

# 基于 Viking35 的电液调速器 PID 设定对 柴油机调速特性影响的研究

何磊<sup>1</sup>, 唐少华<sup>2</sup>, 何万国<sup>3</sup>

(1. 海军驻沪东中华造船(集团)有限公司军事代表室, 上海 200129; 2. 七一—研究所, 上海 201108;  
3. 海军驻七〇—研究所军事代表室, 湖北 武汉 430064)

**摘要:** 基于 Viking35 控制器和执行器组成的电液调速器在实船柴油机转速控制上的应用, 详细介绍了该控制器的 PID 参数设定方法, 并通过实船柴油机不同 PID 参数调速特性控制的测试结果, 总结出柴油机转速响应特性及控制效果均理想的最优 PID 参数设定。

**关键词:** 柴油机; 电液调速器; PID 设定; 调速特性

中图分类号: TK424.3<sup>+</sup>1 文献标识码: A 文章编号: 1001-4357(2017)01-0038-04

## Research on the Influence of Electro-Hydraulic Governor PID Setting Based on Viking35 on Diesel Engine Speed Governing Characteristics

He Lei<sup>1</sup>, Tang Shaohua<sup>2</sup>, He Wanguo<sup>3</sup>

(1. Naval Deputy Office of Hudong-Zhonghua Shipbuilding (Group) Co., Ltd., Shanghai 200129;  
2. Shanghai Marine Diesel Engine Research Institute, Shanghai 201108;  
3. Naval Deputy Office of China Ship Development and Design Center, Hubei Wuhan 430064)

**Abstract:** Based on the application of electro-hydraulic governor consists of Viking35 controller and actuator to the speed control of an onboard diesel engine, the PID parameter setting method of this controller is introduced in detail. Based on the test results which indicate the speed governing characteristics and control effect of varied PID parameters on on-board diesel engine, the best PID parameters which could realize ideal speed governing characteristics and control effect are concluded.

**Key words:** diesel engine; electro-hydraulic governor; PID setting; speed governing characteristic

## 0 引言

随着自动化技术的提高, 对船舶动力装置的控制也提出更高要求。电液调速器的使用能够使柴油机在一些比较复杂的情况下维持最优控制。现代船用电液调速器不仅可以精确地控制柴油机的转速, 而且对柴油机具有全面的控制能力<sup>[1]</sup>, 因此对电液调速器进行适当的设定以实现对柴油机优化控制就显得尤为重要。本文以使用欧罗巴 (Regulateurs Europa) 公司生产的 Viking35 控制器和执行器组成的电液调速器为例, 研究其参数设定对某型船舶柴

油机调速特性的影响。

## 1 Viking 35 控制器简介

Viking35 控制器是海茵茨曼公司旗下欧罗巴 (Regulateurs Europa) 公司生产的一款集多种功能的控制器<sup>[2]</sup>, 集成有发动机安全保护、报警、PID 调节及起停控制等功能, 大大简化了整机控制系统, 降低了成本, 同时又保持各功能的独立性, 保证机器的安全运行。本文主要介绍 Viking35 控制器的 PID 调节功能, 其 PID 调节原理如图 1 所示<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2016-04-18; 修回日期: 2016-07-13

作者简介: 何磊(1982-), 男, 工程师, 主要研究方向为船舶机电工程, E-mail: hlfish0523@aliyun.com。

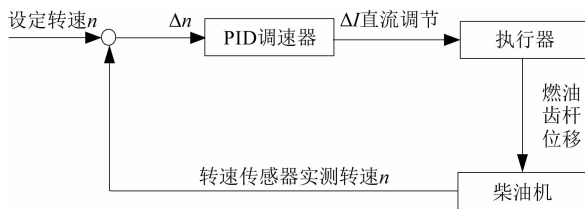


图1 PID调节原理

该控制器外形如下图2所示。



图2 Viking35 控制器

为方便用户使用，该控制器还配套了一款专为该控制器服务的 Viking Vision 软件<sup>[4]</sup>，用户安装在电脑上，即可使用 USB 转串口线实现与该控制器的连接，进而能够实时得到该控制器的运行状态信息，将其实现对内部参数的修改、参数的查看及报警。该软件界面如下图3所示。

