

双线圈电液转换器的可靠性分析

(哈尔滨工业大学) 于达仁 徐基豫

(哈尔滨汽轮机有限责任公司) 汪洪滨 杨 格 林秉剑

[摘要] 建立了双线圈电液转换器的动态数学模型, 对线圈断线故障进行了仿真分析, 证明双线圈结构应用于动圈电流归零式电液转换器能显著地提高其可靠性。

关键词 电液转换器 双线圈 可靠性 容错

中图分类号 TP 302

1 前言

目前, 大功率汽轮机几乎都采用了 DEH 系统, 由于电液转换器在 DEH 系统中的特殊重要地位, 因此哈尔滨汽轮机厂在设计电液转换器时对它的可靠性给予了充分的重视。为了防止电液转换器的卡涩, 加大了动圈中的设计电流, 同时采取了大型化的结构, 增大了滑阀与套筒的间隙, 加强了油滤。这些措施显著地提高了电液转换器抗污染能力, 对避免滑阀卡涩有明显的效果, 大大地提高了电液转换器的可靠性。

动圈的可靠性是关系到电液转换器整体可靠性的另一个重要方面, 由于动圈经常处于运动状态, 特别是为了防止卡涩在线圈上附加了颤振信号, 因此虽然在线圈连接处采取了有效的措施, 人们还是有理由担心经长期工作后在连接处有可能因疲劳而断裂。当电液转换器因线圈断裂而失电时, 由弹簧预紧力的作用, 电液转换器将向关闭调节汽门的方向动作, 导致汽轮机停机。因此人们形象地称之为“一台汽轮机的安全依赖于—根头发丝(导线)的说法”。

为了改进动圈的可靠性, 参考国外经验, 在新结构中将单一的线圈改成平行工作的双线圈, 这样即使有一个线圈断裂, 另一个线圈仍能保证电液转换器继续工作, DEH 仍能保证机组的正常动作。下面的工作就是分析在不同的工作条件下, 两个线圈中如果有一个因连接处断裂而失电, 会对系统产

生什么影响。

2 电液转换器的设计方案与静态分析

该电液转换器其原理如图 1 所示。DEH 输出的位移指令 u_0 与油缸位移的 LVDT 输出电压 u_s 相比较, 其偏差 u_1 经功放后产生动圈的工作电流, 工作电流产生的电磁力使动圈产生位移, 随动滑阀 2 在上下喷嘴差动油压的推动下跟随线圈产生相应的位移, 随动滑阀带动错油门 3, 当错油门偏离中间位置时油缸 4 产生位移, 油缸的位移经 LVDT 转换成电压 u_s 。在最后达到平衡位置时, 错油门回到中间位置, $u_0 = u_s$, 动圈回到它动作前的位置。

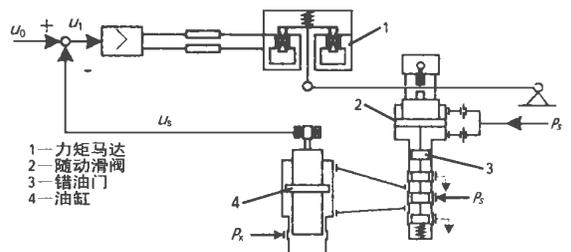


图 1 电液转换器原理图

在稳态时虽然错油门必定会回到中间位置, 也即动圈必然回到其初始位置(也可以称之为“零位”), 由于在“零位”时仍有一定的弹簧力以保证在线圈失电时电液转换器能自动关闭调节汽门, 所以此时功放仍需保持一定的输出电流。由于此弹簧力不大, 所以双线圈中如果有一个开路, 另一个仍能保证足够的电磁力, 同时保证 $u_0 = u_s$, 也即不影响机组的负荷或转速控制。

由此可见, 如果由电液转换器直接控制油动机(300 MW 和 600 MW 汽轮机的高压抗燃油系统),

收稿日期 1999-01-07

本文联系人 于达仁 男 教授 150001 哈尔滨工业大学动力系

©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

则根据同理, 双线圈的电液转换器在其一个线圈损坏时仍能保证机组正常运行。

但是如果采取电液转换器中其位移输出与动圈中的电流大小成正比的结构形式, 则在采用双线圈时, 若损坏一个线圈, 电液转换器的输出将减小一半, 直接影响到机组的负荷输出。

