

燃气轮发电机组液压盘车系统的调试研究

任彦李磊左川

(华北电力科学研究院有限责任公司 北京 100045)

摘要:就国内某电厂SGT5-4000F燃气轮发电机组液压盘车系统的调试工作,对燃气轮发电机组液压盘车系统的基本原理、调试内容以及在调试过程中遇到的问题及解决办法加以介绍,为今后燃气轮发电机组液压盘车系统的调试提供借鉴与参考。

关键词:燃气轮发电机组; 液压盘车; 转速

Abstract: According to the commissioning of hydraulic turning gear system of SGT5-4000F gas-turbine generator in a domestic power plant, the basic principle and commissioning contents of hydraulic turning gear system in this gas-turbine generator are introduced as well as the problems encountered during commissioning and the corresponding solutions, which can provide a reference for the future commissioning of hydraulic turning gear system in other gas-turbine generators.

Key words: gas-turbine generator; hydraulic turning gear; rotating speed

中图分类号:TK414.1 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2016)01-0082-05

燃气轮机液压盘车装置是燃气轮机发电机组启动前及停机后带动轴系旋转的驱动装置。燃气轮机液压盘车装置位于燃机压气机轴承座端盖外侧,由外壳、液压马达、液压油缸、压缩弹簧、齿轮组、枢轴臂、电磁阀、限位开关和转速传感器等部件组成,使用顶轴油作为动力源。液压马达将油压力转换为扭矩,带动主动齿轮旋转。从动齿轮安装在枢轴臂上,与主动齿轮啮合。枢轴臂可通过液压油缸或压缩弹簧的驱动往复摆动,使从动齿轮与主轴齿圈处于啮合、脱开状态,并通过限位开关反映出来^[1]。

燃气轮机盘车装置主要有如下作用^[2-4]: 1) 燃气轮发电机组冲转前盘车,使转子连续转动,消除因转子静置导致的非永久性弯曲,并同时检查动静部分是否存在摩擦; 2) 燃气轮发电机组的启动程序依次为盘车、冷拖、点火。燃气轮发电机组冷拖必须在燃气轮机盘车的基础上进行。燃气轮机一旦进入冷拖状态或者转速高于盘车转速,盘车装置必须及时自动脱开; 3) 燃气轮发电机组停运时盘车,可以保证燃气轮机均匀的冷却,防止缸体变形和转子弯曲。

1 燃气轮发电机组液压盘车系统简介

某电厂“二拖一”SGT5-4000F燃气轮发电机组,包含2台SGT5-4000F燃气轮发电机组,2台

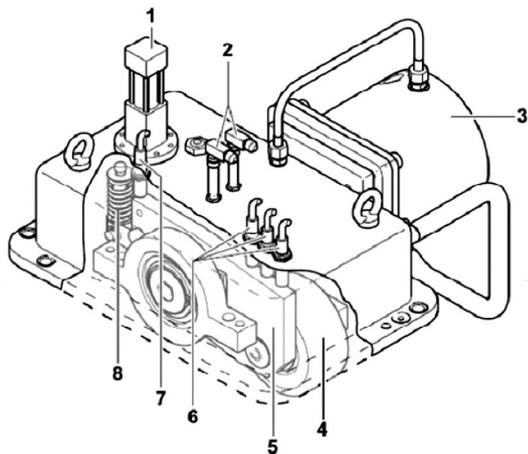
UG-SCC5-4000F-R余热锅炉和1台LZC(B)278.8-12.9/0.4/548/540汽轮发电机组^[5]。其中燃气轮发电机组液压盘车系统的调试,是燃气轮机调试过程中至关重要的一项工作。

针对燃气轮发电机组液压盘车系统的具体调试内容进行简要介绍,并就调试过程中遇到的实际问题以及解决办法加以论述,加深对燃气轮发电机组液压盘车系统调试工作的认识和熟练操作,为今后该项工作的进展提供参考和借鉴。

