



中华人民共和国国家标准

GB/T 22672—2008

小功率同步电动机试验方法

Test procedures for small power synchronous motors

2008-12-31 发布

2009-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

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 试验要求	2
4.1 试验电源	2
4.2 测量仪器	2
4.3 测量要求	2
4.4 测量线路	2
5 定子绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定	5
5.1 测定时电动机的状态	5
5.2 兆欧表的选用	5
5.3 测量方法	5
6 定子绕组在实际冷状态下直流电阻的测定	5
6.1 实际冷状态下绕组温度的测定	5
6.2 绕组直流电阻的测量	5
7 空载电流和空载损耗的测定	6
8 堵转转矩和堵转电流的测定	6
8.1 测定要求	6
8.2 测定方法	6
8.3 测定结果的换算	7
9 起动过程中最小转矩的测定	7
9.1 用电机测功机测定	7
9.2 用磁滞或磁粉测功机测定	7
9.3 用转矩测量仪测定	8
10 失步转矩的测定	8
10.1 电机测功机法	8
10.2 磁滞、磁粉及涡流等测功机法	8
10.3 绳索滑轮法	8
10.4 转矩测量仪法	9
11 牵入转矩的测定	9
11.1 电机测功机法	10
11.2 磁滞、磁粉及涡流等测功机法	10
11.3 绳索滑轮法	10
12 温升试验	11
12.1 概述	11
12.2 温升试验时冷却空气温度的测定	11
12.3 停车后定子绕组电阻的修正	11

12.4	温升试验方法	12
13	效率和功率因数的测定	12
13.1	效率的测定	12
13.2	功率因数的求取	13
14	电源电压下降后失步转矩的测定	13
15	输入功率和输入电流的测定	14
16	感应电压测定	14
17	超速试验	14
18	噪声的测定	14
19	振动的测定	14
20	外壳防护等级(IP)测试	14
21	湿热试验	14
22	定子绕组短时升高电压试验	14
23	定子绕组对机壳及绕组相互间的耐电压试验	14
23.1	试验要求	14
23.2	耐电压试验方法	15
23.3	试验电压值及时间	15
24	匝间耐压测试	15
25	泄漏电流测试	15
附录 A (资料性附录)	物理量的符号及单位	17
附录 B (规范性附录)	测功机转矩读数的修正	19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2000 的格式要求进行编写。

本标准的附录 A 为资料性附录,附录 B 为规范性附录。

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(SAC/TC 26)归口。

本标准起草单位:广州电器科学研究院、河北五洲集团有限公司、横店集团联宜电机有限公司、闽东电机(集团)股份有限公司。

本标准主要起草人:罗军波、马世忠、胡佳宗、葛红民、杨继秀。

本标准为首次发布。

小功率同步电动机试验方法

1 范围

本标准规定了各类小功率同步电动机的试验方法。

本标准适用于折算至 1 500 r/min 时连续额定功率不超过 1.1 kW 的各类小功率同步电动机。

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—2008 旋转电机 定额和性能(IEC 60034-1:2004, IDT)

GB/T 2421—1999 电工电子产品环境试验 第 1 部分:总则

GB/T 2900.27—2008 电工术语 小功率电动机

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 7676.2—1998 直接作用模拟指示电测量仪表及其附件 第 2 部分:电流表和电压表的特殊要求(idt IEC 60051-2:1984)

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 12113—2003 接触电流和保护导体电流的测量方法(IEC 60990:1999, IDT)

GB 12350 小功率电动机的安全要求

GB/T 12665—2008 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求

JB/T 9615.1—2000 交流低压电机散嵌绕线匝间绝缘试验方法

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

本标准叙述的各类电动机试验项目如下:

- a) 定子绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定;
- b) 定子绕组在实际冷状态下直流电阻的测定;
- c) 空载电流和空载损耗;
- d) 堵转转矩和堵转电流;
- e) 起动过程中最小转矩的测定;
- f) 失步转矩的测定;
- g) 牵入转矩的测定;
- h) 温升试验;
- i) 效率和功率因数的测定;

- j) 电源电压下降后失步转矩的测定;
- k) 输入功率和输入电流的测定;
- l) 感应电压测定;
- m) 超速试验;
- n) 噪声的测定;
- o) 振动的测定;
- p) 外壳防护等级(IP)测试;
- q) 湿热试验;
- r) 定子绕组短时升高电压试验;
- s) 定子绕组对机壳及绕组相互间的耐电压试验;
- t) 匝间耐压测试;
- u) 泄漏电流测试。

型式检验及出厂检验需要进行的项目,应按 GB 755 及 GB/T 5171 以及各类电动机标准的规定。

4 试验要求

4.1 试验电源

试验电源的电压波形正弦性畸变率应不大于 2%,温升试验时应不大于 1.5%(三相永磁同步电动机的专用可控硅变频电源除外)。三相电源应为实际平衡的电压系统,电压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。在额定电压时,如果由电压表所测得的三相线电压其最大值与最小值之差不超过额定电压的 1%,则可满足实际平衡的电压系统的要求。

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

型式试验时所用仪表的准确度等级应不低于 0.5 级(兆欧表除外),电流互感器的准确度等级应不低于 0.2 级。测力计的准确度等级应不低于 1.0 级(悬挂式弹簧秤除外),温度计的误差应不大于 $\pm 1^\circ\text{C}$,被试电动机额定转矩测量的准确度:在 $0.5\text{ N}\cdot\text{m}$ 以上时应不低于 1%;在 $0.2\text{ N}\cdot\text{m}$ 以下时应不低于 2%。

