指南编号/Guideline No.E-05(202607)

E-05

发电机组

生效日期/Issued date:2026 年 07 月 01 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 http://www.ccs.org.cn 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 service@ccs.org.cn

历史发布版本及发布时间：E-05(201510)　2015 年 10 月 20 日

E-05(201705)　2017 年 5 月 7 日

E-05(201909)　2019 年 9 月 27 日

E-05(202111)　2021 年 11 月 15 日

本版本主要修改内容：

1. IEC 60092-301 版本更新为 2025{Ed.4.0}
2. 对 3.15 条中 Q_{iN}、P_{iN} 字母含义更正，与 GB 13032 保持一致
3. 去掉 3.2 中“，若应急柴油机证书中未包含上述附件，则附件应持有 CCS 证书”
4. 编辑性修改

目 录

1 适用范围.....4

2 规范性引用文件.....4

3 术语及定义.....4

4 图纸资料.....10

5 原材料及零部件.....10

6 设计技术要求.....10

7 型式试验.....11

8 单件/单批检验 11

发电机组

1 适用范围

本指南适用于作为船舶主电源和应急电源用柴油发电机组的检验。

2 规范性引用文件

CCS《钢质海船入级规范》及其修改通报第 4 篇第 2、3 章，第 3 篇第 9、12 章

IEC 60529:1989+AMD1:1999+AMD2:2013《外壳防护等级（IP 代码）》

IEC 60092-301-2025{Ed.4.0}《船用电气装置.第 301 部分:设备-发电机和电动机》

IACS UR M80（May 2019） 《交流发电机组要求》

3 术语及定义

3.1 柴油发电机组：由柴油机和发电机及公共底盘组成的，包括柴油机调速装置及简单的机旁仪表板，若仪表板被机旁控制箱替代，并具有安全、保护等功能，则该机旁控制箱应符合 CCS《钢质海船入级规范》要求并单独检验，除非在柴油机证书中已明确。

3.2 应急柴油发电机组：由应急柴油机和发电机及公共底盘组成的，包括应急柴油机调速装置、简单的机旁仪表板、双能源起动装置、冷却器、冷却风扇等。若仪表板被机旁控制箱替代，并具有安全、保护等功能，则该机旁控制箱应符合 CCS《钢质海船入级规范》要求并单独检验，除非在柴油机证书中已明确。

3.3 防护等级:指机组所具有的在运转时,按 IEC60529 定义的环境条件下,不至于出现损坏和有害影响的能力;

3.4 应急负荷:指在船舶应急状态下一次投入的最大应急负荷;

3.5 柴油机额定功率：指柴油机在一定的环境条件下的持续功率，对于内河船舶和海船应按实际环境条件对柴油机额定功率进行修正；

3.6 机组稳态调速特性曲线

机组在额定负载、额定转速下，固定调速器的调节机构，在空载到满载范围内单向来回变化负载时，转速功率特性曲线回线的算术平均值连成的曲线。

3.7　机组稳态调速率

机组整定在额定负载、额定转速，负载自空载到满载或自满载到空载均匀或急剧变化时、稳定的空载转速 n_i 与额定转速 n_N 之差对额定转速 n_N 的百分比。

$$\delta_{st}=\frac{n_i-n_N}{n_N}\times 100 \quad \text{……(1)}$$

式中：δ_{st} —— 机组稳态调速率 %；

n_i —— 稳定的空载转速 r/ min；

n_N —— 额定转速 r/ min。

3.8　机组瞬态调速率及稳定时间

(1) 机组瞬态调速率是指机组整定于稳定调速率后，在额定负载、额定转速下，先突卸，后突加规定对称负载时，最低瞬时转速 n_{min} 或最高瞬时转速 n_{max} 与负载变化前的转速 n_i 或额定转速 n_N 之差，对额定转速 n_N 的百分比。