1.1 液压盘车装置简介

燃气轮机液压盘车装置结构如图1所示:液压油缸(1)通过枢轴臂(5)推动枢轴齿轮(4)与中间轴上的传动齿轮啮合。枢轴齿轮和传动齿轮的完全啮合由限位开关(7)指示(啮合信号)。液压马达的驱动力通过驱动装置和枢轴齿轮传递到转轴上。速度传感器(2)测量枢轴齿轮的转速。随着转子的转动,枢轴上的齿轮(4)被挤压到固定在中间轴的齿轮环上,它们仍旧保持啮合。然而,如果燃气轮机启动,安装在枢轴上的小齿轮(4)被燃气轮机驱动。这种情况下,齿上所受到的力使小齿轮(4)从它的啮合位置上挤压出来。对液压缸(1)供油中断,此时由于弹簧(8)的作用安装在枢轴上的小齿轮从啮合位置退出。如果枢轴臂退出啮合位置,限位开关(6)发出“退出啮合”的信号。3个限位开关为冗余

设置,确保安全^[6]。



1- 液压油缸; 2- 速度传感器; 3- 液压马达;
4- 枢轴齿轮; 5- 枢轴臂; 6- 限位开关(信号“退出啮合”);
7- 限位开关(信号“啮合”); 8- 弹簧

图 1 燃气轮机盘车装置外形图

燃气轮机盘车装置的运行状态有以下 3 种:

1) 静止状态自动启动: 枢轴齿轮被推动到啮合位置。如果小齿轮上的齿与齿圈上的齿尚未啮合, 液压马达带动枢轴小齿轮低速转动。在完全啮合后限位开关发出啮合信号。此后, 液压马达满功率启动, 转子被加速到盘车转速。

2) 燃气轮机减速滑行时的自动盘车: 当转子达到指定的转速时(大约为盘车速度的 2 倍), 控制装置启动液压马达。控制器比较枢轴齿轮和传动齿轮的转速。在此期间, 安装在枢轴上的枢轴齿轮处在“锁定”位置。当达到盘车速度时, 液压油缸推动枢轴齿轮啮合。盘车装置带动转子以盘车速度转动。

3) 关闭盘车装置: 控制装置中断液压油缸的供油。枢轴上的小齿轮退出啮合位置。限位开关发出“退出啮合”信号。液压马达关闭。

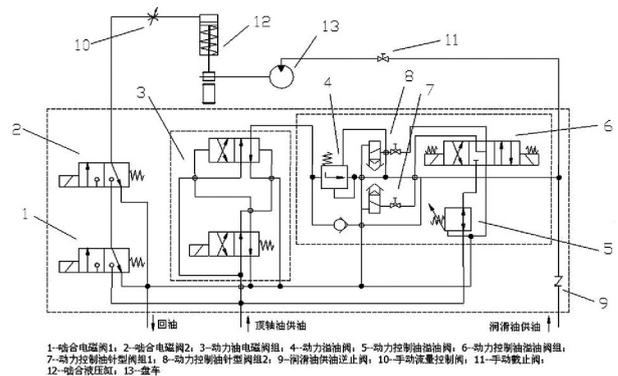
1.2 液压盘车控制模块简介

燃气轮发电机组液压盘车系统需要实现三大功能^[7]。第一, 驱动盘车装置带动燃气轮机转子由静止状态升速至盘车稳定转速, 维持于 2 Hz。第二, 在燃气轮机转子转速高于盘车装置齿轮转速时, 盘车装置能够及时脱开并降至零转速。第三, 在燃气轮机转子由高速状态惰走时, 盘车装置能够及时启动并啮合转子至成功盘车。

燃气轮发电机组的液压盘车控制模块就是为实现上述功能而开发的。盘车控制模块是一个整体的阀块, 通过控制系统可以调节盘车齿轮的啮合与盘

车马达的转速。盘车控制模块的油源, 一路取自润滑油, 一路取自顶轴油。如图 2 所示, 液压盘车控制模块, 包括盘车啮合油管路和盘车动力油管路。盘车啮合油管路, 含有啮合电磁阀 1(1) 和啮合电磁阀 2(2)。盘车动力油管路, 含有动力油电磁阀组(3)、动力油溢油阀(4)、动力控制油溢油阀(5)、动力控制油电磁阀组(6)、动力控制油针型阀组 1(7) 和动力控制油针型阀组 2(8)、润滑油供油逆止阀(9)。另外, 在盘车控制模块外, 啮合油管路上有 1 个手动流量控制阀(10), 动力油管路上有 1 个手动截止阀(11)。

