



中华人民共和国国家标准

GB/T 36996—2018

风力发电机组用永磁盘式无铁芯发电机

Permanent magnet disc coreless generator for wind turbines

2018-12-28 发布

2019-07-01 实施

国家市场监督管理总局
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	1
4 型式及基本参数	1
4.1 型号及其含义	1
4.2 额定功率	2
4.3 冷却方式	2
4.4 结构和安装方式	2
4.5 定额	2
4.6 出线数目	2
4.7 额定功率与额定转速	2
5 技术要求	2
5.1 环境条件	2
5.2 外观结构	3
5.3 绝缘电阻	3
5.4 冷态直流电阻	3
5.5 耐电压	3
5.6 匝间绝缘	3
5.7 转速及要求	3
5.8 超速	3
5.9 发电机的起动阻力矩	3
5.10 轴承温度	4
5.11 效率	4
5.12 空载特性曲线	4
5.13 负载特性曲线	4
5.14 过载	4
5.15 短路机械强度	4
5.16 防护等级	4
5.17 振动	5
5.18 噪声	5
5.19 电磁兼容	5
5.20 安全	5
6 试验方法	5
6.1 试验准备	5
6.2 外观结构	5
6.3 绝缘电阻	5

6.4	冷态直流电阻	6
6.5	耐电压	6
6.6	匝间绝缘	6
6.7	转速及要求	6
6.8	超速试验	6
6.9	起动阻力矩	6
6.10	轴承温度	6
6.11	效率	6
6.12	空载特性曲线	7
6.13	负载特性曲线	7
6.14	过载试验	7
6.15	短路机械强度试验	7
6.16	外壳防护等级试验	7
6.17	振动	7
6.18	噪声	8
6.19	电磁兼容	8
6.20	安全	8
6.21	环境试验	8
7	检验规则	8
7.1	检验类别	8
7.2	出厂检验及判定规则	8
7.3	型式检验及判定规则	8
8	标识、包装	9
9	使用说明书、质保	10
9.1	使用说明书	10
9.2	质保	11

前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国风力机械标准化技术委员会(SAC/TC 50)归口。

本标准起草单位:合肥为民电源有限公司、包头市拓又达新能源科技有限公司、浙江大学、靖江菲尔德斯风力发电设备有限公司、深圳市泰玛风光能源科技有限公司、营口临潼维宁科技有限公司。

本标准主要起草人:张为民、赵欣、年珩、唐贵平、林文奇、张火军。

风力发电机组用永磁盘式无铁芯发电机

1 范围

本标准规定了风力发电机组用永磁盘式无铁芯发电机的术语和定义、型式及基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装、使用说明书、质保。

本标准适用于 0.3 kW~100 kW 风力发电机组用永磁盘式无铁芯发电机(以下简称发电机)。发电机的型式为三相交流同步发电机。

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/T 755 旋转电机 定额和性能
- GB/T 997 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类(IM 代码)
- GB/T 1029 三相同步电机试验方法
- GB/T 4942.1 旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码)分级
- GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 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/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 10069.3 旋转电机噪声测定方法及限值 第 3 部分:噪声限值
- GB/T 12665 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求
- GB/T 17646 小型风力发电机组
- GB/T 19068.1 小型风力发电机组 第 1 部分:技术条件
- 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
- GB/T 22719.2 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第 2 部分:试验限值

