

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.03.017

# PG9171E型燃气轮机交流润滑油泵 控制逻辑优化

Control logic optimization of PG9171E gas turbine AC  
lubricating oil pump

赵光锋, 余亮

ZHAO Guangfeng, YU Liang

(浙江浙能金华燃机发电有限责任公司, 浙江 金华 321025)

(Zheneng Jinhua Gas Turbine Electric Power Generation Company Limited, Jinhua 321025, China)

**摘要:**针对PG9171E型燃气轮机非正常停机过程中发生交流润滑油泵(88QA)无法正常投运引起机组润滑油压力降低并跳闸的现象,对交流润滑油泵控制逻辑进行分析,并提出了优化控制逻辑的措施,以保证机组安全运行。

**关键词:**非正常停机;交流润滑油泵;控制逻辑优化

**中图分类号:**TK 478 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2019)03-0062-02

**Abstract:**The AC lubricating oil pumps (88QA) cannot be put into operation normally during the abnormal shutdown of the PG9171E gas turbines, which causes the low lubricating oil pressure and tripping. Through the analysis on the control logic of the AC lubricating oil pump, measures to optimize the control logic are proposed to ensure the safety of the unit.

**Keywords:**abnormal shutdown; AC lubricating oil pump; control logic optimization

## 0 引言

浙江浙能金华燃机发电有限责任公司现有1套9E燃气-蒸汽联合循环发电机组,采用GE公司PG9171E型燃气轮机。2014年6月,燃气轮机完成DLN1.0型干式低氮燃烧器的改造工作,控制系统由Mark V升级为Mark VIe。在改造调试阶段,发生天然气供应中断、机组非正常停机,同时交流润滑油泵(88QA)不能正常投运,导致机组润滑油压低保护动作跳闸。

## 1 机组故障经过

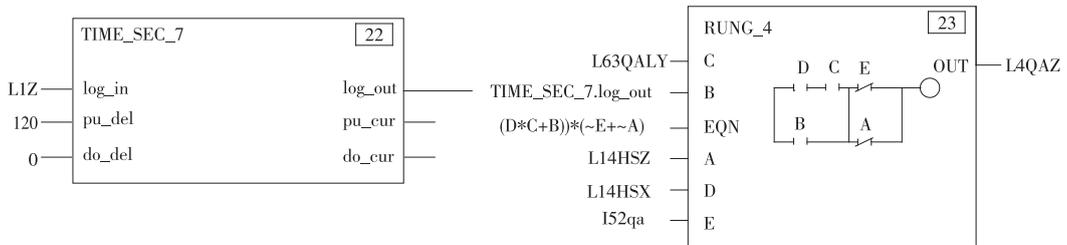
当燃气轮机负荷加至70 MW时,机组发出“天然气速比阀后P2压力低”的报警信号,速比阀开度快速增大至90%以上,燃气轮机负荷快速下降,机组负荷降至-2.2 MW并发出“发电机开关跳闸”的报警信号,发电机开关解列。运行人员点击“START”启动指令失效,燃气轮机转速信号(TNH)继续下降;同时燃气轮机发出“应急润滑油泵运行”的报警信号,应急润滑油泵(88QE)启动运行,此时

未有任何润滑油压力低的报警信号;当机组转速继续降至50%时,发出“润滑油母管压力低”和“润滑油母管压力低跳闸”的报警信号,机组跳闸熄火。在燃气轮机发电机开关解列至跳闸熄火的整个过程中,交流润滑油泵没有正常投入运行。

## 2 交流润滑油泵控制逻辑分析

在机组润滑油温度满足要求时,交流润滑油泵(88QA)可以单独投入运行;而当润滑油箱油温度低于Mark VIe的逻辑整定值(17.8℃)时,需要投入润滑油加热器与其一起运行,直至润滑油箱油温度大于21.0℃时加热器方退出运行。根据燃气轮机控制逻辑分析(如图1所示),在以下3种情况下交流润滑油泵(88QA)需要投入运行:(1)在机组正常的启停过程中,主润滑油泵未能够提供足够的润滑油压力时,由交流润滑油泵(88QA)向机组提供润滑油;(2)在正常运行过程中,由于机组保护动作或其他原因使主保护逻辑L4失电,Mark VIe控制系统发令使交流润滑油泵(88QA)投入运行;(3)燃气轮机运行过程中润滑油系统压力下降,逻辑信号L63QALY动作置“0”,交流润滑油泵(88QA)投入运行<sup>[1]</sup>。