选择仪表时,应使测量值位于 20%~95%仪表量程范围内。

4.3 测量要求

- a) 除堵转试验外,电流的测量,不应使用电流互感器。
- b) 三相电流应用 3 个电流表测量,三相功率应用两瓦特表法进行测量,或者采用三相电量综合测量仪表进行测量。
- c) 测量三相电压和三相电流时,应取三相读数的平均值作为测量的实际值。
- d) 为使测量准确,所有被测量(包括转矩)应尽可能同时读取。

4.4 测量线路

试验时单相电动机采用图 1 的测量线路,三相电动机应采用图 2 的测量线路。当所用电流表及瓦特表电流线圈内阻较大不能满足测量要求时,单相电动机允许采用图 3 的测量线路,三相电动机允许采用图 4 的测量线路。在图 1~图 4 中,V 为电压表,A 为电流表,W 为功率表,HK 为 3 级双投开关。

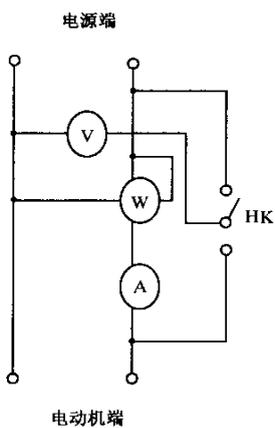


图 1 单相电动机测量线路

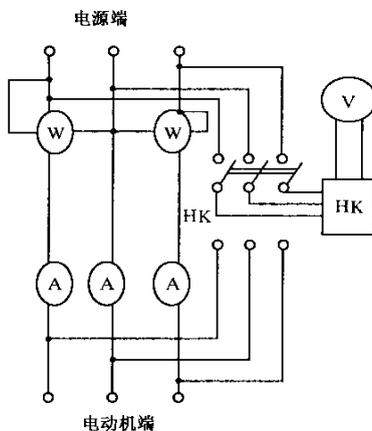


图 2 三相电动机测量线路

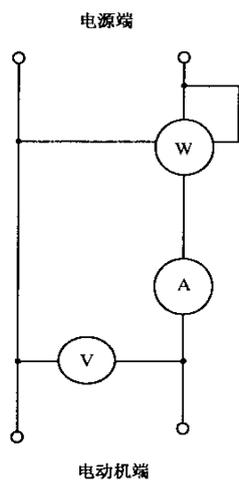


图 3 单相电动机测量线路

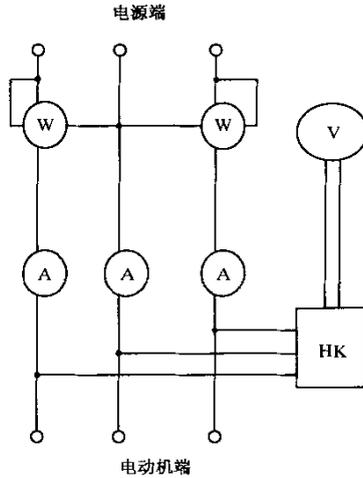


图 4 三相电动机测量线路

为迅速可靠地换接电压表,图 2 中 3 级双投开关 HK 可采用万能转换开关或组合开关,图 1 中单级双投开关 HK 可采用旋转式按钮或乒乓开关,不允许采用不合要求的波段开关,为提高测量准确度,测量线路中的导线压降影响应设法消除。

4.4.1 对图 1 及图 2 的测量线路,温升及负载试验时测量要求如下:

- a) 测量时先将电动机端电压及负载调至额定值,读取电压后尽快换接开关 HK 测量电网端电压值及其余电表指示值(此时电压不允许接在电动机端)。最后在保持电网端电压及负载不变的情况下(电动机端电压应为额定值)进行温升试验,当温升稳定时所测得的电流及输入功率,即为额定电流及额定输入功率。
- b) 被试电动机在额定负载时其电动机端电压为额定电压。与电网端电压相差不允许大于额定电压的 1.5%,即电网端电压与电动机端电压之比不大于 1.015。
- c) 在额定负载时如电动机端电压与电网端电压相差大于额定电压的 0.5%但小于额定电压的 1.5%时则电动机的实际输入功率 P_1 应按式(1)进行修正。

$$P_1 = P - I^2 R \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- P ——瓦特表测得的输入功率,单位为瓦特(W);
- I ——电流表测得的电流(三相电动机应为三相平均值),单位为安培(A);
- R ——测量线路中所有电流表及瓦特表电流线圈的总电阻,单位为欧姆(Ω)。

- d) 选用内阻较小的电流表及瓦特表电流线圈进行测量时,一般可满足 b)项的要求,当选用内阻很小的电表进行测量时,一般情况下可高于 c)项要求,即在额定负载时电动机端电压与电网端电压相差小于额定电压的 0.5%,电动机的输入功率不用进行修正。
- e) 电压的测量应选用内阻较高的电压表,全偏转电流应不大于 15 mA,以免影响测量的准确度。

4.4.2 当所用电流表及瓦特表电流线圈的内阻较大,测量结果不能满足上述要求时,则可将图 1 及图 2 中的电压表固定接于电动机端或采用图 3 及图 4 的测量线路。但在此线路中通过电压表的电流不允许大于被试电动机额定电流的 1%。测量结果应对电动机的实际输入功率 P_1 按式(2)进行修正:

$$P_1 = P - I^2 R - \frac{U^2}{R_V} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- P ——瓦特表测得的输入功率,单位为瓦特(W);

