

本标准参照采用国际标准 IEC 92-501(1984)《船舶电力推进系统》。

1 主题内容和适用范围

本标准规定了船舶电力推进系统(以下简称推进系统)的分类、技术要求、性能、安装和试验。

本标准适用于推进系统中的机械和设备,包括:

发电机及其原动机;

推进电动机;

电磁离合器;

有关的半导体变流器;

励磁系统;

监控、测量仪表和保护设备;

接线和电缆。

本标准不适用于侧推装置以及所有由辅助电站和蓄电池供电的推进机械和设备。

2 引用标准

GB 7060 船用电机基本技术要求

GB 9331 额定电压 0.6/1 kV 及以下船用电力电缆和电线

GB/T 13032 船用柴油发电机组通用技术条件

3 分类

3.1 按原动机类型分:

柴油机

汽轮机

3.2 按电流种类分:

交流

直流

交直流

4 技术要求

4.1 系统各成套设备:原动机、发电机、变流器、励磁机、电动机、电磁离合器、开关控制设备等除满足本标准规定外,均应符合相应产品标准和钢质海船入级与建造规范。

4.2 电源参数

4.2.1 额定电压:直流 115 V、230 V、460 V、(600 V)、(800 V)。

交流 400 V、(450 V)、(600 V)、690 V、3 150 V、6 300 V、10 500 V。

4.2.2 额定频率:50 Hz、(60 Hz)。

注:括号内数值不推荐使用。

4.3 工作条件

4.3.1 环境温度

4.3.1.1 对无限航区

- a. 环境空气温度 0~45℃;
- b. 对旋转电机为 50℃;
- c. 对半导体电子设备 55℃。

4.3.1.2 除热带以外的有限航区

- a. 环境空气温度 0~40℃;
- b. 对旋转电机为 45℃;
- c. 对半导体电子设备 55℃。

4.3.2 空气相对湿度,在温度不高于 45℃时为 95%;温度高于 45℃时为 70%。并有凝露。

4.3.3 倾斜和摇摆

设 备	横 倾	横 摇	纵 倾	纵 摇
开关板、电器设备、 原动机、推进电机	22.5° 15°	22.5° 22.5°	10° 5°	10° 7.5°

4.3.4 对开关和电子设备在倾斜至 45°情况下,不应有误动作和出现功能变化。

4.3.5 空气中有盐雾(内河船舶除外)、油雾和霉菌。

4.4 转矩和临界转速

4.4.1 推进电动机的额定转矩应大于螺旋桨反转特性曲线上的最大反转矩值,以能使以最大航速航行的船舶在商定的时间内停止前进或后退。

4.4.2 在交流推进系统中应根据有关螺旋桨和船舶特性的资料规定足够的转矩裕度,以防止在恶劣的气候条件航行或多螺旋桨船舶转向的情况下电动机失步。

4.4.3 在正常工作转速下,原动机、发电机、轴系和螺旋桨不应观察到有害的扭转振动。

4.5 润滑

在从最低航速起增速前进或后退的全部航速范围内,推进电动机、齿轮装置和轴系均应保持有效的润滑。

在预计的油温下,不论是电动机或螺旋桨在缓慢转动的情况下,轴和轴承不应损坏。

4.6 对原动机的一般要求

4.6.1 原动机与发电机应安装在同一公共底座上¹⁾,联轴器对中的同心度和平行度应控制在一定的范围内,以保证机组在台架试验时的当量振动烈度,在无隔振时不大于 28 mm/s,有隔振时不大于 45 mm/s。机组的安装固定应采用具有良好隔振效果的减震器。

