺、逆两个转向交替直接起动各五次,再次测量电动机的空载电流,与试验前测得的空载电流相比较来判定电动机的磁稳定性。

9.7 噪声的测定

电动机噪声的测定按 GB/T 10069.1 的规定进行。

9.8 振动的测定

电动机振动的测定按 JB/T 10490 的规定进行。

9.9 电气强度试验

9.9.1 试验的一般要求

在试验前应先测定绕组的绝缘电阻。如需要进行超速、短时过转矩或偶然过电流试验时,本项试验应在这些试验后进行;如需进行温升试验,则应在温升试验后立即进行。

试验应在电动机静止状态下进行。

试验电压施加于被试绕组对机壳间及绕组相互间,对于相互连接的多相绕组,如各相始末端不是单独引出的可作为一单独电路进行试验。

9.9.2 试验电压

试验电压的频率为 50 Hz,波形为实际正弦波,试验设备的容量不小于 0.5 kVA,试验电压(有效值)为 $1\,000\text{ V} + 2U_{\text{rms,max}}$,但最低为 1 500 V。对于额定电压在 100 V 以下的电动机的绝缘绕组,其试验电压(有效值)为 $500\text{ V} + 2U_{\text{rms,max}}$ 。 $U_{\text{rms,max}}$ 为最大有效值运行电压。

9.9.3 跳闸电流

电气强度试验中不应出现击穿。当在试验电路中电流超过 10 mA 时,假定已出现击穿。对于湿热

试验后的电气强度试验,当在试验电路中电流超过 30 mA 时,假定已出现击穿。

注:试验电路中装有一电流传感器,在电流超过限值时跳闸。

9.9.4 试验时间

试验时,施加的电压应从不超过试验电压全值的一半开始,逐渐地升高到试验电压的全值,试验电压自半值增加至全值的时间应不少于 10 s,全值电压试验时间应持续 1 min。在大量生产中作检查试验时,允许用 9.9.2 规定的试验电压值的 120%,历时 1 s 的试验代替,试验电压用试棒施加。

9.9.5 带控制器的电动机的耐电压试验

对于带控制器的电动机,试验电压还应施加于电路与控制器壳体的接地部件之间及彼此无电连接的导电部件之间进行。

试验时,所有电力半导体元器件的端子应短接,接地电容断开,印刷电路板可以拔除。对有些因绝缘损坏会导致高电压进入低压电路的部件(如脉冲变压器、互感器等),应能承受相应的试验电压。

9.10 重复电气强度试验

电动机在验收时不应重复进行本项试验,但如用户提出要求,允许再进行一次电气强度试验,试验电压应为 9.9.2 规定的试验电压值的 80%。如有需要,在试验前应将电机烘干。

9.11 匝间绝缘电气强度试验

多匝线圈或绕组应进行匝间绝缘试验,以考核绕组匝间绝缘承受过电压的能力。试验可采用匝间冲击电气强度试验或短时升高电压试验。

a) 匝间冲击电气强度试验:

将具有规定峰值和波前时间的冲击电压波,交替(或同时)地直接施加于同一设计的被试品绕组或参照品绕组上,利用冲击电压在两者中引起的衰减振荡波形是否有差异来检测电动机绕组匝间绝缘是否良好。

对于 380 V, 50 Hz 三相交流电动机,峰值电压不小于 2 500 V,波前时间为 0.2 μ s。

对于 220 V, 50 Hz 单相交流电动机,峰值电压不小于 2 100 V,波前时间为 0.2 μ s。

对于换向器电动机,冲击电压采用片间法或跨距法,试验电压一般应加在 180 度角的两个换向片之间。额定电压为 220 V 的电动机其试验峰值电压不小于 1 100 V,对其他额定电压的电动机冲击电压试验的峰值按确定 5 倍 U_N (U_N 为电动机额定电压),但最低为 500 V。

电动机的冲击试验的试验方法按 GB/T 22719.1 进行。

b) 短时升高电压试验:

试验电动机在 130% 额定电压下空载运行,历时 3 min(电容运转电机为 1 min)。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),但应不超过超速试验中所规定的转速。

试验过程中观察电动机是否出现冒烟等击穿现象。

9.12 工作温度下的泄漏电流测试

电动机以 1.06 倍的额定电压供电,在额定负载或实际负载条件下运行。

电动机如装有无无线电干扰滤波器,试验前应予断开。

泄漏电流通过用 GB/T 12113—2003 中图 4 所描述的测量网络进行测量,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 cm $\times$ 10 cm,它与绝缘材料的易触及表面相接触。

GB/T 12113—2003 中图 4 所示的电压表应能测量电压的真有效值。

对于单相电动机,其测量电路在图 9 中给出。将选择开关分别拨到 a、b 的每一个位置来测量泄漏电流。

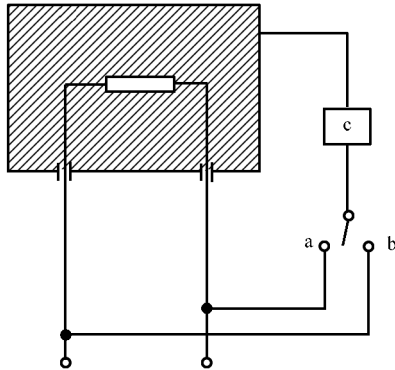


图 9 单相电动机在工作温度下泄漏电流的测量电路图

对三相电动机,其测量电路在图 10 中给出。将开关 a、b 和 c 拨到关闭位置来测量泄漏电流。然后,将开关 a、b 和 c 的每个轮流打开,而其他两个开关仍处于关闭位置再进行重复测量,对只打算进行星形连接的电动机,不连接中性线。

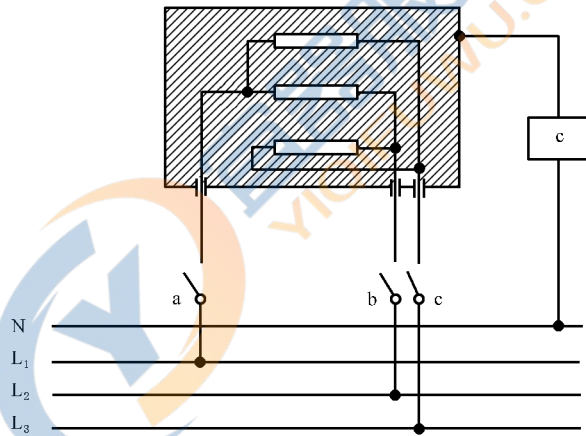


图 10 三相电动机在工作温度下泄漏电流的测量电路图

在图 9 与图 10 中:

a、b、c:单刀单掷开关;

L_1 、 L_2 、 L_3 :三相电源线;

N:中性线;

C:GB/T 12113—2003 中的图 4 测量网络。

9.13 偶然过电流试验

偶然过电流试验适用于带有保护装置的电动机。规定旋转电机过电流能力是为了使电机能与控制和保护装置相匹配。

偶然过电流试验应在额定电压、额定频率下进行。

试验时,电动机在热状态下逐渐增加负载,在规定的时间内使电动机电流达到规定的过电流,过电流限值和时间按 GB/T 5171.1 或该类型电动机的产品标准的规定。

试验过程中,保护装置不应动作。

9.14 超速试验

如各类型电动机的技术条件中无其他规定时,超速试验允许在冷态下进行。

超速试验前应仔细检查电动机的装配质量,特别是转动部分的装配质量,防止转速升高时有杂物或零件飞出。

超速试验时应采取相应的安全防护措施,对被试电动机的操控或需要时对其振动、转速和温度等参数的测量应采用远距离测量方法。

试验时,将电动机的转速提高到 GB/T 5171.1 或各类型电动机的技术条件中规定的转速,历时 2 min。

超速的方法可根据电动机的类型进行选择,比如:

- 提高被试电动机的电源频率;
- 提高电动机的电源电压;
- 用原动机驱动被试电动机;
- 通过变速装置驱动被试电动机。

超速试验后应仔细检查电动机的转动部分是否有损坏或产生有害的变形,紧固件是否松动以及其是否有其他不允许的现象出现。

9.15 防护等级测试

电动机的防护等级测试按 GB/T 4942.1 的规定进行。

9.16 湿热试验

电动机的湿热试验按 GB/T 12665 的规定进行。

9.17 其他环境试验

电动机的其他环境试验,如低温试验(低温运转、低温贮存)、高温试验(高温运转、高温贮存)、温度变化试验、冲击试验、振动试验、盐雾试验等,按 GB/T 2423 相关的规定进行试验,试验条件按标准的规定进行选择。

9.18 其他安全试验

除非本标准有其他规定,小功率电动机的其他安全要求的试验方法按 GB 12350 的规定。

9.19 工作期限试验

9.19.1 试验条件

工作期限试验时的环境条件和电气条件应模拟实际使用中的条件,如无特别规定,应符合如下要求:

- a) 环境空气温度: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- b) 输入电压:受试样品的输入电压在额定电压标称值的 $\pm 5\%$ 范围内变化:
试验时,以 8 h 为单位分配输入电压的变化:电压上限 8 h,标称值 8 h,电压下限 8 h,标称值 8 h,如此循环。
对于双向运转的电动机,每单位时间变换一次旋转方向。
单位时间也可根据实际需要适当调整,但最长不宜超过 24 h。

对于短时工作制(S2)的电动机,在额定负载下按给定的时间运行,随之停机和断能,断能的时间应足以使电动机再度冷却到与冷却介质之差在 2 K 以内。

9.19.2 试验流程

9.19.2.1 抽样

从出厂检验合格的电动机中随机抽取一定数量的样品,样品数量根据下列试验方案确定。

9.19.2.2 试验方案

9.19.2.2.1 单八制试验方案

抽取 8 台电动机,全部一直试验到规定的工作期限。
如果不合格的台数不超过 2 台,则认为试验合格。

9.19.2.2.2 双三制试验方案

抽取 6 台电动机,以 3 台为一组分为两组,先试验一组 3 台,一直试验到规定的工作期限。
如果都合格,则认为试验合格;如果有两台及以上不合格,则认为试验不合格;如果有一台不合格,则再试另一组 3 台,一直试验到规定的工作期限,若不再有不合格,则认为试验合格。在任何情况下只要总共有 2 台或更多台不合格,则认为试验不合格。

注:单八制试验方案和双三制试验方案的确定客观上是基于对电动机的有限数量的结果采用基本相同的统计特性(接收质量限:10%)。

9.19.2.2.3 其他试验方案

也可以采用 GB/T 2828.1 规定的其他方法。接收质量限应为 10%。选定的试验方法应在试验报告中说明。

9.19.2.3 试验前检查

在进行工作期限试验之前,为避免将从生产现场到实验室运输过程中造成损坏的电动机投入试验,先对所有试验样品外观进行检查,并进行试运转,以确认电动机处于合格状态。

9.19.2.4 负载加入

使用实际负载或模拟负载使电动机在额定负载下按规定的工作制运行。
运行过程中是否更换易损的零部件,如电刷,在具体产品标准中规定。

9.19.2.5 试验过程中检查

试验过程中按照表 4 要求,每 8 h 进行一次巡检。

表 4 工作期限试验过程中检查项目

序号	检查项目
1	电动机是否处于正常运行状态
2	电动机运行时是否有异常噪声
3	电动机运行时是否有异常振动或位移

9.19.2.6 试验过程中的维护

每 8 h 进行的巡检中对试验所用的负载进行一次检查,保证负载处于额定状态。

9.19.2.7 试验终止

试验过程中有 1 台样机出现故障,或每台电机的累计运行工作时间达到工作期限时试验终止。

9.19.2.8 试验结束后检查

试验结束后,对产品标准中规定的功能和主要性能进行检查。

9.19.2.9 故障的统计

对试验中出现的故障,如果不能证明是试验过程中施加的应力不当或试验设备等非产品本身问题时,不应对产品进行更换,而应计为产品故障。



附 录 A
(规范性附录)
仪器仪表损耗的修正方法

A.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 A.1、图 A.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。