当液压盘车控制模块的电磁阀都不带电时, 啮合油管路和动力油管路均隔离顶轴油供油, 只有润滑油一路供盘车装置, 供润滑齿轮的作用。当啮合电磁阀 1 和电磁阀 2 打开时, 顶轴油供至盘车啮合液压缸, 推动枢轴臂上带动盘车装置的从动齿轮与转子齿圈啮合; 当盘车动力油电磁阀组带电打开时, 顶轴油再经过动力油溢油阀, 供至盘车主动齿轮, 推动主动齿轮做功。而另外有一路顶轴油, 通过动力控制油溢油阀、动力控制油电磁阀组、以及动力控制油针型阀组 1 和针形阀 2, 去控制供盘车主动齿轮的顶轴油量, 从而调节液压盘车装置的做功能力, 最终调节的是燃气轮发电机组转子转速。



1- 啮合电磁阀 1; 2- 啮合电磁阀 2; 3- 动力油电磁阀组; 4- 动力溢油阀; 5- 动力控制油溢油阀; 6- 动力控制油电磁阀组;
7- 动力控制油针型阀组 1; 8- 动力控制油针型阀组 2; 9- 润滑油供油逆止阀; 10- 手动流量控制阀; 11- 手动截止阀;
12- 啮合溢油阀; 13- 盘车

图 2 燃气轮机液压盘车控制模块系统图

2 2 号燃气轮发电机组液压盘车系统的调试步骤

该电厂“二拖一”SGT5-4000F 燃气轮发电机组包含 2 台燃气轮发电机组和 2 套液压盘车装置, 2 套液压盘车装置分别拖动对应的 2 台燃气轮发电机组。现暂且用 2 号燃气轮发电机组液压盘车系统的调试为例介绍, 1 号燃气轮发电机组液压盘车系统的调试步骤类似。

2.1 燃气轮发电机组液压盘车系统调试前的准备工作

热工专业: 1) 检查 2 号燃气轮发电机组盘车顺控的逻辑是否完整, 且具备顺控启动条件; 2) 燃气轮发电机组本体测点均传动正常, 例如瓦温、瓦振、轴振等。

机务专业: 1) 闭式冷却水系统正常投入, 且闭式冷却水泵投联锁。闭式水系统母管压力正常, 管路无泄漏等。2) 润滑油系统、顶轴油系统、液压间隙优化系统(hydraulic clearance optimization, HCO) 系统正常投入。交流润滑油泵投联锁, 且润滑油压正常, 直流润滑油泵送电并置远方工作位; 顶轴油泵投联锁, 且顶轴油压正常; HCO 系统启动正常, 且燃气轮机由 HCO 系统推至辅推位。3) 发电机密封油系统正常投入, 密封油油氢差压和空氢侧密封油差压均正常, 空侧交流密封油泵投联锁、氢侧交流密封油泵投联锁且空侧直流密封油泵送电并置远方工作位。4) 燃气轮机压机进气挡板门全开。这是因为燃气轮发电机组盘车期间, 会形成一定的空气流通。

若燃气轮发电机组盘车期间出现以下情况之一, 应立即停止检查: 1) 若润滑油、顶轴油系统发生异常, 如油压过低、油管或法兰连接处胀开, 系统漏油时; 2) 发电机密封油系统发生异常, 如油氢差压过低、发电机消油箱液位过高; 3) 盘车期间, 燃气轮发电机组动静摩擦检查时, 就地发现异音; 4) 盘车期间, 燃气轮发电机组本体参数异常, 如瓦温、瓦振、轴振等偏高。

2.2 燃气轮发电机组液压盘车系统的调试过程

燃气轮发电机组液压盘车系统的调试, 总体分为两部分: 静态调试和动态调试。

静态调试盘车控制模块过程如下: 1) 盘车啮合油一路管道排油放气。启动润滑油泵, 顶轴油泵。解开啮合油管路至盘车装置处锁母, 先将啮合电磁阀 1 和电磁阀 2 打开, 手动调节流量控制阀, 排油放气直至无气体排出。恢复啮合油管路。2) 试验啮合信号: 盘车装置上有 3 个灯表示啮合脱开, 1 个灯表示啮合到位。对应远方的脱开和啮合信号。试验完后关闭啮合电磁阀 1 和电磁阀 2。3) 盘车动力油一路调试: 打开动力油一路的手动截止阀, 从远方 TCS 画面可以观察到盘车转速(较低), 此时应为润滑油一路供油至盘车装置, 从而证实润滑油至盘车供油一路畅通。之后, 将动力油电磁阀组打开, 再将