注:1) 如果原动机功率较大,公共底座的设计、安装有困难,而对在船体上直接安装,工艺上有保证时,允许直接装船。

4.6.2 原动机调速系统在发电机需要并联运行的情况下,应能在整个运行转速范围内保持稳定运行。

4.6.2.1 原动机的稳态调速率应不大于 5%。

4.6.2.2 原动机在突卸 100%额定功率和空载下突加 50%额定负载,其瞬态调速率应不超过±10%,稳定时间不大于 5 s。

4.6.2.3 在空载到 110%额定负载范围内任何稳定负载下的转速波动率应不超过相应负载平均转速的±0.5%。

4.6.2.4 调速系统的不灵敏度应不大于 0.5%额定转速。

- 4.6.2.5 并联运行机的调速器应具有改变稳态调速率 δ_n 的可调机构,以能使其稳态调速率调到基本一致,调速特性的非线性度 γ 应不超过 $0.2 \delta_n$ 。
- 4.6.3 为保证螺旋桨转速控制和发电机并联运行调节转速的需要,调速器应设机旁手控和遥控转速的调节机构和调速手柄达到极限位置的保护措施,转速调节的速度应既要有足够的平稳性又要有一定的快速性。转速调节范围为最低稳定转速至 105% 额定转速。
- 4.6.4 原动机应设有超速保护装置,以防止其转速超过 115% 额定转速。
- 4.6.5 原动机在允许的调速范围内应能承受短时的功率过载。
- 柴油机:10%,1 h;
 - 汽轮机:20%,5 min 和 50%,5 s。
- 4.6.6 原动机的额定功率连同其过载能力和加载特性应满足机动操纵和恶劣环境条件下电气设备运行工况瞬态变化所需的功率。
- 4.6.7 在船舶全速前进情况下,进行螺旋桨从全速前进至全速后退的机动操纵过程中,原动机应能吸收一部分再生功率,以不导致超速保护装置动作而停机。
- 4.6.8 柴油机与发电机成套以后扭转振动应符合 GB/T 13032 的要求。
- 4.7 推进电机及半导体变流器的温度和通风
- 4.7.1 电机或滑差离合器自身带有风扇时,应能在额定转矩、额定电流、额定励磁或类似工况下,以低于额定转速的低转速下运转,其温升在 50℃ 环境条件下不超过表 1 的规定。当环境温度为 45℃ 时电机各部分绕组温升允许按表 1 值提高 5 K。
- 4.7.2 当推进电机采用强迫通风时,应在电机外面设有直读式温度计和远距离声响报警器,以对电机的冷却空气温度进行连续监视。
- 4.7.3 对于采用热交换器以封闭回路方式进行冷却的电机,应对其一次和二次冷却剂的流量进行监视,也可以采用温度监视附带报警器代替这种流量监视。
- 必要时应考虑设置检测电机外壳内冷却液泄漏并进行报警的设备。
- 4.7.4 如果半导体变流器装有强迫通风,则冷却系统应装置监视设备,冷却系统发生故障时,应能发出报警或自动减小电流。报警信号可由冷却剂流量或风扇电源或二极管和晶闸管的温度产生。
- 4.7.5 所有额定功率在 500 kW 以上的交流电机的定子绕组和直流电机的换向绕组应装有温度传感器。

表 1 电机允许温升

K

项号	电机的部件	绝缘等级											
		E			B			F			H		
		温度 计法	电阻法	检温 计法	温度 计法	电阻法	检温 计法	温度 计法	电阻法	检温 计法	温度 计法	电阻法	检温 计法
1	额定功率在 5 000 kW (或 kVA) 及以上或铁芯长度为 1 m 及以上的电机交流绕组	—	60	60	—	70	70	—	90	90	—	115	115

续表 1

K

项号	电机的部件	绝缘等级											
		E			B			F			H		
		温度 计法	电阻法	检温 计法	温度 计法	电阻法	检温 计法	温度 计法	电阻法	检温 计法	温度 计法	电阻法	检温 计法
2	a. 额定功率或铁芯长度小于项 1 的电机交流绕组 b. 除项 3 及项 4 以外的用直流励磁的交流和直流电机的磁场绕组 c. 有换向极的电枢绕组	55	65	—	60	70	—	75	90	—	95	115	—
3	隐极式同步电机(同步感应电动机除外)的单排磁极绕组	—	—	—	—	80	—	—	100	—	—	—	—
4	a. 补偿绕组和多层低电阻绕组 b. 表面裸露或金属表面涂漆的单层绕组 ¹⁾	65	65	—	70	70	—	90	90	—	115	115	—
5	永久短路的绝缘绕组	65	—	—	70	—	—	90	—	—	115	—	—
6	永久短路的无绝缘绕组	这部分温度决不应达到使附近的任何绝缘或其他材料有损坏危险的数值											
7	不与绕组接触的铁芯或其他部件												
8	与绕组接触的铁芯或其他部件	65	—	—	70	—	—	90	—	—	115	—	—
9	换向器和集电环 ²⁾ (开启或封闭)	60	—	—	70	—	—	80	—	—	90	—	—