机组在最高瞬时转速下的瞬态调速率 δ_{d+} 按式（2）计算。

$$\delta_{d+}=\frac{n_{max}-n_n}{n_N}\times 100 \quad \text{……(2)}$$

机组在最低瞬时转速下的瞬态调速率 δ_{d-} 按式（3）计算。

$$\delta_{d-}=\frac{n_{min}-n_i}{n_N}\times 100 \quad \text{……(3)}$$

(2) 稳定时间是指从转速变化时起，至转速恢复到与相应负载下的稳定转速的偏差在转速波动率范围内为止的时间。见图 3.8(2)。

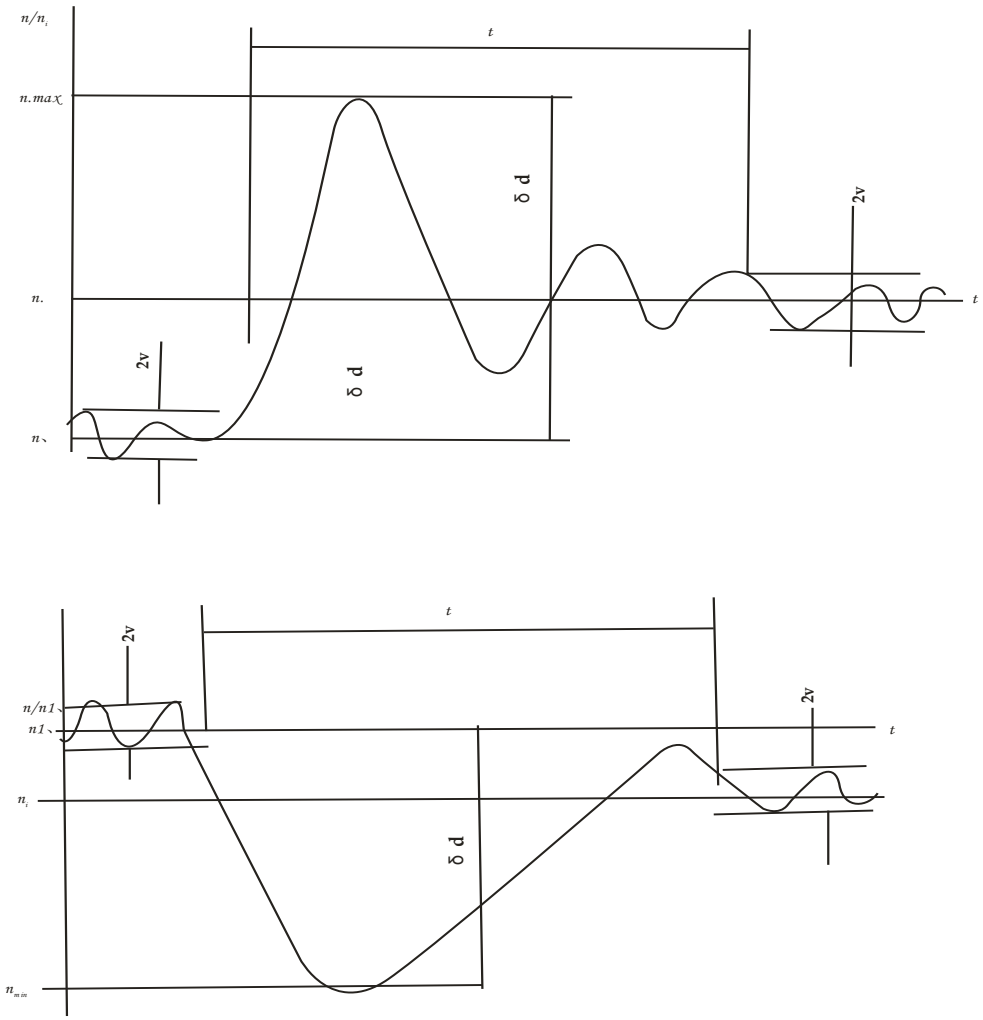


图 3.8(2)转速瞬变过程图

n_N— 额定转速； n_i — 空载转速；n_{max} 、n_{min} — 负载变化引起的瞬时转速；

n_i— 增加部分负载后的稳定转速；t — 时间；ν— 转速波动率

3.9 机组调速系统不灵敏度

机组整定于稳态调速后，在额定负载、额定转速下，使负载在空载到满载范围仙单向来回变化时，转速功率等性回线之间最大垂直距离△n 与额定转速 n_N 的百分比。见图 3.9。

