



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 12975—2021  
代替 GB/T 12975—2008

---

## 船用同步发电机通用技术条件

General specification for synchronous generator in ships

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 ..... I

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 要求 ..... 3

5 试验方法..... 20

6 检验规则..... 25

7 产品标志..... 28

8 包装、运输和贮存 ..... 29

9 质量保证期..... 30



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 12975—2008《船用同步发电机通用技术条件》。与 GB/T 12975—2008 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了出线位置要求的内容(见 4.4.13, 2008 年版的 4.4.13)；
- 修改了电压调整率、波形畸变和温升要求的内容(见 4.5.3、4.5.4、4.5.5 和 4.5.15.1, 2008 年版的 4.5.3、4.5.4、4.5.5 和 4.5.15.1)；
- 修改了绝缘电阻、匝间冲击耐电压要求的内容(见 4.5.16、4.5.18, 2008 年版的 4.5.16、4.5.18)；
- 增加了对地冲击耐电压性能要求和试验方法内容(见 4.5.19、5.18)；
- 修改了耐潮性能、耐盐雾性能要求的内容(见 4.5.23、4.5.24, 2008 年版的 4.5.22、4.5.24)；
- 删除了防霉性能和相关试验要求内容(见 2008 年版的 4.5.23、5.21)；
- 修改了振动强度限值和耐振动性能要求的内容(见 4.5.27 和 4.5.30, 2008 年版的 4.5.27 和 4.5.30)；
- 修改了自动电压调节器外壳端口辐射发射的试验频率范围(见 4.5.29.2, 2008 年版的 4.5.29.2)；
- 增加了化学气体腐蚀试验二氧化硫浓度(见 5.23)。

本标准由中国电器工业协会提出并归口。

本标准负责起草单位：上海电器科学研究院、上海电器科学研究所(集团)有限公司、中国船级社上海规范研究所、中国船级社上海分社、兰州电机股份有限公司、上海马拉松·革新电气有限公司、江西清华泰豪三波电机有限公司、康富科技有限公司。

本标准主要起草人：鲁守相、苏迎宾、韩素芳、孙武、李晨浩、高晓辉、周伟强、饶智芳、万勇。

本标准所代替的标准历次版本发布情况为：

- GB/T 12975—1991、GB/T 12975—2008。

# 船用同步发电机通用技术条件

## 1 范围

本标准规定了额定功率 3 125 kVA(50 Hz 和 60 Hz)及以下船用同步发电机(以下简称发电机)及其励磁装置的技术要求、试验方法、检验规则、分类、标志和包装等内容。

本标准适用于由内燃机驱动,用作船舶及移动式 and 固定式近海装置电站的发电机及其励磁装置。

本标准对由汽轮机驱动的发电机、轴带发电机和额定功率大于 3 125 kVA 的发电机,亦可参照采用。

## 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 191—2008 包装储运图示标志
- GB/T 755—2019 旋转电机 定额和性能
- GB/T 997—2008 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—2005 三相同步电机试验方法
- GB/T 1958—2017 产品几何技术规范(GPS)几何公差 检测与验证
- GB/T 1971—2006 旋转电机 线端标志与旋转方向
- GB/T 1993—1993 旋转电机冷却方法
- GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12 h+12 h 循环)
- GB/T 2423.17—2008 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 2423.33—2005 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Kca:高浓度二氧化硫试验
- GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机
- GB/T 4772.1—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第 1 部分:机座号 56~400 和凸缘号 55~1080
- GB/T 4772.2—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第 2 部分:机座号 355~1000 和凸缘号 1180~2360
- GB/T 4831—2016 旋转电机产品型号编制方法
- GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码) 分级
- GB/T 6113.101—2016 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-1 部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备
- GB/T 6113.102—2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-2 部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 传导骚扰测量的耦合装置
- GB/T 6113.103—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-3 部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 骚扰功率



- GB/T 6113.104—2016 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-4部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 辐射骚扰测量用天线和试验场地
- GB/T 6113.105—2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-5部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 5 MHz~18 GHz 天线校准场地和参考试验场地
- GB/T 6113.201—2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-1部分:无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量
- GB/T 6113.202—2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-2部分:无线电骚扰和抗扰度测量方法 骚扰功率测量
- GB/T 6113.203—2016 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-3部分:无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量
- GB/T 6113.204—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-4部分:无线电骚扰和抗扰度测量方法 抗扰度测量
- GB/T 7060—2019 船用旋转电机基本技术要求
- GB/T 7094—2016 船用电气设备振动(正弦)试验方法
- GB/T 10068—2020 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—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
- GB/T 10069.3—2008 旋转电机噪声测定方法及限值 第3部分:噪声限值
- GB/T 10250—2007 船舶电气与电子设备的电磁兼容性
- GB/T 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第1部分:总则
- GB/T 14481—2008 单相同步电机试验方法
- GB/T 14711—2013 中小型旋转电机通用安全要求
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.16—2007 电磁兼容 试验和测量技术 0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验
- GB/T 22714—2008 交流低压电机成型绕组匝间绝缘试验规范
- GB/T 22715—2016 旋转交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平
- GB/T 22717—2008 电机磁极线圈及磁场绕组匝间绝缘试验规范
- GB/T 22719.1—2008 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—2008 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第2部分:试验限值
- CB/T 3667.1—2014 船舶电缆敷设和电气设备安装附件 第1部分:电缆贯通装置
- JB/T 4159—2013 热带电工产品通用技术要求
- 钢质海船入级规范 第4分册(中国船级社,2018)

### 3 术语和定义

GB/T 755—2019、GB/T 7060—2019 和 GB/T 2900.25 界定的术语和定义适用于本文件。

4 要求

4.1 环境条件

发电机及其励磁装置在下列环境条件下应能正常工作：

- a) 环境空气温度为 0℃~45℃(自动电压调节器为 0℃~55℃)，采用水冷却时，初始冷却水温度应不超过 32℃。
- b) 空气相对湿度为 95%，并有凝露。
- c) 有盐雾、油雾、霉菌的影响。
- d) 倾斜与摇摆：  
纵倾：5°(应急发电机为 10°)；  
纵摇：7.5°(应急发电机为 10°)；  
横倾：15°(应急发电机为 22.5°)；  
横摇：22.5°。  
装运液化气体和化学品的船舶，其应急发电机应在船舶横倾达 30°的极限状态下能保持供电。
- e) 海上勘探或开发海底石油资源的各类移动式平台和固定式平台用的发电机有二氧化硫和硫化氢等化学活性物的影响。
- f) 有船舶和近海装置正常营运和作业中产生的冲击和振动的影响。

4.2 材料要求

发电机及其励磁装置所采用的材料应符合 GB/T 7060—2019 的规定。

4.3 设计要求

4.3.1 额定频率

发电机的额定频率为 50 Hz 或 60 Hz。

4.3.2 额定电压

发电机的额定电压见表 1。表 1 未规定的额定电压应在订货合同中另行规定。

表 1 额定电压

相别	额定电压 V	额定频率 Hz
三相	390 或 400	50
	450	60
	600 或 690	50、60
	3 150	50、60
	6 300	50、60
	10 500	50、60

表 1（续）

相别	额定电压 V	额定频率 Hz
单相	115、230	50
	120、240	60

4.3.3 额定转速

发电机的额定转速见表 2。

表 2 额定转速

额定频率 Hz	额定转速 r/min					
	3 000	1 500	1 000	750	600	500
50	3 000	1 500	1 000	750	600	500
60	3 600	1 800	1 200	900	720	600

4.3.4 额定功率因数

发电机的额定功率因数见表 3。表 3 未规定的额定功率因数应在订货合同中另行规定。

表 3 额定功率因数

相 别	额定功率因数
单 相	1.0、0.9(滞后)、0.8(滞后)
三 相	0.8(滞后)



4.3.5 额定功率

4.3.5.1 单相发电机的额定功率应按表 4 规定制造。如需其他功率等级的发电机，由制造厂在企业标准中另行规定。

表 4 单相发电机额定功率

功率因数	额 定 功 率 kVA							
	1.0	2.0	3.0	5.0	7.5	10	12	16
1.0	1.0	2.0	3.0	5.0	7.5	10	12	16
0.9(滞后)	1.1	2.2	3.3	5.6	8.3	11.1	13.3	17.8
0.8(滞后)	1.25	2.5	3.75	6.25	9.375	12.5	15	20

4.3.5.2 三相发电机在功率因数为 0.8(滞后)时，以千伏安(kVA)及对应千瓦(kW)为单位的额定功率应按表 5 规定制造。如需其他功率等级的发电机，由制造厂在企业标准中另行规定。

