

指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD23-2015



中国船级社

无刷双馈发电系统检验指南

北京

2015年12月

目 录

第 1 章 通 则	1
第 1 节 一般规定	1
第 2 节 定义及图纸资料	1
第 2 章 技术要求	4
第 1 节 一般规定	4
第 2 节 系统设计	5
第 3 节 发电机	5
第 4 节 变流器	7
第 3 章 产品检验	10
第 1 节 一般规定	10
第 2 节 发电机	10
第 3 节 变流器	13
第 4 章 建造中及建造后检验	17

第1章 通 则

第1节 一般规定

1.1.1 适用范围

1.1.1.1 《无刷双馈发电系统检验指南》（以下简称本指南）适用于船用无刷双馈发电系统产品检验以及系统的设计、制造和检验。

1.1.1.2 本指南适用于船舶轴带（或其他变转速动力源驱动）的3125kVA、50Hz或60Hz、1kV以下无刷双馈发电系统，超出上述范围应经本社特殊考虑后参照使用。

1.1.1.3 安装了无刷双馈发电系统的船舶除满足本指南要求外，尚应满足本社《钢质海船入级规范》、《国内航行海船建造规范》或《钢质内河船舶建造规范》（以下简称相关规范）的有关要求。

第2节 定义及图纸资料

1.2.1 定义及术语

1.2.1.1 无刷双馈发电系统（以下简称发电系统）：系指由无刷双馈发电机、变流器及其他机旁控制设备构成的发电系统。

1.2.1.2 无刷双馈发电机（以下简称发电机）：系指定子上有两组不同极对数的三相对称绕组（分别为功率绕组和控制绕组），功率绕组接电网（或负载），控制绕组通过变流器接电网（或负载），通过调节控制绕组电压、电流的频率和幅值，使功率绕组在产品运行转速范围内均能输出恒定电压和频率的发电机。

1.2.1.3 无刷双馈发电机变流器（以下简称变流器）：系指与无刷双馈发电机配套，连接于发电机控制绕组与电网（或负载）之间的交-直-交的变流器，用于为发电机控制绕组励磁和将控制绕组能量送入电网，以及实现发电机功率绕组输出功率或并网控制等功能。主要由电机侧变流器、直流环节、电网侧变流器及其控制系统组成，一般具有能量双向流动的功能。

1.2.1.4 发电机功率绕组：系指发电机连接电网（或负载）的定子绕组。

1.2.1.5 发电机控制绕组：系指发电机连接变流器的定子绕组。

1.2.1.6 输出功率曲线：系指发电系统在满足本指南各项要求的同时，在产品工作转速范围内，连续工作制（S1）的条件下，每一转速对应输出功率连成的曲线。

1.2.1.7 产品运行转速范围（ $n_{\min} \sim n_{\max}$ ）：系指发电系统产品能够稳定运行的转速范围，其上下限分别为 n_{\min} 和 n_{\max} 。

1.2.1.8 装船实际发电转速范围（ $V_{\min} \sim V_{\max}$ ）：系指船舶设计时，发电系统计划发电运行的转速范围，其上下限分别为 V_{\min} 和 V_{\max} 。

1.2.1.9 计划发电功率（ P_{\min} ）：系指装船实际发电转速范围内，发电系统稳定工作时所能提供的输出功率最小值。

1.2.1.10 发电机自然同步转速（ n_0 ）：系指当变流器输出为直流，发电机功率绕组输出为额定频率时转轴的转速。 n_0 可根据下式计算，其中 f_0 为发电机功率绕组输出额定频率， p_1 和 p_2 分别是发电机功率绕组和控制绕组的极对数。

