

GB/T 25389.2-2010 风力发电机组 低速永磁同步发电机

第 2 部分:试验方法

GB/T 25389.2-2010《风力发电机组 低速永磁同步发电机 第 2 部分:试验方法》为 GB/T 25389 第 2 部分。

GB/T 25389.2-2010《风力发电机组 低速永磁同步发电机 第 2 部分:试验方法》标准规定了并网型风力发电机组用低速永磁同步发电机的试验方法。

GB/T 25389.2-2010《风力发电机组 低速永磁同步发电机 第 2 部分:试验方法》适用于低速永磁同步发电机(标准内简称发电机)的试验,其他类型的发电机可参照使用。

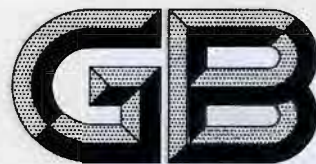
GB/T 25389.2-2010《风力发电机组 低速永磁同步发电机 第 2 部分:试验方法》由中国机械工业联合会提出。

GB/T 25389.2-2010《风力发电机组 低速永磁同步发电机 第 2 部分:试验方法》由全国风力机械标准化技术委员会归口。

前端数字化_复杂电磁环境下的高准确度测量解决方案



- ★只传输有用信息,功率分析仪不受干扰
- ★不接受辐射骚扰,增强传感器抗干扰能力
- ★截断传导骚扰途径,增强传感器抗干扰能力



中华人民共和国国家标准

GB/T 25389.2—2010

风力发电机组 低速永磁同步发电机 第2部分：试验方法

Wind turbine low-speed
permanent magnet synchronous generator—
Part 2: Testing methods

2010-11-10 发布

2011-03-01 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	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验要求	2
4.1 安全措施	2
4.2 测量仪器仪表	2
4.3 试验准备	2
5 试验项目	2
5.1 绝缘电阻的测定	2
5.2 绕组在实际冷状态下直流电阻的测定	3
5.3 匝间冲击耐电压试验	4
5.4 耐电压试验	4
5.5 振动测量	4
5.6 噪声测量	4
5.7 发电机空载电压和电压容差的测定	4
5.8 发电机冷状态和热状态空载特性曲线的测定(发电机法)	5
5.9 发电机空载特性试验(电动机法)	6
5.10 稳态短路试验	6
5.11 过电流试验	6
5.12 过负载试验	7
5.13 超速试验	7
5.14 发热试验	7
5.15 效率的直接测定法	8
5.16 效率的间接测定法	8
5.17 发电机电压调整率 δ_{un} 的测定(仅对纯电阻性负载进行)	9
5.18 发电机功率特性测试	9
5.19 波形畸变率的测定	9
5.20 起动阻力矩的测定	9
5.21 突然短路试验	10
5.22 轴电压测定	10
5.23 外壳防护等级试验	10
5.24 湿热试验	10
5.25 盐雾试验	10
5.26 霉菌试验	10

前 言

GB/T 25389《风力发电机组 低速永磁同步发电机》分为两个部分：

——第1部分：技术条件；

——第2部分：试验方法。

本部分为 GB/T 25389《风力发电机组 低速永磁同步发电机》的第2部分。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国风力机械标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本部分负责起草单位：湘潭电机股份有限公司、湘电风能有限公司、中国北车集团永济新时速电机电器有限责任公司、西安盾安电气有限公司、沈阳工业大学特种电机研究所、常州轨道车辆牵引传动工程技术研究中心、江西金力永磁科技有限公司、北京中科三环高技术股份有限公司、内蒙古汇全环保动力有限公司。

本部分主要起草人：刘国平、禹利华、郭灯塔、李春林、罗桂生、龙辛、毕建红、陈小林、李素平、刘荣强、黄国杰、庞卓卉、孔令江、唐任远、安忠良、邱世平、李忻农、吕锋、王玉国、张富全。