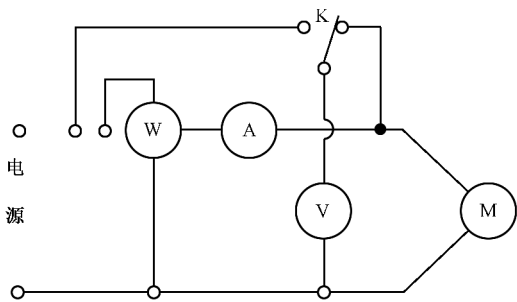


图 A.1

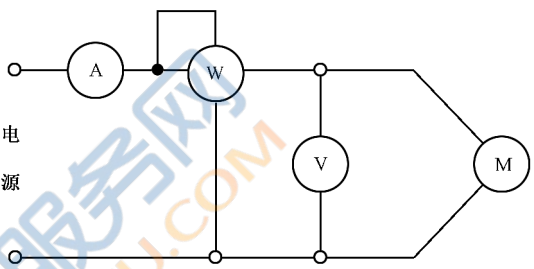


图 A.2

在考虑对仪表损耗修正时,图 A.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 A.2 的接法时,电流表的损耗随负载电流的变化而不同。

A.2 按图 A.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(A.1)计算,并将它们从测得的功率中减去。

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

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_{WA} —— 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)。

A.3 按图 A.2 接线时,仪表损耗的修正

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

$$P_r = \frac{U^2}{R_r} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$P_w = \frac{U^2}{R_{wv}} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

U ——电压表的读数,单位为伏特(V)；

R_r ——电压表回路的总电阻,单位为欧姆(Ω)；

R_{wv} ——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)。



附 录 B
(规范性附录)

测功机转矩读数修正值 T_c 的确定

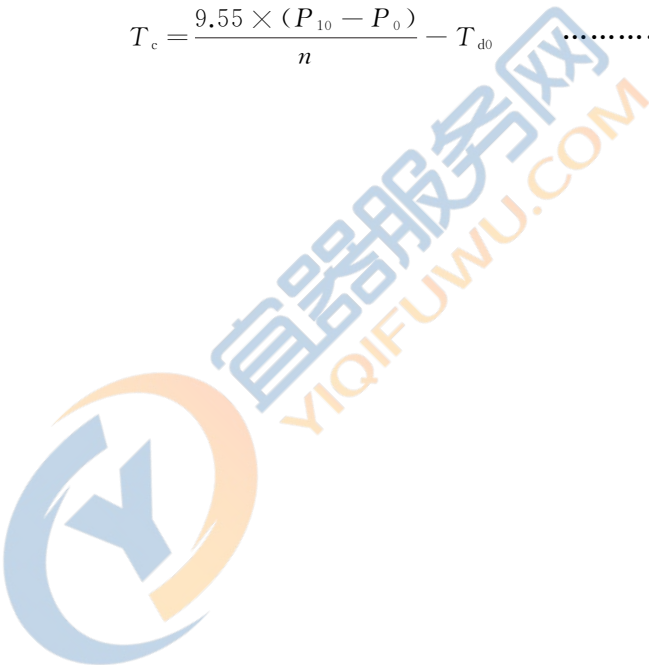
当通过支架基础结构的测功机进行转矩测量时,应当进行转矩修正测试以补偿负载机器的轴承摩擦等损失。

电动机连接测功机,测功机的电枢和励磁回路均应开路。电动机施加适当的输入电压,使得电动机的转速达到并保持在测得被修正的转矩 T_d 时电动机的转速 n ,记录此时的输入功率 P_{10} 和测功机的转矩 T_{d0} 。

