

Analysis of Governor Actuator in Diesel Engine

Mingliang Zhang

Daya Bay Nuclear Power Operations And Management Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

Taking the EGB diesel engine governor actuator commonly used in nuclear power plants as the research object, this paper expounds its core function of connecting with the diesel engine through a transmission shaft and the throttle connecting rod through an output shaft, and details the adjustment functions of the three knobs on the control panel and the current signal calibration rules for the forward and reverse operation modes. It deeply analyzes the internal control principles of mechanical-hydraulic regulation and electronic proportional regulation, and defines the setting requirement that the control intervals of the two must maintain a separation value of at least 0.5Hz to avoid interference. Meanwhile, it summarizes three common failure modes including insufficient oil level, broken aviation cable at the electrical connection port and unreasonable setting of mechanical-hydraulic regulation, as well as their corresponding impacts, and puts forward the recommended value of the intervention speed of mechanical-hydraulic regulation combined with engineering practice. The research shows that reasonably distinguishing the dual-regulation control intervals and ensuring a normal oil level are the keys to the stable operation of the actuator, and the relevant conclusions can provide technical reference for the operation, maintenance and repair of diesel engine governor actuators in the nuclear power field.

Keywords

diesel; controller; governor actuator

柴油机调速执行器原理解析

张明亮

大亚湾核电运营管理有限责任公司, 中国 · 广东 深圳 518000

摘要

本文以核电站常用的EGB柴油机调速执行器为研究对象, 阐述其通过传动轴与柴油机、输出轴与油门连杆连接的核心功能, 详解控制面板三大旋钮的调节作用及正、反向两种操作方式的电流信号标定规则。深入分析机械液压调节和电子比例调节的内部控制原理, 明确二者控制区间需保持至少0.5Hz的分离值以避免干扰的设置要求。同时归纳出油位不足、航空电缆断开、机械液压调节设置不合理三类常见失效模式及对应影响, 并结合工程实际给出机械液压调节介入转速的推荐值。研究表明, 合理区分双调节控制区间、保证油位正常是执行器稳定运行的关键, 相关结论可为核电领域柴油机调速执行器的运维、维修工作提供技术参考。

关键词

柴油机; 调速器; 执行器

1 引言

市场上有很多用于柴油机调速控制的执行器, 其中EGB执行器是一种应用比较广泛的类型, 文章将详细讲述EGB调速执行器的机械液压调节、电子调节、控制方式选择和常见失效模式等内容。

2 功能

EGB调速执行器通过传动轴与柴油机本体连接, 输出轴连接柴油机油门连杆, 控制油门开度。调速执行器上部有控制仪表盘用来设置液压调节与电子调节。

EGB执行器上仪表盘有三个旋钮, 见图 1:

速度调节即 Speed Droop, 用来并网时操作柴油机并车, 并调节负荷分配。负荷限制调节即 Load Limit, 是调整输出轴油门开度, 顺时针将油门开度调大, 逆时针油门开度减小。通过该旋钮可以直接将柴油机油门位置逆时针旋到最小位置, 停机。针阀调节是用来给机械调速器提供一个稳态操作。速度设定调节即 Speed, 调节机械调速器的速度设定。

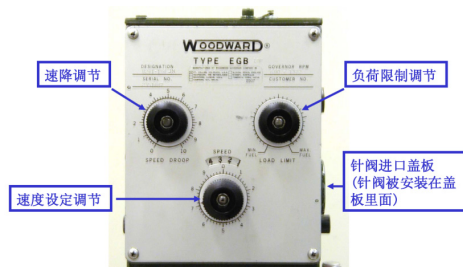


图 1 调速执行器控制面板

【作者简介】张明亮 (1987-), 男, 中国广东深圳人, 高级工程师, 从事核电站仪控领域维修和技术研究。

3 控制方式

EGB 调速执行器控制环节分为两部分：以负荷活塞为界左边是机械液压调节，右边电子比例调节^[1]，见图3。调速执行器是靠内部润滑油驱动，由三路组成：红色油路是经过齿轮泵加压的动力油，绿色油路是从油箱里抽取的无压力油，蓝色油路是伺服油，用于调节活塞位置。

3.1 电子比例调节

以反向调节为例，对调速执行器控制功能进行介绍。A和B接收电子调速器输出的电流信号，A/B电流减小，线圈磁场减弱，磁体所受吸力小于复位弹簧弹力而下移，动力油经过缺口进入电动执行器动力活塞下部，产生压力顶动电动执行器动力活塞上移，通过连杆带动负荷活塞及顶部连杆同时向上移动，顶部连杆上移同时带动磁体上移，关闭动力油进入伺服油的入口而停止电动执行器活塞继续调节，达到新平衡点。

负荷活塞上移，活塞底部中间杆通过杠杆作用轴承下移，传递阀阀芯向下移动，动力油进入伺服油，顶动输出轴上移，油门开度增大，转速增加。输出轴顺时针转动下压传递杆，传递阀阀芯上移，关闭动力油入口，油门位置达到新平衡。

