

船舶电站自动调频调载技术研究

吕井勇¹ 李军政²

(1. 海军工程大学电气与信息工程学院, 武汉 430033; 2. 海装武汉局驻 712 所军代室, 武汉 430000)

摘 要: 文章介绍了一种基于改进的主导发电机法调频调载技术在船舶电站中的运用, 如单机运行时如何稳定发电机的频率, 在机组并联运行时如何实现按并联发电机组容量按比例分配有效负荷, 重点论述了改进后的方法如何提高系统的动态调节性能。

关键词: 船舶电站 频率调节 功率调节

中图分类号: TP315

文献标识码: A

文章编号: 1003-4862 (2008) 05-0274-03

Research on Automatic Adjustment of the Frequency and Load in Ship Power Station

Lu Jingyong¹, Li Junzheng²

(1. College of Electrical and Information Engineering, Naval Univ. of Engineering, Wuhan 430033, China;

2. Navel Representatives Office of 712 Research Institute, Wuhan 430064, China)

Abstract: This article introduces an ameliorated method of dominant generator about automatic frequency and active power regulation which is used on ship electric power station, such as how to stabilize frequency at only one generator running and how to distribute active power between parallel running generators exactly, and emphasizes the ameliorated method of dominant generator can improve the dynamic performance of the equipment on cause of load changing abruptly.

Key words: ship power station; frequency regulation; active power regulation

1 引言

实现船舶电站自动调频调载是船舶电站自动化的主要功能之一, 由于船舶电站工作性质的特殊性, 其负载总是处于变化过程中, 因此, 电网频率和各机组的负载分配情况也随之相应波动。为保障船舶用电设备的正常工作并最大限度发挥机组容量, 提高运行效率, 需针对频率波动和负载分配进行相应的调节, 保证电网频率的稳定和负载的合理分配。针对主导发电机法的调频调载技术在单机运行负荷突变的情况下稳定频率时间长, 在机组并联运行时负荷突变的情况下易引起功率分配震荡、稳定时间长的缺点, 本文提出了一种改进的主导发电机法调频调载技术, 即在单

机运行时在频率积分调节的基础上加入负荷比例调节, 在并联运行的机组中加入平均负荷均衡链, 试验结果证明改进以后的方法明显提高了系统的动态调节速度。

2 主导发电机法

主导发电机法是将参与并联运行的几台发电机组, 设定其中一台调频器实现的二次调整准则为:

$$\Delta f = 0 \quad (1)$$

即为无差调节。这台机组称主导发电机。其它并联机组将协助调频, 这些机组的调频器实际为有功功率调整器。它们的功率随主导发电机的功率

收稿日期: 2008-05-15

作者简介: 吕井勇(1978-), 男, 讲师。专业方向: 电力电子及电力传动。

按比例地变化。即调整准则为:

$$P_i = \alpha_i P_1 \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (2)$$

式中: P_1 — 主导发电机的功率;

α_i — 第 i 台并联机组的比例系数;

P_i — 第 i 台并联机组的功率。

调频系统的结构图如图 1 所示。当系统频率由于负荷变动而变化时, 主导发电机组 $G1$ 调节系统首先按频率偏差进行工作, 改变 $G1$ 的功率 P_1 , 力图使 $\Delta f = 0$ 。由于 P_1 的改变, 其它的并联机组按 $\alpha_i P_1$ 规律作相应的功率调整。以上过程一直持续到 $\Delta f = 0$, 且 P_1 与其它的并联机组的功率 $\Delta \Sigma \alpha_i P_1$ 之和等于负荷为止, 调整过程才结束。