表 5 三相发电机额定功率

额定功率 kVA	6.25	9.38	12.5	15	20	25	30
	37.5	50	62.5	80	93.75	112.5	150
	187.5	250	312.5	350	393.75	443.75	500
	562.5	625	700	787.5	887.5	1 000	1 125
	1 250	1 400	1 562.5	1 750	2 000	2 800	3 125
额定功率 kW	5	7.5	10	12	16	20	24
	30	40	50	64	75	90	120
	150	200	250	280	315	355	400
	450	500	560	630	710	800	900
	1 000	1 120	1 250	1 400	1 600	2 240	2 500
注：如用户需要其他环境温度的发电机，其额定功率折算数据由制造厂提供。							

4.3.6 接法

三相发电机的接法为三相三线制或三相四线制。

4.3.7 工作制

发电机的工作制为连续工作制(S1)。

4.3.8 型号表示方法

发电机型号由产品代号、规格代号和特殊环境代号三部分依次序排列组成，各种代号的选用应符合 GB/T 4831—2016 的有关规定。若有其他规定(如引进技术制造的产品)，由制造厂在企业标准中另行规定。

4.3.9 励磁方式

发电机的励磁方式有：

- a) 不带自动电压调节器的相复励励磁系统(简称不可控相复励)；
- b) 带自动电压调节器的相复励励磁系统(简称可控相复励)；
- c) 无刷励磁系统；
- d) 带自动电压调节器的三次谐波励磁系统(简称可控三次谐波励磁)；
- e) 其他励磁方式。

4.3.10 尺寸

发电机的安装尺寸及其公差应符合 GB/T 4772.1—1999 和 GB/T 4772.2—1999 的规定。外形尺寸和形位公差尺寸由制造厂在企业标准中规定。

4.4 结构要求

4.4.1 吊装和排水

发电机应设置吊攀或起吊孔。机座底部应设置排水孔。



#### 4.4.2 轴承

4.4.2.1 在 4.1 d) 规定的倾斜状态下运行, 轴承应有效地连续润滑, 采用油环的自润滑滑动轴承, 应采取强制油环不离开转轴且能自由旋转。

4.4.2.2 应采取适当措施, 防止润滑油(脂)沿电机轴或其他通道流入到电机绝缘部件或任何带电部件。

4.4.2.3 采用非密封式滚动轴承结构的发电机应设置有效的加油孔和排油孔。

4.4.2.4 装有自润滑滑动轴承的发电机, 应装有观察孔或油位指示装置。每个轴承座上应设置一个适当的溢油口, 同时备有轴承温度测量装置。

4.4.2.5 发电机应有防止轴电流有害影响的措施。对不加绝缘隔离的滑动轴承, 其轴电压允许峰值应不大于 500 mV (对应的电压有效值应不大于 360 mV)。对强迫润滑的滑动轴承结构, 在加设轴承绝缘的同时, 还应在油管法兰处加设绝缘环, 以防止轴承绝缘被油管短路。

#### 4.4.3 外壳防护等级



发电机的外壳防护等级按 GB/T 4942.1—2006 的规定应不低于 IP22, 1 000 V 以上发电机的外壳防护等级应不低于 IP23。接线盒的防护等级应与发电机一致, 但应不低于 IP44。

#### 4.4.4 冷却方式

发电机的冷却方式按 GB/T 1993—1993 的规定为 IC01、IC7W71 和 IC81W。

#### 4.4.5 结构及安装型式

发电机的结构及安装型式按表 6 规定。其含义见 GB/T 997—2008。

表 6 结构及安装形式

代号 1	IM B3	IM B15	IM B20	IM B25	IM B34	IM B35
代号 2	IM 1001	IM 1201	IM 1101	IM 2401	IM 2101	IM 2001

#### 4.4.6 防冷凝加热器

应在发电机内部设置防止潮气在绕组上凝露的防冷凝加热器时, 加热器的总功率应使发电机被加温到机壳内的温度比电机所处的周围温度约高 5 K, 但不致使加热器附近的绝缘超过规定的温度限值。加热器应采用单相供电, 其安装应便于检查和更换。

#### 4.4.7 空气过滤器

对有空气过滤器的发电机, 其空气过滤器应选用透气性好, 滤清效率高及洗涤方便的材料。过滤器的安装应便于拆卸和清洗。

#### 4.4.8 水冷却器

对带有水冷却器的发电机, 水冷却器内部冷却介质为海水或淡水。初级冷却水温度不超过 32 ℃。水冷却器的结构和安装方式应便于拆装和清洁, 其管道的排列应易于用压缩空气吹出管内的积尘垃圾。管子和水室材料应是耐腐蚀的, 并设置防止电腐蚀的措施。水冷却器的通水部分应能承受 1.5 倍工作压力、30 min 的耐水压试验。装有水冷却器的 IC7W71 型发电机应设置由报警传感元件组成的漏水保



护装置及温度检测元件。

IC7W71 型发电机应设计成当水冷却器的冷却水短缺或水冷却器元件有故障时,可方便地改成相当于 IP23 防护型自通风式发电机作应急情况使用。

4.4.9 热保护

为监视发电机绕组温度和防止绕组过热,在 IC01 型加设空气过滤器的发电机和 IC7W71 型发电机内应设置温度检测元件或热保护元件。如用户需要,也可两者同时使用。温度检测元件的特性应和发电机绝缘等级相配合,用于报警温度检测元件的运行温度应比跳闸温度检测元件的运行温度低 10 K。这些温度检测元件和热保护元件都应埋置在预计为定子绕组最热点处,并分别埋置在每相绕组里,温度检测元件和热保护元件和被测绕组应有良好的热接触。

4.4.10 阻尼绕组及高次谐波抑制措施

对有并联要求的发电机应设置阻尼绕组或采用与此等效的实心转子结构。对使用在海上石油平台和工程船舶的发电机,由于大容量非线性负载的使用,还应适当采取抑制高次谐波电流的有效措施,以免电机过热。

4.4.11 绝缘等级

发电机及其励磁装置的绝缘等级为 B(130)级、F(155)级和 H(180)级三种。

4.4.12 接地

发电机应有可靠的接地装置。接地装置的设计应满足 GB/T 755—2019 的规定。

额定电压 1 000 V 及以下的发电机,应在接线盒或接线箱内近接线端子处设置一个接地端子,对 125 kVA 以上的发电机,还应在机座上另装一个相同规格的接地端子。

额定电压大于 1 000 V 的发电机,应在机座上设置一个接地端子。

采用接地螺栓接地时,接地螺栓应采用铜质或导电良好的耐腐蚀材料制成,并具有足够的机械强度。接地螺栓最小直径应符合表 7 规定。

表 7 接地螺栓最小直径

发电机额定电流 A	螺栓最小直径 mm
$I_N \leq 20$	4
$20 < I_N \leq 200$	6
$200 < I_N \leq 630$	8
$630 < I_N \leq 1\,000$	10
$1\,000 < I_N$	12

4.4.13 出线位置



4.4.13.1 发电机应装有接线盒。

4.4.13.2 接线盒上应装有金属电缆贯通装置,电缆贯通装置应符合 CB/T 3667.1—2014 的规定,或符合订货合同的规定。

4.4.13.3 接线盒内应设有端子接线图(接线图也可设于铭牌上或铭牌附近)。

4.4.14 出线端

4.4.14.1 为了便于外部接线,应在易接近的位置设置适当截面和机械强度的铜接线柱(排),接线柱(排)和接线板之间应加以紧固,防止松动。接线柱(排)之间应留有一定空间,以便于操作,避免短路、接地和触及。

4.4.14.2 额定电压 1 000 V 以上发电机的定子绕组所有出线端均应引至接线盒中,除非采取措施保证能毫无危险地接近低压接线端子外,发电机的高压出线端子不应与低压出线端子混在同一个接线盒内。

4.4.15 紧固和减震措施

发电机所有紧固件应有可靠的防松装置。装在发电机上的励磁装置和自动电压调节器应耐震或加减震措施。

4.4.16 旋转方向

发电机的旋转方向从驱动端视之应为顺时针方向。如有特殊要求,应在订货合同中另行规定。

4.4.17 接线盒(箱)内电气间隙和爬电距离

发电机接线盒(箱)内出线端子之间及对机壳的电气间隙和爬电距离的最小值应符合表 8 规定。

表 8 电气间隙和爬电距离

额定工作电压 V	电气间隙 mm	爬电距离 mm
$U_N \leq 375$	6.3	6.3
$376 < U_N \leq 750$	9.5	9.5
$U_N = 3\ 150$	26	45
$U_N = 6\ 300$	50	90
$U_N = 10\ 500$	80	160
注:周围空气污染等级为 3 级,材料组别为 III a,相比漏电起痕指数(CTI) $\geq 175$ V。		

