

旋转电机 标准汇编

Xuan Zhuan Dian Ji Biao Zhun Hui Bian

同步电机卷



中国标准出版社

旋转电机标准汇编

同步电机卷

中国标准出版社 编

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

旋转电机标准汇编. 同步电机卷/中国标准出版社编.

北京:中国标准出版社,2002

ISBN 7-5066-2959-3

I. 旋… II. 中… III. ①电机-标准-汇编-中国②同步电机-标准-汇编-中国 IV. TM 3-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 079804 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外 里河北街 16 号

邮政编码 100045

电话:68523946 8517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 880×1230 1/16 印张 19¹/₄ 字数 578 千字

2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月第一次印刷

*

印数 1-2 000 定价 56.00 元

网址 www.bzebs.com

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

出版说明

旋转电机被广泛应用于国民经济建设各个领域,是各类机械装备、成套设备和专用生产线配套所不可缺少的关键元件。各类电机标准是生产企业保证产品质量可靠的技术条件,也是生产使用和商贸流通中交货、验收和仲裁的技术依据。

为满足广大制造商和使用单位的需要,我们特整理出版了这套《旋转电机标准汇编》。这套汇编系统地汇集了我国截止 2002 年 8 月底发布实施的旋转电机方面的国家标准、重点行业标准,经分类整理后分为以下六卷陆续与读者见面:

- 基础卷;
- 同步电机卷;
- 异步电机卷;
- 直流电机卷;
- 微电机卷;
- 防爆电机卷。

本卷为《旋转电机标准汇编 同步电机卷》,收入了同步电机方面的标准共 20 项,其中有国家标准 11 项、行业标准 9 项,均是标准清理整顿后的标准。

本汇编系首次出版发行,收入的标准均为现行有效标准。但是,由于客观情况变化,各使用单位在参照执行时,应注意个别标准的修订情况。本汇编收集的标准的属性(强制或推荐)已在目录上标明,标准年号用四位数字表示。鉴于部分国家标准和行业标准是在标准清理整顿前出版的,现尚未修订,故正文部分仍保留原样;读者在使用这些标准时,其属性以目录标明的为准(标准正文“引用标准”中的标准的属性请读者注意查对)。由于所收录标准的发布年代不尽相同,我们对标准中所涉及到的有关量和单位的表示方法未做统一改动。

本书是从事各类旋转电机的科研设计、生产、使用、检验、仲裁的工程技术人员以及大中专院校相关专业的师生和工业管理人员的必备工具书。

由于编者水平有限,不足之处,请读者批评指正。

编 者

2002 年 9 月

目 录

GB/T 1029—1993	三相同步电机试验方法	1
GB/T 7064—2002	透平型同步电机技术要求	64
GB/T 7409.1—1997	同步电机励磁系统 定义	87
GB/T 7409.2—1997	同步电机励磁系统 电力系统研究用模型	94
GB/T 7409.3—1997	同步电机励磁系统 大、中型同步发电机励磁系统技术要求	118
GB/T 7894—2001	水轮发电机基本技术条件	128
GB/T 10585—1989	中小型同步发电机励磁系统基本技术要求	142
GB/T 10760.1—1989	小型风力发电机技术条件	152
GB/T 13958—1992	无直流励磁绕组同步电动机试验方法	159
GB/T 14481—1993	单相同步电机试验方法	175
GB/T 15548—1995	往复式内燃机驱动的三相同步发电机通用技术条件	193
JB/T 2224—2000	大型交流三相四极同步电动机技术条件	203
JB/T 3320.1—2000	小型无刷三相同步发电机技术条件	212
JB/T 3320.2—2000	小型单相同步发电机技术条件	228
JB/T 7784—1995	透平同步发电机用交流励磁机技术条件	240
JB/T 8667.1—1997	大型三相同步电动机技术条件 TK 系列	248
JB/T 8667.2—1997	大型三相同步电动机技术条件 TL 系列	255
JB/T 8981—1999	有刷三相同步发电机技术条件(机座号 132~400)	263
JB/T 8982—1999	三相交流稳频稳压电源机组及系统技术条件	278
JB/T 9544—1999	小功率同步电动机 试验方法	285

注：本汇编收集的标准的属性(强制或推荐)已在本目录上标明，标准年号用四位数字表示。鉴于部分标准是在国家标准和行业标准清理整顿前出版的，现尚未修订，故正文部分仍保留原样；读者在使用这些标准时，其属性以本目录标明的为准(标准正文“引用标准”中的标准的属性请读者注意核对)。

中华人民共和国国家标准

GB/T 1029—93

三相同步电机试验方法

代替 GB 1029—80

Test procedures for three-phase
synchronous machines

1 主题内容与适用范围

本标准规定了三相同步电机的试验方法。

本标准适用于额定功率为 1 kW(kVA)及以上的同步电动机(发电机)和同步调相机,不适用于静止变频电源供电的同步电动机及无直流励磁绕组的同步电机,如永磁电机、磁阻式电机等。

