

4 × 250 kW 发电机组低温环境适应性试验研究

朱汗青, 田睿, 马广顺

(中国人民解放军 63956 部队, 北京 100093)

摘要: 目的 研究某大功率发电机组的低温环境适应性。方法 将发电机组放置于高低温综合环境模拟试验室, 室温降至-55℃, 保温 48 h, 而后升温至-40℃, 保温 12 h, 恢复常温。结果 经检查, 机组用时 11'20" 低温启动成功, 其低温持续工作的稳态电压调整率为-0.880%, 稳态频率调整率为-0.036%, 稳态电压波动率为 0.175%, 稳态频率波动率为 0.080%。试验过程中, 样机塑料件、橡胶件、金属件未出现故障。结论 该发电机组的启动性能、电气性能、结构材料等满足低温环境适应性要求, 也为其他发电机组的低温环境适应性考核提供了指导方法。

关键词: 柴油发电机; 环境适应性; 低温启动; 电气性能

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.01.011

中图分类号: TJ06

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)01-0041-04

Experimental Study on Low-temperature Environment Adaptability of 4×250 kW Generator Set

ZHU Han-qing, TIAN Rui, MA Guang-shun
(Unit 63956 of PLA, Beijing 100093, China)

ABSTRACT: **Objective** To test the low temperature environment adaptability of a high power generator set. **Methods** The generator set was placed in a comprehensive environmental simulation laboratory of high-low temperature. The room temperature was reduced to -55℃ and kept for 48 h. Then it was increased to -40℃ and kept for 12 h before it was restored to the normal temperature. **Results** The generator set started successfully in 11'20" at low temperature. Its voltage regulation factor for continuing working at low temperature was -0.880%; its steady-state frequency control rate was -0.036%; its state voltage fluctuation rate was 0.175% and its state frequency fluctuation rate was 0.080%. No failure occurred to plastic parts, rubber articles and metal piece of the model machine. **Conclusion** The results show that starting performance, electrical performance, and material properties of the generator set meet the requirements on low-temperature environment adaptability. Furthermore, it provides a guidance to assess low-temperature environment adaptability of other generator set.

KEY WORDS: diesel generator; environment adaptability; start at low temperature; electrical performance

我国幅员辽阔, 其中北方地区和西部高原地区面积占总面积的近 3/5, -40℃低温极值的出现概率大于 20%, 低温环境对发电机组的启动性能、发电机及控制系统、材料结构等性能影响较大^[1], 因此研究发电机组的低温环境适应性具有较强的现实意义。低温环境对大功率风冷柴油机影响更为明显, 低温启动性能较好的国产大功率风冷柴油机一般可

以在 20 min 左右启动成功, 德国道依茨 BF8L513 型柴油机在低温启动性能方面具有领先水平, -41℃环境条件下, 预热 8 min 启动后, 暖机在 2~8 min 可达到规定负载。

发电机组低温环境适应性考核包括实地试验和试验室模拟试验。前者在气候、地理等试验条件方面接近装备实际使用情况, 但试验环境条件不可控, 试

验周期长,试验经费高;后者相对而言环境条件稳定、可控,重复性好,能够实现对机组相关性能的量化测试。条件所限,国内对大功率发电机组的低温环境模拟试验研究还很不充分,文中以郑州佛光发电设备有限公司某4×250 kW发电机组为例,研究试验方法,验证低温环境适应性能。