$$n_0 = \frac{60f_0}{p_1 + p_2}$$

1.2.1.11 发电机功率绕组同步转速（ n_1 ）：系指发电机功率绕组在流过额定频率的三相对称电

流产生的旋转磁场的转速。 n_1 可根据下式计算。

$$n_1 = \frac{60f_0}{p_1}$$

1.2.1.12 变流器电机侧：系指与发电机控制绕组相联接的变流器的端口。

1.2.1.13 变流器电网侧：系指与电网（或负载）相联接的变流器的端口。

1.2.1.14 直流环节：系指变流器电机侧与电网侧之间相互联接的直流电路。

1.2.1.15 并网型发电系统：系指与船舶其他主电源并联共同向负载供电的无刷双馈发电系统。

1.2.1.16 独立运行发电系统：系指不与船舶其他主电源并联，经配电系统独立向与负载供电的无刷双馈发电系统。

1.2.1.17 发电机并网切入电流：系指在变流器的控制下，发电机功率绕组并网合闸时所产生的最大峰值电流。

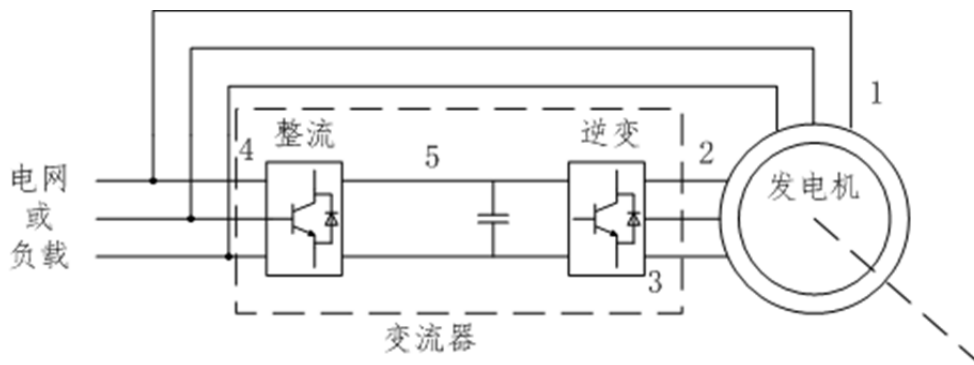
1.2.1.18 变流器并网切入电流：系指变流器电网侧交流端并网合闸时所产生的最大峰值电流。

1.2.1.19 准同期并网：系指采用与传统发电机相类似的下垂特性曲线进行控制，使发电系统负载特性曲线与待并联的发电机组接近，在并网时将控制功率绕组输出端电压和电网电压的幅值、频率相接近，利用准同期装置，在二者的相位差满足一定条件的前提下，并入电网。

1.2.1.20 输出功率控制并网：系指控制系统按并网条件控制发电机功率绕组电压与电网电压在幅值、频率以及相位上完全一致，当满足并网条件时，在控制状态下进行并网操作，并网成功后控制系统控制策略改为功率控制，直接控制发电机输出有功功率和无功功率。

1.2.1.21 孤岛：系指在船舶主电源所构成的三相交流电网失电时，并网型发电系统仍保持对失电电网的全部或部分线路继续供电的状态。

上述1.2.1.1-1.2.1.21 中部分定义和术语参见图1.2.1.1 和图1.2.1.6 。



1-发电机功率绕组，2-发电机控制绕组，
3-变流器电机侧，4-变流器电网侧，5-直流环节

图1.2.1.1 无刷双馈发电系统示意图

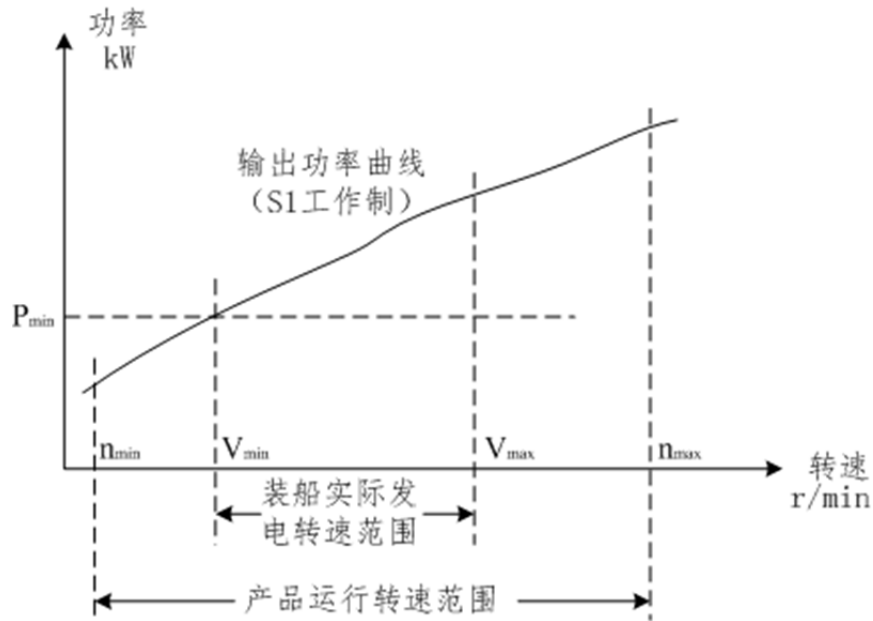


图1.2.1.6 无刷双馈发电系统输出功率曲线（示意图）

1.2.2 图纸和资料

1.2.2.1 产品认可时，应将下列图纸资料提交批准：

- (1) 总图；
- (2) 主要零部件图；
- (3) 产品技术条件；
- (4) 面板布置图和系统控制流程图；
- (5) 电气原理图；
- (6) 外部接线图；
- (7) 型式试验大纲；
- (8) 出厂试验大纲；