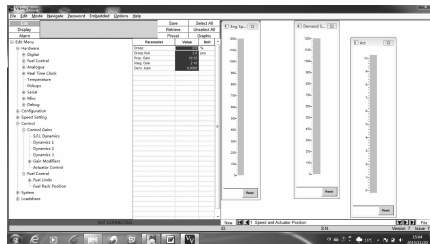


图3 Viking Vision 编辑参数界面

图3显示的参数内容为PID调节中三个参数在控制器中的位置，Viking控制器的PID调节功能会根据当前系统运行状态自动选择配置参数，以实现对控制对象的控制。下面简要说明选择配置参数的条件：

(1) Edit/control/S. F. L Dynamics 中的PID参数使用于主机起车过程中的PID调节；Edit/control/Dynamics 1 中的PID参数使用于主机运行过程中的PID调节；

(2) Edit/control/Dynamics 2 中的PID参数使用于：当备用采集转速一路启用时主机运行过程中的PID调节；

(3) Edit/control/Dynamics 3 中的PID参数配置是该控制器的备用配置，只有当该动态参数被选择时，PID调节才使用该组参数。

一般在实船调试中对两种情况（主机起动过程和主机负荷突变过程）进行PID参数设定，也即用户在使用中根据具体主机运行状况完成参数在Dynamics、Dynamics1中的设定。当参数设定好之后，再将Dynamics1中的参数填到Dynamics2中即可。

## 2 实例应用

### 2.1 执行器及柴油机简介

某船舶与Viking35控制器配套使用的执行器也是欧罗巴公司生产的一款船用调速电液执行机构，型号为2231-1GL-25。该电液执行机构原理是：将输入信号通过电液转换，液压放大，并转变为与输入信号相对应的 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 转角位移输出力矩或直线位移输出力的执行装置。电液执行机构相对传统的气动执行机构和电动执行机构有较大优势，具有行程大、推力或力矩大、智能化程度高、响应时间快、灵敏度高、机构紧凑、防火等特点<sup>[5]</sup>。

调速器控制对象为16PA6-280STC柴油机<sup>[6]</sup>，该型柴油机具有结构紧凑、体积小、重量轻、功率大等优点；同时具有起动迅速、带载时间短，能及时响应负载变化，可较长时间在低负载运行的特点。该型柴油机采用成熟的设计技术，追求整机及零部件的高可靠性和耐久性；同时，该型柴油机在噪声、振动、抗震、排放控制等方面的设计也有独到之处<sup>[7]</sup>。其基本性能参数如表1所示。

表1 16PA6-280STC 柴油机基本性能参数

缸径/mm	280/290
额定转速/( $r \cdot \min^{-1}$ )	1 000
最大持续功率/kW	4 720
平均有效压力/MPa	1.982
外形尺寸(长×宽×高)/(mm×mm×mm)	6 052×2 356×2 906
重量/t	24.1

### 2.2 控制器转速控制PID参数设定与分析

由于柴油机结构复杂，影响因素很多，其工作过程的非线性、时变性和不确定性，使其工作特性难以使用数学方法准确描述，甚至是不可能的。并且在实际应用中，柴油机控制对象的结构和参数不能完全掌握，或得不出精确的数学模型，如船舶推进主机驱动的齿轮箱和螺旋桨的参数，靠理论计算和建模仿真很难达到满意的效果，因此，主机调试更多的是凭借经验通过凑试法来设置PID参数<sup>[8]</sup>。

通过对控制器PID动态参数的调整，使控制器适应柴油机转速的各种变化。其中负荷突然变化导致的转速变化通过调整比例参数(P)来控制；积分调节(I)主要影响负荷突然变化后柴油机转速