检查试验和型式试验所需进行的项目应按 GB 755 及各类型电机标准的规定。

2 引用标准

GB 755 旋转电机基本技术要求

GB 1032 三相异步电动机试验方法

GB 5321 用量热法测定大型交流电机的损耗及效率

GB 7409 大中型同步发电机励磁系统基本技术条件

GB 10068.1 旋转电机振动测定方法及限值 振动测定方法

GB 10069.1 旋转电机噪声测定方法及限值 噪声工程测定方法

GB 10069.2 旋转电机噪声测定方法及限值 噪声简易测定方法

GB 10585 中小型同步电机励磁系统基本技术要求

JB/Z 293 交流高压电机定子绕组匝间绝缘试验规范

JB/Z 294 交流低压电机散嵌线绕组匝间绝缘试验方法

JB/T 6227 氢冷电机密封性检验方法及评定

3 试验准备

试验时,采用的电气测量仪器、仪表的准确度应不低于 0.5 级(兆欧表除外),测量三相功率时允许采用准确度为 1.0 级的三相瓦特表。测量温度时,允许采用误差为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的温度计。

试验前被试电机应处于正常状态,接线正确,设备及导线应符合试验要求。

4 各项试验

本章规定的试验方法是除以下各章试验项目外的其他项目试验的方法。

4.1 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定

4.1.1 测量时电机的状态

测量电机绕组的绝缘电阻时应分别在电机实际冷状态和热状态(或温升试验后)下进行。

检查试验时,如无其他规定,则绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻仅在冷状态下测量。

测量绝缘电阻时应测量绕组温度,但在实际冷状态下测量时可取周围介质温度作为绕组温度。

4.1.2 兆欧表的选用

测量绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻时应根据被测绕组的额定电压按表 1 选择兆欧表,埋置检温计的绝缘电阻测定用不高于 250 V 的兆欧表测量。

表 1

V

被测绕组额定电压	兆 欧 表 规 格
<500	500
500~3 300	1 000
>3 300	2 500

4.1.3 测量方法

测量绕组绝缘电阻时,如果各绕组的始末端单独引出,则应分别测量各绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻,这时,所有其他绕组应同机壳作电气连接,当中性点连在一起而不易分开时,则测量所有连在一起的绕组对机壳的绝缘电阻。

绝缘电阻测量结束后,每个回路应对接地的机壳作电气连接使其放电。

测量水内冷绕组的绝缘电阻时,应使用专用的绝缘电阻测量仪,在绝缘引水管干燥或吹干的情况下,可用普通兆欧表测量。

不能承受兆欧表高压冲击的电器元件(如半导体整流器,半导体管及电容器等)应在测量前将其从电路中拆除或短接。

测量时,在指针达到稳定后再读取数据,并记录绕组的温度。

若测量吸收比,例如吸收比 R_{60}/R_{15} 应测得 15 s 和 60 s 时的绝缘电阻值。

4.2 绕组在实际冷状态下直流电阻的测定

4.2.1 实际冷状态下绕组温度的测定

将电机在室内放置一段时间,用温度计(或埋置检温计)测量电机绕组、铁心和环境温度,所测温度与冷却介质温度之差应不超过 2 K,对大中型电机,温度计应有与外界隔热的措施,且放置温度计的时间应不少于 15 min。

测量电枢绕组和辅助绕组(如自励恒压发电机谐波绕组等)温度时应根据电机的大小,在不同部位测量绕组端部和绕组槽部的温度(如有困难时可测量铁心齿和铁心轭部表面温度),取平均值作为绕组的冷态温度。

测量凸极式电机的励磁绕组温度时,可在绕组表面若干处直接测量温度,取其平均值作为绕组的冷态温度。

测量隐极式电机的励磁绕组温度时,应测量绕组表面的温度,有困难时可用转子表面温度代替,对大中型电机,测点应不少于三点,取其平均值作为绕组的冷态温度。

测量自励恒压发电机的励磁装置绕组(如变压器、电抗器绕组等)温度时,应用温度计测量铁心或绕组的表面温度作为绕组的冷态温度。

对于液体直接冷却的绕组在通液体的情况下,可在绕组进、出口处液体的温度之差不超过 1 K,铁心温度与环境温度相差不超过 2 K 时,取绕组进出口液体温度的平均值作为绕组的冷态温度。

4.2.2 绕组直流电阻的测定

绕组的直流电阻可用电桥法、微欧计法、电压表电流表法或者其他测量方法测量。

4.2.2.1 当采用自动检测装置、数字式微欧计等仪器测量绕组的直流电阻时,通过被测绕组的试验电流应不超过其额定电流的 10%,通电时间不超过 1 min。

4.2.2.2 采用电桥测量时,每一电阻应测量三次,每次应在电桥平衡破坏后重新进行测量,每次读数与三次读取数据的平均值之差应在平均值的 $\pm 0.5\%$ 范围内,取其平均值作为电阻的实际测量值。如绕组的直流电阻在 $1\ \Omega$ 以下时,应采用有效数不低于 4 位的双臂电桥测量。

4.2.2.3 电压表电流表法

a. 低电流法 接线原理如图 1。图 1(a)的接线适用于测量电压表内阻与被测电阻之比大于 200 时绕组的电阻,图 1(b)的接线适用于测量电压表内阻与被测电阻之比小于 200 时绕组的电阻。

试验时,所加电流不应超过绕组额定电流的 10%,通电时间不超过 1 min,测量时应同时读取电流及电压值,每一电阻至少应在三种不同电流值下进行测量,每个测量值与平均值相差应在 $\pm 0.5\%$ 范围之内,取其平均值作为电阻的实际测量值。