(9) 产品设计说明（包括发电机及变流器），应包括与发电机配套的变流器的型号、产品运行转速范围和输出功率曲线。

1.2.2.2 产品认可时，应将下列图纸资料提交备查：

- (1) 配套电器规格明细表；

1.2.2.3 船舶设计时，除本社相关规范要求的图纸外，还应将以下内容反映在船舶送审资料中：

- (1) 无刷双馈发电系统系统单线图，图中应标明：

发电系统的主要额定参数，特别应包括装船实际发电转速范围和计划发电功率；

电缆型号、截面积和负载电流；

- (2) 发电机及变流器的布置；
- (3) 无刷双馈发电系统显示及报警项目表。

1.2.2.4 船舶设计时，应将以下图纸资料提交备查。

(1) 无刷双馈发电系统电气说明书，至少应包括发电系统的装船实际发电转速范围、计划发电功率、负载情况等必要信息。

第2章 技术要求

第1节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 发电系统工作的环境条件应符合CCS《钢质海船入级规范》或《国内航行海船建造规范》或《钢质内河船舶建造规范》（以下简称相关规范）的有关要求。

2.1.1.2 发电系统的原动机及其调速器的性能应符合相关规范的性能要求。

2.1.1.3 发电系统向负载提供的电能，除满足本指南相关要求之外，在电压和频率偏差、谐波成分的要求应满足本社相关规范的电源质量的规定。

2.1.1.4 发电系统的外壳防护等级应与所安装的位置的环境条件相适应。一般的，无刷双馈发电机外壳防护等级应不低于IP22，接线盒的外壳防护等级应不低于IP44。

2.1.1.5 应明确目标船舶上发电系统的装船实际发电转速范围，该范围不应超过产品运行转速范围。如装船实际发电转速范围不能覆盖船舶主机怠速至额定转速全部转速范围，应在2.2.1.2 和2.2.2.4 规定的要求之外，增设转速超限预报警功能，并将备用发电机保持在随时可用状态。

2.1.1.6 在装船实际发电转速范围内，发电系统的发电能力应与输出功率曲线相符，且长期运行不超过温升限值，并使得输出的电能质量符合2.3.1.4 、2.3.8.3 及本社相关规范的有关要求。

2.1.1.7 发电系统的计划发电功率连同其他电源设备容量应能满足电力负荷估算书中对发电机容量的需求。发电系统不作为主电源的组成部分时，计划发电功率应满足船舶电气设备的实际需求。

2.1.1.8 计划发电功率视作该发电系统在实船的额定容量，并作为发电系统过载保护和短路保护的参照依据。

2.1.1.9 发电系统应使用能量可双向流动的变流器，如使用能量仅从电网侧到电机侧单相流动的变流器，则还应配备能使能量从电机侧向电网侧流动的逆变器做馈能用（如图2.1.1.9 中的逆变器2），其功能也应符合本指南的有关要求。

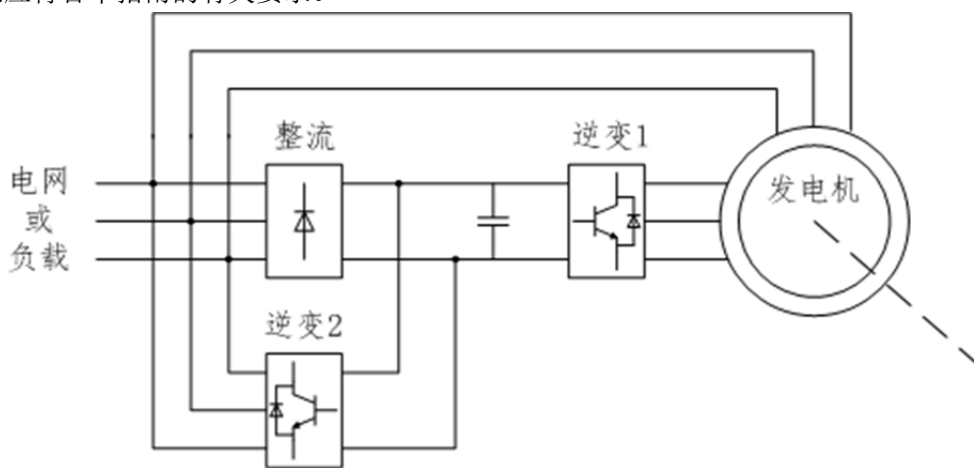


图2.1.1.9 另一种无刷双馈发电系统示意图

2.1.1.10 发电系统的短延时保护脱扣器始动值应与产品证书中注明的稳态短路试验维持电流大小相适应。

第2节 系统设计

2.2.1 独立运行发电系统

2.2.1.1 独立运行发电系统应能够与其他主电源短时并联以转移负荷。

2.2.1.2 独立运行发电系统，应在原动机转速超出装船实际发电转速范围的上下限时发出报警，停机并自动启动一台或多台独立于主机的发电机或其他主电源，并连接至主配电板，这一过程宜在45s内完成。

2.2.2 并网型发电系统

2.2.2.1 并网型发电系统在并网之后，输出功率应缓慢增加，输出电流无冲击现象。

2.2.2.2 并网型发电系统投入电网使用，应在至少有一台发电机在网运行的情况下进行；最后一台发电机从电网切除之前，应先将无刷双馈发电系统从电网切除并停机。采用准同期并网方式的发电系统可免于此要求。