风力发电机组

低速永磁同步发电机

第2部分:试验方法

1 范围

GB/T 25389 的本部分规定了并网型风力发电机组用低速永磁同步发电机的试验方法。

本部分适用于低速永磁同步发电机(以下简称发电机)的试验,其他类型的发电机可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 25389 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

GB 755 旋转电机 定额和性能(GB 755—2008,IEC 60034-1:2004,IDT)

GB/T 1029 三相同步电机试验方法

GB/T 2423.16 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 J 和导则:长霉
(GB/T 2423.16—2008,IEC 60068-2-10:2005,IDT)

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾(GB/T 2423.17—2008,IEC 60068-2-11:1981,IDT)

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

GB 10068 轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值(GB 10068—2008,IEC 60034-14:2007,IDT)

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 10069.1—2006,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 25389.1 风力发电机组 低速永磁同步发电机 第1部分:技术条件

JB/T 5811 交流低压电机成型绕组匝间绝缘试验方法及限值

JB/T 7836.1 电机用电加热器 第1部分:通用技术条件

JB/T 9615.1 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘试验方法

JB/T 9615.2 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘试验限值

JB/T 10098 交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平(JB/T 10098—2000,IEC 60034-15:1995,
IDT)

JB/T 10500.1 电机用埋置式热电阻 第1部分:一般规定、测量方法和检验规则

3 术语和定义

GB 755、GB/T 1029 确立的术语和定义适用于本部分。

4 试验要求

4.1 安全措施

由于试验过程涉及到危险的电流、电压、磁场和机械力,对所有试验应采取安全预防措施,所以所有试验应由有相关知识和经验的人员操作。

4.2 测量仪器仪表

测量所用仪器仪表应满足以下要求:

- 试验中使用的测量仪器、仪表、传感器均应经计量部门检定合格并在有效期内;
- 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),电量传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 级,转速表的准确度应不低于 1.0 级,测力计的准确度应不低于 1.0 级(悬挂式弹簧秤除外),温度计的误差应为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,其他测量仪器、仪表应符合相关标准的规定;
- 用变流器做试验电源时,变流器输入端、输出端应采用宽频数字式测量仪,且在被测频率范围内满足精度要求。

4.3 试验准备

试验前被试发电机应处于正常状态,接线正确,试验线路和设备应满足试验的要求。

5 试验项目

5.1 绝缘电阻的测定

5.1.1 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定

5.1.1.1 测量时发电机的状态

测量发电机绕组的绝缘电阻时应分别在发电机实际冷状态和热状态(或发热试验后)下测量。

检查试验时,如无其他规定,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。

5.1.1.2 兆欧表的选用

测量绕组对机壳及绕组相互间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。

表 1 兆欧表的选择

被测绕组的额定电压 U_N/V	兆欧表规格/ V
$U_N < 1\ 000$	500
$1\ 000 \leq U_N \leq 2\ 500$	500~1 000
$2\ 500 < U_N \leq 5\ 000$	1 000~2 500
$5\ 000 < U_N \leq 12\ 000$	2 500~5 000
$U_N > 12\ 000$	5 000~10 000

5.1.1.3 测量方法

绕组对机壳绝缘电阻的测定按 GB/T 1029 的规定进行,应分别测量定子绕组、元器件的绝缘电阻,测量前应将外部元器件可靠断开,以免损坏。

5.1.2 其他绝缘电阻的测定

其他绝缘电阻的测定方法为:

- 加热器绝缘电阻的测定按 JB/T 7836.1 规定的方法进行。
- 埋置检温计绝缘电阻的测定按 JB/T 10500.1 规定的方法进行。
- 轴承绝缘电阻的测定用不高于 1 000 V 的兆欧表测量。

5.2 绕组在实际冷状态下直流电阻的测定

5.2.1 实际冷状态下绕组温度的测定

将发电机在室内放置一段时间,用温度计(或埋置检温计)测量发电机绕组、铁心和环境的温度。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或铁心的温度。若绕组或铁心的温度无法测量时,允许用机壳温度代替。温度计放置时间应不少于 15 min。