恢复需要的反应时间<sup>[9]</sup>。

主机起动和离合器接脱排两个典型使用过程中, 负荷突变容易使主机转速产生波动<sup>[10]</sup>, 因此这两个过程中控制器的响应速度和平稳性可直接反应 PID 参数设定是否合理。故在不同工况下通过设置不同的起动及调速 PID 参数, 测试主机起动及离合器接脱排过程中相关动态响应参数的正确性, 通过主机动态特性对比选出最适合的 PID 参数设定值。

### 2.2.1 主机起动过程 PID 参数调整

柴油机在起动时, 主机转速从零到待机转速过程中, 转速波动大, 到达待机转速的稳定时间过长的现象俗称“游车”。此时可通过转速控制器起动

PID 参数的设置进行控制。某柴油机的该过程的 PID 参数设置记录见表 1。其参数设置方法如下: 依据经验输入初始参考比例系数 ( $P$ ) 为 20, 积分系数 ( $I$ ) 为 2.0, 起动主机, 发现转速在 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 上下来回波动, 幅度较大, 稳定时间长达 10 s; 慢慢减小比例系数 ( $P$ ) 后, 多次起动主机, 发现转速波动有明显好转, 但是转速最终稳定时间变化不大; 保持比例系数 ( $P$ ) 不变, 减小积分系数 ( $I$ ), 也即增大积分调节, 使动作响应的速度变快, 从表 1 可看出稳定时间明显减少。最后设置的参数为: 比例系数 ( $P$ ) 10.33, 积分系数 ( $I$ ) 1.1, 主机起动特性达到预期效果。

表 1 起动特性

起动 PID 设定			调速 PID 设定			起动最大转速/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	转速波动范围/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	设定转速/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	稳定时间/s
$P$	$I$	$D$	$P$	$I$	$D$				
20	2.0	0	20	0.5	0	652	334	400	10
13	2.0	0	20	0.5	0	586	306	400	9
10.33	2.0	0	20	0.5	0	522	253	400	9
10.33	1.1	0	20	0.5	0	523	207	400	8
10.33	1.1	0	16.8	0.5	0	505	185	400	6
10.33	1.1	0	16.8	0.8	0	504	183	400	5

注: 起动最大转速: 起动过程中柴油机曾到达的最高转速;

转速波动范围: 柴油机转速达到 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 后到最终稳定在 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 的过程中, 出现的最大转速与最小转速的差值;

稳定时间: 柴油机转速从第一次达到最低稳定转速 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 到最终稳定在 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 的所用时间。

### 2.2.2 负荷突变过程的调整

当主机在待机转速 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 下, 离合器接排过程中, 即为主机负荷突变过程, 此时参考起动 PID 参数, 设置调速 PID 初始比例系数 ( $P$ ) 为 10.33, 积分系数 ( $I$ ) 为 1.1, 观察接排过程中的状态。根据表 2 记录的负荷突变特性发现: 最低转速低至 346 ( $r \cdot \min^{-1}$ ), 转速波动幅度比较大, 稳定时间长。初步分析是由于离合器接排时, 主机负荷增加, 瞬间油门来不及调整所致; 并认为: 此时的 PID 中的比例系数 ( $P$ ) 过小, 调节作用不够

明显。保持积分系数 ( $I$ ) 不变, 慢慢增加比例系数 ( $P$ ) 后, 进行多次接排测试, 发现接排过程最低转速有所提高, 也即转速波动减小, 达到可接受范围 (转速波动范围不宜调整得过小, 因为比例系数较大时, 接排过程油门波动较大)。最后比例系数 ( $P$ ) 不变, 只降低积分系数 ( $I$ ), 提高响应速度, 现场记录表明稳定时间变短。最终参数设置为: 比例系数 ( $P$ ) 为 20, 积分系数 ( $I$ ) 为 0.5, 主机负荷突变特性达到预期效果。