2.2.2.3 并网型发电系统应采取以下方式之一，防止造成其他发电机逆功率。这些措施包括但不限于：

(1) 无刷双馈发电系统能根据功率管理系统（PMS）指令控制其有功功率输出，确保输出的最大有功功率值不超过PMS的给定值；

(2) 无刷双馈发电系统变流器主动监测负载状态，确保输出的有功功率不会超过当前负载功率。采用准同期并网方式的发电系统可免于上述要求。

2.2.2.4 并网型发电系统，应在原动机转速超出装船实际发电转速范围的上下限时发出报警，并降功率运行或停机，降功率运行不应使得发电系统各部件所承受的电压、电流等超过限定值。

2.2.3 兼做电动运行

2.2.3.1 如发电系统兼做电动运行驱动螺旋桨使用时，应经本社特别考虑。

2.2.4 监测、报警、保护及通信

2.2.4.1 发电系统的监测、报警及保护项目，除满足2.4.7.1 要求外，还应满足本社相关规范的有关要求。

2.2.4.2 采用2.2.2.3 (1)方式的并网型发电系统应与船舶PMS系统通信，通信的信息应包括但不限于：

- 发电系统输出功率给定值（来自PMS）
- 发电系统运行状态
- 当前发电系统有功功率
- 当前发电系统无功功率

第3节 发电机

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 发电系统应能在最高冷却空气温度情况下，在输出功率曲线所对应的转速和功率下长期地连续工作，而不超过绝缘等级所确定的温升限值。

2.3.1.2 产品证书中应注明与发电机配套的变流器的型号。

2.3.1.3 应设置产品标识，描述发电机的最大电流、额定电压、装船实际发电转速范围、自然同步转速、功率绕组同步转速、配套变流器的型号和并网方式等主要参数。

2.3.1.4 发电机应能通过机带蓄电池组或主电网供电进行空载启动，空载线电压波形正弦性畸变率应不超过5%，最大单次谐波含量应不超过3%。

2.3.2 材料

2.3.2.1 发电机的材料应符合本社对船用三相交流同步发电机材料的相关要求。

2.3.3 产品运行转速范围和输出功率曲线

2.3.3.1 发电机连同配套的变流器在产品运行转速范围共同进行输出功率测试试验。

2.3.3.2 发电系统在产品运行转速范围内输出功率应与输出功率曲线相符。

2.3.3.3 输出功率曲线应尽可能多的标注各转速点的对应功率，曲线上每个标注的相邻转速点横坐标应不超过50r/min。

2.3.4 极对数

2.3.4.1 发电机应选择合适的功率绕组和控制绕组的极对数，并进行合理的绕组设计，以使得两套绕组之间的基波和各次谐波不互相交链，且具有较好的发电机振动与噪声表现，发电机的噪声应能满足GB/T 12975-2008中4.5.28的有关要求。

2.3.4.2 发电机功率绕组极对数的选择应使得功率绕组同步转速不处于额定转速范围中。

2.3.5 过电流/过载

2.3.5.1 发电机在150%最大电流2min情况下，电机应能承受此过电流或过转矩而不发生有害变形。

2.3.5.2 发电机应能在110%最大电流下运行1h而不发生损坏及有害变形。

2.3.6 短路

2.3.6.1 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。

2.3.6.2 发电系统应能在稳态短路状态下，应能维持3倍额定电流历时至少2s。如确有困难，维持的短路电流应不低于2.5倍额定电流，并应在产品证书中注明。

2.3.7 超速

2.3.7.1 发电机在空载情况下应能承受120%最高转速，历时2min，而不发生损坏及有害形变。

2.3.8 调整特性

2.3.8.1 发电系统，应能在整个产品运行转速范围下，负载自空载至额定负载范围内，且其功率因数为额定值情况下，保持其稳态电压的变化值在额定电压的±2.5%以内。

2.3.8.2 发电系统在负载为空载，在产品运行转速范围中的任意转速下，电压接近额定值的状态下，突加和突卸60% 额定电流及功率因数不超过0.4（滞后）的对称负载时，当电压跌落时，其瞬态电压值应不低于额定电压的85%；当电压上升时，其瞬态电压值应不超过额定电压的120%，而电压恢复到与最后稳定值相差3% 以内所需的时间应不超过1.5s。

2.3.8.3 发电机在其自然同步速点应能在额定负载下稳定运行，且在额定负载下转速经过自然同步速点时的瞬态波动不应超过2.3.8.2 的限值，电压波形谐波畸变不应超过2.3.1.4 的限值。不要求在自然同步速点上负载运行的发电机可免于此要求。

2.3.9 耐压

2.3.9.1 发电机耐压试验应符合IEC60034-1出版物的有关规定。

2.3.10 电磁兼容

2.3.10.1 发电机的电磁兼容性应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》(2015)的规定,试验项目为传导发射。

第4节 变流器

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 在无刷双馈发电系统产品运行转速范围内,变流器应能正常的控制无刷双馈发电机的并网操作(如适用)和功率输出。