5.2.2 绕组直流电阻的测定

绕组直流电阻可用电桥法、微欧计法、电压表电流表法或其他测量方法测量。其中常用的测量方法如下:

a) 电桥法

测量绕组直流电阻时,发电机转子静止不动。定子绕组直流电阻应在出线端上测量。每一绕组直流电阻应测量三次,每次应在电桥平衡破坏后重新测量。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,取其算术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,应采用有效值不低于四位数的双臂电桥测量。

检查试验时,每一电阻可仅测量一次。

b) 电压表电流表法

测量时,将电压稳定,容量足够的直流电源直接连接在绕组出线端上,施加的电流应不超过绕组额定电流的 10% ,通电的时间不超过 1 min。在电表指示稳定后,同时读取并记录电流值及电压值,将电流值和电压值换算为电阻值。每一直流电阻应在三种不同电流值情况下进行测量。每次测量的绕组直流电阻值与三次测量的绕组直流电阻值的平均值相差应在平均值的 $\pm 0.5\%$ 范围内。取三次测量的绕组直流电阻的平均值作为实际测量值。

5.2.3 各相电阻的计算

根据测量的端电阻,各相电阻值(Ω)按式(1)~(8)计算:

星形接法的绕组:

$$R_a = R_{med} - R_{bc} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$R_b = R_{med} - R_{ca} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$R_c = R_{med} - R_{ab} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R_{med} = \frac{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}{2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

三角形接法的绕组:

$$R_a = \frac{R_{bc} \cdot R_{ca}}{R_{med} - R_{ab}} + R_{ab} - R_{med} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$R_b = \frac{R_{ca} \cdot R_{ab}}{R_{med} - R_{bc}} + R_{bc} - R_{med} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_c = \frac{R_{ab} \cdot R_{bc}}{R_{med} - R_{ca}} + R_{ca} - R_{med} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$R_{med} = \frac{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}{2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

R_{ab} 、 R_{bc} 、 R_{ca} ——分别为出线端 A 与 B、B 与 C、C 与 A 之间测得的电阻值,单位为欧姆(Ω)。

如果各线端间的电阻值与三个线端电阻的平均值之差,对星形接法的绕组,不大于平均值的 2% ,对三角形接法的绕组,不大于平均值的 1.5% 时,则相电阻可按式(9)~(10)计算:

星形接法的绕组:

$$R_a = \frac{1}{2} R_{av} \quad \dots\dots\dots (9)$$

三角形接法的绕组：

$$R_s = \frac{3}{2} R_{av} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

R_{av} ——三个端电阻的平均值，单位为欧姆(Ω)。

5.3 匝间冲击耐电压试验

匝间冲击耐电压试验按 JB/T 5811、JB/T 10098、散嵌绕组匝间绝缘试验按 JB/T 9615.1 规定的方法进行。

5.4 耐电压试验

5.4.1 试验要求

耐电压试验在发电机静止的状态下进行。试验前，应先测量绕组的绝缘电阻。如需要进行超速和短时过电流试验时，该项试验应在这些试验之后进行。型式试验时，应在发热试验后，发电机接近热状态时进行耐电压试验。

试验前，应采取切实的安全防护措施，被试电机周围应有专人监护，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。

5.4.2 试验方法

耐电压试验按 GB/T 1029 规定的方法进行，不参与试验的其他绕组和埋置的检温元件等均应与铁心或机壳作电气连接，机壳应接地。如果绕组的中性点不易分开，绕组应同时施加电压。

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 应大于式(11)计算值：

$$S_N = 2\pi f C U U_{NT} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

S_N ——试验变压器的额定容量，单位为千伏安(kVA)；

f ——电源频率，单位为赫兹(Hz)；

U ——试验电压，单位为伏特(V)；

U_{NT} ——试验变压器的高压端额定电压，单位为伏特(V)；

C ——电机被试绕组的电容，单位为法拉(F)。

试验电压的频率为工频，电压波形应尽可能接近正弦波。

5.4.3 试验电压值及时间

试验电压的数值及时间按 GB/T 25389.1《风力发电机组 低速永磁同步发电机 第1部分：技术条件》的规定。试验时施加的电压应从不超电压全值的一半开始，然后以不超过全值的5%均匀的或分段的增加至全值。电压自半值增加至全值的时间不少于10 s，全值电压试验时间维持1 min。耐压试验合格后紧接着再按本部分 5.1.1 测量绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻。