在燃气轮机启动时,交流润滑油泵(88QA)应根



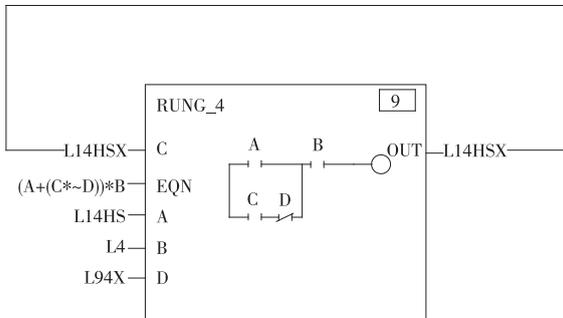
L4QAZ 为交流润滑油泵(88QA)控制逻辑,当 L4QAZ 置“0”时,交流润滑油泵(88QA)启动运行;L63QALY 为机组润滑油压力正常信号(压力开关 63QA-2 未动作或压力变送器 96QA-2 $\geq$ 0.289 MPa),该逻辑置“1”;L52qa 为交流润滑油泵(88QA)运行、停止信号,该泵运行时,逻辑置“1”;L14HSX 为燃气轮机运行转速(L14HS)辅助信号;L14HSZ 为燃气轮机运行转速辅助延时逻辑(L14HS 或 L14HSX 逻辑信号任一延时 1.5 s)。

图1 交流润滑油泵主控制逻辑信号 L4QAZ

Fig.1 Main control logic signal L4QAZ of AC lubricating oil pump

据 Mark VIe 控制指令自动投入运行,直至机组达到工作转速的 95% 时(工作转速继电器 14HS 动作)停运,润滑油系统的油压变为由主润滑油泵提供<sup>[1]</sup>。

正常停机过程中(如图 2 所示),燃气轮机停机逻辑信号 L94X 置“1”,待机组转速下降至工作转速的 94% 时(工作转速继电器 14HS 返回),Mark VIe 发控制指令使交流润滑油泵投入运行,润滑油系统的油压由主润滑油泵与交流润滑油泵一起提供。



L4 为燃气轮机主保护逻辑信号,运行时该逻辑置“1”,燃气轮机保护动作时该逻辑置“0”;L14HS 为燃气轮机工作转速逻辑信号, TNH $\geq$ 95% 时, L14HS 逻辑置“1”;L94X 为燃气轮机停机逻辑信号,正常停机时,该逻辑置“1”。

图2 燃气轮机运行转速辅助信号 L14HSX

Fig.2 Operating speed auxiliary signal

L14HSX of gas turbine

当天然气调压系统故障供气中断时,天然气气压持续下降,进入燃气轮机的燃料不仅不能维持原负荷运行,还会导致机组负荷快速下降,最终引起燃气轮机逆功率动作和发电机开关解列。正常情况下,机组解列后交流润滑油泵(88QA)会启动运行,保证润滑油系统压力正常,应急润滑油泵(88QE)则保持在“备用”状态,当润滑油系统压力低时应急润滑油泵(88QE)及时投入运行。由于管道中天然气压力无法维持机组全速空载,导致转速快速下降。燃气轮机在上述过程中,既未发生主保护失去(L4 仍置“1”),也未出现人为或者 Mark VIe 控制系统发出的停机命令(L94X 置“0”),因此当机组转速下降至 94% 及以下,工作转速逻辑信号 L14HS 虽已置“0”,但 L14HSX 仍自保持为“1”(如图 2 所示);与

此同时,燃气轮机跳闸之前未发出“润滑油压力低”的报警信号,逻辑信号 L63QALY 仍置“1”,不满足交流润滑油泵投入运行的条件(如图 1 所示),Mark VIe 控制系统检测到交流润滑油泵(88QA)未投入运行,应急润滑油泵(88QE)程控立即启动运行,与主润滑油泵一起供润滑油压力。

### 3 交流润滑油泵控制逻辑存在的问题与优化

Mark VIe 控制系统涉及交流润滑油泵(88QA)启动控制部分在设计上存在不足,在燃气轮机发生非正常停机过程中,启动交流润滑油泵(88QA)不能及时准确地启动。停机后,热工人员对逻辑信号 L63QALY 涉及的润滑油系统压力开关 63QA-2 进行了校验,该压力开关整定值符合要求;检查 Mark VIe 控制系统中润滑油压力模拟量信号 QAP2 的变送器 96QA-2,该压力变送器信号介于 4~20 mA,未见异常;对比燃气轮机控制系统升级前后润滑油压力模拟量信号 QAP2 的保护定值,发现该定值为 0.2890 MPa,而原 Mark V 控制系统中 QAP2 保护定值为 0.3103 MPa。经 GE 公司同意,将润滑油压力模拟量 QAP2 定值恢复至 0.3103 MPa,保证异常工况下、润滑油压力低时,及时联锁启动交流润滑油泵(88QA)运行。同时,对交流润滑油泵(88QA)主控逻辑信号 L4QAZ 作局部修改,将原逻辑块中信号引入点 D 的逻辑信号由 L14HSX 改为 L14HS(如图 3 所示)。L4QAZ 逻辑模块完善后,机组即使发生非正常停机(主保护 L4 置“1”,停机命令 L94X 置“0”),交流润滑油泵(88QA)不受逻辑信号 L14HSX 自保持回路的影响(如图 2 所示)。调整后的燃气轮机发电机只要开关解列,转速下降至 94% 及以下,工作转速逻辑信号 L14HS 置“0”,就实现 L4QAZ 置“0”,交流润滑油泵(88QA)投入运行。