2.4.1.2 应设置产品标识,描述变流器的额定电流、额定电压、并网方式等主要参数。

2.4.2 技术要求

2.4.2.1 变流器产生的谐波畸变,在电网侧,应使得连同无刷双馈发电机一起,向负载提供的电能满足2.1.1.3的有关要求。在电机侧,如有更高的畸变出现,制造厂应提供文件证明无刷双馈发电机能够在此较高谐波下长期无故障地运行。

2.4.2.2 并网运行发电系统的变流器,可以使用包括但不限于下列的并网控制方式。

(1)准同期并网方式;

(2)输出功率控制并网方式;

2.4.2.3 在发电系统并网时,变流器应能限制发电机和变流器并网切入电流的大小,并网切入电流应不超过无刷双馈发电机定子绕组的额定电流峰值。

2.4.2.4 发电机在输出功率曲线允许的工作条件下,变流器的输出电压不应超过发电机控制绕组允许的电压范围,输出电流不应超过其额定电流。

2.4.2.5 如发电系统需要在自然同步速点处带负载运行,在原动机转速经过该转速点时,变流器的输出相序的改变应尽可能平滑,以使得无刷双馈发电机输出满足2.3.8.3的要求。

2.4.2.6 发电机在超同步转速范围内负载运行,以及空载自励起动时,应限制变流器向发电机功率绕组回馈电流在频率和相位上产生的延迟和滞后,以使得变流器的回馈能量不会引起发电系统电压畸变超限。

2.4.2.7 变流器应设置适当的耗能电阻或等效方式,以使得在发电机在超同步转速范围内空载起动或类似情况时,回馈能量使变流器直流环节电压升高不应超过允许的电压范围。

2.4.2.8 如果变流器电网侧的整流采用普通不控整流方式(如图2.1.1.9中的发电系统型式),在任何负载及转速的条件下,均不应引起无刷双馈发电系统电压畸变超限。

2.4.2.9 变流器在发电系统发生电压大幅跌落故障(如短路)时,应设置适当的保护,防止功率绕组磁链直流分量、负序分量等突变引起的发电系统的电压、电流大幅超限,造成变流器或发电机损坏。

2.4.2.10 变流器应能可靠检测原动机转速,在转速超出产品运行转速范围的上下限时报警,并具有相应的自动保护控制功能以满足本指南2.2.1.2和2.2.2.4的要求。

2.4.2.11 变流器的转速保护范围应可调,在出厂试验时,发电机欠/超速保护范围应与装船实际发电转速范围相适应。

2.4.3 保护

2.4.3.1 变流器应具有如下保护功能：

- (1) 过电流保护；
- (2) 缺相保护；
- (3) 电网电压不平衡保护；
- (4) 冷却系统故障保护；
- (5) 过温保护；
- (6) 发电机欠/过速保护；
- (7) 过电/欠电压保护；
- (8) 过/欠频保护；
- (9) 通信故障报警；

2.4.4 额定温升

2.4.4.1 变流器在额定运行条件下，待各元件热稳定后，变流器各部位的极限温升见表2.4.4.1。

表2.4.4.1 变流器各部位的极限温升

部件和部位	极限温升 (K)
主电路半导体器件	外壳温升和结温由产品技术条件或分类标准规定
主电路半导体器件与导体的连接处	裸铜：45； 有锡镀层：55； 有银镀层：70
母线（非连接处）	铜：35； 铝：25
浪涌吸收器与主电路的电阻元件	距外表面 30mm 处的空气：25

2.4.5 过载

2.4.5.1 变流器的过载能力，包括电机侧和电网侧，应与无刷双馈发电机过载能力相匹配。变流器应在自身110%的标称电流下，持续运行时间应不小于1min。

2.4.6 电磁兼容

2.4.6.1 变流器的电磁兼容性应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》（2015）的规定，试验项目包括：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、低频传导和射频场感应的传导骚扰。

2.4.7 监测、报警及保护

2.4.7.1 表2.4.7.1 列出了变流器相关的显示、报警及保护项目。

表2.4.7.1 监测、报警及保护项目表

监测参数	显示	报警	保护	备注
发电系统运行状态	×			
发电系统输出有功功率	×			
发电系统输出无功功率	×			
发电系统输出电流	×			
发电系统主断路器/隔离开关状态	×			
发电系统输出电压	×			适用于独立运行发电系统
并网点电压	×			适用于并网型发电系统

监测参数	显示	报警	保护	备注
并网点频率	×			适用于并网型发电系统
发电机转速	×			
变流器直流环节电压	×			
发电系统输出过流/短路		×	×	断开连接，断开连接时间应与船舶配电选择性保护相适应。
并网点电压超限		×	×	停机
并网点频率超限		×	×	停机
变流器过电流		×	×	停机
变流器输入缺相		×	×	停机
变流器冷却系统故障		×	×	停机
变流器过温故障		×	×	停机
发电机欠速		×	×	停机。
发电机超速		×	×	并网型发电系统允许在满足2.2.2.4的条件下降功率运行。
通信故障		×	×	停机