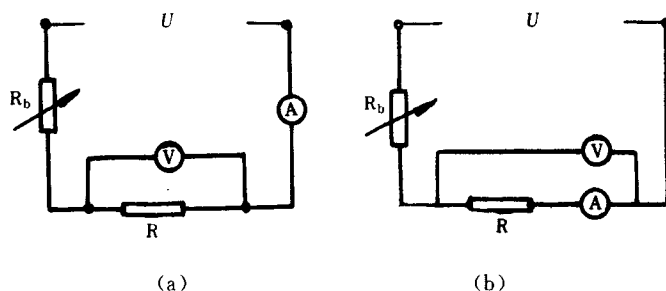


图 1

b. 全电流法(适用于中小型电机) 试验时被测绕组通入额定电流,并保持不变,在 3~5 min 内均匀地测取 5~7 点绕组电阻,然后作电阻与时间的关系曲线 $R=f(t)$,如图 2 所示。再将曲线外推到时间为零(即与纵轴相交),该点即为绕组实际冷状态下直流电阻值。测量时从电源开关合上到电流值调节至额定值的时间不得超过 30 s。

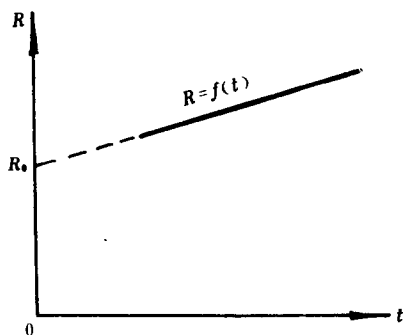


图 2

4.2.2.4 测量电枢绕组时,电机的转子静止不动。绕组的各相各支路的始末端均引出时,应分别测量各相各支路的直流电阻。

如果各相绕组在电机内部连接,那末就应在每个出线端间测量电阻,各相电阻值按下式计算:

对星形接法的绕组,如图 3(a)

$$R_u = R_{med} - R_{vw} \dots\dots\dots (1)$$

$$R_v = R_{med} - R_{wu} \dots\dots\dots (2)$$

$$R_w = R_{med} - R_{uv} \dots\dots\dots (3)$$

对三角形接法的绕组,如图 3(b)

$$R_u = \frac{R_{vw} \cdot R_{wu}}{R_{med} - R_{uv}} + R_{uv} - R_{med} \dots\dots\dots (4)$$

$$R_v = \frac{R_{wu} \cdot R_{uv}}{R_{med} - R_{vw}} + R_{vw} - R_{med} \dots\dots\dots (5)$$

$$R_w = \frac{R_{uv} \cdot R_{vw}}{R_{med} - R_{wu}} + R_{wu} - R_{med} \dots\dots\dots (6)$$

式中: $R_{med} = (R_{uv} + R_{vw} + R_{wu})/2$, R_{uv} 、 R_{vw} 和 R_{wu} 分别为出线端 U 与 V、V 与 W 和 W 与 U 之间测得的电阻值(Ω);

R_u 、 R_v 和 R_w 分别为各相的相电阻(Ω)。

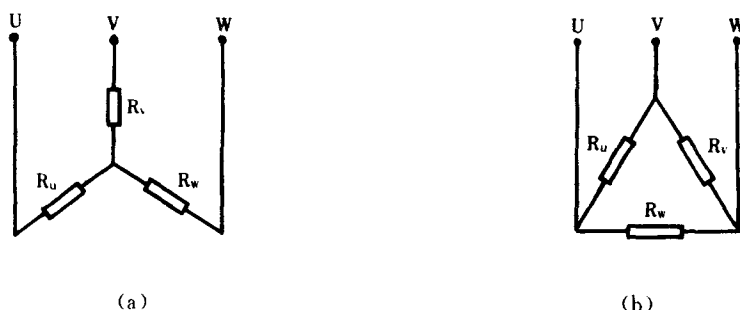


图 3

4.2.2.5 励磁绕组的直流电阻应在绕组引至集电环的接线端或集电环表面测量,自励恒压发电机励磁装置绕组的直流电阻应在绕组的出线端上单独进行测量。

4.3 轴电压测定

被试电机应在额定电压、额定转速下空载运行。典型的测量示意图见图 4,用高内阻交流电压表先测定轴电压 U_1 ,然后将转轴一端与其轴承座短接,测另一端对轴承座的电压 U_2 (即油膜电压),再测该轴承座对地的电压 U_3 。测点表面与电压表引线应接触良好。试验前应分别检查轴承座与金属垫片、金属垫片与金属底座之间的绝缘电阻。

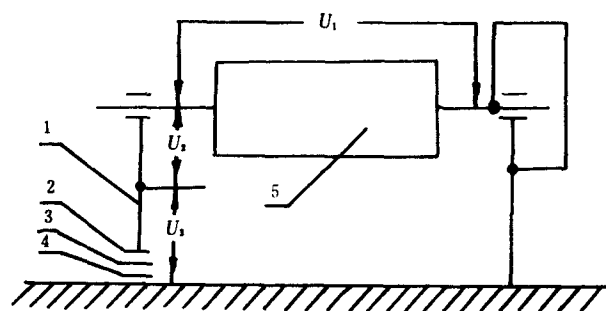


图 4

1—轴承座;2—绝缘垫片;3—金属垫片;
4—绝缘垫片;5—转子

4.4 空载特性的测定

4.4.1 发电机法

试验时将被试电机拖动到额定转速,电枢绕组开路,励磁装置系统应断开,在他励方式下进行。

调节励磁电流,如无其他规定,应使空载电枢电压达到额定值的 1.3 倍或额定励磁电流所对应的电压值作为空载特性的起始点。然后单方向逐步减小励磁电流到零,一般应量取 7~9 点(在额定电压值附近多测几点),每点应读取三线电压,励磁电流、频率(或转速)。最后读取励磁电流为零时的剩磁电压。