注：1) 对多层绕组，如下面的各层绕组都与冷却介质接触也包括在内。

2) 换向器或集电环的温升应符合本身所采用的绝缘等级，但如换向器、集电环与绕组靠近则他们的温升应不超过邻近绕组所采用绝缘等级的容许极限，温升值只限于用膨胀式温度计测得。

4.8 设备的维修性

4.8.1 各种设备的布置和安装应适当，以便检查、维修。

4.8.2 推进电机的结构应易于检修，轴承、磁场线圈等尽可能便于拆卸和调换。

4.9 潮湿和冷凝水的防护

推进电机应设有在停机时防止潮气和冷凝水积聚的有效措施(如加热装置)。若用蒸汽加热，则电机内部不应有蒸汽管接头。

4.10 突然短路

交流电机在额定工况运行时，应能承受其接线端子处的突然短路而不损坏。

4.11 直流推进电动机的超速

直流推进电机的转子应能承受超速保护装置根据正常运行整定的极限转速。

4.12 励磁机

励磁机的输出电流、输出电压及其电源,应能适应于机动操纵和包括短路在内的过电流工况所需的输出。同时应注意到旋转机组的轴和联轴节的强度应与机组驱动机械的容量相适应。

4.13 半导体变流器的设计依据

4.13.1 当推进装置由单独电源供电时,变流器半导体元件的峰值电压最小值 u_{RM} 应为变流器输入端额定电压峰值 u_p 的 1.5 倍;当由公共电源供电时, u_{RM} 应为 u_p 的 1.8 倍。

若变流器的半导体元件为串联时,上述数据应增大 10% 并确保电压的均匀分配。

4.13.2 为使半导体变流器电路能承受系统在机动操纵期间产生瞬时过电流应采取如下措施:

- a. 对并联连接的变流器,应确保其电流的均匀分配。
- b. 对强迫通风的变流器,其风扇发生故障时应降低功率运行。
- c. 若变流器由几个元件并联连接且每个并联支路装有独立风扇时,则应能将风扇发生故障的并联支路断开。

4.13.3 半导体变流器在下列情况下,应采取必要的措施,以限制变流器对系统和其他变流器的干扰影响。

- a. 几个变流器接到同一母线系统。
- b. 换向电抗偏小可能导致电压畸变而对系统中其他用电设备产生不利影响。
- c. 系统次瞬态电抗和变流器换向电抗的关系,不适当的匹配将导致电压谐波从而引起其他用电设备的过热。
- d. 变流器对直流电机换向的不利影响。
- e. 逆变器在再生工况下运行时可能产生电压降的不利影响。
- f. 高频噪声干扰。

当滤波电路和电容器用作无功电流补偿时应防止对发电机电压调整的不利影响,以及频率变化对系统电压有效值和峰值的不利影响。

4.13.4 变流器应有下列保护:

- a. 为防止半导体元件损坏,应采用适当的装置以限制与变流器相连的电源出现过电压,保护装置的熔断器应加以监视。
- b. 应采用适当的控制装置以保证半导体元件在正常运行期间的电流不超过允许值。
- c. 应采用合适的熔断器以限制短路电流,熔断器应加以监视,当熔断器熔断时,变流器相应的部分应撤出运行。
- d. 滤波电路的熔断器应加以监视。