第3章 产品检验

第1节 一般规定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 本指南所引用的各种试验方法标准，可根据情况采用其它等效标准或公认的标准。

3.1.2 试验样机选取

3.1.2.1 材料要求型式试验样机的型号、规格应能覆盖申请认可的产品范围并具有技术代表性，以便通过型式试验确定制造厂是否具备按本社要求生产认可产品的能力。每一系列应抽取一个规格的产品作为试验样品，不同系列的样品中至少有一个规格不低于所申请最大功率的80%。

3.1.2.2 对同一企业不同系列的无刷双馈发电系统应考虑按功率、转速、绝缘等级、防护等级、电压等级、控制方式、单双支点、润滑方式、冷却形式和/或方式、制造工艺的代表性进行样机的选取。

第2节 发电机

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 发电机应按表3.2.1.1 要求进行相应的试验，其中部分试验应连同变流器一起构成发电系统共同试验。

表3.2.1.1 试验项目表

序号	试验项目	型式认可试验	出厂试验
1	外观检查	×	×
2	绝缘电阻测量	×	×
3	绕线电阻测量	×	×
4	电压调整系统校验	×	× ^①
5	输出功率试验和温升试验	×	
6	过电流/过载试验	×	× ^②
7	短路校验	×	
8	超速试验	×	×
9	耐压试验	×	×
10	励磁建压及空载试验	×	×
11	外壳防护等级试验	×	
12	倾斜试验	×	
13	交变湿热试验	×	

^① 只对电压调整系统做功能性试验。

^② 适用于大于 100kW 的发电机。

序号	试验项目	型式认可试验	出厂试验
14	盐雾试验 Kb ^③	×	
15	电磁兼容性	×	
16	轴承检查	×	×

3.2.1.2 除本指南明确规定外，表3.2.1.1 要求进行的各项试验的试验方法，应符合本社接受标准^④的有关规定。

3.2.2 外观检查

3.2.2.1 对发电机进行目测检查，以保证其与提交审查的技术文件相符合。

3.2.3 绝缘电阻测量

3.2.3.1 耐压试验之后应立即用直流绝缘试验法（直流高阻计）测量下列绝缘电阻，其最低试验电压值和响应电阻值应符合表3.2.3.1 的规定：

- (1) 连接在一起的所有载流部件和地之间；
- (2) 所有载流部件的不同极或相之间（当每极或每相的两端均可分别接近时）。

绝缘电阻应在接近工作温度测量，或者用适当的方法将其折算至工作温度。

表3.2.3.1 最低试验电压和最低绝缘电阻值

额定电压 U_n (V)	最低试验电压 (V)	最低绝缘电阻 (M Ω)
$U_n \leq 250$	$2 \times U_n$	1
$250 < U_n \leq 1000$	500	1
$1000 < U_n \leq 7200$	1000	$(U_n/1000) + 1$
$7200 < U_n \leq 15000$	5000	$(U_n/1000) + 1$

3.2.4 绕线电阻测量

3.2.4.1 应采用适当的桥式或电压电流测量方法测量发电机绕组电阻，并记录。

3.2.5 电压调整系统校验

3.2.5.1 应在产品运行转速范围中至少选取以下转速点（见表3.2.6.1）进行电压调整系统校验，校验结果应按照2.3.8.1，2.3.8.2 的规定进行验证。

3.2.5.2 如发电机的产品运行转速范围包括了其自然同步转速，则还应验证2.3.8.3 的要求。

3.2.6 输出功率试验和温升测量

3.2.6.1 型式认可试验中，发电系统应在产品运行转速范围中至少选取以下转速点（见表3.2.6.1），并在输出功率曲线标注的功率、额定电压、额定频率和S1工作制下，参照IEC 60034-1出版物规定的试验方法或采用其他符合试验方法进行额定负载试验，试验结束后测量其温升，其温升限值应不超过本社《钢质海船入级规范》第4篇第3章表3.2.3.1的规定。

^③ 不进行盐雾试验的发电机需在认可证书及产品证书上注明“不适于安装在开敞甲板”。

^④ 如 GB/T12975 《船用同步发电机通用技术条件》。

表3.2.6.1 输出功率试验的试验转速点

试验转速 (rpm)
n_0
n_{\min}
$\frac{1}{4}n_{\min} + \frac{3}{4}n_{\max}$
$\frac{1}{2}n_{\min} + \frac{1}{2}n_{\max}$
$\frac{3}{4}n_{\min} + \frac{1}{4}n_{\max}$
n_{\max}

3.2.7 过电流/过载试验

3.2.7.1 发电机应能承受本指南2.3.5.1 和2.3.5.2 规定的过载试验。

3.2.8 短路校验

3.2.8.1 发电机连同变流器应在原动机常见转速点,按本指南2.3.6.1 和2.3.6.2 的要求进行1次短路校验。

3.2.8.2 发电机连同变流器还应在额定电压、最大额定转速的工况下,按照2.4.2.9 的要求,进行不少于3次短路试验,试验中发电机、变流器输出端及内部各部件的瞬时电压和电流不应超过限值,发电机和变流器不应发生损坏及有害变形。