5.5 振动测量

测量方法按照 GB 10068 振动测量方法进行，试验采用单台电动机法或发电机法进行，采用低频振动测试仪器，测量振动速度、加速度、双幅值。

5.6 噪声测量

发电机噪声的测量方法按照 GB/T 10069.1 规定进行，试验采用单台电动机法或发电机法进行。

5.7 发电机空载电压和电压容差的测定

由拖动机经联轴器拖动发电机在额定转速下空载运行，定子绕组开路。用电压测量仪测量发电机输出端的 m 相电压 U ， m 相电压 U 同发电机铭牌额定电压的比值的百分率、上下限容差、不平衡度按相应标准或技术条件考核。

试验时频率 f 与额定频率 f_N 有差异时，定子空载电压按式(12)进行折算：

$$U_0 = \frac{f_N}{f} U \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

U ——试验时测得的空载电压(m 相平均值),单位为伏特(V);

U_0 ——折算到额定频率时的空载电压,单位为伏特(V)。

5.8 发电机冷状态和热状态空载特性曲线的测定(发电机法)

5.8.1 拖动机法(校准电机法)

用分析过的拖动机拖动发电机分别在 50%、60%、70%、80%、90%、100%、110% 额定转速下空载运行,定子绕组开路,用电压表测量并记录发电机 m 相空载电动势 U_0 ,同时测量并记录拖动机输入功率 P_1 ,输入电流 I 。计算出拖动机总损耗 P_0' ,用式(13)确定被试发电机铁耗 P_{Fe} 与机械耗 P_{fw} 之和。

$$P_{Fe} + P_{fw} = P_1 - P_0' \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$P_{Fe} + P_{fw}$ ——铁耗与机械耗之和,单位为千瓦(kW);

P_1 ——拖动机输入功率,单位为千瓦(kW);

P_0' ——拖动机总损耗,单位为千瓦(kW)。

绘制空载电动势对应转速的特性曲线,热状态空载特性的测定应在发热试验后进行。

发电机空载试验线路图见图 1,发电机空载特性曲线图见图 2。

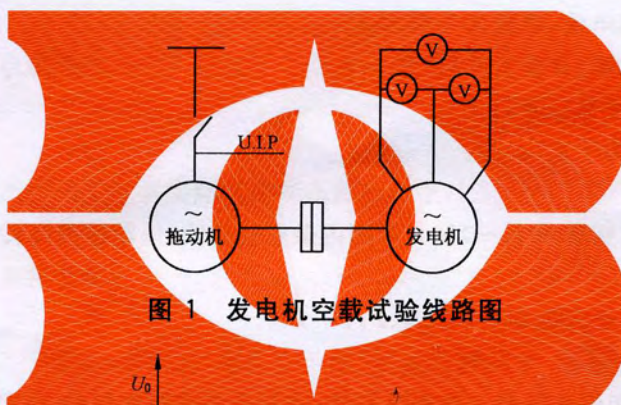


图 1 发电机空载试验线路图

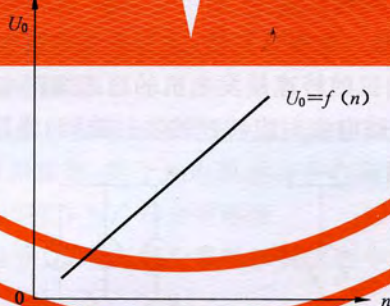


图 2 发电机三相空载特性曲线

5.8.2 扭矩传感器法(测功机法)