3 双线圈电液转换器的数学模型

稳态分析可见, 由于错油门是一个断流滑阀, 稳态时总是处于“零位”, 所以无论是单线圈工作还是双线圈工作都不会影响电液转换器的静态特

性。从动态角度分析, 单线圈时电磁力小, 错油门位移小, 油缸时间常数大; 双线圈时电磁力大, 错油门位移大, 油缸时间常数小。由于双线圈电液转换器是在原单线圈电液转换器的基础上增加了一组线圈, 所以当单线圈工作时, 电液转换器的性能和原来一样, 能够满足机组起动、带负荷和甩负荷等各方面的要求。需要分析的问题是当机组处于运行中时, 电液转换器处于不同的工作位置, 此时某一个线圈接头突然断裂, 对机组的运行状态带来过大的不良影响。为此进行这项工作, 首先必须建立数学模型。

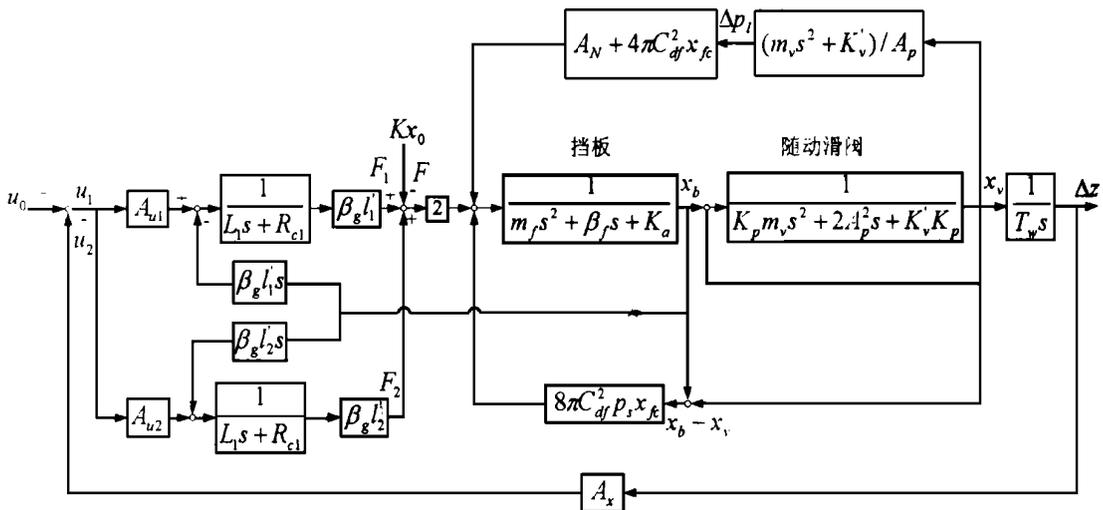


图 2 双线圈电液转换器传递函数框图

图 2 是双线圈电液转换器的数学模型, 图中 F_1, F_2, F ——分别为各线圈和总电磁力 (折合到随动滑阀的喷嘴挡板);

x_b ——喷嘴挡板位移;

x_y ——随动滑阀 (错油门) 位移;

Δz ——油缸位移;

A_{u1}, A_{u2} ——功放增益;

A_x ——位移变送器增益;

u_0 ——电液转换器位移给定电压;

kx_0 ——“零位”时的弹簧力。

4 一个线圈在接头处断裂时的动态分析

前面已经分析指出, 双线圈的电液转换器在一个线圈损坏时, 电液转换器仍能保持其静态特性不变, 而其油缸的时间常数则会增大, 换言之, 即它会影响系统的动态特性。下面对系统动态特性受到

影响的程度作进一步的分析。

对此分两个步骤进行仿真分析, 首先分析一个孤立的电液转换器, 其次分析整个系统。

4.1 一个孤立的电液转换器

给电液转换器输入一阶跃信号, 并假设下列 4 种故障情况:

- 1— 在输入信号的阶跃时刻有一个线圈断路;
- 2— 在电液转换器的输出位移达最大值时有一个线圈断路;
- 3— 在输出位移为最小值时有一个线圈断路;
- 4— 在达到新的稳定点后有一个线圈断路;
- n— 正常情况 (双线圈)。

图 3 是以上各种情况的阶跃响应曲线, 在正常情况下电液转换器的时间常数约为 0.04~0.05 秒。除了第一种情况 (相当于单线圈工作) 外, 其它几种情况的响应曲线和正常情况区别不大, 而第一种情况 (曲线 1) 与正常情况相比 (曲线 n) 其差别