3.2.9 超速试验

3.2.9.1 按IEC 60034-1出版物规定的试验方法进行超速试验。

3.2.10 耐压试验

3.2.10.1 发电机耐压试验应符合IEC 60034-1出版物的有关规定。

3.2.11 励磁建压及空载试验

3.2.11.1 发电机连同变流器应在额定转速范围中至少选取以下转速点(见表3.2.6.1),进行空载励磁建压试验,电压谐波畸变率不应超过2.3.1.4 的规定,并应注意在转速高于自然同步速点进行试验时,还应考核变流器直流环节电压的波动,其波动范围不应超过2.4.2.7 的规定。

3.2.11.2 待发电机输出端达到额定电压后,应调整原动机转速,检查发电机在不同转速点下的波动和轴承润滑系统的工作状况。

3.2.12 外壳防护等级试验

3.2.12.1 发电机外壳防护试验应符合IEC 60034-5出版物的有关规定。

3.2.13 倾斜试验

3.2.13.1 发电机倾斜试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》(2015)中2.6的有关规定。

3.2.14 交变湿热试验

3.2.14.1 发电机交变湿热试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》(2015)中2.10

的有关规定。

3.2.15 盐雾试验 Kb

3.2.15.1 发电机盐雾试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》(2015)中2.12的有关规定。

3.2.16 电磁兼容性试验

3.2.16.1 发电机电磁兼容性试验应符合本指南2.3.10.1 的有关规定。

3.2.17 轴承检查

3.2.17.1 在完成规定的试验后,应拆开滑动轴承进行检查,以确定轴承正确的密封在轴瓦内。

第3节 变流器

3.3.1 一般要求

3.3.1.1 变流器应按表3.3.1.1 的要求进行相应的试验。

表3.3.1.1 试验项目表

序号	试验项目	型式认可试验	出厂试验
1	外观检查	×	×
2	温升试验	×	
3	耐压试验	×	×
4	绝缘电阻测量	×	×
5	过载能力试验	×	
6	过电流保护试验	×	×
7	缺相保护试验	×	×
8	电网电压不平衡保护试验	×	×
9	冷却系统故障保护试验	×	×
10	过温保护试验	×	×
11	发电机过/欠速保护试验	× ^⑤	× ^⑥
12	过电/欠电压保护试验	×	×
13	过/欠频率保护试验	×	×
14	电磁兼容性试验	×	
15	外壳防护等级试验	×	
16	倾斜试验	×	
17	交变湿热试验	×	
18	稳定性运行时间试验	×	
19	振动试验	×	
20	高温试验	×	
21	低温试验	×	

^⑤ 型式认可试验的发电机过/欠速保护点应与产品运行转速范围相适应。

^⑥ 出厂试验的发电机过/欠速保护点应与装船实际发电转速范围相适应。

3.3.1.2 除本指南明确规定外,表3.3.1.1 要求进行的各项试验的试验方法,应符合本社接受标准^⑦的有关规定。

3.3.2 外观检查

3.3.2.1 对变流器进行目测检查,以保证其与提交审查的技术文件相符合。

3.3.3 温升试验

3.3.3.1 试验可按照IEC 60146-1-1中4.2.5的规定进行,测温元件可以使用温度计、热电偶、热敏元件、红外测温计或其他等效方法。在额定运行条件下,各元件热稳定后,按表2.4.4.1 测量温升,其温升在器件各自规定的范围之内。

3.3.4 耐压试验

3.3.4.1 半导体变换器应按下列电压值进行耐压试验,但不低于2000V:

$$U_p = 2 \times \frac{U_m}{\sqrt{2}} + 1000 \text{ (V)}$$

式中: U_p 为试验电压有效值, V;

U_m 为半导体变换器任何一对端子之间的空载最高峰值电压,如其对地电压高于2个端子之间的电压(例如变换器作串联连接时),则应去较高的电压, V。

但如 $U_m/\sqrt{2}$ 小于90V时,则 U_p 可以取1000V。

试验以25~100Hz之间任一频率的交流电压,加在设备的带电部分与可以接地的任一不带电的金属部分之间,历时1min而无击穿或闪络现象。

3.3.5 绝缘电阻测量

3.3.5.1 以500V直流高阻计进行测试,整流器及其属件的带电部分对地之间的绝缘电阻应不低于1M Ω 。

3.3.6 过载能力试验

3.3.6.1 试验方法参考GB/T 13422中5.1.13的规定。试验分别在电机侧和电网侧进行,并施加110%的标称电流,历时1min,时间间隔不大于10min,试验循环次数为3次,变流器应无损坏并能正常工作。