将扭矩传感器用联轴器联接到拖动机与发电机之间,扭矩传感器的安装应符合传感器的安装规定,每次试验前扭矩传感器应调零和清零。分别在 50%、60%、70%、80%、90%、100%、110% 额定转速下空载运行,定子绕组开路,用电压测量仪测量并记录发电机 m 相空载电动势 U_0 ,同时测量并记录扭矩传感器的输出扭矩 T_n 。发电机输入功率按式(14)计算。

$$P_{in} = \frac{T_n}{9\ 550} N_n \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

T_n ——扭矩传感器的输出扭矩,单位为牛顿米(N·m);

P_{in} ——发电机的输入有功功率,单位为千瓦(kW);

N_n ——发电机对应输入功率时的转速,单位为转每分钟(r/min)。

用式(15)确定被试发电机铁耗 P_{Fe} 与机械耗 P_{rW} 之和。

$$P_{Fe} + P_{rW} = P_{in} \dots\dots\dots (15)$$

绘制空载电动势对应转速的特性曲线,热状态空载特性的测定应在发热试验后进行。

检查试验时,可仅测量额定频率下的 U_0, P_{in} 。

5.9 发电机空载特性试验(电动机法)

5.9.1 空载电流和空载损耗的测定

测定前,用变流器驱动被试发电机在额定频率下以电动机方式空载运行,使机械损耗达到稳定。

5.9.2 损耗的测定

测取额定频率时的空载电压 U_0 、空载电流 I_0 、空载功率 P_0 。试验结束后,应立即在发电机两个出线端间测量定子绕组的端电阻,然后按式(16)计算被试发电机定子绕组铜耗 P_{cu0} ,按式(17)分离铜耗与铁耗 P_{Fe} 、机械耗 P_{rW} 之和。

$$P_{cu0} = 1.5 I_0^2 R_0 \dots\dots\dots (16)$$

$$P_{Fe} + P_{rW} = P_0 - 1.5 I_0^2 R_0 \dots\dots\dots (17)$$

式中:

P_{cu0} ——定子绕组空载铜耗,单位为千瓦(kW);

I_0 ——定子绕组空载电流,单位为安培(A);

R_0 ——定子绕组端电阻,单位为欧姆(Ω);

P_{Fe} ——铁耗,单位为千瓦(kW);

P_{rW} ——机械耗,单位为千瓦(kW)。

5.9.3 绘制空载曲线

型式试验时,应在额定频率 40%~110% 范围内做空载曲线,低转速和高转速电流出现突变时应删除相应点。

检查试验时,可仅测取额定频率下 U_0, I_0, P_0 。

5.10 稳态短路试验

将被试发电机定子绕组输出端接入电流传感器,通过开关将绕组短路,用分析过的拖动机拖动发电机短路运行,从零转速开始调节拖动机的转速使发电机的稳态短路电流增至 1.2 倍额定值,同时测量并记录短路线电流 I_k 。绘制发电机短路电流对应转速的特性曲线,线路如图 3 所示。

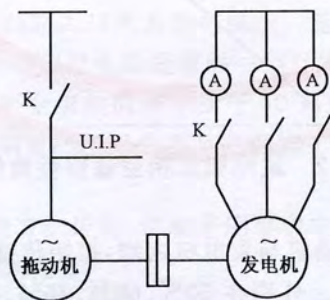


图 3 发电机短路试验线路图

5.11 过电流试验

发电机进行过电流试验时,发电机应处于接近热状态。试验时应迅速调节发电机定子电流至规定的电流倍数,过电流倍数及持续时间按 GB 755 或该类型发电机标准的规定。发电机应能承受 1.5 倍额定电流,历时 30 s。此时发电机的频率为额定值,定子电压尽可能接近额定值。

如因条件限制,不能按上述方法进行试验时,允许按该类型发电机标准规定,在短路情况下进行试验。

在过电流试验中,发电机应不产生冒烟、异味和有害变形等异常情况。

5.12 过负载试验

过负载试验时发电机应处于接近热状态下或发热后进行,保持额定频率不变(定子电压尽可能接近额定值)。调节负载使其输出达到技术标准要求规定的负载倍数和时间,此时温升不作考核,试验后检查发电机绝缘及各部件是否损坏。