$$\delta = \left|\frac{\Delta n}{n_N}\right| \times 100 \quad \text{.....(4)}$$

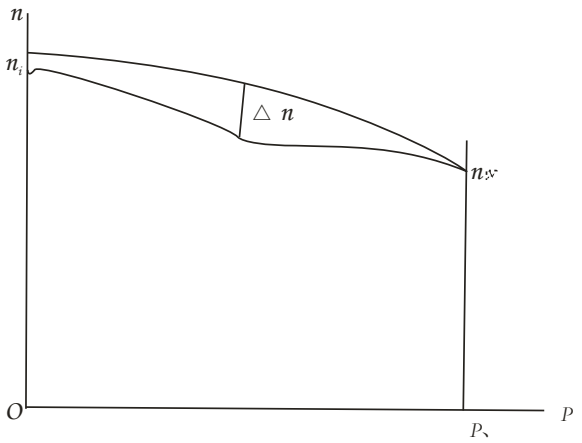


图 3.9　调速系统的不灵敏度 ε

3.10　稳态调速特性非线性度

稳态调速特性曲线与对应的空载和额定点连线之间的最大转速偏差与额定转速之比，那调速特性曲线空载与满载点间的连线与切于稳态调速特性曲线且平行于该连线之直线间的相对转速差。见图 3.10。

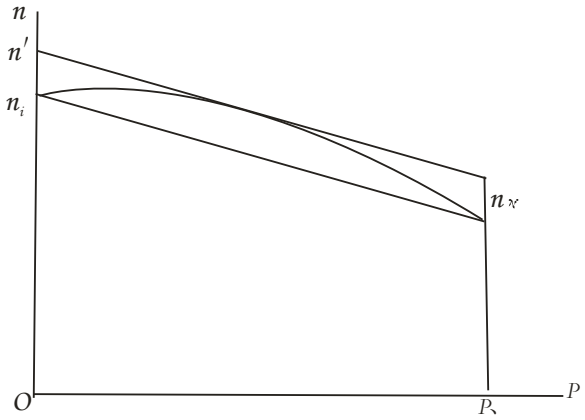


图 3.10　调速特性的非线性度

3.11　转速波动率

机组在空载到满载范围内任一负载下运行时，于一定时间间隔内测得的最高转速 n_1 或最低转速 n_2 与它们的平均值 n_m 之差对平均转速 n_m 的百分比。

$$v=\frac{n_1-n_m}{n_m}\times 100 \quad 或 \quad v=\frac{n_2-n_m}{n_m}\times 100 \qquad \text{..... (5)}$$

式中：ν ——转速波动率，%

n_m——平均转速，即 $\frac{n_1-n_2}{2}$，r/min；

n_1——最高转速，r/min；

n_2——最低转速，r/min。

3.12　机组稳态电压调整率

机组整定于稳态调速特性后，在额定负载、额定转速上，励磁调压系统整定不变，使负载功率因数保持额定值，在空载到满载范围内单向来回变化回线中最高或最低电压 u 与额定电压 u_N 之差对额定电压的 u_N 百分比。

$$\delta_u = \frac{u-u_n}{u_n}\times 100 \text{ …….....…(6)}$$

式中：　δ_u——稳态电压调整率，%；

u——最高或最低电压，V；

u_N——额定电压，V。

3.13　机组瞬态电压变化率及稳定时间

机组在整定的稳态调速率、电压调整率下，空载突加后再突卸功率因数为 0.4（滞后）及以下的规定对称负载时，最低或最高瞬时电压 u'与负载变化前的电压 u_0 之差对额定电压 u_N 的百分比。

$$\Delta u = \frac{u'-u_0}{u_n}\times 100 \text{ …….....…(7)}$$

式中：△u——瞬态电压变化率，%；

u'——最低或最高瞬时电压，V；

u_0——负载变化前的电压，V；

u_N——额定电压，V。

稳定时间是指从电压变化时起至电压恢复到与额定值的偏差在 1-3%额定电压以内的时间。

3.14　电压波动率

机组在整定调速特性下，在空载到满载范围内任一负载下运行时，于一定时间间隔内测得的最高电压 u_1 或最低峰电压 u_2 与它们的平均值 u_m 之差，对平均电压 u_m 的百分比。

$$\theta=\frac{u_1-u_m}{u_m}\times 100 \text{ 或 } \theta=\frac{u_2-u_m}{u_m}\times 100 \quad \text{..... (8)}$$