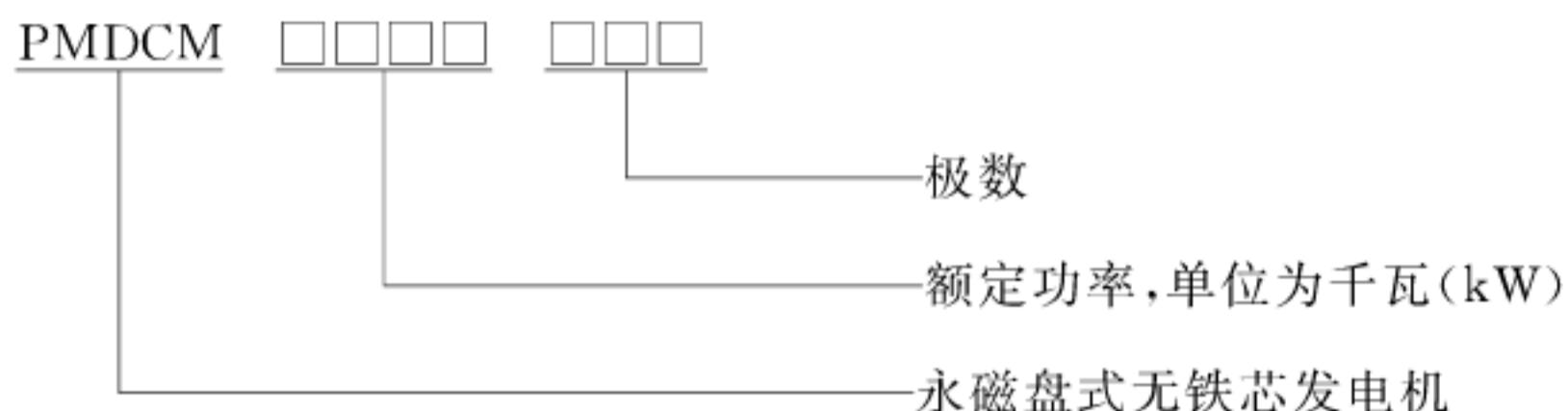
3 术语和定义

GB/T 755、GB/T 17646 界定的术语和定义适用于本文件。

4 型式及基本参数

4.1 型号及其含义

永磁盘式无铁芯发电机型号及其含义如下:



示例：

PMDCM0010-010 表示 10 对极 1 kW 永磁盘式无铁芯发电机。

4.2 额定功率

发电机应按下列额定功率制造(kW)：

0.3, 0.6, 1, 2, 3, 5, 7.5, 10, 20, 30, 50, 75, 100。

注：对于某些特殊配套产品，可由用户与制造厂另行商定。

4.3 冷却方式

永磁盘式无铁芯发电机采用空气冷却或其他冷却方式。

4.4 结构和安装方式

发电机的基本结构及安装型式应符合 GB/T 997 规定的 IMB3、IMB5、IMB30，也可根据需要制成其他安装型式。

4.5 定额

发电机的定额是以连续工作制(S1)为基准的连续定额。

4.6 出线数目

出线接头数目应为 $3N$ ($N = 1, 2, 3, \dots$)。

4.7 额定功率与额定转速

发电机额定功率与额定转速的对应关系宜按表 1 的规定。

表 1 额定功率与额定转速的对应关系

额定功率/kW	0.3	0.6	1	2	3	5
额定转速/(r/min)	300~550	300~450	230~350	180~300	180~300	100~250
额定功率/kW	7.5	10	20	30	50	100
额定转速/(r/min)	100~250	100~250	100~200	100~200	100~200	100~200

5 技术要求

5.1 环境条件

5.1.1 正常使用条件

发电机应在下列环境条件下正常运行：

- a) 海拔:不超过 1 000 m;
- b) 环境温度: $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 空气相对湿度不大于 95%;
- d) 当运行地点的海拔和环境空气与规定不符时,按 GB/T 755 的规定。

5.1.2 特殊使用条件

如果发电机在异于 5.1.1 规定的条件下使用,用户应在订货时提出,并与制造商或供货商取得协议。

5.2 外观结构

发电机的表面应喷涂防腐漆,油漆表面干燥完整,无污损、碰坏、裂痕现象。发电机应制成具有 3 个线电压接线端,如有特殊要求,可将中性线引出。发电机的端盖止口等接合面应涂有防锈油脂或半干性密封胶油。

5.3 绝缘电阻

发电机应采用 F 级及以上绝缘等级。发电机定子绕组绝缘电阻在热状态时和按 GB/T 12665 所规定的 40 $^{\circ}\text{C}$ 交变湿热试验方法进行 6 周期试验后,应不低于 $U/1\ 350$ (U 为额定电压) $\text{M}\Omega$ 。

5.4 冷态直流电阻

永磁盘式无铁芯发电机定子绕组在冷态下,在校正由于引线长度不同引起的误差后,任何两项直流电阻之差应不超过其最小值的 2%。

5.5 耐电压

发电机定子绕组应能承受历时 1 min 的耐压试验而不发生击穿,试验电压的频率为 50 Hz,并尽可能为正弦波形,试验电压的有效值对功率小于 1 kW 且额定电压低于 100 V 的发电机为 500 V 加 2 倍额定电压,其余为 1 000 V 加 2 倍额定电压。