4.4.18 自动电压调节器

4.4.18.1 整定电压电位器一般应置于配电板上。

4.4.18.2 调节电压的电位器和变阻器等元件,升高电压的操作方向应为顺时针方向,降低电压的操作方向应为逆时针方向。

4.5 性能要求

4.5.1 起励

发电机及其励磁装置应能可靠起励,不可控相复励发电机冷态起励后电压不低于 95%额定电压,可控相复励、可控三次谐波励磁、无刷励磁和其他励磁方式发电机起励电压应达到稳态电压调整率范围内的电压值。

#### 4.5.2 电压整定范围

发电机的励磁装置应设置电压整定装置,该装置一般应放在配电板上。空载时发电机的电压整定范围应不小于 95%~105%额定电压(不可控相复励发电机的电压整定范围应不包括起励状态)。

#### 4.5.3 稳态电压调整率( $\delta_{\text{stu}}$ )

发电机及其励磁装置在原动机稳定调速率 5% 情况下,当发电机负载(三相发电机为三相对称)为零到额定功率之间的任一负载值时,且其功率因数保持额定值,发电机的稳态电压调整率应不超过 2.5%(应急发电机为 3.5%)。原动机稳定调速率应不超过 5%,一般为 3%~5%。

稳态电压调整率按式(1)计算:

$$\delta_{\text{stu}} = \frac{U_{\text{st max}} - U_{\text{st min}}}{2U_{\text{N}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$U_{\text{st max}}$ 、 $U_{\text{st min}}$ ——负载在满载与空载之间变化时发电机端电压的最大、最小值,单位为伏特(V);  
 $U_{\text{N}}$ ——发电机额定电压,单位为伏特(V)。

#### 4.5.4 三相发电机瞬态电压调整率( $\delta_{\text{dyn}}$ )和恢复时间 $t_{\text{u}}$

三相同步发电机及其励磁装置在额定转速和接近额定电压状态下运行。发电机在空载状态下,突加 60%额定电流及功率因数不超过 0.4(滞后)的三相对称负载;稳定后,再突卸上述负载,当电压跌落时,其瞬态电压调整率应不大于 15%;当电压上升时,其瞬态电压调整率应不大于 20%,发电机端电压恢复到、并保持在与最终稳态值之差不得超过  $\pm 3\%$  额定电压(应急发电机为  $\pm 4\%$  额定电压)的范围内,所需的时间应不大于 1.5 s(应急发电机为 5 s)。

瞬态电压调整率按式(2)计算:

$$\delta_{\text{dyn}} = \frac{\hat{U}_{\text{dyn}} - \hat{U}_{\text{N}}}{\hat{U}_{\text{N}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\hat{U}_{\text{N}}$ ——发电机额定电压(峰值),单位为伏特(V);  
 $\hat{U}_{\text{dyn}}$ ——负载突变时电压(峰值)的最大(或最小)值,单位为伏特(V)。

#### 4.5.5 波形畸变

发电机的空载线电压波形总谐波畸变率应不大于 5%,单次谐波畸变率应不大于 3%。

#### 4.5.6 三相发电机不平衡负载

三相同步发电机在带载运行状态下,任何一相电流均不超过额定值,且各相电流的差值不超过 15%额定电流时,应能长期工作,其温升符合 4.5.15 的规定。此时线电压最大值(或最小值)与三相线电压平均值之差应不超过三相线电压平均值的 5%。

#### 4.5.7 超速

发电机在空载情况下应能承受 120%额定转速,历时 2 min,而不发生损坏及有害变形。

#### 4.5.8 偶然过电流

发电机及其励磁装置在热态下,应能承受 150%额定电流,历时 2 min,此时端电压尽可能维持在额定值,功率因数为 0.5(滞后)、不得发生损坏及有害变形。



4.5.9 过载

发电机及其励磁装置在热态下,应能在 110%额定电流下运行 1 h,此时不考核电机温升,但不得发生损坏及有害变形。

4.5.10 短时升高电压试验

发电机的绕组应承受短时升高电压试验,而匝间绝缘不发生击穿,试验在发电机空载时进行,试验的感应电压为额定电压的 130%,历时 5 min。在提高电压至 130%额定电压时,允许同时提高转速,但不应超过 115%额定转速。

对磁路比较饱和的发电机,在转速增加到 115%额定转速,且励磁电流已增加至容许的限值时,如感应电压仍不能达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。

4.5.11 突然短路电流

三相同步发电机在自励空载额定电压、额定频率下运行,三相突然短路,此时短路电流峰值应不大于额定电流峰值的 15 倍或有效值的 21 倍。

4.5.12 突然短路的机械强度试验

发电机的突然短路机械强度试验,仅在订货时用户提出明确要求的情况下进行。如无其他规定,试验应在发电机空载而励磁相应于 105%额定电压下进行,短时历时 3 s。试验后应不产生有害变形,且能承受耐电压试验。

4.5.13 短路电流维持能力

发电机及其励磁装置在稳态短路状态下,短路电流至少维持 3 倍额定电流值,历时 2 s。

4.5.14 并联运行

对有并联要求的三相同步发电机应能稳定地并联运行。作并联运行的各台发电机,当负载在总额定负载的 20%~100%范围内变化时,各发电机实际承担的无功负载与总无功负载按各发电机额定比例分配值计算的无功分配差度应不大于下列数值中的较小值:

- a) 最大额定无功功率发电机的±10%;
- b) 最小额定无功功率发电机的±25%。

4.5.15 温升

4.5.15.1 发电机及其励磁装置在 45℃环境温度下额定运行时,其各部分温升限值应符合表 9 规定。

表 9 温升限值 单位为开尔文

序号	电 机 的 部 件	热分级								
		130 (B)			155 (F)			180 (H)		
		Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD
1	a)功率 200 kVA 以上发电机的交流绕组	—	75	85	—	100	110	—	120	135
	b)功率 200 kVA 及以下发电机的交流绕组 <sup>a</sup>	—	75	—	—	100	—	—	120	—

表 9 (续) 单位为开尔文

序号	电 机 的 部 件	热分级								
		130 (B)			155 (F)			180 (H)		
		Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD
2	用直流励磁的发电机磁场绕组(但除项 3 外)	65	75	—	80	100	—	100	120	—
3	a)用直流励磁绕组嵌入槽中的圆柱形转子发电机的磁场绕组	—	85	—	—	110	—	—	130	—
	b)表面裸露或仅涂清漆的发电机的单层绕组 <sup>b</sup>	85	85	—	105	110	—	130	130	—
4	永久短路的绕组	这些部件的温升,在任何情况下不应使其本身或邻近的绝缘或其他材料有损坏危险的数值出现								
5	与或不与绕组接触的铁心及其他部件(轴承除外)									
6	集电环及其电刷和电刷机构	这些部件的温升或温度应不致于损坏其本身或任何与其相邻部件的绝缘。此外,集电环的温度应不超过由电刷等级和集电环材质组件在整个运行范围内能承受的电流的温升或温度值。								
注: Th——温度计法; R——电阻法; ETD——埋置检温计法。										
<sup>a</sup> 对额定功率为 200 kVA 及以下发电机的 B、F 级绝缘绕组,用叠加法测量时,其限值可比表中用电阻法的限值提高 5 K。										
<sup>b</sup> 对多层绕组,如下面的各层都与循环的初冷却介质接触,也包括在内。										

4.5.15.2 轴承温度应不超过下列值:

- a) 对滑动轴承为 80 ℃(出油温度不超过 65 ℃);
- b) 对滚动轴承为 90 ℃。

4.5.15.3 对采用水冷却器的发电机,其温升应按进入发电机的已被冷却的空气温度计算。冷却器的初始冷却水温度不超过 32 ℃,若冷却后的空气温度不超过 45 ℃,则发电机各部分温升限值按表 9 规定;若冷却后的空气温度超过 45 ℃,则其温升限值应为表 9 规定减去冷却后的空气温度超过 45 ℃的值。

4.5.15.4 试验地点的环境温度与实际运行环境温度不同时,温升限值的修正按 GB/T 755—2019 的规定。

4.5.16 绝缘电阻

4.5.16.1 额定电压 1 000 V 及以下发电机绕组和励磁装置线圈的冷态绝缘电阻应不低于 5 MΩ,热态绝缘电阻应不低于 2 MΩ。自动电压调节器的冷态绝缘电阻应不低于 50 MΩ,热态绝缘电阻应不低于 5 MΩ。