主要是时间常数较大, 约为 0.06 ~ 0.07 秒, 而超调量较小, 基本上也能满足工作要求。各曲线的共同特点是稳态值低了 3.37%, 这是由于有一个线圈断路时, 另一个线圈为了平衡弹簧的预紧力 kx_0 需要输入更大的电流, 但是只要功率放大器采用 PI 调节规律即可得到克服。

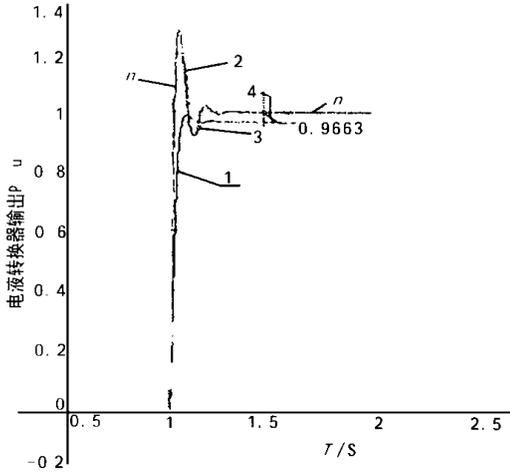


图 3

4.2 电液转换器处于功频系统中的分析

在考核一个处在功频系统中的双线圈电液转换器因一个线圈断裂而对系统工作所产生的影响时, 我们给系统的功率给定值取阶跃信号, 并且和分析孤立电液转换器一样, 假设在输入信号的阶跃时刻 (1)、电液转换器输出达最大值时 (2) 和电液转换器输出达最小值时 (3) 发生一个线圈连接处断路的情况, 将电液转换器和系统的响应过程和系统的正常响应作对比, 根据响应过程的差异来评价双线圈电液转换器的工作性能。

图 4 是正常情况 (n) 与电液转换器有一个线圈断裂的各种情况下的功率给定阶跃变化时的响应过程。由图可知, 某一个线圈的断裂对电液转换器的输出 x_{pf} 有一定影响, 但其影响不大, 且只限于 2 秒以内, 对电功率的影响更小, 而且随着时间的变化, 其差值趋向于零。

5 结论

(1) 和单线圈电液转换器相比, 双线圈电液转换器避免了因线圈连接处可能断裂而发生的大幅度甩负荷现象, 大大提高了系统的可靠性。

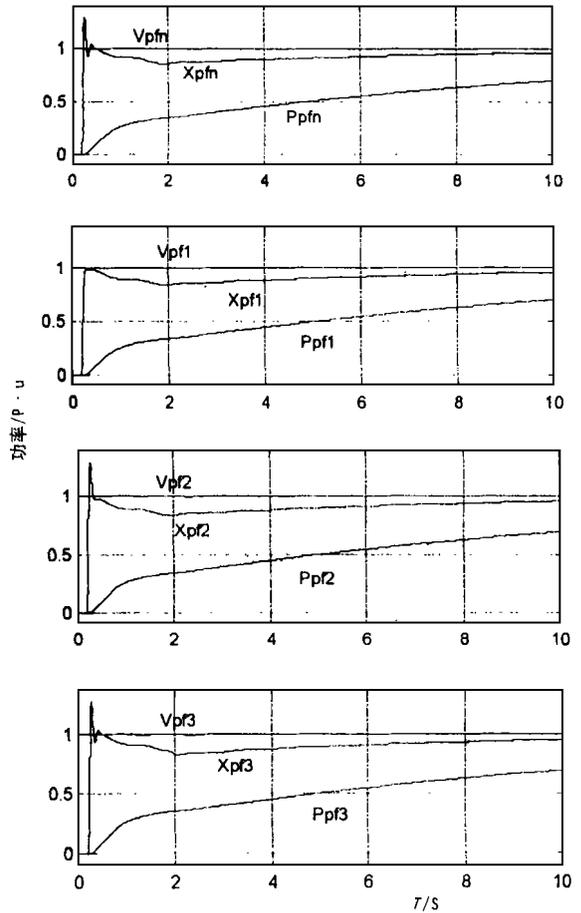


图 4

(2) 双线圈电液转换器的可靠性与电液转换器的结构有关, 采用哈汽厂的现结构可以保证在一个线圈断裂时不影响电液转换器输出信号的大小, 使机组负荷基本上不受影响。如果采用电液转换器位移输出与线圈中电流成正比的结构, 则在一个线圈断裂时虽然仍能维持机组运行, 但负荷将受到较大的影响。