- I ——电流表测得的电流(三相电动机应为三相平均值),单位为安培(A);
 R ——测量线路中所有电流表及瓦特表电流线圈的总电阻,单位为欧姆(Ω);
 U ——电压表读数,单位为伏特(V);
 R_V ——电压表内阻,单位为欧姆(Ω)。

当被试电动机额定电流在 0.1 A 以上时,如果具备全偏转电流不大于 1 mA 的 0.5 级高内阻电压表、电流表和瓦特表,或内阻更小的电表等可供使用时,则按图 3 及图 4 的测量线路进行测量时,可得到既准确又简便的结果,此时被试电动机的输入功率可不用进行修正。

5 定子绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定

5.1 测定时电动机的状态

电动机绕组的绝缘电阻应分别在实际冷状态下和热状态下(或温升试验后)进行测定。磁滞同步电动机可在实际冷状态下测定。

出厂检验时,仅在实际冷状态下测定。

5.2 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 兆欧表的选取

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

如有特殊要求就按有关标准规定进行。

5.3 测量方法

- 三相电动机如各相绕组始末端均引出时,应分别测量每相绕组对机壳及各相绕组之间的绝缘电阻。如三相绕组已在电动机内部连接仅引出 3 个出线端时,则测量所有绕组对机壳的绝缘电阻。
- 单相电动机如主副绕组始末端均引出时,应分别测量主副绕组对机壳及主副绕组之间的绝缘电阻。如主副绕组已在电动机内部连接,则测量所有绕组对机壳的绝缘电阻。
- 只有一个绕组的单相电动机只测量绕组对机壳的绝缘电阻。

6 定子绕组在实际冷状态下直流电阻的测定

6.1 实际冷状态下绕组温度的测定

测定绕组电阻时应同时测定绕组温度,绕组温度可用温度计或热电偶测定,当所测温度与冷却空气温度相差不超过 2 K 时,则所测温度即为实际冷状态下绕组的温度。

如绕组温度不可能直接测量时,则在测量绕组电阻之前,电动机应在室内放置 5 h 以上,记录仪表面用同步电动机应放置 2 h 以上,此时室温即可作为绕组的温度。

6.2 绕组直流电阻的测量

6.2.1 绕组的直流电阻用双臂电桥、单臂电桥或者数字式欧姆表测量,1 Ω 以下的电阻必须采用双臂电桥测量。

6.2.2 当采用数字式欧姆表等测量绕组电阻时,通过被测绕组的电流,应不超过额定电流的 10%,通电时间应不超过 1 min。

6.2.3 测量时电动机转子静止不动,定子绕组电阻应在出线端子上测量,每一电阻应测量 2 次,2 次电阻相差应不大于所测电阻值的 1%,取其平均值作为电阻的实际值。

出厂检验时每一电阻可测量一次。

单相电容起动和电阻起动同步电动机及单相电容运转同步电动机应分别测量主绕组及副绕组电阻。

三相电动机如每相绕组均有始末端引出时,应测量每相绕组的电阻,如三相绕组已在电动机内部接成星形接法,仅引出 3 个出线端时,则可在每两个出线端间测量电阻,此时各相电阻值按式(3)~式(6)计算:

$$R_a = R - R_{bc} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$R_b = R - R_{ca} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$R_c = R - R_{ab} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$R = \frac{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}{2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

R_{ab} 、 R_{bc} 、 R_{ca} ——分别为出线端 a 与 b, b 与 c, c 与 a 间所测得的电阻值,单位为欧姆(Ω);
 R ——三相电阻之和,单位为欧姆(Ω)。

7 空载电流和空载损耗的测定

被试电动机的空载电流和空载损耗,在额定电压空载运行时测定,测定之前电动机应空转 10 min 至 20 min,使机械损耗达到稳定状态后进行测定。

8 堵转转矩和堵转电流的测定

8.1 测定要求

- a) 堵转转矩和堵转电流应在额定电压下测定,如条件有困难也可在 0.9~1.05 倍额定电压范围内测定,但测定结果应按 8.3 换算至额定电压。
- b) 为减少电动机发热,每点电压、电流及转矩的测量通电时间,单相电动机应不大于 5 s,三相电动机应不大于 8 s,三相电动机应测三相电流值。
- c) 磁阻式及永磁式同步电动机的堵转转矩,应使用可调转子角位置的一般杠杆或转矩测量仪(传感器)等进行测定(测定时所配用的磅秤行程越小越好)。

8.2 测定方法

- a) 磁滞同步电动机应在额定电压下测定,测定可在任何转子位置上进行,只测一点即可。
- b) 所有磁阻式及永磁式同步电动机,均应按表 2 规定的角度范围,及每点间隔度数共测定 11 点或 6 点,每点电动机温度均应保持相同,测定结果堵转转矩取其中最小值。堵转电流取其中最大值(三相电动机应为三相电流平均值)。

表 2 堵转的测定点数

电动机种类	测定机械角度范围	每点间隔度数	总共测定点数
三相 6 极永磁式	任意 20°内	2°或 4°	11 点或 6 点
三相 4 极永磁式	任意 30°内	3°或 6°	
三相 4 极磁阻式	任意 30°内	3°或 6°	
三相 2 极磁阻式	任意 30°内	6°或 12°	
单相 4 极磁阻式	任意 30°内	9°或 13°	

- c) 为防止电动机发热减少冷却时间,上述试验可在不小于 0.5 倍额定电压下进行,找出堵转转矩最小点后,再在该点测定额定电压下的堵转转矩。
- d) 当用转矩测量仪测定堵转转矩时,亦可将二次仪表上输出的转矩模拟量电压,接至 XY 函数记