为验证 L4QAZ 逻辑模块完善后机组实际响应效果,在燃气轮机停机过程中预选负荷至 10 MW 时,缓慢关小天然气前置站出口阀,随着天然气压力的持续下降,Mark VIe 控制系统自(下转第 66 页)

别系统的部分充电流程如图 3 所示。



图 3 电动汽车充电桩人机交互界面(部分)

Fig. 3 Human-computer interaction interface of electric vehicle charging pile(part)

充电桩交互界面的设计遵循一致性原则,页面可视信息的组织方法保持一致性,贯穿系统的每个层级操作页面,不误导用户产生盲目性操作,增加容错机制,减小用户响应等待时间。页面在色彩图像的设计方面也保持前后一致性原则,主要标志的位置在转换页面保持位置固定,相应的操作按钮及警示图标设计成醒目的色彩,保持页面活跃度。

### 3 结束语

本文从产品造型设计、色彩识别系统、人机交互界面识别系统方面以国电南自电动汽车交直流系列充电桩为例阐述产品识别策略的方法在产品工业设计

(上接第 63 页)

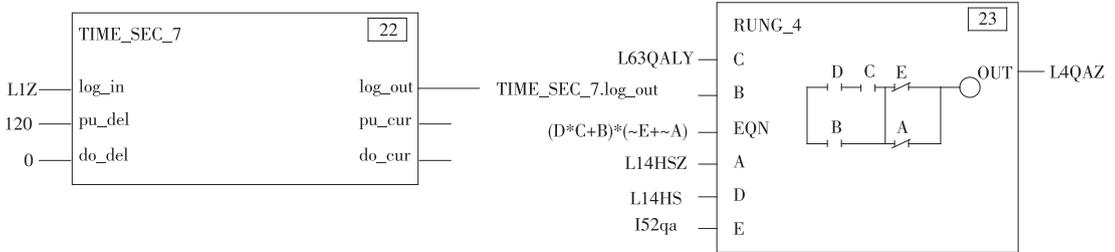


图 3 修改后交流润滑油泵主控制逻辑信号 L4QAZ

Fig. 3 Modified main control logic signal L4QAZ of AC lubricating oil pump

动选择非正常停机方式,燃气轮机减负荷以及发电机开关解列后交流润滑油泵(88QA)能正确响应,停机过程平稳、正常,达到了理想效果。

### 4 结束语

本文通过对某电厂 GE 公司 PG9171E 型燃气轮机 Mark VIe 控制系统中交流润滑油泵(88QA)启动逻辑设置方面存在的问题进行分析,提出了优化完善措施,对同类型电厂运行人员及相关专业人员具有借鉴意义。

计中的应用,突出产品识别策略在企业开发及推广产品中品牌塑造及产品所传达的企业独特信息的重要性。随着新能源电动汽车的发展,相关产品市场竞争也愈加激烈,工业设计在电力电子产品研发中的作用不言而喻,通过工业设计方法的视角综合考虑消费群体、产品本身、市场环境方面进行深入研究,提升产品附加价值同时也是提高企业竞争力的手段。

### 参考文献:

- [1] 闫卫. 工业产品造型设计程序与实例[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [2] 杨颖,周立钢,雷田. 产品识别在品牌策略中的应用[J]. 包装工程,2006,27(2):163-166.
- [3] 董建明. 人机交互:以用户为中心的设计和评估[M]. 北京:清华大学出版社,2003.

(本文责编:齐琳)

### 作者简介:

王涛(1989—),男,安徽蚌埠人,工程师,从事电力系统电子设备结构设计、工业设计研究方面的工作(E-mail:wangtao@aliyun.com)。

俞春林(1978—),男,江苏南通人,高级工程师,从事工业设计、机械结构及工艺方面的工作。

顾锦书(1988—),男,江苏盐城人,工程师,从事电力系统电子设备结构设计、研究、开发方面的工作。

### 参考文献:

- [1] 中国华电集团公司. 大型燃气-蒸汽联合循环发电技术丛书:控制系统分册[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

(本文责编:陆华)

### 作者简介:

赵光锋(1980—),男,浙江东阳人,工程师,从事燃气轮机发电集控运行(E-mail:xgtx@126.com)。

余亮(1976—),男,浙江金华人,工程师,从事燃气轮机发电技术管理(E-mail:14415227@qq.com)。