(3) 对于该电液转换器, 双线圈中某一个线圈的断裂对静态输出基本上没有影响, 仅仅影响电液转换器的时间常数。根据动态分析, 电液转换器线圈的断裂仅仅在 2 秒时间以内对电液转换器输出的影响不大, 对机组输出功率的变化过程基本上没有影响。

参考文献

1 葛建华, 孙优贤. 容错控制系统的分析与综合. 浙江大学出版社, 第 1 版, 1994.

—design conditions. **Key words:** design system, naval steam turbine, S_2 stream surface, three—dimensional calculation, loss

卧式内燃油和燃气锅炉的结构和设计 = **Construction and Design of Oil—fired and Gas—fired Horizontal Boilers** [刊, 中] /Gao Yukuan, et al (Harbin Municipal Labor Bureau) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2) —122~124

Discussed in this paper are the overall construction and design of oilfired and gas—fired horizontal boilers. Put forth are the requirements for the design of the furnace, tail heating surfaces and burners for such boilers. **Key words:** oil—fired boiler, gas—fired boiler, overall construction, design

汽轮发电机密封油冷却系统模糊建模与仿真研究 = **Fuzzy Model Creation and the Simulation Study of a Turbogenerator Seal Oil Cooling System** [刊, 中] /Wang Hongwei, Zhang Tong, Wang Zicai (Harbin Institute of Technology) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2). —125~127

The seal oil cooling system of a turbogenerator constitutes a complicated system in the simulation study of thermal power plants. After a study of the fuzzy model creation method the authors constructed a fuzzy model for a turbogenerator seal oil cooling system with satisfactory results being attained. **Key words:** fuzzy identification, fuzzy clustering, linear interpolation, Kalman filter, turbogenerator seal oil cooling system

双线圈电液转换器的可靠性分析 = **Reliability Analysis of a Double—coil Electro—hydraulic Converter** [刊, 中] /Yu DaRen, Xujiyu (Harbin Institute of Technology), Wang Hongbin, Yang Ge, Lin Bingjian (Harbin Turbine Co. Ltd.) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2). —128~130

A dynamic mathematical model is set up for a double—coil electro—hydraulic converter and a simulation analysis conducted of the coil broken wire fault. It is shown that the double—coil structure used for the electro—hydraulic converter of zero—steady current type can significantly enhance its reliability. **Key words:** electro—hydraulic converter, double—coil, reliability, fault tolerance

考虑变比热的冷却涡轮弯曲叶栅流场的数值模拟 = **Numerical Simulation of a Cooled Turbine Curved Cascade Flow Field with Variable Specific Heat Being Taken into Account** [刊, 中] /Chen Fu, Yang Ke, Wang Zhongqi (Harbin Institute of Technology) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (2). —131~134

A numerical simulation is conducted with respect to an in—cascade flow field of a high—pressure turbine nozzle assembly of curved vanes in the case of the presence and absence of an air cooling spray. A three—dimensional variable specific heat computation method has been employed with the cooling air source reflecting the cooling air mixing/dilution effect. The calculation results show that the cooling air spray in the curved cascades led to a change in Mach number and temperature with the blade surface and end wall obtaining an effective low—temperature protection. Under the same cooling air flow rate the temperature reduction near a pressure side appears to be more marked than at the suction side with the cooling air film playing a more effective role. The in—cascade secondary flow exercises an influence on the cooling air distribution. **Key words:** curved cascade, air cooled turbine, numerical simulation, variable specific heat

旋转机械的功率在线测试技术 = **Rotating Machinery Power Output On—line Testing Techniques** [刊, 中] /Xu Jun, Li Chunlan, Lu Wenfa (Harbin 703 Research Institute) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. —1999, 14 (1). —135~139

The difficult problem of power output on—line measurement under unfavorable conditions can be solved by utilizing state—of—the—art science and technology. Described in this paper are the basic principles, the structure and composition of a measuring and testing system and calibration techniques with key issues and system features also pinpointed. The recommended measuring and testing system has broad application prospects. **Key words:** power output, remote measurement, on—line measurement