5.6 匝间绝缘

发电机定子绕组应能承受匝间冲击耐压试验而不击穿,其试验冲击电压峰值按 GB/T 22719.2 的规定。

5.7 转速及要求

5.7.1 1 kW 及以下(含 1 kW)最高工作转速为 150% 额定转速,2 kW 及以上(含 2 kW)为最高工作转速为 125% 额定转速。

5.7.2 当发电机在额定电压下并输出额定功率时,其转速应不大于 105% 额定转速。

5.8 超速

发电机在空载情况下,应能承受 2 倍的额定转速,历时 2 min,转子结构不发生损坏及有害变形。

5.9 发电机的起动阻力矩

在空载条件下,发电机的起动阻力矩应不大于表 2 的规定。

表 2

功率/kW	0.3	0.6	1	2	3	5
最大起动阻力矩/(N·m)	0.2	0.26	0.45	0.65	1.0	1.9
功率/kW	7.5	10	20	30	50	100
最大起动阻力矩/(N·m)	2.0	2.0	4.5	10.0	15	72

5.10 轴承温度

永磁盘式无铁芯发电机在额定工况下,发电机轴承的允许温度(温度计法)应不超过95℃。

5.11 效率

发电机在连接线符合GB/T 19068.1的规定,输出额定功率,并且转速为额定转速时,其效率的保证值应符合表3的规定。

表 3

功率/kW	0.3	0.6	1	2	3	5
效率/% \geqslant	65	75	78	82	82	85
功率/kW	7.5	10	20	30	50	100
效率/% \geqslant	85	85	90	90	90	90
效率用直接法确定(冷却空气换算到25℃)。						

5.12 空载特性曲线

实测空载特性曲线与制造商声明的空载特性曲线误差不超过±5%。

5.13 负载特性曲线

实测负载特性曲线与制造商声明的负载特性曲线误差不超过±5%。

5.14 过载

在额定电压时,发电机能承受2倍额定电流,历时不少于30 s。

5.15 短路机械强度

发电机应能承受短路机械强度试验而不发生损坏及有害变形,试验应在当发电机空载转速为额定转速时进行,在交流侧三相短路,历时3 s。

5.16 防护等级

发电机的外壳防护试验,应不低于GB/T 4942.1的规定的IP54要求。

5.17 振动

发电机的振动限值符合 GB/T 10068 的规定。

5.18 噪声

发电机的噪声限值应符合 GB/T 10069.3 的规定。

5.19 电磁兼容

发电机的电磁兼容性应符合 GB/T 755 的规定。

5.20 安全

发电机的安全要求应符合 GB 5226.1 的规定。

6 试验方法

6.1 试验准备

6.1.1 试验样机

6.1.1.1 试验样机应随附有关技术数据、图样和安装使用说明书。

6.1.1.2 产品样机应随附产品合格证。

6.1.2 测量仪器

测量所用仪器仪表应满足以下要求：

- a) 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；
- b) 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，测量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±1 °C，其他测量仪器、仪表应符合相关标准的规定；
- c) 用变流器做实验电源时，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。

6.1.3 试验前的准备

试验前，应对被试发电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。

试验线路和设备满足试验的要求。

6.2 外观结构

目测发电机的防腐漆、接线端和端盖止口等结合面。目测标识是否正确。

6.3 绝缘电阻

温升试验及绝缘电阻的测定按 GB/T 1029 的规定进行。试验前应将整流元件可靠断开，以免损坏。温升试验时应尽可能使发电机外部散热符合其实际工作状态。

6.4 冷态直流电阻

绕组在实际状态下直流电阻的测定按 GB/T 1029 的规定进行。

6.5 耐电压

耐电压试验按 GB/T 1029 规定的方法进行,试验前应将整流元件可靠断开,以免损坏。

6.6 匝间绝缘

匝间绝缘试验按 GB/T 22719.1 规定的方法进行,试验前应将整流元件可靠断开,以免损坏。

6.7 转速及要求

发电机输出端应符合 GB/T 19068.1 规定的连接线连接,经整流后加电阻负载,测试发电机的最高转速和额定功率时的转速。

6.8 超速试验

超速试验是在空载状态下进行。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取远距离的监测方法。

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,直至规定的转速。

超速试验采用原动机拖动法。

超速试验后应仔细检查发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他不准许的现象出现。

6.9 起动阻力矩

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阻力矩,一周内测点应不少于 3 点。

6.10 轴承温度

轴承温度用温度计测量。对于滑动轴承,温度计放入轴承的测量空中或者放在接近滑动轴承的表面处。对滚动轴承,温度计放在最接近轴承外圈处。

6.11 效率

效率测定采用直接法。发电机在额定电压,额定功率下运行,此时发电机转速应不大于 105% 额定转速,当温度基本上达到稳定以后,测量发电机输入功率、直流输出功率、电流、热稳态电阻以及冷却空气温度。将绕组的损耗换算到冷却空气温度为 25 ℃ 时的数值,按式(1)计算。