动力控制油电磁阀组调至全开状态, 盘车齿轮转速上升至额定转速。调试完毕, 恢复至初始状态。

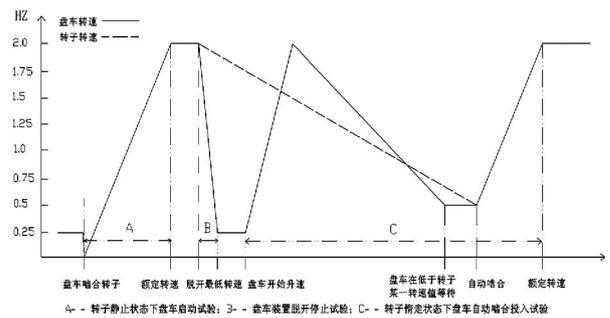


图 3 动态调试下的盘车转速和燃气轮机转子转速示意图

动态调试盘车控制模块, 实现 1.1 节中所述的液压盘车装置的 3 种运行状态。调试过程中的盘车转速和燃气轮机转子转速示意图, 见图 3。1) 燃气轮发电机组转子静止状态下, 液压盘车装置启动试验。首先, 手动盘动转子, 确认无卡涩; 之后, 打开盘车啮合油一路的手动流量控制阀和动力油供油一路的手动截止阀, 盘车齿轮在润滑油供油的作用下达到低转速 0.25 Hz; 其次, 投入盘车启顺控, 啮合电磁阀 1 和电磁阀 2 先带电打开, 啮合信号来, 同时盘车齿轮降至零转速; 然后动力油电磁阀组带电打开, 动力控制油电磁阀组也带电打开直至全开位。随着动力控制油电磁阀组的打开, 盘车带动转子升速至额定转速 2.0 Hz。2) 液压盘车装置脱开停止试验。投入盘车停顺控, 首先啮合电磁阀 1 和电磁阀 2 失电关闭, 盘车脱开信号来。然后动力油电磁阀组失电关闭, 顶轴油截断后, 盘车转速迅速下降至低转速 0.25 Hz(盘车脱开后, 润滑油通过供油逆止门至盘车装置, 故盘车齿轮仍有低转速), 而燃气轮发电机组转子则进入惰走阶段。3) 转子惰走的情况下, 液压盘车装置自动啮合投入试验。在上一步盘车脱开之后转子惰走的过程中, 投入盘车启顺控, 盘车动力油电磁阀组先带电打开, 盘车齿轮转速迅速上升至额定转速 2.0 Hz; 之后, 控制系统通过伺服卡, 不断地比较盘车齿轮转速和转子转速, 自动调节盘车转速在低于转子转速的某一值等待; 直到两者转速一致, 盘车啮合电磁阀 1 和电磁阀 2 打开, 盘车装置啮合转子齿轮; 然后动力控制油电磁阀组全开, 液压盘车装置带动转子升至额定转速。

