



发电机组干式负载智能测试系统技术应用

宁建军¹, 于全虎², 袁应涛¹

(1. 陕西柴油机重工有限公司, 陕西 兴平 713105; 2. 江苏省船舶设计研究所, 江苏 镇江 212003)

摘要: 介绍了发电机组干式负载智能测试系统技术, 以及发电机组干式负载装置的结构、工作原理等。就所研发的新型发电机组干式负载智能测试系统的关键技术以及性能做了分析和试验验证。试验测试表明: 所研发的发电机组干式负载智能测试系统可满足各型发电机组调速特性和负载特性的测试要求, 符合国家和行业标准。

关键词: 发电机组干式负载智能测试系统; 结构; 性能; 试验

中图分类号: TM93 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2016)03-0038-02

Application of Dry Load Intelligent Test System for Generator Set

Ning Jianjun¹, Yu Quanhui², Yuan Yingtao¹

(1. Shaanxi Diesel Engine Heavy Industry Co., Ltd., Shaanxi Xingping 713105;
2. Jiangsu Ship Design & Research Institute Co., Ltd., Jiangsu Zhenjiang 212003)

Abstract: The technology of dry load intelligent test system for generator set was introduced, as well as the structure and the operational principle. The key technology and performance of the newly developed system were analyzed and verified. The results of the test showed that the newly developed system could meet the testing requirements of speed regulation characteristics and load characteristics of various generator sets, and could meet the national standards and industry standards as well.

Key words: dry load intelligent test system for generator set; structure; performance; test

0 引言

对发电机组的各种调速特性和负载特性进行测试时, 要求测试系统对柴油发电机组的各项参数计量准确, 各项参数特性符合国家标准 (GB/T2820.5-1997 和 IEEE387-1995) 的试验要求。如此, 测试系统的升级, 耗功装置的改进和完善显得尤为重要。陕柴公司原有的测试系统在实际应用过程中, 负载加载精度低, 负载功率波动大, 操作不便, 影响到柴油发电机组实际的负载特性和调速特性。因此须开发具有“快、稳、准”加载特性, 和能够准确测试出高低电压、大功率发电机组各种调速特性和负载特性的测试系统。因此, 发电机组干式负载智能测试系统技术的研究及应用十分必要。

1 系统组成

为了满足输出不同电压等级的发电机组调速特性和负载特性的测试要求, 研制了发电机组干式负载智能测试系统。发电机组干式负载智能测试系统主要包括: 高低压出线开关柜、干式电阻和电抗一体负载、控制设备、控制面板、测控系统、远控设备。其原理如图 1 所示。三相交流干式负载装置是测试系统的主要设备, 其内部分为 3 个区域 (见图 2), 下部为电抗器安装区, 上部为电阻安装位置, 电气控制区独立且与负载区分离。电阻区有独立的冷却风机, 保证整个系统的散热。中间下部为接线端, 中间上部为控制区域, 可接笔记本电脑远程控制。