4.14 控制台的设置

推进系统的控制台可以设置在任何方便的地方,但机舱内必须设有一个可供转换的控制台,且在几个控制台中应具有最高优先级,以便在应急情况下能在机舱控制台进行控制。

4.15 控制装置的操作

4.15.1 推进系统的操作可以采用手动、动力辅助或二者结合操纵方式进行。手动操作时,所有操纵开关、磁场调节器和控制器的操作应轻便。在采用动力辅助(如电动、气动或液压)操作时,在这些设备的动力源发生故障的情况下,在短时应导致推进器轴动力的中断。同时应能迅速转换为手动操作。

4.15.2 当在机舱以外设有两个或两个以上控制台时,应设置选择开关或其他设施,以便将操纵控制转移到指定控制台,在选择开关和每个控制台上应设有哪一个控制台正在进行控制的指示,不应有几个控制台同时控制。

控制台的转换,只允许在正在控制的控制台与指定接受的控制台的操纵杆处于相同位置,或当正在控制的控制台收到指定接受的控制台发出的应答信号时进行。

4.16 控制装置的联锁

所有控制原动机、运行方式选择开关、接触器和磁场开关等的控制装置均应联锁,以防止误操作。且这些联锁应尽可能采用机械联锁。

4.17 电缆和接线

4.17.1 推进系统设备之间的连接电缆和电线应符合《钢质海船入级与建造规范》和 GB 9331 及有关标准的规定。

4.17.2 除用于计算机、记录仪或其他弱电流自动化设备的电缆和接线外,所有推进系统各部分间的外部连接电缆的每一芯线应不少于 7 股,导体的截面积应不小于 1.5 mm^2 。

4.17.3 主控制设备的内部连接线,包括配电板的连接线,其绝缘应具有滞燃性。

4.18 主回路和控制回路

4.18.1 同一推进轴系上设有二台或二台以上发电机,二台或二台以上半导体变流器,二台或二台以上电动机的推进系统,应设计成可以从系统中撤出任一台设备,并在电气上断开而不影响其余电机的运行。

4.18.2 如推进系统仅包括一台发电机和一台电动机,并且不能接到其他推进系统,则每一台电机应设置一台以上励磁机组,但对自动发电机或多螺旋桨推进且设有公共备用励磁机组的船舶不作要求。

4.18.3 允许船舶主电源作为上述励磁电源之一,在此情况下应直接由主配电板获得供电,且仅设短路保护。

4.18.4 每台励磁机组均应由单独的馈电线供电。

4.18.5 励磁电路应装设能抑制磁场开关断开时电压上升的装置。

4.18.6 对直流发电机-电动机推进系统,其发电机和电动机的励磁系统在断开电动机励磁电路时,应同时断开发电机励磁电路,并使发电机电压迅速下降至零。

4.18.7 由一台或几台发电机供电,且对并联连接的二台或二台以上电动机单独进行控制的恒电压系统中,在励磁电路故障断开时,应保证电枢电路的断路器同时断开。

4.18.8 带有反馈控制的调整系统应特别考虑确保其高度的可靠性。

4.18.9 控制讯号的故障不应引起螺旋桨转速的过分增加。控制台和控制设备中的基准值发送器应设计成在发送器本身或控制台到系统设备之间电缆的任何故障,不应导致螺旋桨转速的显著升高。