由于这种调频方法开始只有 $G1$ 调整, 之后要反复调整, 直到满足调频规则要求, 调整过程缓慢。

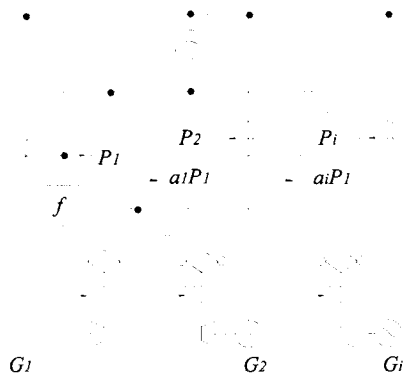


图 1 主导发电机法调频系统示意图

3 改进的主导发电机法

频率调节通道在机组单独作用时, 或在并联机组中的主导发电机组上 (这时图 2 中 $P5$ 应该闭合, $P4$ 在“主动的”位置上)。

在通道工作时, 在频率传感器中由石英发生器产生一个标准频率 f_b , 此标准频率 f_b 与发电机组频率 f_r 进行求差运算, 得出一个差频信号。此时在频率传感器中形成一个与差频信号成比例的信号, 该信号送到积分器的入口, 并进一步经过放大器到电液转换器, 通过电液转换器控制发电机调速器使燃料供给量向着使频率偏差变为零的方向变化。从图中可以看出频率调节是一个闭环调节过程, 只要 f_r 和 f_b 有差值, 积分器就有输出, 调速器就会动作, 直到 f_r 和 f_b 相等。

问题在于当由于负荷突变引起的发电机频率 f_b 变化较大, 这时仅仅依靠频率调节通道进行调

节, 调节的时间就比较长, 为此我们在频率调节通道上又叠加了一个加速调节通道。在机组单独工作时, 在放大器的入口, 有从负荷传感器来的与有效负荷成比例的信号。此时在图 2 中 $P2$ 闭合, $P7$ 断开, 信号经过 $P2$ 闭合触点到达放大器的入口。在因负荷剧烈变化而引起的动态工况中, 在频率调节通道中补充一个加速信号, 此信号与积分器输出的信号相叠加输出给放大器。它保证燃料供给的加速变化, 并作为其结果, 降低频率偏差的数值和持续时间。在系统中加入的负荷测量环节, 构成比例环节, 明显改善调节的速度。

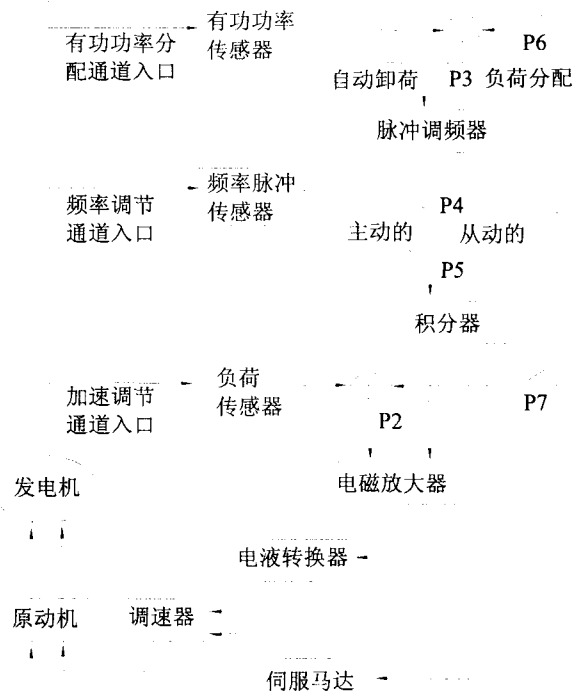


图 2 改进的主导发电机法调频调载装置原理图

功率分配通道只用于并联运行时, 并且只接在从动机组上 (图 2 中 $P4$ 打到“从动的”位置上)。

通道的基本工作工况是并联工作机组之间有效负荷的按比例分配。从图 2 可知, 这时每个从动机组继电器 $P3$ 的触点位于“负荷分配”位置。通过功率分配均衡链形成分配的误差信号, 此误差信号是模拟信号, 为了提高精度我们把此误差信号送入脉冲调频器, 将模拟信号在这里首先转换成与频率传感器输出信号形式相似的脉冲信号, 然后依次进入积分器、放大器和电液转换器中的电磁铁。电磁铁以这样的方式改变燃料供给量, 以使得有效负荷分配误差减到零。