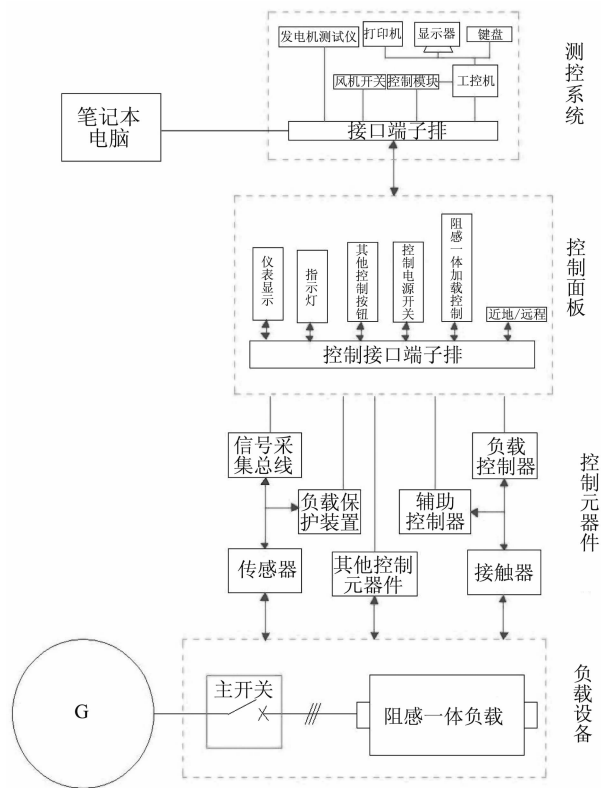


图 1 干式负载智能测试系统原理图

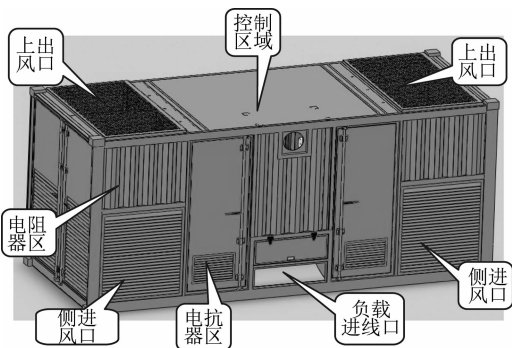


图 2 三相干式负载装置示意图

2 系统应用技术条件

- (1) 低压发电机组
电压：400 ~ 690 V，频率：50/60 Hz，功率：根据用户要求；
- (2) 高压发电机组
电压：1 ~ 10.5 kV，频率：50/60 Hz，功率：根据用户要求。

3 系统技术性能

- (1) 系统采用组态软件，程序模块化设计，模拟显示界面显示柴油发电机组各项参数：总功率、有功功率、无功功率、功率因数和频率。
- (2) 通过瞬时采集需要的电参数，形成各项

参数特性曲线。系统具有存储数据，历史数据查找，测取数据和参数曲线打印，发电机组规格更改，报警限值和保护值的调整等功能。

(3) 测试系统干式负载装置采用阻性负载和感性负载一体箱装，根据发电机组负荷容量大小选用一台或多台负载装置，当要求的负载容量大时，可选用多台负载并联使用。

(4) 系统控制方式为手动控制、电脑自动控制和远程控制三种方式，能实现负载集中监控。

(5) 低压负载主回路采用星三角转换原理，400 V 时采用三角形接法，690 V 时采用星形接法。采用三角形接法时适用电压范围 380 ~ 480 V，采用星形接法时适用电压范围 600 ~ 690 V。

(6) 在自动控制模式下，负载测试时只须在电脑中输入被测发电机组的额定功率和加载时间，系统将自动完成从 0%、25%、50%、75%、100%、110%、100%、75%、50%、25%、0% 的加载测试（功率段可设置多种方式）；通过软件负载总功率突加突卸级数可以自行设定，如：0 ~ 33%、33% ~ 66%、66% ~ 100%、100% ~ 0% 突加突卸；阻性负载、感性负载能够单独手动/自动加载，也可混合加载，功率因数可调。

(7) 发电机组的电压、电流、功率、频率在加载时的变化以及恢复时间，以表格及图形的方式储存和显示；并自动完成发电机组所有电参数的测量，自动生成各种图表以及手动制作图表、曲线及检测报告等。

(8) 系统设有负载短路、过电流、过电压、高温、风量、紧急停机等保护功能。

(9) 系统具有可扩展性，发电机组功率增加时，可采用多台负载箱并联测试，适合海洋工程及船用发电机组现场测试的实际需求。

4 系统研发关键技术

原有的发电机组测试系统界面参数不完整，测试数据记录时需依靠仪器仪表显示数据，监测不便；原系统只有手动控制；原功耗装置阻性负载为固定式水负载，通过调整三相金属电极插入水中深度来调节有功功率加载大小，由于机械调整精度和水流的不稳定性，影响有功负载的稳定性；原功耗装置感性负载为固定容量电抗器，采用电动调节电抗器加载大小，无功负载加载不准确，且精度低；在实际应用过程中，存在负载加载响应速度慢、精度低、负载功率波动大、突加突卸试验受限的缺点。

(下转第 43 页)

用。主机的共振转速变为 $67.5\text{ (r} \cdot \text{min}^{-1})$ ，提高幅度约为 3%。前三个负荷点已远离了共振转速，主机的振动值有所减小；虽然在 $70.5\text{ (r} \cdot \text{min}^{-1})$ (100% 负荷) 时，振动值有所提高，但仍在限制值以下，主机可安全运行。而对于主机 A，尽管其振动值已满足 MAN 的要求，但如果安装斜支撑，共振转速将会提高到更加远离 MCR 点转速的位置，主机各个负荷点（包括 110% 负荷）的振动情况也会有所改善。