4.5.16.2 额定电压 1 000 V 以上发电机绕组的冷态绝缘电阻应不低于 50 MΩ,热态绝缘电阻应不低于式(3)计算的值:

$$R = \frac{U}{1\,000} + 1$$

.....( 3 )

式中:

R——电机绕组的绝缘电阻,单位为兆欧(MΩ);

U——电机绕组的额定电压,单位为伏特(V)。



## 4.5.17 工频耐电压

发电机及励磁装置各绕组对地和绕组间应能承受表 10 规定的 50 Hz 或 60 Hz 实际正弦波试验电压,历时 1 min 而不发生击穿或闪络现象。

表 10 工频耐电压

项号	部件名称	试验电压(有效值)
1	发电机电枢绕组及辅助绕组对机壳	1 000 V+2 $U_N$ ,但最低为 1 500 V
2	发电机电枢绕组对辅助绕组	1 000 V+2 $U_N$ ,但最低为 1 500 V
3	发电机励磁绕组及励磁装置中与励磁绕组相连部分对机壳: a) 额定励磁电压为 500 V 及以下者 b) 额定励磁电压在 500 V 以上者	10 倍额定励磁电压,但最低为 1 500 V 4 000 V+2 倍额定励磁电压
4	与电枢绕组相连的励磁装置中的部分对机壳及各相	1 000 V+2 $U_N$ ,但最低为 1 500 V
5	交流励磁机	与主发电机所连接的绕组相同
6	电枢绕组中埋置的温度检测元件和热保护元件对各相绕组和机壳	1 000 V+2 $U_N$ ,但最低为 1 500 V
7	防冷凝加热器对发电机机壳	1 500 V
注:半导体器件和电容器不作此项试验。无刷发电机的旋转整流器接线拆开后进行该项试验。		

## 4.5.18 匝间冲击耐电压

4.5.18.1 发电机在制造过程中,应进行绕组(线圈)匝间冲击耐电压试验,而不发生击穿。

4.5.18.2 对额定电压 1 000 V 及以下的发电机散嵌绕组匝间冲击耐电压试验参数按 GB/T 22719.2—2008 的规定,主要试验参数为:

a) 冲击试验电压峰值应不低于式(4)计算的值:

$$U_T = K_1 K_2 U_G \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$U_T$  ——发电机绕组(线圈)匝间冲击试验电压峰值,单位为伏特(V);

$K_1$  ——电压系数,取 1.4;

$K_2$  ——运行系数,取 1.1;

$U_G$  ——绕组对地绝缘工频耐电压试验值(按表 10 规定),单位为伏特(V)。

b) 冲击试验电压波前时间为 0.2  $\mu$ s。

4.5.18.3 对额定电压 1 000 V 及以下的发电机成型绕组匝间冲击耐电压试验参数按 GB/T 22714—2008 的规定,主要试验参数为:

a) 冲击试验电压峰值应不低于式(5)计算的值:

$$U_T = K_1 K_2 U_G \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$U_T$  ——发电机绕组(线圈)匝间冲击试验电压峰值,单位为伏特(V);

$K_1$  ——电压系数,取 $\sqrt{2}$ ;

$K_2$  ——工序系数,浸渍前取 0.95,浸渍后取 1.1;

$U_G$  ——绕组对地绝缘工频耐电压试验值(按表 10 规定),单位为伏特(V)。

b) 冲击试验电压波前时间为 0.2  $\mu$ s。

4.5.18.4 对额定电压 1 000 V 以上的发电机成型绕组匝间冲击耐电压试验参数按 GB/T 22715—2016 的规定,主要试验参数为:

- a) 冲击试验电压峰值应不低于表 11 规定;

表 11 冲击试验电压峰值 单位为千伏

额定电压	冲击试验电压峰值
3.15	11.4
6.3	19.6
10.5	30.6

- b) 冲击试验电压波前时间为 0.2 μs。

4.5.18.5 发电机磁场绕组匝间冲击耐电压试验按 GB/T 22717—2008 的规定。冲击试验电压峰值为:

- a) 额定励磁电压 500 V 及以下者为 $\sqrt{2} \times 10$  倍额定励磁电压,最低为  $1.5 \times \sqrt{2}$  kV;  
b) 额定励磁电压 500 V 以上者为 $\sqrt{2} \times (4 \text{ kV} + 2 \text{ 倍额定励磁电压})$ 。

4.5.19 对地冲击耐电压

发电机绕组、接线板和其他绝缘件对机壳(地)都应进行对地冲击耐电压试验,以考核绕组绝缘承受雷电冲击电压的能力,结果应符合 GB/T 14711—2013 的规定。其对地冲击耐电压试验峰值及采用波前时间应符合 GB/T 14711—2013 中 24.4 的规定。

对于定子成型线圈,工频耐电压试验可替代对地冲击电压试验。在这种情况下,在线圈和地之间施加 $(2U_N + 1 \text{ kV})$ 的电压,持续时间 1 min,然后以至少 1 kV/s 速率增加电压到  $2(2U_N + 1 \text{ kV})$ ,立刻以 1 kV/s 的速率将电压降低至零值。整个过程不发生电压击穿,这时,主绝缘和端部防晕相对应的耐压水平至少满足 $(4U_N + 5 \text{ kV})$ 的要求。

4.5.20 效率

发电机的效率指标由产品技术条件规定。

4.5.21 三相发电机相序

发电机按 4.4.16 规定的旋转方向旋转时,三相定子绕组出线端及其在接线板上相应的标志,由出线填料函口视之,从左至右或从上到下依次为 U、V、W、N。

4.5.22 容差

发电机性能指标的容差应符合表 12 规定。



表 12 容差

项号	参 量	容 差
1	效率 $\eta$	
	150 kVA 及以下发电机	$-15\%(1-\eta)$
	150 kVA 以上发电机	$-10\%(1-\eta)$
2	总损耗(适用于 150 kVA 以上发电机)	总损耗的 $+10\%$
3	突然短路电流峰值	保证值的 $\pm 30\%$
4	稳态短路电流	保证值的 $\pm 15\%$

## 4.5.23 耐潮性能

发电机及其励磁装置经  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、6 周期交变湿热试验(自动电压调节器经  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、2 周期)后,应能满足下列要求:

- a) 自动电压调节器的绝缘电阻应不低于  $1\text{ M}\Omega$ 。发电机绕组对机壳及绕组间的绝缘电阻应不低于下列值:

- 1) IP44 以下防护等级的发电机,按式(6)确定绝缘电阻:

$$R = 2 \times \frac{U}{1\,000 + \frac{P}{100}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

确定的绝缘电阻值低于  $0.33\text{ M}\Omega$  时,则按  $0.33\text{ M}\Omega$  考核。

- 2) IP44 及以上防护等级的发电机,按式(7)确定绝缘电阻:

$$R = 3 \times \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式(6)和式(7)中:

$P$  —— 发电机额定功率,单位为千伏安(kVA);

$U$  —— 发电机绕组的标称电压,单位为伏特(V);

$R$  —— 发电机绕组的绝缘电阻,单位为兆欧(M $\Omega$ )。

- b) 发电机绕组应能承受历时  $1\text{ min}$  工频耐电压试验,不发生击穿,试验电压的有效值为表 10 规定试验电压的  $85\%$ ;
- c) 金属电镀件和化学处理件的外观质量应不低于 JB/T 4159—2013 中 5.4.1 规定的三级要求;
- d) 表面油漆外观质量和附着力应不低于 JB/T 4159—2013 中 5.4.2 规定的 2 级要求;
- e) 塑料零部件的外观应不低于 JB/T 4159—2013 中 5.4e) 的 3 级要求。

## 4.5.24 耐盐雾性能

发电机及其励磁装置的金属镀件和化学处理件应具有耐盐雾性能,按规定时间试验后,应符合表 13 的规定。

表 13 耐盐雾试验时间

底金属材料	零件类别	镀层类别	合格要求	试验时间/h
碳钢	一般结构零件 紧固零件 弹性零件	锌	未出现白色或灰黑色、 棕色腐蚀产物	48
铜和铜合金	一般结构零件	镍、铬	未出现灰白色或绿色腐蚀产物	96
	一般结构零件 紧固零件 弹性零件	镍	未出现灰白色或 绿色腐蚀产物	48
	电联零件	镍		
		锡	未出现灰黑色或绿色腐蚀产物	