A/B电流增大，线圈磁场增强，磁体所受吸力大于复位弹簧弹力而上升，伺服油进入油池，电动执行器动力活塞及上部连杆负荷活塞整体下移，上部连杆下移同时带动磁体下移，关闭伺服油出口，从而停止电动执行器活塞继续调节，达到新平衡点。

负荷活塞下移，活塞底部中间杆通过杠杆作用轴承上移，传递阀阀芯向上移动，伺服油进入油池泄压，输出轴下

移，油门开度减小，转速降低。输出轴逆时针转动上提连接杆，传递阀阀芯下移，关闭伺服油出口，油门位置达到新平衡。

3.2 机械液压调节

EGB 执行器通过传动轴与柴油机本体连接，传递柴油机实际转速至执行器飞铁。

随着柴油机转速增加，飞铁转速也增加，克服弹簧力后，向上带动导阀芯运动。动力油泄压后进入油池，机械调速器动力活塞失去动力油后下移，带动浮杆下移，下压导阀芯阀杆带动导阀芯下移。关闭动力油进入油池的入口而停止机械调速器动力活塞继续调节，达到新平衡点。

机械调速器动力活塞失去动力油后下移后，也同时带动负荷活塞下移，活塞底部中间杆通过杠杆作用轴承上移，传递阀阀芯向上移动，伺服油进入油池泄压，输出轴下移，油门开度减小，柴油机转速降低。输出轴逆时针转动上提传递杆，传递阀阀芯下移，关闭伺服油出口，油门位置达到新平衡。

反之，随着柴油机速度减小，飞铁转速也降低，在弹簧力的作用下，向下带动导阀芯运动。动力油进入机械调速器动力活塞下部，推动机械调速器动力活塞上移，同步带动浮杆上移，上提导阀芯阀杆带动导阀芯上移。关闭动力油进入机械调速器动力活塞下部的入口而停止机械调速器动力活塞继续调节，达到新平衡点。

机械调速器动力活塞上移后，也同时带动负荷活塞上移，活塞底部中间杆通过杠杆作用轴承下移，传递杆连同传递阀阀芯同时向下移动，动力油进入伺服油，推动输出轴上移，油门开度增加，柴油机转速增加。输出轴顺时针转动，下压传递杆，传递阀阀芯上移，关闭动力油入口，油门位置达到新平衡。

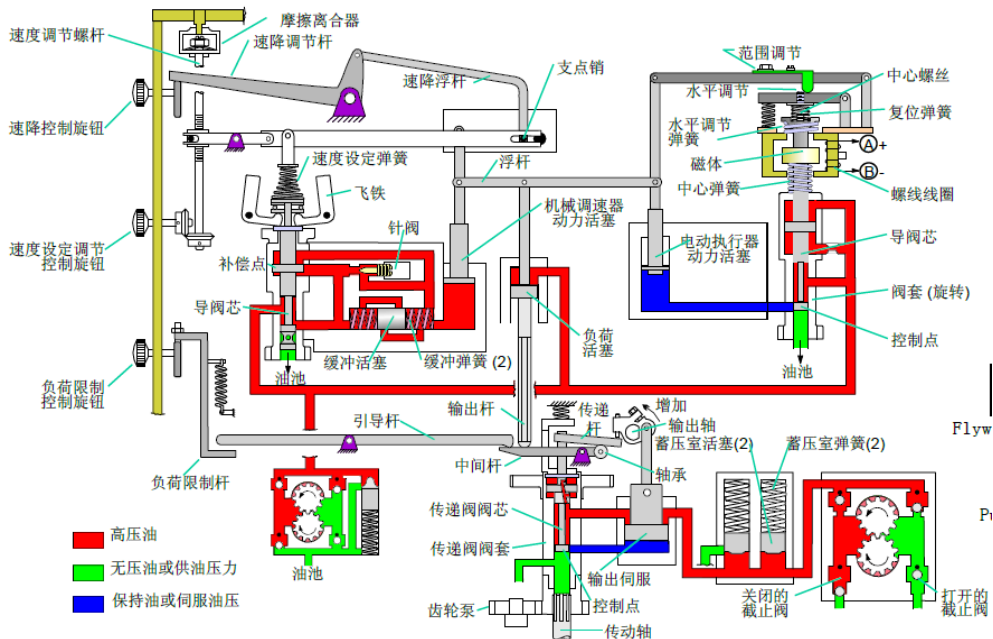


图3 EGB 调速执行器内部结构原理图

3.3 调节设置

在 EGB 执行器内部，机械液压调速与电子调速控制区间要分开，如果机械调节与电子调节控制区间存在交叉，在调速器进行调节转速时，由于机械液压调节和电子调节同时作用，将使得调速执行器内部控制发生混乱，导致调速器输出控制不理想。