1 低温环境对发电机组的影响

1.1 对启动性能的影响

低温环境对发电机组启动性能的影响主要包括进排气温、气缸内压缩比、启动功率、蓄电池工作能力等方面^[2-3]。低温环境下润滑油黏度增加,使柴油机启动转速降低而难以启动,经寒区部队对同一台柴油发动机进行启动试验,在-23℃情况下,用SAE10W机油仅需3.7 kW的启动功率;用SAE20W机油需7.4 kW的启动功率;用SAE30W机油竟需11.8 kW的启动功率。低温环境还会增大柴油的黏度和密度,据测定,当气温从40℃降到-10℃时,柴油的黏度提高83%,密度增大8%,柴油的流动性变差,雾化不良,导致缸内混合气体压力和温度不足,造成柴油机启动困难。此外,低温环境下普通蓄电池的输出功率大为降低,一般蓄电池的标称容量是在30℃放电10 h的情况下来确定的。当电池温度低于30℃时,每降低1℃其容量降低1%~1.5%, -40℃条件下,其容量不足30℃容量的50%,导致启动机无力拖动柴油机旋转^[4-8]。

1.2 对发电机及控制系统的影响

在低温环境下,发电机导线温升增高,因热膨胀伸长过多而造成绝缘部分裂损;转子铜铁温差过大,可能引起转子线圈永久变形;轴承脂黏度变差,影响润滑效果;产生结露,降低电机的绝缘电阻。此外,电路系统焊脚与电路板可能脱离^[9]。

1.3 对结构材料的影响

低温环境下各种材料因热胀冷缩影响公差配合与使用寿命。工程塑料变硬、变脆、韧性消失;橡胶材料的硬度上升,抗拉伸强度提高,伸长率下降,易发生脆性损坏,使轮胎弹性变微,密封件失效;聚酯薄膜、玻璃漆布、层压及粉压塑料等机械强度降低,当同时经受外界机械力作用会脆裂^[10]。

2 试验方案^[11-15]

根据GJB 150A—2009《军用装备实验室环境试验方法》、GJB 1488—92《军用内燃机电站通用试验方法》以及《4×250 kW发电机组低温环境适应性试

验大纲》等相关标准和规定要求,合理确定试验目的、试验条件、试验程序。

2.1 目的方法

该试验考核发电机组低温环境适应性:经-55℃条件下贮存后,发电机组无损坏,恢复常温后工作正常。

发电机组在-40℃条件下,在20 min内启动成功,在空载、额定电压和额定频率下运行1 min,加50%负载运行1 min,加至额定负载运行1 min,之后维持运行状态2 h。

2.2 条件

试验在高低温综合环境模拟试验室中进行。该实验室型号规格为GDTHP-1400;内部尺寸为17.5 m×14 m×6 m;温度范围为-55~70℃;温度变化速率≤3℃/min

2.3 测试设备

军用电源性能测试评价系统由工中频负载、数据采集处理单元、控制操作台和软件系统组成。可自动完成发电机的稳态电气性能试验、瞬态电气性能试验、连续性能试验等。

2.4 试验程序

试验的具体流程如图1所示。

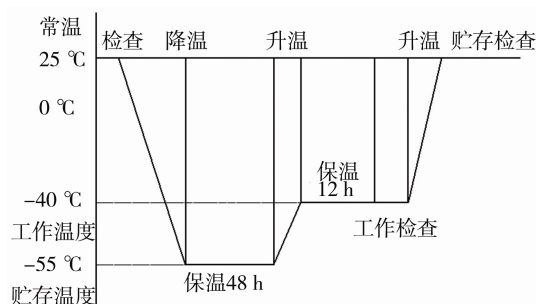


图1 试验流程

1) 机组已加满-50#低温柴油、0W-40 润滑油、防冻液、配好容量充裕的蓄电池。

2) 机组进入试验室后,调节室温至-55℃,保持此贮存温度24 h。对电站进行全面的目视检查,记录检查结果,并与试验前数据比较。

3) 调节室温至-40℃,保持12 h。

4) 启动机组预热装置(燃油液体加热器及进气加热器),20 min内启动机组;