记录仪的 Y 轴, 记录仪的 X 轴作为时间轴, 再用固定在负荷电机端转轴上的制动装置。使转轴慢慢匀速转动时, 则可在 XY 记录仪的坐标纸张上直接画出堵转转矩与转子角位置的关系曲线, 此时堵转转矩最小值可由曲线上直接测得。

8.3 测定结果的换算

额定电压 U_N 时的堵转电流 I_{kN} 及堵转转矩 T_{kN} 按式(7)和式(8)换算:

$$I_{kN} = I_k \frac{U_N}{U_k} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$T_{kN} = T_k \left(\frac{U_N}{U_k} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

I_k ——试验电压为 U_k 时测得的堵转电流, 单位为安培(A);

T_k ——试验电压为 U_k 时测得的堵转转矩, 单位为牛顿米(N·m)。

9 起动过程中最小转矩的测定

起动过程中的最小转矩应在额定电压下测定。方法有下面 3 种:

- a) 用电机测功机测定;
- b) 用磁滞或磁粉测功机测定;
- c) 用转矩测量仪测定。

9.1 用电机测功机测定

最小转矩可用同步测功机、永磁同步测功机或其他类型的电机测功机进行测定, 测定时被试电动机与测功机间用联轴器连接, 测定应由堵转状态开始使转速逐步升高进行, 测定过程中应尽可能减少电动机的温度变化, 测试方法详见 9.1.1 与 9.1.2。

9.1.1 磁滞同步电动机及起动电流较小不易发热的电动机, 可用同步及永磁测功机以连续法测定最小转矩, 测试时先将同步测功机的励磁电流调至一定值并保持不变, 再将同步或永磁测功机的三相负载电阻调为零(短路), 然后满压起动被试电动机, 在保持其电压不变的情况下, 逐步增加测功机的负载电阻, 被试电动机转速使由接近零值起逐渐升高。若随着转速的不断升高, 转矩值由大变小然后再变大时, 则其中的最小值即为所测的最小转矩, 如果没有此现象则说明被试电动机不存在最小转矩, 测定时测功机负载电阻的调节应尽可能均匀而迅速, 每起动一次的连续测定时间, 应以被试电动机温度无明显变化为限, 若温度变化较大, 最小转矩难以准确测出时, 则应按 9.1.2 方法进行测定。

9.1.2 对单三相磁阻同步电动机及三相永磁同步电动机来说, 因起动电流大发热快, 用上述连续法测定最小转矩一般较难进行, 此时可用点测法测定最小转矩。当用同步或永磁同步测功机测定时测试方法如下:

先将同步测功机的励磁电流调至一定值并保持不变, 再将同步或永磁同步测功机的负载电阻由接近零值起逐点增大, 在每点阻值上均在额定电压下起动一次被试电动机, 当转速稳定后即可测量一对应的转矩与转速值。在不小于 1/13 至 1/7 同步转速范围内均匀测取不少于 5 点的转矩与转速值, 并绘成转矩-转速曲线, 最小转矩即可由曲线上测得。

为减少被试电动机发热影响测定的准确性, 每点测定时间应不大于 5 s~7 s, 各点温度应设法保持相同。

单相电容起动磁阻同步电动机的最小转矩, 有时发生在离心开关断开的转速上, 此时应用点测法或连续法测出被试电动机的整条转矩转速特性曲线, 最小转矩再由曲线上测得。

9.2 用磁滞或磁粉测功机测定

此法主要适用于十几瓦以下的电动机(其中主要为磁滞同步电动机), 因这些电动机容量太小, 不能

使用永磁测功机测定最小转矩,可用此法测定,测试方法如下:

先起动被试电动机,在额定电压下调节负载转矩,使之约等于最小转矩值,然后在保持测功机励磁电流不变的情况下,使被试电动机断电停车。停车后再重新起动被试电动机,看能否起动并加速至接近同步转速,如能,则应稍微加大负载转矩,然后再断电停车,停车后进行第二次起动。这样逐渐地加大负载转矩,并多次的起动被试电动机,直至被试电动机在额定电压下起动后,稳定在低速运行而不能加速至接近同步速为止,或不能转动为止,此时前面一点测得的负载转矩即为最小转矩(当被试电动机不能转动时,则堵转转矩即为最小转矩,对于单相磁滞同步电动机来说有时如此)。

9.3 用转矩测量仪测定

用转矩测量仪测定最小转矩时,应使用自动记录仪画出被试电动机在额定电压下的整条转矩转速特性曲线,最小转矩再由所画曲线上测得。

测定时转矩传感器的两轴伸端,应用联轴器与被试电动机及负荷电机连接,负荷电机可用同步测功机或一般的三相微型同步发电机,也可用直流电机,转矩转速曲线的测定应从堵转或接近堵转状态下开始使转速逐渐升高进行,直至同步为止,用同步测功机做负荷电机测定时,应保持励磁不变,负载电阻由零起逐渐增加来测定,测定时应始终保持被试电动机的电压为额定值。转速的调节应平滑均匀,整条曲线的测定时间应在 10 s 左右,如被试电动机不易发热,可适当延长时间,如发热较快,则可分成两段测定,每段约为 5 s。为减少惯性力矩的影响,负荷电机的容量或体积不宜选得过大,在最小转矩附近处的角加速度应适当减小。

10 失步转矩的测定

失步转矩应在额定电压下测定,方法有以下四种:

- a) 电机测功机法;
- b) 磁滞、磁粉及涡流等测功机法;
- c) 绳索滑轮法;
- d) 转矩测量仪法。

10.1 电机测功机法

用电机测功机测定失步转矩时,可用同步测功机、永磁同步测功机或其他类型的电机测功机进行测定。测定时被试电动机与测功机之间应用联轴器连接。被试电动机起动后,在保持额定电压不变的情况下,逐渐增加负载转矩,并随时读取转矩值,当负载转矩增至最大值时电动机开始失步,读下此失步前的转矩最大值即为所测的失步转矩。

测定磁滞同步电动机的失步转矩时,电动机是否失步需用同步闪光灯照射转轴上的标记来确定。标记不动时为同步运行,标记转动时为异步运行,否则不易确定电动机是否失步(闪光灯需接至与被试电动机相同频率的电源)。由于磁滞效应,有的磁滞同步电动机的失步转矩,会因测定方法不同而有不同的数值,测定时应取电动机在第一次失步后又刚刚返回同步时再使之第二次失步时的失步转矩值,此值为失步转矩中的最小值与牵入转矩值接近。

10.2 磁滞、磁粉及涡流等测功机法

除电机测功机外,失步转矩的测定还可用磁滞测功机、磁粉测功机及涡流测功机等测定,测定时被试电动机与测功机之间应用联轴器连接,测定方法及要求与 10.1 相同。

10.3 绳索滑轮法

此法适用于约 30 W 以下的电动机及记录仪表用同步电动机。如图 5 所示。试验时滑轮直接固定在被测电动机轴伸端,绳子上端固定于弹簧秤,绳绕滑轮一圈或数圈后下端挂砝码,绳在滑轮上不应重叠,弹簧秤与滑轮之间的一段绳应垂直向下,砝码产生的转矩应与被试电动机转矩方向相反。

失步转矩的测定方法及要求与 10.1 相同。失步转矩值 T_{\max} 按式(9)或式(10)计算。

$$T_{\max} = (G - F)R \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{或 } T_{\max} = (G - F)(R + r) \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- G——砝码重量,单位为牛顿(N);
- F——弹簧秤读数,单位为牛顿(N);
- R——滑轮半径,单位为米(m);
- r——线绳半径,单位为米(m)。

当 $r > 0.01R$ 时,失步转矩应按式(10)计算。

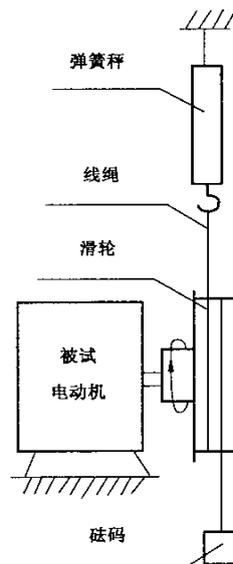


图 5 绳索滑轮法

为使测量准确,在可能的情况下,线绳在滑轮上应尽量多绕几圈,使 F 值减至最小,对于齿轮减速电动机来说,此点很重要。

10.4 转矩测量仪法

此法适用于 100 W 以上的电动机,试验时转矩传感器的两轴伸端应用联轴器与被试电动机及负荷电机连接,失步转矩的测定方法及要求仍与 10.1 相同,失步转矩值应由数字表上直接读取,当需要用自动记录仪画出被试电动机在额定电压下的转矩转速特性曲线时,则失步转矩亦可在该曲线上测得。

11 牵入转矩的测定

同步电动机的牵入转矩与负载的转动惯量有关(磁滞同步电动机除外),转动惯量越大测出的牵入转矩减小,因此测定被试电动机的牵入转矩时应按产品标准的转动惯量,同时注明负载的转动惯量的大小,否则无法衡量被试电动机的牵入同步性能。牵入转矩应在额定电压下测定,方法有下面 3 种:

- a) 电机测功机法;
- b) 磁滞、磁粉及涡流等测功机法;

c) 绳索滑轮法。

注：a)、b)两法对无异步运行状态的同步电动机(主要为记录仪表用同步电机)不适用。

11.1 电机测功机法

用电机测功机测定牵入转矩时,可用同步测功机、永磁同步测功机或其他类型的电机测功机进行测定,测定时被试电动机与测功机之间应用联轴器连接,由接近同步的异步运行状态下开始。在保持额定电压不变的情况下,逐渐减少被试电动机的负载转矩,并随时读取转矩值,当负载转矩减至最小值时电动机开始牵入同步,读下此同步前的转矩最小值即为所测的牵入转矩。

被试电动机是否由异步运行状态逐渐进入同步,一般需用同步闪光灯(需接至与被试电动机相同频率的电源)照射转轴上的标记来测定。标记转动时为异步运行,标记不动时为同步运行,对于磁滞同步电动机必须这样测定。

因磁阻及永磁同步电动机,异步状态下运行时电流大、发热快,测定必须迅速而准确的进行,为使测定结果准确可靠,牵入转矩的测定应不少于 2 次。当电动机温度保持不变时,2 次结果应相同。

11.2 磁滞、磁粉及涡流等测功机法

除电机测功机外,牵入转矩还可用具有制动转矩可平滑调节,并随时均可读出转矩值的磁滞测功机、磁粉测功机,及涡流测功机等进行测定,测定时被试电动机与测功机之间应用联轴器连接。

测定方法及要求与 11.1 相同。

11.3 绳索滑轮法

此法适用于约 30 W 以下的电动机及记录仪表用同步电动机。

11.3.1 由异步运行状态下牵入同步的被试电动机,牵入转矩的测定按图 5 布置进行,测定方法及要求与 11.1 相同。

11.3.2 由静止跃入同步,无异步运行状态的被试电动机(主要为记录仪表用同步电动机)牵入转矩的测定亦按图 5 布置进行,但应将固定在弹簧秤上的线绳一端直接固定在滑轮上,其他要求不变(详见 10.3)。牵入转矩的测法如下:

- a) 被试电动机静止不动时,按牵入转矩值算出应挂的砝码重量,并挂在滑轮上。
- b) 被试电动机加额定电压起动,看能否牵入同步,如能,则应停止被试电动机。加大所挂砝码重量进行第二次起动,这样逐渐地加大所挂砝码的重量。并多次的起动被试电动机,直至被试电动机额定电压下起动不能牵入同步时为止,此时前面一点的砝码重量与滑轮半径乘积即为所测的牵入转矩,以式(11)表示:

$$T_{pin} = G \cdot R \dots\dots\dots(11)$$

式中:

G——砝码重量,单位为牛顿(N);

R——滑轮半径,单位为米(m)。

11.3.3 由静止跃入同步,无异步运行状态的被试电动机,牵入转矩的测定也可完全按图 5 布置进行,但线绳在滑轮上应多绕几圈,使弹簧秤读数 F 减至最小。

对有齿轮减速的电动机应使 $F < 0.1G$ (电动机静止时及同步后均应满足此要求)。

对无齿轮减速的电动机应使 $F < 0.2G$ (电动机静止时及同步后均应满足此要求)。

牵入转矩的测定方法与 11.3.2 中 a)、b)基本相同。

牵入转矩值 T_{pin} 按式(12)计算:

$$T_{pin} = (G - F)R \dots\dots\dots(12)$$

式中:

G——砝码重量,单位为牛顿(N);

F ——弹簧秤读数,单位为牛顿(N);

R ——滑轮半径,单位为米(m)。

12 温升试验

温升试验可在任一方便的环境空气温度下进行(最好在 10 °C~40 °C 范围内进行),如有特殊要求,则应按有关标准规定进行,温升试验用散热板按 GB/T 5171 及各类型电动机标准的规定。

12.1 概述

电动机绕组温度用电阻法测定,其他部分温度用温度计法或热电偶法测定。

12.1.1 温度计法

被试电动机铁心、机壳、轴承等处的温度可用酒精温度计、半导体温度计、热电偶或电阻温度计等测量,测量时温度计或热电偶应紧贴在被测点表面,并用绝热材料覆盖好温度计或热电偶的测温部分,以免受外界温度影响。

12.1.2 电阻法

用电阻法测量定子绕组温度时,冷热态电阻应在相同的出线端子上测量,绕组的平均温升 $\Delta\theta(K)$ 按式(13)计算:

$$\Delta\theta = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (k + \theta_1) + \theta_1 - \theta_0 \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

R_2 ——试验结束时的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);

R_1 ——试验开始时的绕组电阻(即实际冷状态下绕电阻),单位为欧姆(Ω);

θ_0 ——试验结束时的冷却空气温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

θ_1 ——试验开始时的绕组温度(即实际冷状态下绕组温度),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。

12.2 温升试验时冷却空气温度的测定

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。

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。

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。

12.3 停车后定子绕组电阻的修正

对记录仪表用同步电动机,如定子绕组是在断电后 10 s 之内测得,或对其余各类同步电动机,如定子绕组电阻是在断电后 15 s 之内测得时,则所测电阻值可不必修正。如前者大于 10 s,后者大于 15 s 测得,则所测电阻值应采用外推法将前者修正到 10 s,后者修正到 15 s。

外推法如下:

电动机停车后应立即测量绕组电阻值与对应的时间,在半对数坐标纸上画出电阻值对于时间的冷却曲线(图 6)。延长此曲线与 10 s 处或 15 s 处的纵坐标相交,其交点 R_2 即为所求的试验结束时的绕组电阻。

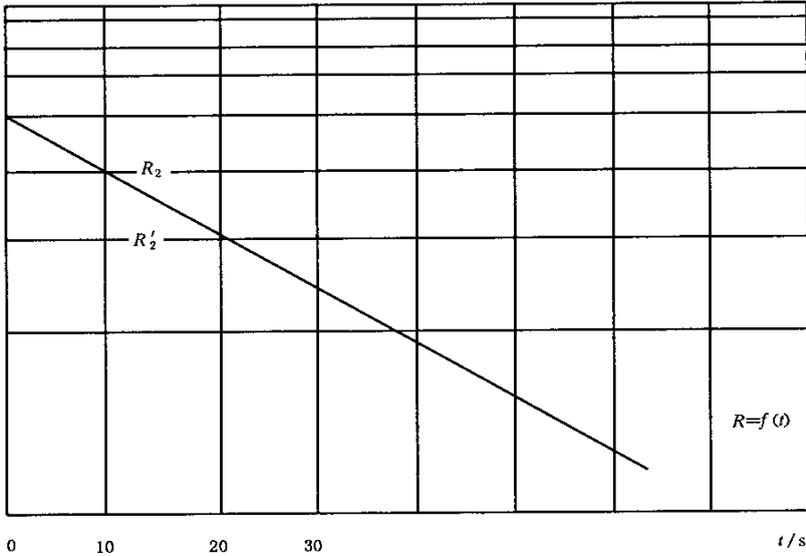


图 6 电阻与时间的曲线

画 $R = f(t)$ 曲线时,应尽量放大曲线斜率(陡度)以减少误差,采用外推法时,从电动机断电瞬间至测得冷却曲线第一点电阻值的时间应不大于 20 s。画 $R = f(t)$ 曲线时,如用半对数坐标纸有困难,可以采用一般的直角坐标纸。