4.5.25 耐化学活性物的腐蚀性能

用于海上勘探或开发海底石油资源的各类移动式平台和固定式平台的发电机经 2 周期化学气体腐蚀试验后,各绕组对地和绕组之间的绝缘电阻和工频耐电压性能应符合 4.5.23 a)和 4.5.23 b)的要求。  
对已进行化学气体腐蚀试验考核的发电机,可不再进行耐潮性能试验考核。

4.5.26 倾斜



发电机的倾斜按 4.1 d)规定进行试验,试验后,轴承温度应不超过 4.5.15.2 的规定,润滑油(脂)不应泄漏。

4.5.27 振动强度限值

发电机的振动强度限值应符合表 14 的规定(GB/T 10068—2020 中表 1 规定的 A 级值)。检查试验时,对转速小于 600 r/min 的电机,测量振动的位移。对转速为 600 r/min~15 000 r/min 的电机,测量振动速度。

表 14 振动强度限值

振动等级	安装方式	56 mm≤H≤132 mm		H>132 mm	
		位移 μm	速度 mm/s	位移 μm	速度 mm/s
A	自由悬置	45	2.8	45	2.8
	刚性安装	—	—	37	2.3 2.8 <sup>a</sup>
注 1: H 为发电机轴中心高。					
注 2: 以相同机座带底脚卧式电机的轴中心高作为无底脚电机、上脚式电机或立式电机的轴中心高。					
<sup>a</sup> 该值为两倍电网频率占主导时的振动速度限制。					

4.5.28 噪声

发电机的噪声限值应符合 GB/T 10069.3—2008 中表 1 的规定。  
发电机在额定转速下空载运行时,测得的 A 计权声功率级噪声限值应符合表 15 的规定。



表 15 噪声限值

额定转速 $n_N$ r/min	$n_N \leq 960$			$960 < n_N \leq 1\,320$			$1\,320 < n_N \leq 1\,900$			$1\,900 < n_N \leq 2\,360$			$2\,360 < n_N \leq 3\,150$			$3\,150 < n_N \leq 3\,750$		
	IC01 <sup>a</sup>	IC01 <sup>b</sup>	IC7 W71 <sup>b</sup>	IC01 <sup>a</sup>	IC01 <sup>b</sup>	IC7 W71 <sup>b</sup>	IC01 <sup>a</sup>	IC01 <sup>b</sup>	IC7 W71 <sup>b</sup>	IC01 <sup>a</sup>	IC01 <sup>b</sup>	IC7 W71 <sup>b</sup>	IC01 <sup>a</sup>	IC01 <sup>b</sup>	IC7 W71 <sup>b</sup>	IC01 <sup>a</sup>	IC01 <sup>b</sup>	IC7 W71 <sup>b</sup>
冷却方式																		
额定功率 $P_N$ kVA	噪声限值 dB(A)																	
$1 \leq P_N \leq 1.1$	73	73	—	76	76	—	77	78	—	79	81	—	81	84	—	82	88	—
$1.1 < P_N \leq 2.2$	74	74	—	78	78	—	81	82	—	83	85	—	85	88	—	86	91	—
$2.2 < P_N \leq 5.5$	77	78	—	81	82	—	85	86	—	86	90	—	89	93	—	93	95	—
$5.5 < P_N \leq 11$	81	82	—	85	85	—	88	90	—	90	93	—	93	97	—	97	98	—
$11 < P_N \leq 22$	84	86	—	88	88	—	91	94	—	93	97	—	96	100	—	97	100	—
$22 < P_N \leq 37$	87	90	—	91	91	—	94	98	—	96	100	—	99	102	—	101	102	—
$37 < P_N \leq 55$	90	93	—	94	94	—	97	100	—	98	102	—	101	104	—	103	104	—
$55 < P_N \leq 110$	93	96	—	97	98	—	100	103	—	101	104	—	103	106	—	105	106	—
$110 < P_N \leq 220$	97	99	—	100	102	—	103	106	—	103	107	—	105	109	—	107	110	—
$220 < P_N \leq 550$	99	102	98	103	105	100	106	108	102	106	109	102	107	111	102	110	113	105
$550 < P_N \leq 1\,100$	101	105	100	106	108	103	108	111	104	108	111	104	109	112	104	111	116	106
$1\,100 < P_N \leq 2\,200$	103	107	102	108	110	105	109	113	105	109	113	105	110	113	105	112	118	107
$2\,200 < P_N \leq 5\,500$	105	109	104	110	112	106	110	115	106	111	115	107	112	115	107	114	120	109
<sup>a</sup> 防护等级为 IP44 以下。 <sup>b</sup> 防护等级为 IP44 及以上。																		



4.5.29 电磁兼容性

4.5.29.1 发电机的电磁兼容性应符合 GB/T 10250—2007 的规定,试验项目为传导发射,试验参数及限值见表 16。

表 16 发电机传导发射参数

频率范围	限值 dB $\mu$ V
10 kHz~150 kHz	120~69
150 kHz~500 kHz	79
500 kHz~30 MHz	73

4.5.29.2 自动电压调节器的电磁兼容性应符合 GB/T 10250—2007 的规定,试验项目见表 17。



表 17 试验项目

发 射 测 量		抗 扰 度 试 验					
传导 发射	外壳端口 辐射发射	静电 放电	射频电 磁场辐射	电快速瞬变 脉冲群	浪涌	低频 传导	射频场感应的 传导骚扰

试验参数及限值应符合下列要求:

a) 传导发射的试验参数及限值见表 18。

表 18 传导发射参数

频率范围	限值 dB $\mu$ V
10 kHz~150 kHz	120~69
150 kHz~500 kHz	79
500 kHz~30 MHz	73

b) 外壳端口辐射发射的试验参数及限值见表 19。

表 19 外壳端口辐射发射参数

频率范围	限值 dB $\mu$ V/m
150 kHz~30 MHz	80~50
30 MHz~100 MHz	60~54
100 MHz~6 GHz	54
其中 156 MHz~165 MHz	24

c) 静电放电抗扰度的试验参数见表 20,射频电磁场辐射抗扰度的试验参数见表 21,电快速瞬变脉冲群抗扰度的试验参数见表 22,浪涌抗扰度的试验参数见表 23,低频传导抗扰度的试验参数见表 24,射频场感应的传导骚扰抗扰度的试验参数见表 25。试验后与发电机配套,应使空

载电压整定范围、稳态电压调整率和瞬态电压调整率符合 4.5.2、4.5.3 和 4.5.4 的要求。

表 20 静电放电抗扰度参数

试验电压	接触放电 6 kV, 空气放电 8 kV
两次放电之间时间间隔	$\geq 1$ s
脉冲数量	正极性和负极性各 10 次

表 21 射频电磁场辐射抗扰度参数

频率范围	80 MHz~2 GHz
调制频率	1 000 Hz
调制深度	80%
场强	10 V/m(未经调制)
扫描速率	$\leq 1.5 \times 10^{-3}$ + 倍程/s

表 22 电快速瞬变脉冲群抗扰度参数

单脉冲上升时间	5 ns (10%~90%之间值)
单脉冲宽度	50 ns (50%值)
电压峰值(开路)	电源线为 2 kV(线/地), 控制和信号线为 1 kV(线/地)
脉冲的重复频率	1 kV 时 5 kHz, 2 kV 时 2.5 kHz
脉冲群持续时间	15 ms
脉冲群周期	300 ms
每一极性持续时间	5 min

表 23 浪涌抗扰度参数

脉冲上升时间	1.2 $\mu$ s (10%~90%之间值)
脉冲宽度	50 $\mu$ s (50%值)
电压(峰值、开路)	线/地为 1 kV, 线/线为 0.5 kV
重复频率	每分钟至少为 1 次
脉冲数量	在选定点上至少加 5 次正极性和 5 次负极性
应用	连续

表 24 低频传导抗扰度参数

电源频率的 15 次谐波及以下	试验电压有效值为 10% $U_N$
电源频率的 15 次谐波至 100 次谐波	试验电压有效值自 10% $U_N$ 下降至 1% $U_N$

表 24 (续)

电源频率的 15 次谐波及以下	试验电压有效值为 $10\%U_N$
电源频率的 100 次谐波至 200 次谐波	试验电压有效值为 $1\%U_N$
试验中施加至电源线上的功率	限制为 2 W(至少为 3 V)

表 25 射频场感应的传导骚扰抗扰度参数

频率范围	150 kHz~80 MHz
电压(开路)	3 V(有效值)
调制频率	1 000 Hz
调制深度	80%
频率扫描速度	$\leq 1.5 \times 10^{-3} + \text{倍程/s}$