为了加速并联机组在负荷突变时的调节性能,我们在并联机组间加入一条平均负荷均衡链,这时并联机组调频调载装置的 P7 都应闭合。

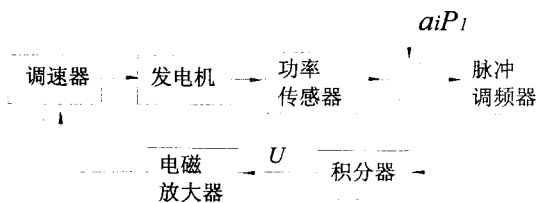


图 3 从动机组功率分配通道框图

下面分析一下平均负荷均衡链在机组并联运行时的作用。假设此时并联机组已经按各自容量分配负荷稳定运行,其中汽轮发电机组所带负荷为 600kW,柴油发电机组所带负荷为 300kW。每台机组的调频调载装置中负荷传感器的输出电压与所测负荷成比例。为不失一般性,假设柴油发电机负荷传感器测出的电压为 3V,则汽轮发电机负荷传感器测出的电压为 6V (即 1V 对应 100kW)。那么平均负荷均衡链作用的等效图如 4 表示。

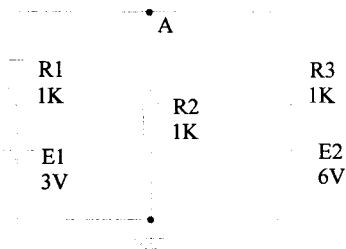


图 4 平均负荷均衡链等效图

图中: E1 — 柴油发电机负荷传感器组件所测电压;

R1 — 柴油发电机负荷传感器组件等效电阻;

R2 — 柴油发电机电磁放大器组件等效电阻;

R3 — 汽轮发电机负荷传感器组件等效电阻;

E2 — 汽轮发电机负荷传感器组件所测电压。

可以求出图 4 中 A 点对地电压为 3V,即加在柴油发电机组调频调载装置中的电磁放大器组件上的电压为 3V。

如果某时刻负荷突变,突然增加 300kW,且全部增加到了汽轮发电机组上,则此时汽轮发电机组中的负荷传感器输出电压将变为 9V,即图 4 中 E2 变为 9V。可以求出此时图 4 中 A 点对地的电压为 4V (对应 400kW),即加在柴油发电机组调频调载装置中的电磁放大器组件上的电压为 4V。这时柴油发电机的电磁放大器将增大输出电

流,控制柴油发电机组的油门增大,增加出力,直到其所带负荷增加 100kW。

再看负荷突然减小的情况,某时刻负荷突然减小 300kW,且减小量全部由汽轮发电机组承担,则此时汽轮发电机组中的负荷传感器输出电压将变为 3V,即图 4 中 E2 变为 3V。可以求出此时图 4 中 A 点对地的电压为 2V (对应 200kW),即加在柴油发电机组调频调载装置中的电磁放大器组件上的电压为 2V。这时柴油发电机的电磁放大器将减小输出电流,控制柴油发电机组的油门减小,减小出力,直到其所带负荷减小 100kW。

可以看出平均负荷均衡链在机组并联运行时,在负荷发生突变的情况下能够在有功功率调节作用前计算出每台机组应承担的负荷,并和有功调节通道相叠加加快负荷按比例分配的调节过程。

4 试验结果与结论

基于改进的主导发电机法设计的调频调载装置在实验室与电站综合实验台进行了联调,运行良好,达到了预定的设计指标。

- (1) 静态工况下保持频率精度 $\pm 0.2\% f_H$;
- (2) 瞬时负荷从零到额定值或从额定变到零时,在以 $\pm 0.5\% f_H$ 的精度用 3s 时间恢复的情况下最大频率偏差,不大于 $5\% f_H$;
- (3) 并联运行机组间的功率分配的不均匀度不大于小机组的 $5\% P_H$;
- (4) 自动卸荷机组的功率值 $-5 \pm 10\% P_H$;

f_H — 额定频率, P_H — 额定功率

试验表明,基于改进的主导发电机法设计的调频调载装置对由于负荷突变引起的动态工况的调节速度较快,可以考虑在一般的民用船舶电站上推广运用。

参考文献:

- [1]. 黄伦坤,朱正鹏,刘宗德. 船舶电站及其自动装置 [M]. 北京:人民交通出版社,1994: 21-23.
- [2]. 王焕文. 舰船电力系统及自动装置 [M]. 北京:科学出版社,2004 (11): 78-81.
- [3]. 唐石青,邵众雷. 一种新型的船舶电站自动化装置 [J]. 电气技术,1998 (4): 18-21.
- [4]. 周士鸿. 船舶电站功率均匀分配和实船调试 [J]. 中国修船,1990 (4): 22-26.