12.4 温升试验方法

电动机的温升试验应在额定电压,额定频率及额定输出功率(或额定转矩)下用直接负载法进行(试验时被试电动机与测功机之间应用联轴器连接)。对记录仪表用永磁同步电动机,应在额定电压空载状态下进行,直至电动机机壳等各部分温度达到热稳定状态为止。试验过程中应每隔半小时记录一次被试电动机的电压、电流、输入功率、输出转矩、定子铁心或机壳温度及冷却空气温度,还应保持被试电动机的电压、频率及输出功率(或输出转矩)始终为额定值。当机壳等各部分温度达到热稳定状态后(即电动机温升在半小时变化不超过 0.5 K 时),即可停车,并按 12.3 要求立即测定绕组电阻。对多种额定值电动机的温升试验,应在能产生最高温升的额定值下进行。如不能事先确定,则应在每种额定值下逐一进行。

13 效率和功率因数的测定

此项目对单三相电阻同步电动机及三相永磁同步电动机适用。

13.1 效率的测定

效率的测定采用直接法。

13.1.1 效率测定要求

当电源电压及负载转矩都比较稳定,温升试验能按保持额定电压、额定频率及额定输出功率或转矩不变的条件下进行时,则被试电动机的额定输出功率及转矩、额定输入功率、额定电流等,应由温升试验中最后 1~2 点读数直接测得,额定负载时的效率再由所测的额定输出功率与额定输入功率之比求得。

13.1.2 效率测定方法

用直接法测定效率时,被试电动机的输入功率用瓦特表测得,输出转矩可用下面 3 种方法测量:

- a) 用电机测功机测量;
- b) 用磁滞、磁粉及涡流等测功机测量;
- c) 用转矩测量仪测量。

被试电动机的输出功率 P_2 (W) 按式(14)计算:

$$P_2 = \frac{T_c \cdot n_s}{9.55} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

T_c ——被试电动机实际输出转矩，单位为牛顿米(N·m)；

n_s ——被试电动机同步转速，单位为转每分钟(r/min)。

被试电动机的效率 η 按式(15)计算：

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

式中：

P_1 ——被试电动机实际输入功率，单位为瓦特(W)。

13.1.3 工作特性曲线的测定

额定负载时的效率亦可由量取的工作特性曲线上找出对应于额定输出功率 P_2 一点的额定输入功率 P_1 ，取二者的比值求得；亦可由效率曲线上直接测得。工作特性曲线是被试电动机在额定电压、额定频率下输入功率 P_1 、定子电流 I_1 、效率 η 、功率因数 $\cos\varphi$ 与输出功率 P_2 的关系曲线，工作特性曲线在负载试验中量取，应在温升试验之后电动机处于热状态时立即进行，约在 0.25~1.25 倍额定功率范围内由高至低量取 5~7 点，每点均应量取电压、电流、输入功率及转矩值。

13.1.4 效率测定时被试电动机转矩测量误差的修正

使电机测功机或磁滞、涡流等测功机产生误差的因素，一般有下面几种：

13.1.4.1 连轴器阻力矩误差，此误差可用良好的连轴器安装及机组安装来消除。

13.1.4.2 摆动部分轴承阻力矩误差，此误差可用良好的测功机装配及调整来消除。

13.1.4.3 杠杆臂长误差，此误差可用杠杆臂长的准确加工，及测功机的调试来消除(指用杠杆砝码法测转矩时)。

13.1.4.4 风阻转矩误差，此误差对已制成的测功机来说是无法消除的。因此用电机测功机或磁滞涡流等测功机测定被试电动机转矩时，因测功机本身存在风阻转矩，将对转矩测量造成误差，试验结果应对所测转矩值按附录 B 进行修正。

效率测定时，被试电动机额定转矩测量的准确度：在 0.5 N·m 以上时应不低于 1%，在 0.2 N·m 以下时应不低于 2%。

13.2 功率因数的求取

由温升或负载试验结果可知，单相被试电动机的额定功率因数按式(16)计算：

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{U_1 I_1} \dots\dots\dots (16)$$

三相被试电动机的额定功率因数按式(17)计算：

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_1 I_1} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

U_1 ——被试电动机额定电压(由温升或负载试验取得)，单位为伏特(V)；

I_1 ——被试电动机额定电流(由温升或负载试验取得)，单位为安培(A)；

P_1 ——被试电动机的额定输入功率(由温升或负载试验取得)，单位为瓦特(W)。

当负载不为额定值时上述公式仍然适用。

14 电源电压下降后失步转矩的测定

各类电动机的电源电压下降数值，按各类电动机标准的规定。失步转矩的测定方法与第 10 章相同。

15 输入功率和输入电流的测定

此项目为磁滞同步电动机的试验项目,磁滞同步电动机的输入功率和输入电流的测定应在温升试验当中进行。在保持额定电压、额定频率及额定输出转矩不变的情况下进行温升试验时,其输入功率及输入电流值(即额定输入功率及额定电流值)应由温升试验中最后1~2点读数直接测得,详见13.1.1要求。检查试验时此项目可以冷态下进行。

试验时被试电动机的输出转矩可用电机测功机、磁滞、磁粉及涡流等测功机进行测定,30W以下的被试电动机也可用绳索滑轮法测定。

16 感应电压测定

此项目为三相永磁同步电动机的试验项目,感应电压可按下面方法测定:

用直流电机、同步电动机或同步测功机等作为原动机,拖动被试三相永磁同步电动机在同步转速下作为空载发电机运行,用不低于0.5级的高内阻电压表(如T10型,D8型等电压表)分别测量3个出线端子上的电压 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} ,取其平均值作为空载感应电压值。