5.13 超速试验

超速试验可采用原动机拖动法或电动机法。超速试验为 1.2 倍最高运行转速,历时 2 min(或按相应技术要求)。

超速试验宜在空载热状态下进行。检查试验如无其他规定,超速试验允许在冷状态下进行。

超速试验前应仔细检查发电机的装配质量,特别是转动部分装配质量,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,对发电机的监控及对转速和轴承温度等参数的测量应采用远距离的监测方法。

在升速过程中,当发电机达到额定转速时,应观察运转情况,确认无异常现象后,再以适当的加速度提高转速,直至达到规定的转速和规定的时间。

超速试验后应仔细检查发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。

试验过程中被测发电机的电压应不超过 1.3 倍额定电压。

5.14 发热试验

5.14.1 试验条件

发热试验时应尽可能模拟发电机实际工作状态的冷却条件。

5.14.2 试验方法

发热试验方法采用直接负载法。

5.14.3 温度测量方法

温度测量方法按 GB/T 1029 的规定,有温度计法、埋置检温计法、电阻法(发电机断能停转后所测得的温度值修正按 GB/T 1029 的规定)。

5.14.4 发热试验时冷却介质温度的测定

冷却介质温度可用几支温度计分布在冷却介质进入发电机的途径周围中进行测量。温度计应放置在距发电机 1 m~2 m 处,其球部(测温部)处于发电机轴身中心高的水平面上,并应防止外来辐射热源及气流的影响,取温度计读数的平均值作为冷却介质温度。

发热试验结束时的冷却介质温度,应取在整个发热试验过程中最后的 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。

5.14.5 轴承温度的测定

轴承温度用检温计或温度计测量。对滚动轴承,当采用温度计测量温度时,温度计应尽可能放在轴承温度最高处,温度考核按 GB 755 或该类型发电机标准的规定。

5.14.6 发电机断能停转后测得的电阻值修正

用电阻法测量断能停转后的发电机电阻时,要求在发热试验结束就立即使发电机停转。发电机断能停转后如能在表 2 所述时间内测得第一点电阻值,则以该点电阻值计算发电机的温升而不需外推至断能瞬间。

表 2 时间间隔

额定输出(P_N)/kW 或 kVA	断能后的时间间隔/s
$600 \leq P_N \leq 5\,000$	120
$5\,000 < P_N$	按协议

如在表 2 所述时间内不能测得第一点电阻值,以后每隔约 10 s~15 s 测取一次电阻,并同时记录每点累积时间,共测取 5~7 点,将测得的电阻值作为时间的函数绘成曲线,将此曲线外推至时间为零,所获得的电阻值即作为发电机断能瞬间的电阻值。如停转后测得的电阻值连续上升,则应测取电阻的最高值作为发电机断能瞬间的电阻值。

5.14.7 电阻法温升计算

测量被试发电机绕组的直流电阻时,冷热状态电阻必须在相同的出线端上测量。

根据直流电阻随温度变化而相应变化的关系来确定定子绕组的平均温升。

定子绕组的平均温升 $\Delta\theta(K)$ 按式(18)计算:

$$\Delta\theta = \frac{R_N - R_1}{R_1} (K_1 + \theta_1) + \theta_1 - \theta_0 \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

R_N ——额定负载热试验结束时的绕组端电阻,单位为欧姆(Ω);

R_1 ——温度为 θ_1 时的绕组端电阻,单位为欧姆(Ω);

θ_0 ——热试验结束时的冷却介质温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);

θ_1 ——试验开始时测量绕组电阻 R_1 时的绕组温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);