表 2 负荷突变特性

起动 PID 设定			调速 PID 设定			接排过程最低转速/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	设定转速/ ( $r \cdot \min^{-1}$ )	稳定时间/s
$P$	$I$	$D$	$P$	$I$	$D$			
10.33	1.1	0	10.33	1.1	0	346	400	8
10.33	1.1	0	16.8	1.1	0	352	400	8
10.33	1.1	0	18.8	1.1	0	364	400	7
10.33	1.1	0	20	1.1	0	373	400	6
10.33	1.1	0	20	0.8	0	375	400	6
10.33	1.1	0	20	0.5	0	373	400	4
20	2.0	0	20	0.5	0	375	400	4

注: 接排最低转速: 主机在 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 时, 离合器接排过程中主机出现的最低转速;

稳定时间: 主机 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 时, 离合器开始接排, 到主机转速稳定在 400 ( $r \cdot \min^{-1}$ ) 时所需的时间。

同时,由上述表1、表2实测数据可看出:主机起动过程中,主机转速由零到达 $400(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ 的过程中,主要受起动PID参数的影响,当转速到达 $400(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ 后正常运行时,负荷突变时主机转速主要受调速PID的影响。

### 3 结 论

实船数据分析表明:本文所述的PID调节方法得当,实现了柴油机实际运行中的有效调节。该型船舶已在海上运行一年多时间,主机监控系统一直保持良好状态,验证了该动态参数设置的正确性。该PID调节方法对类似动力系统调试过程中的参数设定具有参考价值,可有效提高船舶的建造质量和速度。

#### 参考文献

[1] 王斌斌. 船舶柴油机转速控制仿真研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2009.

[2] REGULATEURS EUROPA. Viking Vision 3. 5 User Guide. Publication 3629. 2010.

[3] 李斌. 现代船用电子调速器及其特点 [J]. 世界航运, 1994 (4): 21-23.

[4] Manual Software J007 Issue 009. Pub. No. 3629. 2011.

[5] 刘玲玲. PID参数整定技术的研究及应用 [D]. 郑州: 郑州大学, 2010.

[6] 姚寿广, 许江涛, 段巧玉. 16PA6STCV280柴油机配气机构虚拟样机技术研究 [J]. 江苏科技大学报 (自然科学版), 2009, 23 (2): 129-132.

[7] 徐进. 自适应PID在柴油机电子调速中的应用研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2011.

[8] 边丽华. PID控制器参数自整定方法的研究与实现 [D]. 大连: 大连理工大学, 2007.

[9] 徐建明. PID控制器及其设计方法研究 [D]. 浙江: 浙江工业大学, 2002.

[10] 温进超, 李宝强. 基于PID控制方法的电子调速器在柴油机上的应用 [J]. 广东造船, 2013 (6): 44-46.

(上接第28页)

(3) 阀打开过程中,压差随着流通面积增大不断减小,但是空化强度却不断增强。

#### 参考文献

[1] 梁凤标, 潘剑锋, 李德桃. 高压共轨喷油系统中的电磁阀 [J]. 江苏大学学报 (自然科学版), 2006, 27 (2): 133-135.

[2] 龙正. 液压节流阀内部空化流动特性的研究 [D]. 中国矿业大学, 2014.

[3] 高红, 傅新. 球阀阀口气穴流场的数值模拟与实验研究 [J]. 中国机械工程, 2003, 14 (4): 338-340.

[4] 夏少华, 郑金保, 缪雪龙, 等. 电磁喷油器球阀流动分析 [J]. 内燃机学报, 2012, 30 (4): 354-358.

[5] 仇滔, 雷艳, 彭璟, 等. 高压燃油系统电磁控制阀区域流动特性试验 [J]. 农业机械学报, 2012, 43 (11): 7-10.

[6] 仇滔, 雷艳, 彭璟, 等. 单体泵断油过程中控制阀区域流场特性 [J]. 内燃机学报, 2013, 31 (4): 367-372.

[7] 仇滔, 彭璟, 雷艳, 等. 电控单体泵控制阀开启过程的受力分析 [J]. 兵工学报, 2013, 34 (11): 1387-1391.