5) 启动成功后,空载额定电压和额定频率各运行1 min,加50%负载运行1 min,额定负载运行1 min,之后维持运行状态2 h。

6) 按照GJB 1488—92《军用内燃机电站通用试验方法》有关要求,测量并记录机组在0%,25%,

50%，75%，100%负载下的电压与频率变化，计算稳态电压调整率、稳态频率调整率、电压波动率和频率波动率等性能指标。

7) 检查塑料件、橡胶件、金属件，观察有否断裂现象，记录检查结果。

8) 将试验室气温度调节到标准大气条件下的温度，待机组达到温度稳定后，重复步骤 5) —8)。

3 结果分析

以 2#机组为例，在-55 ℃环境下贮存 48 h 后，样机塑料件、橡胶件、金属件无断裂现象，恢复常温后能够正常工作。样机 2#机组用时 11'20"启动成功，21'44"加至额定负载，连续运行 2 h，电站工作正常。2#机组电气性能测试数据：稳态电压调整率为-0.880%，稳态频率调整率为-0.036%，稳态电压波动

率为 0.175%，稳态频率波动率为 0.080%。2#机组低温贮存与低温工作试验的考核结果见表 1，不同负载条件下机组的输出电压与频率值如图 2 所示。

分析表 1 和图 2 可得出以下结论。

1) 启动性能。-40 ℃环境条件下，样机经燃油加热器加热及进气预热后，用时 11'20"启动成功，空载、半载、满载状态各运行 1 min 后连续运行 2 h。

2) 低温工作特性。实现了低温条件下大功率发电机组连续运行的电气性能量化考核。经计算，其稳态电压调整率为-0.880%，稳态频率调整率为-0.036%，稳态电压波动率为 0.175%，稳态频率波动率为 0.080%，满足相关规定和使用要求。