如果三线电压对称,则除了在额定电压时读取三线电压外,其他各点可仅读取任一线电压值。

试验时频率 f 与额定频率 f_N 有差异时,电枢空载电压按下式进行折算:

$$U_0 = \frac{f_N}{f} U \dots\dots\dots (7)$$

式中：\$U\$——试验时测得的空载电压(三相平均值)，V；

\$U_0\$——折算到额定频率时的空载电压，V。

关系曲线 \$U_0=f(I_f)\$ 即为所求的空载特性曲线，若空载特性试验中剩磁电压较高，则应对空载特性曲线进行修正，即将特性曲线的直线部分延长与横轴相交，交点的横坐标绝对值 \$\Delta I_f\$ 为修正值。然后在所有试验测得的励磁电流数据上加上此值(\$\Delta I_f\$)，即可得到被修正的曲线，该曲线的直线部分及其延长线通常称为气隙线，见图 5。当空载特性曲线下半部无明显直线部分时，气隙线的计算求法见附录 D(补充件)。

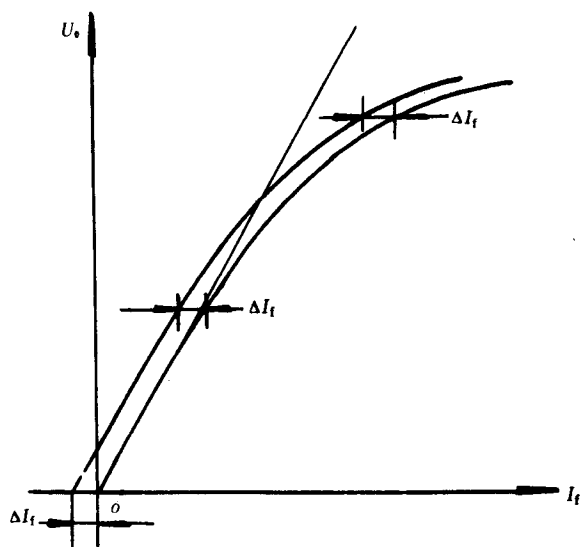


图 5

4.4.2 电动机法

被试电机接到额定频率，电压可调的实际对称的稳定电源上，使电机在他励方式下作空载运行。

调节电源电压，并相应调节被试电机的励磁电流，使电枢电流最小(此时电机的功率因数为 1.0，按二瓦计接法的两只功率表读数相等，方向相同)。

如无其他规定，试验应从电枢额定电压的 1.3 倍开始，调节端电压及励磁电流，直至电机不致于失步的最低电压时为止，在整个过程中读取 7~9 点，每点应读取外施电压、励磁电流和频率(或转速)。

如果三线电压对称，则除在额定电压时读取三线电压外，其他各点可仅读一线电压。

若试验时的频率与额定频率有差异，则空载电枢电压按公式(7)进行修正。

4.4.3 对于 1 000 kV·A 以下的同步电机，在检查试验中可仅量取额定电压时的励磁电流。

4.5 稳态短路特性的测定

4.5.1 测定三相稳态短路特性时应用低阻抗导体在尽可能接近电枢绕组出线端处将线端可靠地短接。试验时，励磁装置系统应断开，电机应在他励方式下运行。

4.5.2 发电机法

试验时将被试电机拖动到额定转速，调节励磁电流，使电枢电流在 1.2 倍额定电流左右，同时读取电枢电流和励磁电流。逐步减小励磁电流，使励磁电流降低至零为止，共读取 5~7 点，然后绘制短路特性曲线 \$I_k=f(I_f)\$。如果三相电流对称，则除了在额定电流时读取三线电流外，其他各点可仅读取一线电流。

4.5.3 电动机法(自减速法)

被试电机作空载电动机运行，切断电源后立即减少励磁电流到零并切断励磁电源，然后用事先准备

好的开关将电枢绕组三相同时短接。

接通励磁电源,调节励磁电流使电枢电流为1.2倍额定值左右,同时读取电枢电流及励磁电流。逐步减小励磁电流,在仪器仪表精度允许的范围内读取5~7点,若在一次自减速中所读取的试验数据不够时,可重复上述操作直至取得足够的试验数据。然后绘制短路特性曲线 $I_k=f(I_f)$ 。

4.5.4 对于1 000 kV·A以下的同步电机,在检查试验时可仅读取额定电枢电流时的励磁电流。

4.6 励磁机试验

励磁机试验按GB 7409、GB 10585和该类电机的试验方法进行。

4.7 超速试验

4.7.1 如无其他规定,超速试验允许在冷态下进行。

超速试验前应仔细检查电机的装配质量,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,对被试电机的控制及对振动、转速和轴承温度等参数的测量应采用远距离测量方法。

超速试验可根据具体情况选用电动机法(提高电源频率)或原动机拖动法。

在升速过程中,当电机达到额定转速时,应观察电机运转情况,确认无异常现象后,再以适当的加速度提高转速,直至规定的转速。

超速试验后应仔细检查电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他不允许的现象出现。转子绕组在试验后,必须满足耐电压试验的要求。