之后,电动机的空载(不连接测功机),电动机施加适当的输入电压,使得电动机的转速达到并保持在测得被修正的转矩 T_d 时电动机的转速 n ,记录此时的输入功率 P_0 。

转矩修正值 T_c 按式(B.1)计算:

$$T_c = \frac{9.55 \times (P_{10} - P_0)}{n} - T_{d0} \dots\dots\dots (B.1)$$



附录 C

(规范性附录)

热电偶的选择、制备、布置、安装、连接的规范

C.1 目的

本附录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。

C.2 范围

本附录适用于电动机和类似产品测试中温度测量所用热电偶。

本附录描述的操作规范,并不限制其他的有效实用的操作规范。

C.3 热电偶的选择

C.3.1 选择热电偶时应在制造商规定的工作参数范围内选用,例如温度范围。

C.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。

C.4 热电偶的制备

C.4.1 热电偶应由经过培训的员工制备。

C.4.2 热电偶应按如下要求制备:

- a) 剥去内层绝缘直至距离测量接点约 1.5 mm 处;
- b) 如有外层绝缘,剥去外层绝缘直至距离测量接点约 15 mm 处;
- c) 测量接点通过点焊连接。

C.5 热电偶的布置

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

C.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)。

C.6 热电偶的安装

C.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。

C.6.2 热电偶引线应固定在与焊接点相同的温度环境中。

C.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,应尽可能少地使用胶带,以减小自然散热效果。

C.6.4 热电偶的固定方式有:绑扎、粘合和锡焊等。

- a) 绑扎:用细线绑扎,比较适用于像绝缘导线类的圆形物体。
- b) 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。
- c) 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。

C.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。在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的连接。



附 录 D
(资料性附录)
损耗分析法(B 法)的试验报告模板

试验日期		报告编号		报告日期	
电动机描述					
额定输出功率	kW			制造商	
额定电压	V			型号	
额定电流	A			系列号	
额定转速	r/min			工作制	
频率	Hz			绝缘等级	
相数	—			最高环境温度	℃
效率等级	IE 代码				
初始电机条件				额定负载试验	
试验电阻	R_1	Ω		试验电阻	R_2 Ω
绕组温度	θ_1	℃		绕组温度	θ_2 $^{\circ}\text{C}$
冷却介质温度	θ_c	℃		冷却介质温度	θ_c $^{\circ}\text{C}$
负载曲线试验			负载试验前电阻		
额定输出功率		%	125%	115%	100%
转矩	T	N·m			
输入功率	P_1	W			
线电流	I	A			
转速	n	r/min			
端电压	U	V			
频率	f	Hz			
绕组温度	θ_w	℃			
			负载试验后电阻		
			R Ω		
空载试验			空载试验前电阻		
额定电压		%	110%	100%	95%
输入功率	$P_{1,0}$	W			90%
线电流	I_0	A			60%
端电压	U_0	V			50%
频率	f_0	Hz			40%
绕组温度	θ_w	℃			30%
			空载试验后电阻		
			R Ω		

效率确定								
修正后额定输出功率	$P_{2,\theta}$	%	125%	115%	100%	75%	50%	25%
修正后输出功率	$P_{2,\theta}$	W						
修正后转差率	s_θ							
修正后输入功率	$P_{1,\theta}$	W						
铁耗	P_{fe}	W						
修正后风摩耗	$P_{fw,\theta}$	W						
附件负载损耗	P_{LL}	W						
修正后定子损耗	$P_{s,\theta}$	W						
修正后转子损耗	$P_{r,\theta}$	W						
功率因数	$\cos\varphi$	%						
效率	η	%						

测试:_____ 审核:_____



参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.25—2008 电工术语 旋转电机
 - [2] GB/T 2900.27—2008 电工术语 小功率电动机
 - [3] JB/T 7590—2005 电机用钢质波形弹簧 技术条件
 - [4] IEC 60034-2-1:2014 旋转电机 第 2-1 部分:确定损耗和效率的试验方法(牵引电机除外)
[Rotating electrical machines—Part 2-1:Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)]
-