式中：θ——电压波动率，%；

u_m——平均电压，即 $\frac{u_1-u_2}{2}$ V；

u_1——最高电压，V；

u_2——最低电压，V。

3.15 负载分配差度

并联运行中第 i 台发电机组的实际负载率与总平均负载率之差。

$$\Delta P_i=\left|\frac{P_i}{P_{iN}}-\frac{\sum P_i}{\sum P_{iN}}\right|\times 100 \quad \text{..... (9)}$$

$$\Delta Q_i=\left|\frac{Q_i}{Q_{iN}}-\frac{\Sigma Q_i}{\Sigma Q_{iN}}\right|\times 100 \quad \text{..... (10)}$$

式中：$\triangle P_i$——有功负载分配差度，%；

$\triangle Q_i$——无功负载分配差度，%；

P_i ——第 i 台机组实际有功功率，kW；

Q_i——第 i 台机组实际无功功率，kvar；

ΣP_i——并联运行机组总实际有功功率，kW；

ΣQ_i——并联运行机组总实际无功功率，kvar；

P_{iN}——第 i 台机组额定有功功率，kW；

Q_{iN} ——第 i 台机组额定无功功率，kvar；

ΣP_{iN}——并联运行机组总额定有功功率，kW；

ΣQ_{iN}——并联运行机组总额定无功功率，kvar。

3.16 COP：持续功率。

3.17 PRP：基本功率。

3.18 LTP：限时运行功率。

4 图纸资料

4.1 应将下列图纸资料提交 CCS 备查:

(1) 总图；

(2) 部件清单，应包括柴油机、发电机；

(3) 船舶电力负荷计算书（验船师认为必要时）。

(4) 铭牌图

4.2 扭振计算书应提交 CCS 批准。（仅适用于额定功率大于或等于 110kW 的海船柴油机和额定功率大于或等于 220kW 的河船柴油机）

5 原材料及零部件

5.1 产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求进行控制.

6 设计技术要求

6.1 机组应能满足 CCS《钢质海船入级规范》对船舶主/应急电源的要求。

6.2 组成机组的柴油机和发电机应符合 CCS《钢质海船入级规范》对柴油机和发电机的要求。

6.3 机组的额定功率适用于其实际用途。一般机组额定功率应不大于柴油机额定功率的 85%（注意河船和海船的冷却条件不同，导致柴油机额定功率也不同），但在试验中能保证动态性能试验能满足本社规范要求的配套方式除外。

6.4 扭振计算结果应满足 CCS《钢质海船入级规范》。发电机组的扭转振

动水平应与发电机、轴、联轴器及减震器的允许限值相适应。发电机组联轴器的选取应考虑由系统扭转振动产生的应力和转矩。

6.5 发电机组铭牌应至少包括以下信息：

(1) 机组制造厂名或标志

(2) 机组序列号

(3) 机组制造日期

(4) 额定功率（kW）及额定容量（kVA）（应有前缀：COP 或 PRP；对于应急发电机组还可采用 LTP）

(5) 额定功率因数

(6) 机组额定频率（Hz）

(7) 机组额定电压（V）

(8) 机组额定电流（A）

(9) 重量（kg）

7 型式试验

（无）

8 单件/单批检验

8.1 经图纸审查后，产品单件/单批检验工作应在成套企业完成安装、调试和出厂试验后进行。

8.2 企业的出厂试验报告应随检验申请书同时报 CCS。

8.3 在工厂进行 100％出厂试验的基础上，对非逐船订货且批量较大的情况下，验船师应至少抽取 5％的机组进行检验。

8.4 单件/单批检验项目应包括：

(1) 外观检查；

(2) 冷态绝缘电阻测试；

(3) 滑油低压报警；

(4) 冷却水高温报警；

(5) 超速保护装置试验；

(6) 起动试验（仅适用于带起动用蓄电池或起动气源的机组）；

(7) 运转检查；

(8) 负载试验 2 小时及过载试验 0.5 小时；

(9) 稳态调速率特性测定；

(10) 转速波动率测定；

(11) 瞬态调速率及稳定时间测定；

(12) 电压整定范围测定；

(13) 稳态电压调整率测定；

(14) 电压波动率测定；

(15) 瞬态电压变化率及稳定时间测定；

(16) 并联运行试验或负载转移试验（如适用）；

(17) 热态绝缘电阻测试。

8.5 柴油机和/或发电机未取得 CCS 产品证书的机组应补充进行柴油机和/或发电机的型式试验。