3 2 号燃气轮发电机组液压盘车系统调试过程中遇到的问题

在上面所述的燃气轮发电机组液压盘车系统的

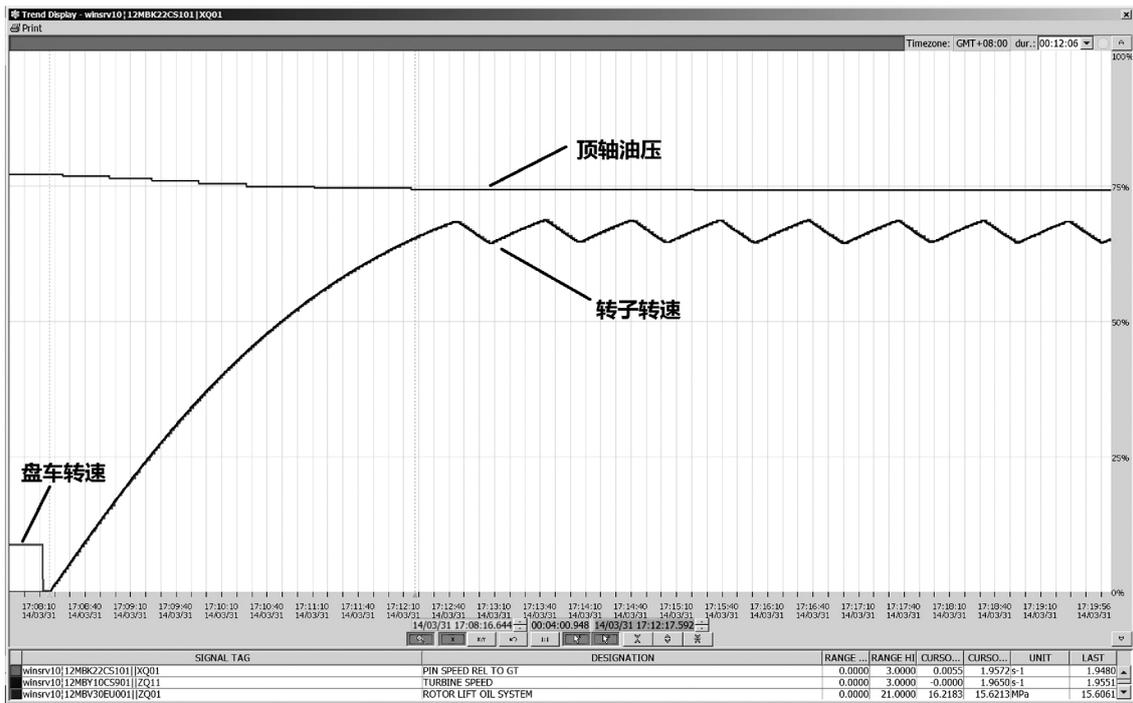


图 4 2 号燃气轮发电机组液压盘车模块调整前的转速历史趋势图

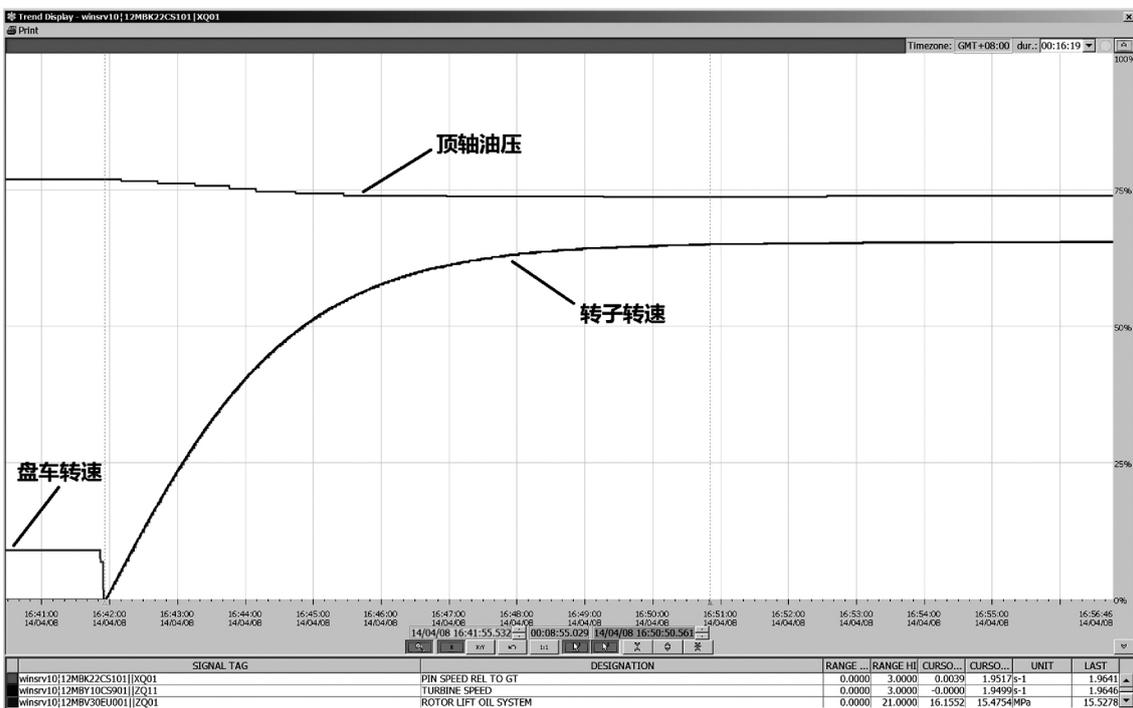


图 5 2 号燃气轮发电机组液压盘车模块调整后的转速历史趋势图

调试过程中,盘车装置带动燃气轮发电机组转子实现盘车的 3 种运行状态,均已调试合格。但在现场调试中,也出现了一个重要问题。如图 4 所示 2 号燃气轮机在盘车额定转速 2.0 Hz 附近左右波动,很明显,这种无法定速的现象是不符合盘车要求的。

调试人员研究认为,这是由于 2 号燃气轮机液压盘车控制模块存在转速过调,从而导致盘车装置

出现转速波动的现象。在调整液压盘车控制模块的动力油溢油阀和动力控制油溢油阀后,这种现象得到明显改善,如图 5 所示。

这种调整的原理是:通过调整液压盘车控制模块的动力油溢油阀,使得液压盘车动力油供油压力降低;调整液压盘车动力控制溢油阀,使得液压盘车动力油的控制油压降低。两者综合调整后的结果就

是: 液压盘车装置转速上升曲线变得更为平缓, 到达额定转速后过调现象基本消失; 而相对的影响是从零转速到达额定转速的启动时间变得更长(从调整前的 4 min 27 s 变为调整后的 11 min), 且最高转速也有些微降低(从调整前的 2.05 Hz 降低到调整后的 1.96 Hz)。最终的调整效果, 是满足燃气轮发电机组液压盘车装置设计要求的。

4 结 论

燃气轮发电机组液压盘车装置不同于传统的电动盘车装置, 其驱动力来自于顶轴油, 额定转速较高, 且实现了液压盘车装置三大功能的自动化, 如 1.2 中所述。国内燃气轮机液压盘车装置多为进口设备, 因国外厂家的技术保密, 燃气轮发电机组液压盘车系统的现场调试常困难重重。就该燃气轮发电机组液压盘车系统的基本原理, 调试内容和步骤, 以及调试过程中遇到的问题, 进行了较为仔细的研究和论述。