$$(I_i^2 R_i)_{25} = \frac{235 + \Delta\theta_i + 25}{235 + \Delta\theta_i + t_0} \times (I_i^2 R_i) \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中:

I_i ——发电机输出电流,单位为安培(A);

R_i —— 绕组热态电阻, 单位为欧姆(Ω);
 $\Delta\theta_i$ —— 绕组的温升值, 单位为开尔文(K);
 t_0 —— 冷却空气温度, 单位为摄氏度(°C)。

换算到冷却温度为 25 °C 时的发电机效率按式(2)计算,换算后的发电机输出功率按式(3)计算。

式中：

η ——效率, %;

P'_2 ——换算后的发电机输出功率,单位为瓦(W);

P_1 ——发电机输入功率,单位为瓦(W);

P_2 ——发电机直流输出功率,单位为瓦(W)。

发电机效率测定时,应包括整流桥和连接线的损耗,连接线应符合 GB/T 19068.1 的规定。

6.12 空载特性曲线

发电机在 65%、80%、100%、120% 额定转速下空载运行, 用电磁式电压表测量发电机空载整流后的直流电压。

6.13 负载特性曲线

发电机分别在 65%、80%、100%、125%、150% 额定转速下,用直接负载法(电阻负载)测定时发电机的输出功率和发电机的实测效率,额定转速以下时,保持输出电压为额定值,额定转速以上保持额定功率的负载电阻不变,以转速为横坐标,效率和输出功率为纵坐标作出关系曲线,2 kW 及以上的发电机不做 150% 额定转速试验。

6.14 过载试验

过负载试验时发电机应处于接近热状态下或发热后进行,保持额定转速不变(定子电压尽可能接近额定值)。调解负载使其输出电流达到 1.5 倍额定值,历时 30 s。

6.15 短路机械强度试验

本试验为破坏性试验,试验前应仔细检查发电机装配及安装质量,如绕组端部绑扎是否牢固,转子紧固螺母是否旋紧,发电机基础是否处于良好状态,底脚螺栓及螺母是否旋紧等。试验前应将整流元件可靠断开,并测定绕组对机壳及相互的绝缘电阻。

在进行突然短路时,不准许有人停留在发电机、短路开关及引线(尽可能短)附近,以保证人身安全。

本试验应在发电机空载情况下进行。试验时发电机应接近工作温度，拖动发电机至额定转速，在交流测三相短路，历时 3 s。

消除短路后，应不产生有害变形且能承受耐压试验。

6.16 外壳防护等级试验

发电机外壳防护等级的试验按 GB/T 4942.1 的规定进行。试验时其安装方式需与发电机的安装结构一致。进行防水试验时,发电机静止和运转各进行 10 min。

6.17 振动

按 GB/T 10068 规定的方法进行。

6.18 噪声

按 GB/T 10069.1 规定的方法进行。

6.19 电磁兼容

按 GB/T 755 规定的方法进行。

6.20 安全

按 GB 5226.1 规定的方法进行。

6.21 环境试验

6.21.1 低温试验

发电机在规定的最低环境温度下静置不少于 4 h, 测定发电机的起动阻力矩, 应符合 5.9 要求; 然后拖动发电机使其转速为 65% 额定转速, 测量发电机空载电压, 应符合 5.12 要求; 停机后检查外观, 应符合 5.2 要求。

6.21.2 40 °C 交变湿热试验

40 °C 交变湿热试验按 GB/T 12665 的规定进行。试验后应检查绝缘电阻, 并进行耐电压测试, 试验电压应为规定值的 85%。

7 检验规则

7.1 检验类别

检验分为出厂检验及型式检验。

7.2 出厂检验及判定规则

发电机按照表 4 规定的出厂检验项目要求逐台进行出厂检验, 出厂检验合格后应出具出厂检验合格证明。若有一项不符合检验项目要求, 允许返修复试。复试合格后方可出具出厂检验合格证明。