4.7.2 为了检查大中型隐极式电机励磁绕组在运转过程中是否发生匝间短路,在下列四种情况中测量励磁绕组的阻抗及其对地的绝缘电阻值。在整个升降速度过程中应监视转子电流有无突变。

- 超速试验前静止状态时(第一次试运转前);
- 超速过程中转速上升到额定转速时;
- 超速试验后转速下降到额定转速时;
- 超速试验后,转子静止状态时。

4.7.3 测量励磁绕组阻抗值

按图6接线,在被试励磁绕组上施加50 Hz正弦交流电压,对于额定励磁电压在400 V及以下的绕组,施加的电压一般为额定励磁电压,大于400 V时,电压可适当降低。图中 T_2 为加强试验安全而采用的隔离变压器, Z 为励磁绕组。

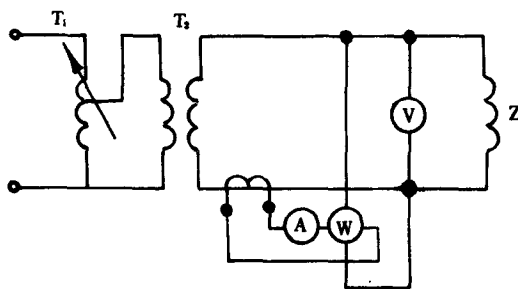


图 6

试验时应同时读取电压、电流和功率,且在4.7.2所述四种情况下加在绕组上的电压应相同。

对于水内冷的励磁绕组,如果超速试验是在不通水的情况下进行,则试验后应进行水压试验。

4.8 振动的测定

振动的测定见GB 10068.1。

4.9 密封状态检查和漏氢测定

试验方法见JB/T 6227。

4.10 匝间冲击耐电压试验

匝间冲击耐电压试验按 JB/Z 293 和 JB/Z 294 进行。

4.11 短时升高电压试验

试验应在电机空载时进行,除下列规定外,试验的外施电压(电动机)或感应电压(发电机)为额定电压的 130%。

对在额定励磁电流时的空载电压为额定电压 130%以上的电机,试验电压应等于额定励磁电流时的空载电压。

除以下规定外,试验时间为 3 min。

对在 130%额定电压下,空载电流超过额定电流的电机试验时间可缩短至 1 min。对强行励磁的励磁机,在强行励磁时的电压如超过 130%额定电压,则试验应在强行励磁时的极限电压下进行,试验时间为 1 min。

提高试验电压至额定电压的 130%时,允许同时提高频率或转速,但应不超过额定转速的 115%或超速试验中所规定的转速。容许提高的转速值应在各类型电机标准中规定。

对磁路比较饱和的发电机,在转速增加至 115%且励磁电流亦已增加至容许的限值时,如感应电压值不能大到所规定的试验电压,则试验允许在所能达到的最高电压下进行。

4.12 耐电压试验

试验电压的频率为 50 Hz,电压波形应尽可能接近正弦波形。在整个耐电压试验过程中,要做好必要的安全防护措施,被试电机周围应有专人监护。

4.12.1 试验要求

4.12.1.1 耐电压试验应在电机静止状态下进行,但对汽轮发电机的转子绕组,则应在额定转速下进行。

4.12.1.2 试验前应先测量绕组的绝缘电阻,如电机需要进行超速、偶然过电流、短时过转矩试验及短路机械强度试验时,则耐电压试验应在这些试验后进行。型式试验时,耐电压试验应在温升试验后立即进行。

4.12.1.3 当电枢绕组、辅助绕组各相或各支路始末端单独引出时,应分别进行试验。

4.12.1.4 试验时被试绕组两端同时施加电压(对小型电机可在绕组一端施加电压),此时,不参加试验的其他绕组和埋置检温元件等均应与铁心或机壳作电气连接,机壳应接地。如果三相绕组的中性点不易分开,三相绕组应同时施加电压。

4.12.1.5 对于水冷电枢绕组,试验应在绕组通水的情况下进行,此时汇水管应接地。在试验变压器容量不够时,可在不通水的情况下进行,但必须将绝缘引水管中的水吹干。

4.12.1.6 试验变压器应有足够的容量,如被试电机绕组的电容 C 较大时,则试验变压器的额定容量 $S_N(\text{kV} \cdot \text{A})$ 应大于下式计算值:

$$S_N = 2\pi f C U_{NT} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (8)$$

式中: f ——电源频率,Hz;

U ——试验电压值,V;

U_{NT} ——试验变压器的高压侧额定电压,V;

C ——电机被试绕组的电容,F。

4.12.2 耐电压试验方法

试验接线原理图见图 7(转子耐电压试验接线参见此图)。图中 T_1 为调压变压器, T_2 为高压试验变压器, R 为限流保护电阻,其值一般为每伏 0.2~1 Ω , R_0 为球隙保护电阻(低压电机不接),其值一般可用每伏 1 Ω , QX 为过电压保护球隙(低压电机不接), V 为电压表, TM 为被试电机,其中球隙和球径按高压电气设备绝缘试验电压和试验方法的规定选择,球隙的放电电压应调整到试验电压的 1.1~1.15

倍。如果需测量电容电流,可在试验变压器高压侧接入电流表和与电流表并联的短路保护开关。如电流表接在低压侧则应注意杂散电流对读数的影响。

试验时,施加的电压应从不超过试验电压全值的一半开始,然后以不超过全值的 5% 均匀地或分段地增加至全值,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。