4.5.30 耐振动性能

自动电压调节器应根据实际安装工况按表 26 规定的试验参数进行振动试验,试验中应无机械损伤和松动,试验后与发电机配套,应使空载电压整定范围、稳态电压调整率和瞬态电压调整率符合 4.5.2、4.5.3 和 4.5.4 的要求。

表 26 耐振动试验参数

安装部位	频率 Hz	位移幅值 mm	加速度幅值 $\text{m/s}^2$
一般振动条件	$2_0^{+3} \sim 13.2$	$\pm 1.0$	—
	13.2~100	—	$\pm 6.9(0.7 \text{ g})$
严酷振动条件(柴油机、空压机及其他类似环境)	$2_0^{+3} \sim 25$	$\pm 1.6$	—
	25~100	—	$\pm 39(4.0 \text{ g})$

4.5.31 耐高温性能

自动电压调节器在  $55\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$  温度下保持 16 h,在最后 1 h 内与发电机配套,应使空载电压整定范围、稳态电压调整率和瞬态电压调整率符合 4.5.2、4.5.3 和 4.5.4 的要求。

4.6 安全

发电机的安全要求除了满足 GB/T 14711—2013 的规定外,机壳表面温度应不超过  $80\text{ }^\circ\text{C}$ ,否则应采取防护措施。

4.7 机械外观质量

4.7.1 发电机表面油漆应干燥平整、无污染、裂痕等现象,装配应完整正确。

4.7.2 发电机转动时,轴承应平稳轻快,无有害杂声和停滞现象。

## 4.8 分类

### 4.8.1 按相制分为：

- a) 三相同步发电机；
- b) 单相同步发电机。

### 4.8.2 按转子结构分为：

- a) 凸极转子；
- b) 隐极转子。

### 4.8.3 按轴承配置型式分为：

- a) 双轴承；
- b) 单轴承。

### 4.8.4 按轴承结构分为：

- a) 滚动轴承；
- b) 滑动轴承。

### 4.8.5 按滑动轴承润滑方式分为：

- a) 自润滑；
- b) 强迫润滑。

## 5 试验方法

### 5.1 总则

除本标准规定外，单相同步发电机应按 GB/T 14481—2008 规定进行，三相同步发电机应按 GB/T 1029—2005 规定进行。

### 5.2 机械外观质量检查

用目视方法检查发电机外观。

用手轻轻转动发电机转轴，检查轴承运行情况。

### 5.3 标志检查

用目视方法检查发电机的铭牌、方向矢、接地、出线端等标志和标记。

### 5.4 尺寸检查

按 GB/T 4772.1—1999、GB/T 4772.2—1999 和 GB/T 1958—2017 规定检查发电机的外形尺寸、安装尺寸和形位公差。

### 5.5 电气间隙和爬电距离测定

按 GB/T 14048.1—2012 中附录 G 的规定，测量发电机出线端子间的电气间隙和爬电距离。

### 5.6 空载特性测定

5.6.1 单相发电机按 GB/T 14481—2008 中第 7 章规定。

5.6.2 三相发电机按 GB/T 1029—2005 中 4.4 规定。对无刷发电机以励磁机励磁电流为横坐标。

5.7 稳态短路特性测定

- 5.7.1 单相发电机按 GB/T 14481—2008 中第 8 章规定。
- 5.7.2 三相发电机按 GB/T 1029—2005 中 4.5 规定。对无刷发电机以励磁机励磁电流为横坐标。

5.8 绕组对机壳及绕组间绝缘电阻测定

发电机分别在实际冷态下和温升试验后,按 GB/T 1029—2005 中 4.1 规定进行测定。测量绝缘电阻用的兆欧表规格按表 27 选择。

表 27 兆欧表规格 单位为伏特

被测绕组额定电压 $U_N$	兆欧表规格
$U_N \leq 250$	250
$250 < U_N \leq 1\,000$	500
$1\,000 < U_N \leq 2\,500$	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

5.9 空载电压整定范围

发电机在额定转速空载下运行,将电压整定电位器调至最大值,记录发电机的电压,再将电压整定电位器调至最小值,记录发电机的电压,此两种状态下的电压范围即为电压整定范围。

5.10 稳态电压调整率测定

5.10.1 三相发电机,由稳定调速率为 5% 的原动机(或模拟原动机调速特性的电动机)拖动,加上额定功率,调整原动机转速至额定转速,电压整定在额定电压附近(但不得超过稳态电压调整率的上限和下限对应的电压值)卸去负载,在不改变原动机调速机构和励磁装置的条件下,从零逐步加载到额定功率,再逐步减载到零(对用电动机拖动者,应使其转速按规定的稳定调速率作线性变化),其功率因数保持在额定值,约每隔 25% 的额定功率读取端电压、电流和频率值。

热态下稳态电压调整率应在温升试验后立即进行(允许电压重新整定在额定值附近)。

采用模拟原动机调速特性进行稳态电压调整率的测定时,一般按稳定调速率 5% 进行。如用户另有要求,可在 3%~5% 范围内任一稳定调速率下进行试验,但应在合同中明确规定。

5.10.2 单相发电机按 GB/T 14481—2008 中 11.2 规定进行。

5.11 三相发电机瞬态电压调整率和恢复时间测定

试验前,用拍摄示波器图方法检查开关三相同步合闸性,各触头闭合和分断的时间差应不大于 15° 电角度。

首先,在发电机空载时将转速调整到额定值、电压整定为接近额定值的条件下,突加 60% 额定电流,功率因数不超过 0.4(滞后)的三相对称负载,考虑到负载本身过渡特性的影响,当发电机稳定后,重新将转速调整在额定值,电压整定为接近额定值,负载应调整到 60% 额定电流,功率因数不超过 0.4(滞后)的稳定状态下,突卸上述负载。试验中应记录负载突变前后的输出线电压、相电流的稳定值,并用示波器拍摄突加和突卸时线电压和相电流的波形,保证拍摄到稳定状态,取合闸相角小于 15° 电角度的电



压波形(周期分量)进行分析,必要时重复几次,计算出 4.5.4 所要求的发电机瞬态电压调整率和恢复时间。亦采用每次拍摄三个线电压进行分析,取其平均值,再重复测量三次,取中间值为 4.5.4 的考核数据。同时要核对突加瞬间负载电流(周期分量)值,若不是 60%额定电流时,应调整后重新试验。并应使用冲击电流小的设备作试验负载。

## 5.12 并联运行

将分别由稳定调速率为 5%原动机(或模拟原动机调速特性的电动机)拖动的两台或两台以上发电机并联运行。首先加上 75%总额定功率(并联运行中所有发电机额定功率总和)的负载,调整各原动机调速机构和发电机无功负载分配调节器。使转速为 101.25%额定转速,并使各台发电机所承担的有功负载和无功负载均按各自定额比例分配,在不再调整发电机无功负载分配调节器的情况下,改变其负载,使其分别为总额定功率的 100%→75%→50%→20%→50%→75%,并保持总负载的功率因数为额定功率因数不变,在每次改变负载后,除并联运行中一台大发电机原动机的调速机构不作改变(对用电动机拖动者,应使其中一台大发电机的拖动电机转速按规定的调速率作线性变化)外,改变其他各台发电机原动机的调速机构,使各发电机承担按各自定额比例分配的有功负载。每次改变负载后,稳定运行 10 min,读取各发电机所承担的实际无功负载值。

仅在订货合同明确规定时,也可选择 20%额定功率为基调点进行试验,即首先加上 20%总额定功率的负载,调整原动机调速机构和发电机无功负载分配调节器,使各发电机承担的有功负载和无功负载均按各自定额比例分配,然后改变负载进行试验。

各发电机所承担的实际无功负载按发电机规定比例计算的无功分配差度  $\Delta Q(\%)$  由式(8)确定:

$$\Delta Q = \left( \frac{Q_i}{Q_{iN}} - \frac{Q_\Sigma}{Q_{\Sigma N}} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$Q_i$  —— 所涉及第  $i$  台并联发电机实际承担的无功负载,单位为千乏(kVar);

$Q_{iN}$  —— 所涉及第  $i$  台并联发电机的额定无功负载,单位为千乏(kVar);

$Q_\Sigma$  —— 参加并联发电机承担的总无功负载,单位为千乏(kVar);