K_1 ——常数。对铜绕组,为 235;对铝绕组,为 225,除非另有规定。

5.15 效率的直接测定法

5.15.1 效率的计算按式(19)计算。

$$\eta = \frac{P}{P_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

P ——发电机的输出有功功率,单位为千瓦(kW)。

5.15.2 效率测定采用校准电机法,发电机输出经变流器转换输入到电网,发电机在热状态或发热试验后进行。用分析过的拖动机拖动发电机在额定电压、额定频率、额定功率下运行,当各部件温度达到稳定以后,测定发电机输入功率、输出功率、电压、电流、热稳态电阻以及冷却介质温度。如冷却介质温度不是 $25^{\circ}C$ 时,应将绕组的损耗按式(20)、式(21)换算到冷却介质温度为 $25^{\circ}C$ 时的数值。

$$P_{in(25)} = P_{in} + \Delta P_{cua} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$\Delta P_{cua} = m I_a^2 R_a \left(\frac{k + \Delta\theta_a + 25}{k + \theta_a} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$P_{in(25)}$ ——冷却介质温度为 $25^{\circ}C$ 时的输入功率,单位为千瓦(kW);

ΔP_{cua} ——铜耗,单位为千瓦(kW);

$\Delta\theta_a$ ——效率测定时定子绕组的温升值,单位为开尔文(K);

θ_a ——效率测定时定子绕组温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);

I_a ——效率测定时定子相电流,单位为安培(A);

R_a ——效率测定时定子绕组一相的直流电阻值,单位为欧姆(Ω);

m ——相数。

5.15.3 冷却介质温度为 $25^{\circ}C$ 时的效率按式(22)计算。

$$\eta_{(25)} = \frac{P}{P_{in(25)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (22)$$

5.16 效率的间接测定法

发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:

a) 恒定损耗 P_0 包括:

1) 铁损耗 P_{Fe} (包括空载杂散损耗);

- 2) 机械耗 P_{fw} (轴承摩擦损耗和风摩擦);
- b) 铜损耗 P_{cu} , 发电机定子绕组中产生的铜损耗为 $m I_a^2 R_a$;
- c) 杂散损耗 P_d , 发电机的杂散损耗按额定输入功率的 0.5% 计算。

发电机的效率按式(23)确定:

$$\eta = \left(1 - \frac{\sum P}{P + \sum P} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

$\sum P$ ——总损耗, 即 $\sum P = P_{Fe} + P_{fw} + P_{cu} + P_d$, 单位为千瓦(kW);

P ——输出功率, 单位为千瓦(kW)。

5.17 发电机电压调整率 δ_{stu} 的测定(仅对纯电阻性负载进行)

5.17.1 保持发电机转速为额定值不变的条件下, 发电机输出功率由空载到额定负载测定发电机定子端电压的变化。记录发电机端电压(有效值)的最大值和最小值。

5.17.2 发电机从空载到额定负载的所有负载点, 发电机固有电压调整率按式(24)计算: 用额定电压的百分数表示。

$$\delta_{stu} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

U_{\max} 、 U_{\min} ——在满载与空载之间变化时, 发电机端电压的最大值和最小值, 按 m 相平均值最大值和最小值计算, 单位为伏特(V);

U_N ——发电机的额定电压, 单位为伏特(V)。

5.18 发电机功率特性测试

发电机分别在不同的转速下, 调节发电机输出功率至最大功率的试验。

功率特性试验用校准电机法, 测定拖动机的输入功率和发电机的输出电压、电流、功率, 试验完立即测量定子绕组的直流电阻。以转速为横坐标, 发电机的输出功率为纵坐标作出关系曲线。

5.19 波形畸变率的测定

5.19.1 电压波形畸变率的测定

5.19.1.1 用拖动机拖动发电机在额定频率、额定电压下运行。

5.19.1.2 用谐波分析仪测定发电机空载和负载的波形畸变率。

5.19.1.3 用谐波分析仪测定发电机空载基波和各次谐波电压的有效值(U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 …… U_N), 波形畸变率 K_u 按式(25)计算:

$$K_u = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_N^2}}{U_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (25)$$