3) 结构材料性能。试验过程中，样机塑料件、橡胶件、金属件无断裂现象。

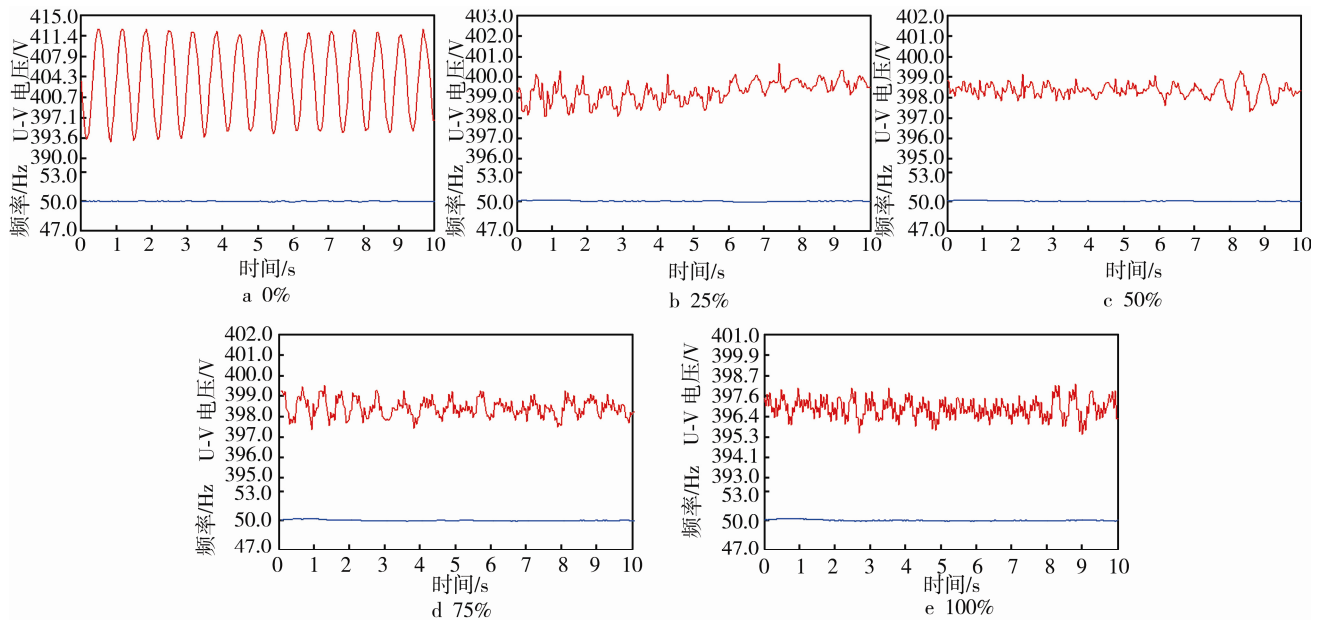


图 2 不同负载下电压频率值

表 1 2#机组低温试验数据

运行时间	功率/kW	电压/V			电流/A			频率/Hz	水温/℃	油压/kPa
运行前	249.8	390.2	390.4	390.1	464.1	463.8	463.5	50.02	40	399
00:20	249.8	390.3	390.2	390.4	464.4	463.2	469.8	50.09	67	409
00:50	247.3	390.5	390.3	390.5	463.1	461.5	467.9	49.98	78	419
01:20	252.7	390.7	390.1	390.4	466.4	464.4	470.6	50.13	81	429
01:50	252.9	391.4	390.0	390.5	466.6	464.7	470.3	50.14	83	427
02:20	252.8	391.0	389.8	390.7	466.6	464.5	470.0	50.19	83	423

4 结语

分析了低温环境对发电机组的影响，针对某

4×250 kW 大功率发电机组进行了-55 ℃低温贮存试验与-40 ℃低温工作试验。研究确定了试验方法，重点检查了低温环境下发电机组的启动性能、电气性能及结构材料等性能参数。结果表明，该发电机组满足

低温环境适应性要求,也为其他大功率发电机组的低温环境适应性考核提供了指导方法。

参考文献:

- [1] 高允国, 张玉奎, 郭红莉, 等. 低温对柴油发电机组的影响分析及对策研究[J]. 移动电源与车辆, 2015(4): 36—39.
- [2] 魏广华. 柴油机的低温启动措施[J]. 工程机械与维修, 2011(1): 164—166.
- [3] 王忠, 叶飞飞, 马金荣, 等. 柴油机冷启动阻力矩试验研究[J]. 车用发动机, 2008(2): 10—12.
- [4] 胡明江, 王忠, 祁利巧. 车用蓄电池低温启动容量的研究[J]. 车用发动机, 2008(3): 13—16.
- [5] 叶飞飞. 低温环境下车用起动系统分析与试验研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2009.
- [6] 李秀珍, 周桂凤. 车辆低温环境下启动的探讨与试验[J]. 内燃机, 2007(2): 30—33.
- [7] 胡玉贵, 栗彦辉. 柴油机低温启动的影响因素和改善措施[J]. 移动电源与车辆, 2004(1): 29—32.
- [8] BUCK W H, LOHUIS J R. Lubricant Effects on Low Temperature Diesel Engine Cold Starting[C]// 1994 Subzero Engineering Conditions Conference and Exposition. SAE Paper, 1994.
- [9] 陈应芳. 电源车辆性能[M]. 甘肃: 甘肃科学出版社, 1995.
- [10] 和穆, 王宪成, 杨莹, 等. 极限环境温度对柴油机气缸套磨损的影响[J]. 中国工程机械学报, 2012, 10(2): 212—214.
- [11] 程培源, 杨旭峰, 张强, 等. 某型柴油发电机组测试控制系统的研制[J]. 移动电源与车辆, 2007(4): 24—28.
- [12] 田睿, 万瑞升. 某型军用电源车高低温环境试验方法探讨[J]. 装备环境工程, 2012, 9(1): 102—104.
- [13] GJB 235A—97, 军用交流移动电站通用规范[S].
- [14] GJB 150—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S].
- [15] GJB 1488—92, 军用内燃机电站通用试验方法[S].