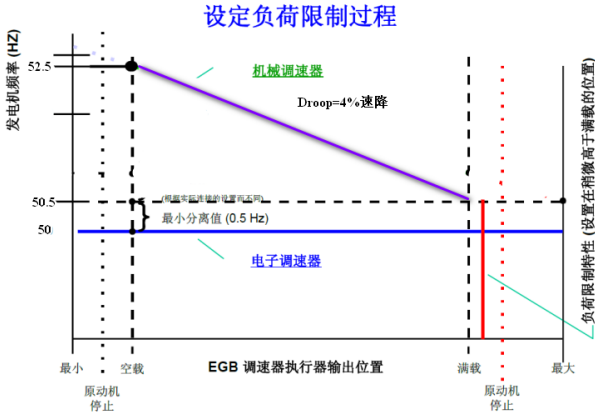


图 4 调节执行器曲线设置

机械液压调节与电子调速器调节控制区间应分开设置，如图 4，建议机械液压调节范围最小值要高于电子调节量程范围的最大值至少 0.5Hz，以确保机械液压调节与电子调节不会互补干扰。

4 常见失效方式

4.1 EGB 执行器油位不足

柴油机调速执行器的工作是靠液压油控制驱动，如果

润滑油油量不足，就会有部分空气进入到执行器调节回路，造成执行器运行不稳定，从而导致柴油机转速波动。一般润滑油油位高低标准：以柴油机运行时，EGB 执行器内油位达到液位窗一半为准。

4.2 电接口航空电缆断开

以反向调节为例，当柴油机调速器连接电缆断开时，执行器接收调速器电流信号为最小值，磁体在复位弹簧作用下向下移动，动力油顶动电动执行器动力活塞及负荷活塞达到最大值，且无法达到新的力平衡，动力油入口无法关闭。因此输出油门会一直开到最大，而造成柴油机飞车。

4.3 机械液压调节设置不合理

机械液压调节的设定值过高，EGB 调速执行器已达到原动机停止位置，而机械液压调节因转速定值设置过高，因此不能介入柴油机转速控制。机械液压调节的设定值过低，则 EGB 调速执行器的机械调节将于电子调节部分有重叠部分，机械液压调节与电子调节频繁切换，进而影响 EGB 调速执行器的稳定输出。

国内电网频率为 50Hz，因此，柴油发电机的启动后转速稳定在 1500rpm，额定频率为 50Hz^{[2][3]}，工程上考虑设备输出响应控制的精准性和快速性，一般优先选用电子调节。以下图 5 为例，为一台柴油机启动时转速曲线，从图中可以看出柴油机从 0 转启动后，最高转速可以上冲到 1579rpm，经过 PID 调节后，转速稳定在 1500rpm，对应 50Hz。虽然 EGB 调速执行器机械液压调节剂介入转速低于 1579rpm，但因为电子调节部分瞬时调节，在转速回落时，不会在机械液压调节调速控制范围，可以保证柴油机在电子调节的作用下，稳定运行。

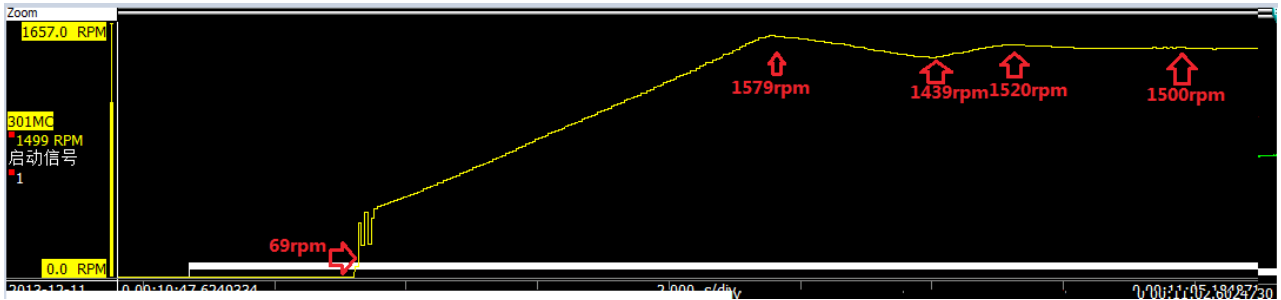


图 5 柴油机启动转速曲线

5 结论

EGB 调速执行器具有机械液压调节和电子比例调节两个控制部分，在不同的应用场合，科选择只用其中的一种，也可以两种功能都用，但当使用两种功能时，必须将机械液压调节和电子比例调节介入控制区分开，以避免两个控制之间相互干扰，影响系统控制的稳定性。当然调速执行器中的润滑油油位也尤其重要，作为驱动调速执行器动作的重要介

质，如果油位不足，则无法为调试执行器动作提供充足的动力支持，严重情况下可能导致调速执行器输出大幅波动。

参考文献

- [1] Woodward,EGB-Proportional Governor/Actuator with Hydraulic Amplifier systems,Manual 82340(Revision).
- [2] 陈济东,大亚湾核电站系统及运行[M],北京:原子能出版社,1994.
- [3] 苏玉森,900MW压水堆核电站系统与设备[M],原子能出版社,2005.