17 超速试验

超速试验在空载状态下进行,转速为1.2倍最高额定转速,历时2min,如有特殊要求,应按有关标准的规定进行。

超速方法有下面两种:

- a) 提高被试电动机的电源频率在空载运行时进行超速;
- b) 用原动机拖动被试电动机进行超速。

18 噪声的测定

按GB/T 10069.1的有关规定进行。

19 振动的测定

按JB/T 10490的有关规定进行。

20 外壳防护等级(IP)测试

小功率同步电动机的外壳防护等级测试按GB/T 4942.1的有关规定进行。

21 湿热试验

小功率同步电动机湿热试验按GB/T 12665的有关规定进行。

22 定子绕组短时升高电压试验

短时升高电压试验在空载时进行,试验时被试电动机加130%的额定电压,运转时间为3min,但在130%额定电压下空载电流超过额定电流的电动机及单相电容运转电动机,试验时间应减为1min,为减小空载电流,除单相电容运转电动机外试验时允许将电源频率提高至额定值的1.15倍。单相与三相磁滞同步电动机的试验时间为5min,试验时允许对电动机采取必要的冷却措施。

23 定子绕组对机壳及绕组相互间的耐电压试验

23.1 试验要求

- a) 耐电压试验在电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) 用于此试验的高压电源在其输出电压调到相应试验电压之后,应能在输出端子之间供给一个短路电流 I_s 。电路的过载释放器对低于跳闸电流 I_r 的任何电流均不动作。用来测量试验电压有效值(r. m. s)的电压表,按照 GB/T 7676.2 应至少是 2.5 级,对各种高压电源的 I_s 和 I_r 值,在表 3 中给出。

表 3 高电压电源的特性

试验电压/V	最小电流/mA	
	I_s	I_r
<4 000	200	100
≥4 000 和 <10 000	80	40
≥10 000 和 ≤20 000	40	20

注: 此电流是以在该电压范围的上端,短路和释放能量分别为 800 VA 和 400 VA 为基础,计算得出的。

- c) 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。
- d) 试验电源频率为 50 Hz,电压波形应尽可能为正弦波。耐压试验仪的变压器容量不得小于 0.5 kVA。

23.2 耐电压试验方法

试验电压的数值按 GB 755 或 GB/T 5171 及该类型电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机进行检查试验时,允许用规定的试验电压值的 120%、历时 1s 来代替。

具体试验方法如下:

- a) 三相电动机如每相绕组均有始末端引出时,应每相单独对机壳之间进行耐电压试验,三相共试 3 次,每次试验时其余两相不参与试验的绕组均应与机壳连接,如三相绕组已在电动机内部接成 Y 形或 Δ 形,则只进行一次三相对机壳之间的耐电压试验。
- b) 单相电动机应分别进行主绕组及副绕组对机壳之间的耐电压试验,共试 2 次,每次试验时另一不参与试验的绕组应与机壳连接。如主副绕组已在电动机内部连接,则只进行一次主副绕组对机壳之间的耐电压试验。
- c) 单相单绕组电动机只进行一次绕组对机壳之间的耐电压试验。

23.3 试验电压值及时间

按 GB/T 5171 或各类型电动机标准的有关规定。

24 匝间耐压测试

单相异步电动机匝间耐压测试按 JB/T 9615.1 的有关规定进行。

25 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—2003 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 cm×10 cm,它与绝缘材料的易触及表面相接触。

其测量电路如图 7 所示。图 7 中的 C 是 GB/T 12113—2003 中图 4 的测量网络。

将选择开关分别拨到 a、b 的位置来测量泄漏电流。

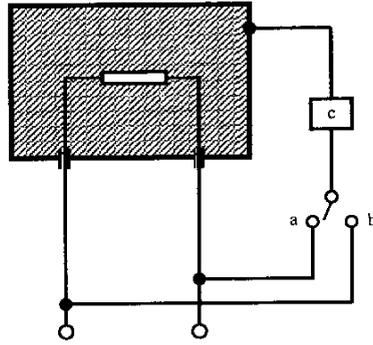


图 7 泄漏电流测量电路

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(Hz)
 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_k ——堵转输入功率(W)
 I_k ——堵转电流(A)
 T_k ——堵转转矩(N·m)
 T_{\min} ——最小转矩(N·m)
 T_{\max} ——失步转矩(N·m)
 T_{pin} ——牵入转矩(N·m)
 R_2 ——试验结束时的绕组电阻(Ω)
 R_1 ——试验开始时的绕组电阻(Ω)
 t ——时间(s)
 U ——电压(V)
 θ ——温度($^{\circ}\text{C}$)
 θ_0 ——温升试验结束时的冷却空气温度($^{\circ}\text{C}$)
 θ_1 ——温升试验开始时的绕组温度(即实际冷状态下绕组温度)($^{\circ}\text{C}$)
 $\Delta\theta$ ——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_{k0} ——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)
 R_t ——试验温度 θ_t 下测得的绕组电阻(Ω)
 T_{fw} ——风摩擦转矩(N·m)

T_d ——测功机转矩(N·m)

n ——转速(r/min)

P ——极对数

F ——测力计读数

r ——滑轮与绳索的半径(m)

Q ——砝码与容器的质量(kg)

附录 B

(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(B.1)计算:

$$T_{iw} = \frac{9.55(P_{10} - P_0)}{n_d} - T_d \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

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(B.2)计算:

$$T_c = T_t + T_{iw} \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

T_t ——试验时测得的输出转矩,单位为牛顿米(N·m)。