3.3.7 过电流保护试验

3.3.7.1 试验应分别在电机侧和电网侧进行。可以通过施加大电流脉冲的方法来验证,也可以采用降低过流保护限制的方法来验证,但应保证电流传感器等电路在预期的过流保护范围内的有效性。

3.3.8 缺相保护试验

3.3.8.1 试验应分别在电机侧和电网侧进行。可在变流器未启动状态下进行,可以采用将变流器交流端或缺相检测电路逐项断开的方法来验证功能的有效性。

3.3.9 电网电压不平衡保护试验

3.3.9.1 试验可在变流器未启动状态进行,可以将电网侧交流端或其电压检测电路设置成不平衡电压的方法来验证功能的有效性,电压不平衡程度应符合技术要求。

^⑦ 如 GB/T 1342 《半导体电力变流器 电气试验方法》。

3.3.10 冷却系统故障保护试验

3.3.10.1 试验时，可以通过设置冷却系统与变流器的工作状态开关信号来模拟冷却系统故障进行检验。

3.3.11 过温保护试验

3.3.11.1 试验时，可以通过模拟过温信号（将温度检测元件加热至于其的保护动作点），检验变流器的过温保护功能。

3.3.12 发电机过/欠速保护试验

3.3.12.1 试验时，设置拖动电机转速从低到高变化，检验变流器的过/欠速保护功能的有效性。

3.3.13 过电/欠电压保护试验

3.3.13.1 应对电网侧进行过电/欠电压试验，对电机侧交流端及其直流环节进行过电压试验。可施加一变化的电压，来验证功能的有效性，也可以针对过电/欠电压检测电路施加模拟信号进行验证，或采用修改过电/欠电压保护限值的方法来验证，但应保证电压传感器等电路在预期的过电/欠电压保护范围内的有效性。

3.3.14 过/欠频率保护试验

3.3.14.1 应对电网侧进行过/欠频率试验。可施加一变化的频率，来验证功能的有效性，也可以针对过/欠频率检测电路施加模拟信号进行验证，或采用修改过/欠频率保护限制的方法来验证。

3.3.15 电磁兼容性试验

3.3.15.1 变流器电磁兼容性试验应符合本指南2.4.6.1 的有关规定。

3.3.16 外壳防护等级试验

3.3.16.1 变流器的外壳防护等级试验应符合IEC 60529出版物的有关规定。

3.3.17 倾斜试验

3.3.17.1 变流器倾斜试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》（2015）中2.6的有关规定。

3.3.18 交变湿热试验

3.3.18.1 变流器交变湿热试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》（2015）中2.10的有关规定。

3.3.19 稳定性运行时间试验

3.3.19.1 变流器应能无故障满载连续运行72h。

3.3.20 振动试验

3.3.20.1 变流器倾斜试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》（2015）中2.7的有关规定。

3.3.21 高温试验

3.3.21.1 变流器高温试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》（2015）中2.8的有关规定。

规定。

3.3.22 低温试验

3.3.22.1 变流器低温试验应符合本社《电气电子产品型式认可试验指南》（2015）中2.9的有关规定。

第4章 建造中及建造后检验

4.1.1 建造中检验

4.1.1.1 验船师应确认发电系统持有规范要求的产品证书或证件。

4.1.1.2 检查发电机及变流器的布置、安装、工艺等方面符合批准的图纸、规范和其他技术文件的要求。

4.1.1.3 检查发电机及变流器的接线，应无明显松动和损伤。

4.1.1.4 发电系统各项功能的有效性应在检验中予以验证，一般应包括下列验证项目：

- (1) 应按照计划发电功率试验进行负荷试验；
- (2) 应按照装船实际发电转速范围进行速度超限保护试验；
- (3) 并网调度运行试验[®]；
- (4) 并联运行控制试验，应验证：

当没有在网发电机运行的情况下，发电系统无法投入电网运行；

在并网运行试验中，切除全部电网负荷，将最后一台发电机停机，发电系统应能检测到孤岛并立即断开与电网的连接。

准同期并网可不做此实验。

4.1.2 建造后检验

4.1.2.1 年度/中间检验

- (1) 检查发电系统的接线和外观，应无明显松动和损伤。
- (2) 确认发电系统处于良好的工作状态。
- (3) 确认发电系统显示仪表的工作有效性。

4.1.2.2 特别检验

- (1) 本指南4.1.2.1 中年度/中间检验规定的项目。
- (2) 对无刷双馈发电系统的过电流保护电器和熔断器进行检查，以确认其对各自电路提供适当保护。
- (3) 无刷双馈发电系统作单机运行试验和/或并网运行试验（如适用）。
- (4) 检查无刷双馈负荷分配及转移（如适用）功能的有效性。
- (5) 热态绝缘电阻的测量。

[®] 应验证并网型无刷双馈发电系统能根据 PMS 系统的设定值输出有功功率，如采用其他等效方式，例如变流器主动检测负载电流值并能以此调节输出的有功功率，也应验证其方式的有效性。准同期并网可不做此试验。