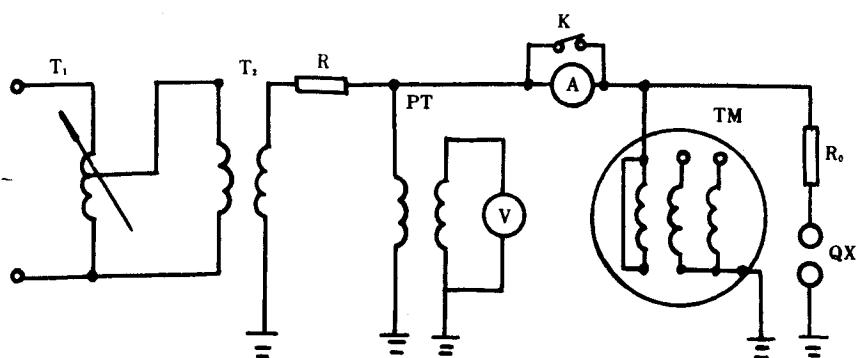


图 7

对额定电压为 660 V 及以下大批连续生产的电机进行检查试验时,允许用规定试验电压数值的 120%, 历时 1 s 的试验代替。试验电压用试棒施加。试验完毕,亦应均匀降压,待电压下降到全值的三分之一以下时,方可断开电源,并将被试绕组进行放电。

在试验过程中,如果发现电压表指针摆动很大,电流表指示急剧增加,绝缘冒烟或发生响声等异常现象时,应立即降低电压,断开电源,被试绕组进行放电后再对绕组进行检查。

4.13 电枢绕组绝缘直流泄漏电流试验及直流耐压试验

当电枢三相绕组各相或各支路始末端单独引出时,应分别对地进行泄漏电流试验。在绕组一相或一个支路进行试验前,其他两相绕组或其他支路均应接地,如果三相绕组的中性点连在一起不易分开时,则允许三相绕组一起试验。试验时应记录电枢绕组温度,环境温度和湿度。

直流泄漏电流试验的最高电压即为直流耐压试验值,该值由有关的技术文件规定。

4.13.1 试验方法

4.13.1.1 空冷或氢冷电枢绕组

试验接线如图 8 所示。图中 T_1 为调压器; T_2 为高压试验变压器; R 为限流保护电阻,其值为每伏 0.1~1 Ω ; D 为高压整流硅堆; V 为高压静电电压表; μA 为微安表; K 为闸刀开关; TM 为被试电机。

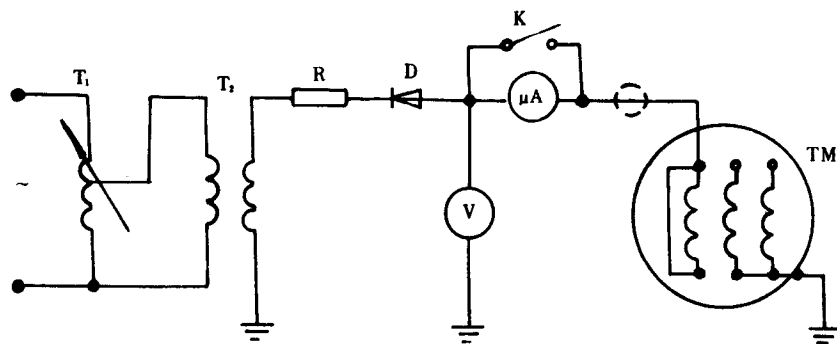


图 8

试验时,应使调压器电压在最低位置,通电后调节调压器,均匀升压。试验过程中电压应逐段上升。

例如 $0.5 U_N$ 、 $1.0 U_N$ 、 $1.5 U_N$ ……至规定值。每升到一个阶段停留一分钟,并记录每阶段电压开始和一分钟时微安表的电流值(即泄漏电流值)。试验完毕,将调压器退回原位,切断电源,并将绕组接地放电。待放电完毕后,再对另一绕组进行试验。

在试验过程中,如发现泄漏电流随时间急剧增长或有异常放电现象时,应立即停止试验并断开电源,将绕组接地放电后再进行检查。

根据试验数据,绘制泄漏电流与试验电压的关系曲线。

在高压侧接入电流表与电流表并联的短路保护开关,测量时应保证人身安全。如电流表接在低压侧,则应注意杂散电流对读数的影响。

4.13.1.2 水内冷电枢绕组

试验接线如图9所示。图中R为限流保护电阻,其值为每伏 $0.1 \sim 1 \Omega$;C为高压滤波电容器;V为高压静电电压表; C_1 为低压滤波电容器; L_1 为电感扼流圈;E为1.5V电池; R_b 为 $100 \text{ k}\Omega$ 炭膜电阻; R_a 为 $500 \text{ k}\Omega$ 电位器,mA为监视用毫安表。高压滤波电容器C(F)的选择,应使时间常数满足下述条件:

$$T \approx CR_y \geq 0.3 \text{ s}$$

式中: R_y ——被试绕组与汇水管间的绝缘电阻, Ω 。

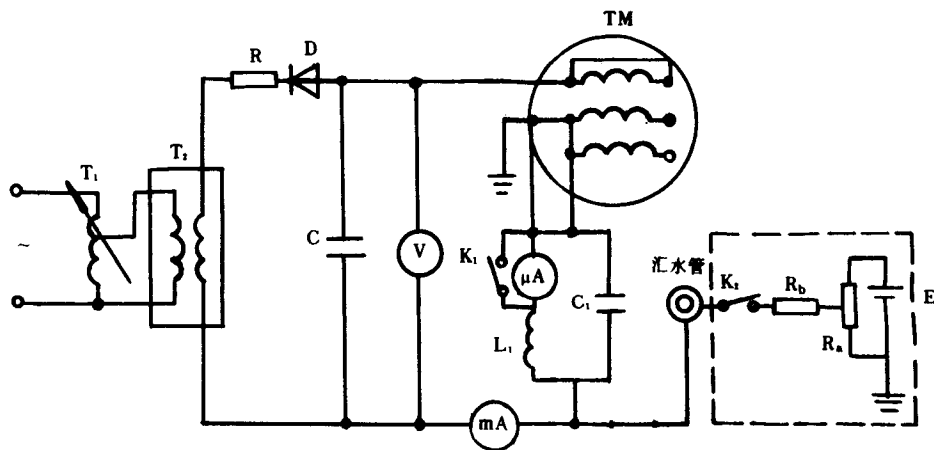


图9

电枢绕组在通水条件下进行试验时,水质电导率应不大于 $5 \mu\text{S}/\text{cm}$,每次试验前,先调节电位器 R_a ,取得一个与极化电势极性相反,数值相等的补偿电势,使微安表指示为零。接着测量试验设备的空试直流泄漏电流(不接被试品时的微安表读数)。为减少电晕电流,高压引线应再加包绝缘或刷一层防晕漆,空试时高压引线夹子置于引线卷成的线圈中间。

接被试品后的操作方法见4.13.1.1。实际直流泄漏电流 $I(\mu\text{A})$ 按下式计算:

$$I = I_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) - I_0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中: I_1 ——微安表读数, μA ;

R_1 ——扼流线圈电阻和微安表内阻串联电阻值, Ω ;

R_2 ——电枢绕组在试验状态接线时测出的汇水管对地电阻值, Ω ;

I_0 ——试验设备空试直流泄漏电流, μA 。

在电枢绕组吹水后进行试验时,试验方法与电枢绕组通水时基本相同,此时不需采用补偿电势。对引水管绝缘质量较差的电机,则不宜在吹水情况下进行此项试验。

如进行水压试验,应在该试验后进行。

4.14 电压波形正弦性畸变率的测定(仅对同步发电机和调相机)

4.14.1 电压波形正弦性畸变率的定义见 GB 755 中 2.32。

4.14.2 电机应在空载发电机状态下运行,调整转速、电压为额定值后测定。

4.14.3 根据试验条件,可选下面任一种方法测定。

4.14.3.1 用波形畸变测定仪测定。

4.14.3.2 用谐波分析仪测定出基波电压和各次谐波电压的数值,然后用公式(10)计算出畸变率。

$$K_u = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

4.14.3.3 用微机将电压波形的瞬时值记录下来,再分解出基波电压和各次谐波电压的数值,并计算出畸变率。

4.14.4 被测电枢电压可用分压器或电压互感器降低电压后进行测量,在使用分压器、电压互感器时,要注意使波形不失真。

4.15 噪声的测定

试验方法见 GB 10069.1 和 GB 10069.2。

4.16 电话谐波因数的测定(仅对功率在 300 kV·A 及以上的同步发电机和调相机)

4.16.1 电话谐波因数(*THF*)以百分数表示,其定义见 GB 755 中 2.33。

4.16.2 *THF* 的测定应在电机为空载额定电压和额定频率下进行,用专用仪表或谐波分析仪测出谐波数值,频率范围应包括从额定值至 5 000 Hz 的全部谐波。测量时只允许使用准确度不低于 0.5 级的电压互感器,电话谐波因数按下式计算:

$$THF = \frac{100}{U} \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i \lambda_i)^2} \dots\dots\dots (11)$$

式中: U ——线电压的有效值, V;

U_i —— i 次谐波电压的有效值, V;

λ_i ——相当于 i 次谐波频率的加权系数,不同频率的加权系数可从加权系数表或加权曲线中查出,见 GB 755 中表 10 和图 11。

电机的电话谐波因数应采用三个线电压所得 *THF* 中的最大值。

5 效率测定

效率的测定方法有直接法和间接法两种。

5.1 效率的直接测定法

测量被试电机的输出功率和输入功率以确定效率。

5.1.1 试验时,被试电机应在额定功率、额定电压、额定转速及额定功率因数下运行至热稳定后再进行测量。

在测量被试电机的输入功率和输出功率时,应同时测量被试电机的电枢电流、励磁电流及冷却介质温度。

当冷却介质温度不是 25℃ 时,还应同时测量各绕组温升及直流电阻(可用叠加法测量,亦可紧接在试验后测量,但应修正到断能瞬间)。

5.1.2 用直接法测定电机效率时,应采用下述的任一种方法。

5.1.2.1 制动法

当被试电机作电动机运行时,与制动器或测功机联接,用制动器或测功机测量被试电机的转矩,同时测定其转速,以确定电机输出功率,输入功率用电气仪表测量。

当被试电机作发电机运行时,用测功机拖动被试电机,并用测功机测量被试电机的输入功率,用电气仪表测量被试电机的输出功率。

由于电机的转速直接影响功率的计算,因此要特别注意对转速的测量。

5.1.2.2 校准电机法

被试电机与校准过的电机机械耦合,用校准电机测量被试电机的输入(对于发电机)或输出(对于电动机)的功率,用电气仪表测量被试电机的输出(对于发电机)或输入(对于电动机)功率。