$Q_{\Sigma N}$  —— 参加并联发电机额定无功负载总和,单位为千乏(kVar)。

在用户另有要求时,可在 3%~5%范围内任一稳定调速率下进行试验,但应在合同中明确规定。

当与具有标准规定调速率的原动机配套,并联运行时在有功分配差度不大于《钢质海船入级规范第 4 分册》规定范围内,其无功分配差度仍应满足 4.5.14 的规定。

## 5.13 三相发电机不平衡负载试验

### 5.13.1 发电机在不平衡负载工作时电压偏差程度的测定:

试验时,发电机为三相三线制,先加 70%额定功率的三相对称负载,功率因数为 0.8(滞后),然后在任意两相间加电阻性负载,并调整到使该两相电流平均值等于 85%额定电流,测定其线电压的最大值或最小值与其三相线电压平均值之差。

### 5.13.2 发电机在不平衡负载工作时各绕组温升测定:

先加 85%额定功率的三相对称负载,功率因数为 0.8(滞后),然后在任意两相间加电阻性负载,使最大一相电流达到额定值,并测定发电机和励磁装置各绕组的温升。

## 5.14 突然短路电流

试验前,用记录波形仪检查开关三相合闸的同步性,三相合闸时间差应不大于 15°电角度。

发电机在空载自励状态,并整定在额定转速和接近额定电压,然后在发电机出线端三相突然短路,

用记录波形仪摄取三相短路电流波形,摄录时间应保证稳态短路持续时间不小于 2 s。以最大短路电流峰值进行计算,它与额定电流峰值之比即为突然短路电流倍数。

短路电流峰值也可通过计算或 50%额定电压或稍高的电压下试验获得。

### 5.15 短路电流维持能力测定

短路电流维持能力可用以下方法之一测定:

- a) 按 5.14 规定的方法进行,测量短路电流波形中周期分量峰值,它与额定电流峰值之比即为稳态短路电流倍数。
- b) 发电机电枢绕组和励磁绕组均短接,调整发电机转速至额定转速,然后将励磁绕组的短接点断开,当短路电流稳定时,且持续 2 s 以上,测量此时的短路电流值。

### 5.16 发电机效率测定

按 GB/T 1029—2005(三相)和 GB/T 14481—2008(单相)中的损耗分析法测定发电机的效率。

### 5.17 匝间冲击耐电压

5.17.1 对额定电压 1 000 V 及以下发电机,散嵌绕组匝间冲击耐电压试验按 GB/T 22719.1—2008 规定进行。成型绕组匝间冲击耐电压试验按 GB/T 22714—2008 规定进行。

5.17.2 额定电压 1 000 V 以上发电机定子成型绕组匝间冲击耐电压试验按 GB/T 22715—2016 规定进行。

5.17.3 发电机磁场绕组匝间冲击耐电压试验按 GB/T 22717—2008 规定进行。

### 5.18 对地冲击耐电压

发电机绕组、接线板和其他绝缘件对机壳(地)冲击耐电压按 GB/T 14711—2013 中第 24 章的规定进行。

### 5.19 外壳防护

外壳防护性能试验按 GB/T 4942.1—2006 的规定进行。

### 5.20 倾斜

使发电机轴伸与水平分别上倾 10°和下倾 10°,作空载额定转速运行,试到轴承温度稳定为止,试验后测量轴承温度,检查润滑油(脂)泄漏情况。

### 5.21 耐潮性能试验

5.21.1 发电机的耐潮性能试验按 GB/T 2423.4—2008 规定进行,有关细则补充如下:

- a) 试验严酷程度为高温温度 55℃,试验周期为 6 d,降温阶段相对湿度下限值为 85%;
- b) 初始检测,试验前应在正常试验大气条件下放置 24 h 以上,检查发电机表面油漆、金属镀层,测量绕组的绝缘电阻,应符合 4.7.1 和 4.5.16 规定,若不符合时应予停试;
- c) 安装在试验室(箱)内的状态,发电机在不包装、不通电“准备使用”状态和正常工作位置放入试验室(箱)内,IC01 型带空气过滤器的发电机,应将空气过滤器拆除,IC7W71 型全封闭发电机,应打开封闭结构,均按防滴型结构进行湿热试验;

注:相复励装置整流管和无刷发电机旋转整流器拆开后进行耐潮性能试验。

- d) 最后检测,试验最后一个周期,低温高湿阶段保持 6 h 后对下列项目进行检测:



- 1) 在试验室(箱)内进行绕组绝缘电阻测定和工频耐电压试验,检测时温度为  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为  $95\% \sim 98\%$ ,若试验条件不许可,则另行协商解决,但应在发电机取出室(箱)外后 30 min 内完成;
- 2) 在电机取出试验室(箱)外的 24 h 内,完成电机表面油漆外观、电镀件和化学处理件、绝缘、塑料零部件及轴承润滑脂检测;
- 3) 在电机取出试验室(箱)外的 8 h~24 h 内,完成电机外表面附着力测定。

5.21.2 自动电压调节器的耐潮性能试验按 GB/T 2423.4—2008 规定进行。有关细则补充如下:

- a) 试验严酷程度为高温温度  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,试验周期为 2 d,降温阶段相对湿度下限值为  $85\%$ ;
- b) 试验前,测量其绝缘电阻,应不低于  $10\text{ M}\Omega$ ;
- c) 按正常工作位置放入试验箱内进行试验;
- d) 试验结束后,取出受试设备,在标准大气条件下恢复,允许用手将试品上的水渍抹去,并在 1 h 内测量绝缘电阻,检查外观质量。

5.21.3 若发电机的体积因试验设备条件限制无法进行试验时,允许选用同型号、同结构、同工艺的较小规格发电机进行试验。

## 5.22 盐雾

发电机的外露金属电镀件和化学处理件的盐雾试验按 GB/T 2423.17—2008 规定进行,若有有效试验报告,可免做本试验。

## 5.23 化学气体腐蚀

发电机的耐化学气体腐蚀试验按 GB/T 2423.33—2005 规定进行,并补充以下规定:

- a) 二氧化硫气体浓度为 GB/T 2423.33—2005 规定的  $0.67\%$ ;
- b) 试验周期为 2 周期;
- c) 在最后一周期结束前 3 h 内测量绝缘电阻和进行工频耐电压试验。

若发电机的体积因试验设备条件限制无法进行试验时,允许选用同型号、同结构、同工艺的较小规格发电机进行试验。

## 5.24 振动强度测定

振动强度测定按 GB/T 10068—2020 规定进行。

## 5.25 噪声测定

噪声测定按 GB/T 10069.1—2006 规定进行。

## 5.26 电磁兼容性

电磁兼容性能检测按 GB/T 10250—2007 的规定进行。试验细则补充如下:

- a) 传导发射和外壳端口辐射发射按 GB/T 6113.101—2016、GB/T 6113.102—2018、GB/T 6113.103—2008、GB/T 6113.104—2016、GB/T 6113.105—2018、GB/T 6113.201—2018、GB/T 6113.202—2018、GB/T 6113.203—2016 和 GB/T 6113.204—2008 规定进行;
- b) 静电放电抗扰度试验按 GB/T 17626.2—2018 规定进行;
- c) 射频电磁场辐射抗扰度试验按 GB/T 17626.3—2016 规定进行;
- d) 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验按 GB/T 17626.4—2018 规定进行;
- e) 浪涌抗扰度试验按 GB/T 17626.5—2019 规定进行;

- f) 低频传导抗扰度试验按 GB/T 17626.16—2007 规定进行；
- g) 射频场感应的传导骚扰抗扰度按 GB/T 17626.6—2017 规定进行。

5.27 振动

自动电压调节器应按表 26 规定的试验参数,按 GB/T 7094—2016 规定的方法进行,试验中观察其机械损坏情况,试验后与发电机配套,检查空载电压整定范围,测定稳态电压调整率和瞬态电压调整率。

5.28 高温试验

自动电压调节器置于温度为室温的试验箱内,然后将箱温升高至  $55\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  下保持 16 h,在最后 1 h 内与发电机配套,检查空载电压整定范围,测定稳态电压调整率和瞬态电压调整率。

5.29 相序检查

发电机的相序检查按照以下方式进行：

- a) 用相序表检查；
- b) 用一台出线端正确的三相异步电动机,对应的接至发电机出线端,若异步电动机旋转方向符合规定,则发电机相序符合要求。

5.30 安全试验

发电机在进行温升试验后,用点温计或酒精温度计测量机壳外表面温度。

6 检验规则



6.1 产品合格程序

本标准规定的检验项目检验合格后,发电机方能交付,并应附有产品合格证。

6.2 检验条件

检验场地应维持在下列标准大气条件范围以内：

- a) 温度范围  $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度  $30\%\sim 90\%$ ；
- c) 气压  $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