4.18.10 应采取措施以保证只有当指定的操纵杆处于零位,且系统处于备车状态时,才能起动推进系统的控制。

4.18.11 每个控制台应设有与操纵杆无关的应急停车装置。

4.19 系统保护

4.19.1 在主电路中设有过电流保护装置时,则其整定值应足够大,以保证不会由于机动航行或恶劣海况或浮冰水中航行时所产生的过电流而动作。

4.19.2 对在轻载或失落螺旋桨时推进电动机可能出现过分超速的直流系统,应设有合适的超速保护装置。

4.19.3 几台独立驱动的直流发电机在电气上作串联连接时,应设置防止在驱动原动机的驱动功率中断时发电机反转的保护装置。

4.19.4 励磁回路中应不设过载保护。以避免励磁回路断开。

4.19.5 应设置选择性脱扣或迅速降低发电机和电动机磁通的装置,以确保过电流不至达到损坏设备的数值。

4.19.6 在三相推进系统中,应设有不平衡负载保护,在推进电动机各相有较大差异时,应使推进发电机和推进电动机去磁或断开有关电路。

4.19.7 主推进回路应设置对地漏电检测装置,并能在出现接地故障时发出报警,当该接地故障电流可能引起损坏时,则应设置脱扣装置。

4.19.8 推进电动机的励磁回路应设有对地漏电检测装置,但对无刷励磁系统的电路和 500 kW 以下

的电机可以免设。

4.19.9 直流电机及其保护系统的设计,应考虑短路时能将损坏减至最小的措施。

4.19.10 若有螺旋桨堵转的可能(例如在破冰工况下)应设置防止推进设备损坏的保护。

4.20 测量仪表

4.20.1 机舱操纵站应设有 4.20.2(交流系统)或 4.20.3(直流系统)条规定的测量仪表。

其他操纵站应设有推进轴转向、转速指示器和其他必要的仪表,这些仪表应安装在操纵站附近方便的地方。

4.20.2 交流推进系统应设有表 2 规定的测量仪表。

表 2 交流推进系统测量仪表

项 目	仪 表	数 量	备 注
每一推进发电机	电流表	1	—
	电压表	1	
	功率表	1	
	频率表	1	
	整步表	1	仅适用于并联运行的发电机
	无功功率表或励磁电流表	1	
大于 500 kW 的推进发电机、电动机	定子绕组 温度指示器	1	—
每一推进电动机	电流表	1	—
每一同步电动机	励磁电流表	1	—
每一推进轴	转向、转速指示器	1	—
半导体变流器中每一整流桥	电流表	1	—

4.20.3 直流推进系统应设有表 3 规定的测量仪表

表 3 直流推进系统测量仪表

项 目	仪 表	数 量	备 注
每一推进发电机	电流表	1	—
	电压表	1	
每一推进电动机	励磁电流表	1	—
	励磁电流表	1	
每一电动机电枢	电流表	1	适用于由主电力系统供电的推进电动机
每一电动机电枢 变流器每一并联桥路输入端	电流表	1	适用于由半导体变流器供电的推进电动机
	电压表	1	
	电流表	1	
大于 500 kW 的推进电动机 换向极绕组	超温报警	1	—
每一推进轴	转向、转速指示器	1	—

5 试验

5.1 工厂试验

5.1.1 系统各成套设备、原动机、发电机、变频器、励磁装置、电动机、电磁离合器、开关板、操纵控制台等设备均应在各制造厂和小成套单位分别进行单机出厂试验和小成套试验,经船检合格附上相应试验报告和检验合格证书提交总成套单位。

5.1.2 开关板、控制台包括所有保护装置应进行功能试验以证明其电气和机械性能能够满足规定要求。

5.2 系泊试验

5.2.1 测量系统及各部分绝缘电阻应符合有关标准规定。

5.2.2 按照推进系统的设计由主发电机的原动机启动加载和卸载;机器的调速器和调节器检查。

5.2.3 保护装置和监控报警系统工作正确性的检验。

5.2.4 螺旋桨转速控制器和所有有关设备的试验,并应进行螺旋桨正车和倒车的效用试验。

5.3 航行试验

系泊试验后,推进系统的运行特性应由航行试验加以验证。航行试验大纲至少应包括下列试验。

5.3.1 船舶在电机额定功率下航行直到其温度达到稳定为止。

5.3.2 使系统由全功率正车稳态运行转换到全功率倒车运行,并保持该鉴定值直至船舶停止前进,必要时应用示波器记录推进电动机的转速、电枢电压、电枢电流和励磁电流。

5.3.3 在进出港口时进行典型机动操纵性能试验(例如半速正车、停车、半速倒车等)。

5.3.4 推进装置和任一备用励磁机的接通和断开试验。

5.3.5 在系泊试验时未能进行的保护和监视装置试验。

5.3.6 在所有运行状态下观察电机的换向情况。

附加说明:

本标准由中国船舶工业总公司提出。

本标准由中国船舶工业总公司第七〇四研究所归口。

本标准由中国船舶工业总公司第七〇四研究所、第七一二研究所负责起草。

本标准主要起草人顾乃文、成献章。