5.19.2 电流波形畸变率的测定

5.19.2.1 用拖动机拖动发电机在额定频率、额定负载电流下运行。

5.19.2.2 用谐波分析仪测量仪测定发电机负载的波形畸变率。

5.19.2.3 用谐波分析仪测定发电机负载的基波和各次谐波电流的有效值(I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 …… I_N), 波形畸变率 K_i 按式(26)计算:

$$K_i = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_N^2}}{I_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (26)$$

5.20 起动力矩的测定

5.20.1 方法 1: 发电机轴伸上固定安装一已知直径的圆盘, 在圆盘的切线方向加力, 通过力矩传感器测出圆盘开始转动时所加力的数值, 转动圆盘一周, 其最大读数与圆盘半径的乘积即为起动力矩。一周内测点应不少于 3 点。

5.20.2 方法2:发电机轴伸垂直方向固定安装一力矩杠杆,杠杆端部连接到接有测力机或弹簧秤的起重机上,在切线方向施加力至轴伸开始转动,读出开始转动时所加力的读数,其最大读数与杠杆有效长度的乘积即为起动阻力矩。

5.21 突然短路试验

5.21.1 突然短路试验在热状态下进行。

5.21.2 突然短路试验是为了考核发电机外部突然短路故障产生的大电流对发电机的影响,试验应在短接定子绕组前发电机端电压为额定值时进行。

5.21.3 应使短路开关基本上在同一时刻短路,各相触头应在彼此不超过 15°电角度内闭合,测量用电流传感器的量程和短路开关的容量应大于被试发电机突然短路电流。

5.21.4 发电机突然短路试验时发电机应安装牢固,疏散人员,增设隔离防护栏,防止异物飞出伤人和损坏设备。

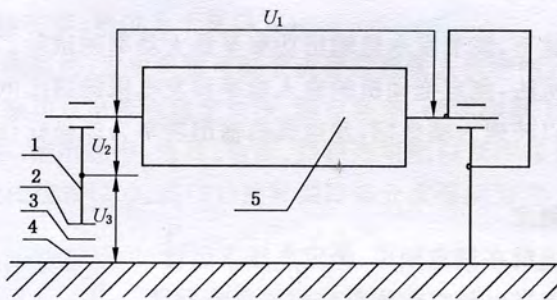
5.21.5 发电机突然短路试验后,应检查发电机各部件是否损坏,检测发电机绕组的绝缘电阻和发电机绕组的直流电阻。

5.21.6 发电机重新装配好按 5.9 发电机法重做空载特性进行比较。

5.21.7 发电机突然短路试验后,应检查永磁体的退磁情况。

5.22 轴电压测定

电机转子有两个轴承支撑点并有防轴电流绝缘装置时,被试电机用变流器驱动在额定电压、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 ,然后将转轴没有绝缘的一端与其轴承座短接(双侧绝缘的转轴短接任意一侧),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。



- 1—轴承座;
- 2—绝缘垫;
- 3—金属垫;
- 4—绝缘垫;
- 5—转子。

图 4 轴电压测量示意图

5.23 外壳防护等级试验

按 GB/T 4942.1 规定的试验方法进行。

5.24 湿热试验

按 GB/T 12665 规定的试验方法进行。

5.25 盐雾试验

按 GB/T 2423.17 规定的试验方法进行。

5.26 霉菌试验

按 GB/T 2423.16 规定的试验方法进行。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
风 力 发 电 机 组
低 速 永 磁 同 步 发 电 机
第 2 部 分：试 验 方 法
GB/T 25389.2—2010

*
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

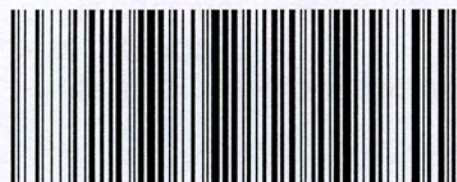
网 址 www.spc.net.cn
电 话：68523946 68517548

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 1 字 数 23 千 字
2011 年 3 月 第 一 版 2011 年 3 月 第 一 次 印 刷

*
书 号：155066·1-41326 定 价 18.00 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 25389.2-2010