7.3 型式检验及判定规则

7.3.1 凡遇下列情况之一者, 应进行型式检验:

- a) 制造厂第一次试制或小批试生产时;
- b) 设计、材料或工艺上的变更足以引起某些特性和参数变化时;
- c) 当检查试验结果和以前进行的型式试验结果发生不可容许的偏差时;
- d) 成批生产的发电机定期抽检, 抽检时间至少 3 年一次。

7.3.2 发电机按表 4 规定的型式检验项目要求进行检验, 如各检验项目均符合本标准规定的要求时, 则判定该产品型式检验合格; 如有任一项的检验结果不符合本标准规定的要求, 则判定该产品的型式检验为不合格。

表 4 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
1	外观结构	√	√	5.2	6.2
2	绝缘电阻	√	√	5.3	6.3
3	冷态直流电阻	√	√	5.4	6.4
4	耐电压	√	√	5.5	6.5
5	匝间绝缘	√	√	5.6	6.6
6	转速及要求	√	√	5.7	6.7
7	超速	√	√	5.8	6.8
8	起动阻力矩	√	√	5.9	6.9
9	轴承温度		√	5.10	6.10
10	效率		√	5.11	6.11
11	空载特性曲线		√	5.12	6.12
12	负载特性曲线		√	5.13	6.13
13	过载		√	5.14	6.14
14	短路机械强度		√	5.15	6.15
15	防护等级		√	5.16	6.16
16	环境		√	5.1	6.21
17	振动		√	5.17	6.17
18	噪声		√	5.18	6.18
19	电磁兼容		√	5.19	6.19
20	安全		√	5.20	6.20
21	标识		√	8.1 8.3 8.4	6.2

8 标识、包装

8.1 铭牌材料及铭牌上数据的刻划方法应保证其字迹在发电机整个使用时期内不易磨灭。

8.2 铭牌应固定在发电机机座明显位置,应标明的项目如下:

——制造厂名;

——发电机名称;

- 发电机型号；
- 外壳防护等级；
- 额定转速(r/min)；
- 额定功率(kW)；
- 额定电压(V)；
- 绝缘等级；
- 接线方法；
- 出品年月和出品编号；
- 质量(kg)；
- 本标准编号。

8.3 发电机定子绕组的出线端应有相应标志(U_1 、 U_2 、 V_1 、 V_2 、 W_1 、 W_2)，并应保证其字迹在发电机整个使用时期内不易磨灭。

8.4 电机的轴伸应加防锈及保护措施。凸缘式发电机应在凸缘的加工面上加防锈及保护措施。

8.5 发电机的使用维护说明书(同用户同一型式的一批发电机至少供应一份)，及产品合格证随同每台发电机供给用户。

8.6 发电机的包装应能保证在正常的储运条件下自发货之日起一年时间内不致因包装不善而导致受潮与损坏。

8.7 包装箱外壁的文字和标志应清楚整齐，内容如下：

- 发货站及制造商名称；
- 收货站及收货单位名称；
- 发电机型号及出品编号；
- 发电机的质量及连同包装箱的质量；
- 包装箱尺寸；
- 在包装箱外的适当位置应标有“小心轻放”“防湿”等字样，其图形应符合 GB/T 9969 的规定。

9 使用说明书、质保

9.1 使用说明书

9.1.1 发电机使用说明书的目的是提供正确使用和维护发电机的必需说明。

9.1.2 发电机使用说明书的格式按 GB/T 9969 的规定。

9.1.3 发电机使用说明书应包括下列内容：

- 制造商；
- 名称、型号；
- 发电机描述；
- 发电机安装尺寸；
- 发电机技术数据；
- 发电机接线及安装原理图；
- 发电机安装要求；
- 发电机使用维护要求。

9.2 质保

在用户按照使用维护说明书的规定,正确使用与存放发电机的情况下,制造商应保证发电机在使用一年内,但自制造商起运的日期不超过两年的时间内能良好地运行。如在此规定的时间内发电机因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时,制造厂应无偿地为用户修理或更换发电机。

中华人民共和国
国家标 准

风力发电机组用永磁盘式无铁芯发电机

GB/T 36996—2018

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2018年12月第一版

*

书号: 155066 · 1-61627

版权专有 侵权必究



GB/T 36996-2018