5.1.2.3 对拖法

把两台相同的电机机械耦合,一台作电动机运行,另一台作发电机运行。用电气仪表测量电动机的输入功率和发电机的输出功率,当两台电机的运行工况基本相同时,可假定损耗是平均分担的,则电动机的输出功率为输入功率与总损耗之半的差,而发电机的输入功率为输出功率与总损耗一半的和。

5.1.2.4 回馈法

把两台相同的电机机械和电气耦合在一起,一台作电动机,另一台作发电机运行。这两台电机的损耗由它们所联接的电网来提供,或由机械耦合的测功机或校准过的电机供给。

当两台电机运行工况基本相同时,可假定损耗是平均分担的,则被试电机的输入、输出功率可按 5.1.2.3 的方法确定。

由于两台电机间的功率转移的大小随其功角的大小而不同,故两台电机机械耦合时应有一个正确的功角关系。

5.1.3 效率的求取

5.1.3.1 被试电机在试验状况下的效率按下式计算:

$$\eta = \frac{P}{P_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中: P ——电机的输出有功功率, kW;

P_{in} ——电机的输入有功功率, kW。

5.1.3.2 用直接法测定电机效率时,如冷却介质温度不为 25℃,则应按下列公式换算到 25℃:

$$\eta_{(25)} = \frac{P}{P_{in(25)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: $P_{in(25)} = P_{in} + \Delta P_{cua} + \Delta P_{cuf}$ (kW)

$$\Delta P_{cua} = 3I_a^2 R_a \left(\frac{\Delta\theta_a + 25 - \theta_a}{K + \theta_a} \right) \quad (\text{kW})$$

$$\Delta P_{cuf} = I_f^2 R_f \left(\frac{\Delta\theta_f + 25 - \theta_f}{K + \theta_f} \right) \quad (\text{kW})$$

I_a ——效率测定时的电枢相电流, A;

I_f ——效率测定时的励磁电流, A;

R_a ——效率测定时电枢绕组一相的直流电阻值, Ω ;

R_f ——效率测定时励磁绕组直流电阻值, Ω ;

$\Delta\theta_a$ ——效率测定时电枢绕组温升值, K;

$\Delta\theta_f$ ——效率测定时励磁绕组温升值, K;

θ_a ——效率测定时电枢绕组温度, $^{\circ}\text{C}$;

θ_f ——效率测定时励磁绕组温度, $^{\circ}\text{C}$;

K ——铜绕组取 235, 非铜绕组按 GB 755 中 5.2.4.2 规定取。

5.2 效率的间接测定法

5.2.1 电机效率用损耗分析法求取时,分别测定或计算下列各项损耗。

5.2.1.1 恒定损耗,记为 P_o ,包括:

- a. 铁损耗(包括空载杂散损耗),记为 P_{Fe}
- b. 轴承摩擦损耗
- c. 风耗
- d. 电刷摩擦损耗

以上 b、c、d 三项损耗之和称为机械损耗,记为 P_{fw}

5.2.1.2 负载损耗

电机电枢绕组中 I^2R 损耗,记为 P_{cua} 。

5.2.1.3 励磁损耗,记为 P_f ,包括:

- a. 励磁绕组的 I^2R 损耗,记为 P_{cuf}
- b. 变阻器损耗,记为 P_R
- c. 电刷电损耗,记为 P_{fs}
- d. 励磁机损耗,记为 P_E
- e. 自带励磁装置的损耗,记为 P_{ZE}
- f. 自带辅助绕组的 I^2R 损耗

5.2.1.4 杂散损耗,记为 P_d ,包括:

- a. 电枢绕组导线内的杂散损耗
- b. 磁路及其它金属部份(导线除外)内的杂散损耗。

5.2.2 电机的效率按下式确定:

$$\eta = \left(1 - \frac{\Sigma P}{P + \Sigma P} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中: ΣP ——总损耗,即 $\Sigma P = P_o + P_{cua} + P_f + P_d$ (kW);

P ——输出功率, kW。

为了确定各绕组的 I^2R 损耗,绕组的直流电阻应按下式换算到对应于电机铭牌上标明的绝缘等级的基准工作温度时的数值:

$$R_j = \frac{K + \theta_j}{K + \theta_1} R_1 \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中: R_j ——基准工作温度时的绕组直流电阻, Ω ;

R_1 ——在实际冷状态下绕组的直流电阻, Ω ;

θ_1 ——对应于 R_1 测量时的绕组温度, $^{\circ}\text{C}$;

θ_j ——基准工作温度, $^{\circ}\text{C}$; 对于 A、E、B 级绝缘为 75°C , 对于 F、H 级绝缘为 115°C ;

K ——见公式(13)。

5.3 量热法

如不能用 5.1 或 5.2 规定的方法测定损耗时,可用量热法测量,试验方法见 GB 5321。

5.4 对应于额定负载时各种损耗的测定

5.4.1 恒定损耗的测定

5.4.1.1 空载发电机法 被试电机的励磁电流由独立的直流电源供给,作空载发电机运行,拖动机应是分析过的电动机或其他能准确测量或计算其输出功率的原动机(如测功机)。试验时,转速应为被试电机的额定转速,待轴承摩擦损耗和电刷摩擦损耗稳定后,在发电机的不同电压下量取原动机的输出功