6.3 检验分类

本标准规定的检验分为：

- a) 出厂检验；
- b) 型式检验。

6.4 出厂检验

每台发电机均应进行出厂检验,检验项目见表 28。



表 28 出厂检验

项号	检 验 项 目	出 厂 检 验	型 式 检 验	要 求 章 条 号	试 验 方 法 章 条 号
1	机械外观质量检查	✓	✓	4.7	5.2
2	标志检查	✓	✓	第 7 章	5.3
3	尺寸检查	—	✓	4.3.10	5.4
4	电气间隙和爬电距离测定	—	✓	4.4.17	5.5
5	空载特性测定	✓	✓	—	5.6
6	稳态短路特性测定	✓	✓	—	5.7
7	绕组冷态直流电阻测定	✓	✓	—	5.1
8	绕组对机壳及绕组间绝缘电阻测定 <sup>b</sup>	✓	✓	4.5.16	5.8
9	相序检查 <sup>a</sup>	✓	✓	4.5.21	5.29
10	空载电压整定范围 <sup>b</sup>	✓	✓	4.5.2	5.9
11	稳态电压调整率测定 <sup>b</sup>	✓	✓	4.5.3	5.10
12	瞬态电压调整率及恢复时间测定 <sup>a</sup>	—	✓	4.5.4	5.11
13	并联运行 <sup>a,c</sup>	—	✓	4.5.14	5.12
14	三相发电机不平衡负载 <sup>a</sup>	—	✓	4.5.6	5.13
15	短路电流维持能力	—	✓	4.5.13	5.15
16	效率测定	—	✓	4.5.20	5.16
17	短时升高电压试验 <sup>d</sup>	✓	✓	4.5.10	5.1
18	工频耐电压	✓	✓	4.5.17	5.1
19	匝间冲击耐电压	✓	✓	4.5.18	5.17
20	对地冲击耐电压	—	✓	4.5.19	5.18
21	超速	✓	✓	4.5.7	5.1
22	轴电压测定	—	✓	4.4.2.5	5.1
23	振动强度测定 <sup>a</sup>	—	✓	4.5.27	5.24
24	噪声测定	—	✓	4.5.28	5.25
25	温升	—	✓	4.5.15	5.1
26	偶然过电流	—	✓	4.5.8	5.1
27	过载	—	✓	4.5.9	5.1
28	波形畸变	—	✓	4.5.5	5.1
29	突然短路电流 <sup>a</sup>	—	✓	4.5.11	5.14
30	突然短路机械强度	—	✓	4.5.12	5.1

表 28（续）

项号	检 验 项 目	出 厂 检 验	型 式 检 验	要 求 章 条 号	试 验 方 法 章 条 号
31	绕组电抗及时间常数 <sup>a</sup>	—	√	—	5.1
32	耐潮	—	√	4.5.23	5.21
33	盐雾	—	√	4.5.24	5.22
34	化学气体腐蚀	—	√	4.5.25	5.23
35	外壳防护 <sup>c</sup>	—	√	4.4.3	5.19
36	电磁兼容性	—	√	4.5.29	5.26
37	自动电压调节器振动试验	—	√	4.5.30	5.27
38	自动电压调节器高温试验	—	√	4.5.31	5.28
39	倾斜试验 <sup>c</sup>	—	√	4.5.26	5.20
40	安全	—	√	4.6	5.30
<p><sup>a</sup> 单相发电机不做此项试验。</p> <p><sup>b</sup> 出厂检验在冷态下进行。</p> <p><sup>c</sup> 仅在新产品完成时进行。</p> <p><sup>d</sup> 已做了匝间冲击耐电压试验,则本项试验可不做。</p> <p><sup>e</sup> 仅在新产品完成时对 112.5 kVA 及以上发电机进行。</p>					

6.5 型式检验

凡遇下列情况之一,应按表 28 规定的项目进行型式检验:

- a) 新产品试制完成时;
- b) 发电机的设计和工艺上变更足以引起某些特性和参数发生变化时,则应进行有关的型式检验项目;
- c) 当出厂检验结果与以前进行的型式检验结果发生不允许偏差时;
- d) 停产三年后复产或转厂生产时。

6.6 型式检验的样品数

整台发电机检验的样品数为二台(对 312.5 kVA 及以上的发电机,其中一台做性能试验,一台做破坏性试验)。发电机零部件检验(盐雾)为各三件。

6.7 抽检规则

6.7.1 成批生产的发电机整机定期抽试为每四年一次,抽试样品数为二台。对 500 kVA 以上发电机,可按累计生产 50 台数时抽试一次。零部件的抽试项目(盐雾)的样品数为各三件。

6.7.2 在定期抽试中如有一项不合格,则应从同一批发电机中另抽加倍台数,对该项重试,如仍不合格,则应对该批发电机逐台进行该项试验。

## 7 产品标志

### 7.1 铭牌

铭牌采用黄铜或耐腐蚀金属材料制成,应牢固地固定在发电机机座上的明显位置处,铭牌上文字和数据的刻划应耐磨、清晰。并标出以下项目及数据。

- a) 制造厂;
- b) 发电机名称;
- c) 发电机型号;
- d) 额定功率,单位为千伏安(kVA);
- e) 额定电压,单位为伏特(V);
- f) 额定频率,单位为赫兹(Hz);
- g) 额定转速,单位为转每分(r/min);
- h) 额定电流,单位为安培(A);
- i) 额定功率因数;
- j) 额定励磁电压,单位为伏特(V);
- k) 额定励磁电流,单位为安培(A);
- l) 绝缘等级;
- m) 防护等级;
- n) 接线方法;
- o) 相数;
- p) 标准编号;
- q) 出厂编号;
- r) 质量;
- s) 制造日期;
- t) 船检标志。

### 7.2 接地牌

接地牌采用黄铜或耐腐蚀金属材料制成,并固定在接地螺栓附近。接地符号应耐磨、清晰。

### 7.3 方向矢

方向矢采用黄铜或耐腐蚀金属材料制成,并固定在发电机轴伸端处的机座或端盖上,箭头符号应耐磨、清晰。箭头方向从驱动端视之应为顺时针方向。如有特殊要求,应在订货合同中另行规定。

### 7.4 出线端子

发电机各绕组出线端子及各附加装置的出线端子应按表 29 规定的标志标明(见 GB/T 1971—2006),接线盒内的接线板上应有相应的标志,标志应耐磨、清晰。

表 29 出线端子

元件 名称	定 子 绕 组					发电 机 励磁 绕组		励磁机 励磁绕组		谐波 绕组	辅 助 绕 组					防冷 凝加 热器	温度 检测 元件	热保 护元 件
	单相	三 相									单相	三 相						
线端 名称	—	相 1	相 2	相 3	中性	正端	负端	正端	负端	—	—	相 1	相 2	相 3	中性	—	—	—
线端 标志	U1 U2	U	V	W	N	F1	F2	E1	E2	S1 S2 S3	Z1 Z2	a	b	c	o	HE1 HE2	TC1 TC2 TC3	TB1 TB2 TB3

8 包装、运输和贮存

8.1 包装



- 8.1.1 发电机轴伸平键须绑扎在轴伸键槽上，轴伸、平键及凸缘加工装配表面应加防锈保护措施。
- 8.1.2 产品及所附备件在包装前对未经油漆或电镀保护的部分应采取临时性涂封保护。
- 8.1.3 发电机包装应坚固结实，能适合多次装卸运输。
- 8.1.4 包装箱应采取防淋和防潮措施。
- 8.1.5 包装箱外标志应清楚，内容应包括：
- a) 发货站及到货站；
  - b) 制造厂名称和收货单位名称；
  - c) 发电机型号；
  - d) 发电机净重和整装箱毛重；
  - e) 箱体尺寸；
  - f) 包装箱外侧所标有的字样或符号应符合 GB/T 191—2008 的规定；
  - g) 整装箱吊装方式和位置。
- 8.1.6 每台发电机应随机附有下列文件，文件放在防潮袋内，并固定于箱子内部：
- a) 使用维护说明书；
  - b) 产品合格证；
  - c) 船检证书；
  - d) 装箱清单；
  - e) 用户需要的其他文件（应在合同中规定）。
- 8.1.7 每台发电机的备件由产品技术条件规定。

8.2 运输、贮存

包装箱在运输和贮存过程中不得受雨水侵袭，产品应放置在没有雨雪侵入，空气流通，相对湿度不大于 90%，温度不高于 45℃ 与不低于－25℃ 的仓库中。



## 9 质量保证期

在用户按照制造厂的使用说明书,正确地使用与存放发电机情况下,制造厂应保证在使用的一年内,但自制造厂起运的日期不超过二年的时间内(如合同中无其他规定时)能良好运行,如在此规定时间内因发电机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、更换零件或整台发电机。

---