4 结论和展望

由于影响振动的因素有很多，所以主机台架试验时的振动情况很难预测，只有在主机运行时，通过测量才能准确判断主机振动是否符合要求。此时一旦发现问题，如采用更换基础座来解决是不切实际的。本文提出了一种简单、有效的避振方法，通过在基础座两侧安装斜支撑改变主机基础座刚度，

从而改变系统的共振转速，达到避振的目的。在实践应用过程中，取得了良好的效果。

虽然上述主机结构振动问题得到了初步解决，但共振转速仍有可能落在主机的工作转速范围内，主机在运行时仍存在一定的安全隐患。因此，在后续工作中，还需对本文介绍的避振方法加以完善，进一步研究斜支撑的尺寸、数量，斜支撑与地面钢槽连接螺栓的上紧程度等因素对共振转速的影响，从而达到更好地规避共振的效果。

参考文献

[1] MAN Diesel & Turbo. Shipyard’ technical seminar-engine/hull vibration [R].2014.
[2] MAN Diesel & Turbo. Vibration limits MAN B&W 2-stroke diesel engines [R].2012.
[3] MAN Diesel & Turbo. testbed vibration [R].2012.

(上接第 39 页)

发电机组干式负载智能测试系统的研发根据国标、船标、军标的发电机组测试要求进行。系统软件采用人性化的组态软件设计，系统测试要求的各项技术参数显示于微机界面，利于操作者监视和操控；实现手动控制、本地电脑控制和笔记本电脑远程控制三种测试系统控制方式，易于调整负载投入容量和数据采集；系统负载测试装置采用阻感负载一体箱装，移动方便，可用于不同地点和台架的发电机组测试试验；系统负载测试装置阻性负载采用特制合金电阻器，功率因数为 1.0，每根电阻管的阻值误差 $\pm 3\%$ ，从 1 ~ 200 kW 分为多档，根据测试需要可以手动或自动任意组合；系统负载测试装置感性负载采用三相并联铁芯铜绕电抗器，从 0.75 ~ 150 kVar 分为多档，根据测试需要可以手动或自动任意组合，配合阻性负载，功率因数 0.1 ~ 1 可调，加载准确，响应快，负载稳定。

5 原测试系统与现测试系统对比

原测试系统与新研发的测试系统的性能比较如表 1 所示。

- 现测试系统可达到的技术参数如下：
- (1) 功率因素：0.1 ~ 1.0 可调节；
 - (2) 加载精度： $\pm 3\%$ ；
 - (3) 负载三相平衡度：不平衡度 $\leq 3\%$ ；
 - (4) 参数测量精度：测量仪表（8961C1）精

度 0.2 级，仪表采样精度 0.2 级（电压 $\pm 0.5\%$ 、电流 $\pm 0.5\%$ 、频率 $\pm 0.1\%$ 、功率 $\pm 1\%$ 、功率因数 $\pm 1\%$ ）；

(5) 最小加载分辨率：1 kW 或 1.25 kVA。

表 1 原测试系统和现测试系统性能比较

名称	现测试系统	原测试系统
测试软件	组态软件	非组态软件
控制方式	手动、自动、远程	手动
加载方式	手动、自动、远程	手动
负载型式	干式电阻-感性负载，一体箱装，可移动	水电阻和电抗器独立，固定不可移动
功率因素	0.1 ~ 1.0 可调节	0.4 ~ 1.0 可调节
加载精度	$\pm 3\%$	$\pm 6\%$
最小加载分辨率/ kW (kVA)	1 (1.25)	10 (5)

6 结 语

所研发的发电机组干式负载智能测试系统经多次技术论证和反复试验，并通过陕柴某型发电机组测试和负载试验，各性能指标得到有效验证，可满足各型发电机组调速特性和负载特性的测试要求；符合国标和行业标准。可用于不同电压、不同功率的发电机组电特性测试试验，具有加载“快、稳、准”的特点，适用于船用发电机组、海洋工程用发电机组、应急发电机组等。