1) 介绍了燃气轮发电机组液压盘车装置和盘车控制模块的基本原理, 并就国内某电厂 SGT5 - 4000F 燃气轮发电机组液压盘车系统的调试过程进行了较为详细的描述, 包括液压盘车系统调试前的准备工作和液压盘车装置 3 种运行状态的调试过程。

2) 介绍了该电厂 2 号燃气轮发电机组液压盘车系统调试工作中遇到的问题, 即液压盘车控制模
(上接第 57 页)

的因素, 考虑到开关的实际分断时间一般在 60 ~ 80 ms 左右, 线路保护装置测距一般在保护动作后 10 ms 取数据窗进行计算测量阻抗;

2) 在纵联距离保护和光纤差动保护配合时, 如果纵联距离慢动且开关快切时, 则有可能出现远端的纵联距离保护测距不准的情况, 近端由于有其他保护快速动作, 一般不会出现该情况;

3) 现场分析优先采用光纤差动保护的测距结果, 纵联距离测距结果用以辅助, 还可以借助故障录波器测距结果, 或者专门的行波测距结果;

4) 建议加快电网线路保护双光纤化改造, 及行波测距主站, 实现故障点快速定位。

参 考 文 献

[1] 葛耀中. 新型继电保护和故障测距的原理与技术 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2007: 256 - 333.

块存在过调现象, 导致盘车装置的转速波动; 并同时论述了该问题的解决办法, 即通过调整液压盘车控制模块的动力油溢油阀和动力控制油溢油阀, 降低液压盘车动力油供油压力和动力油的控制油压力, 使得液压盘车装置转速上升曲线变得更为平缓, 过调现象基本消失。

参 考 文 献

[1] 上海电气. SGT5 - 4000F 燃气轮机盘车装置安装调试手册 [R]. 上海: 上海电气电站设备有限公司, 2013.
[2] 杨顺虎. 燃气 - 蒸汽联合循环发电设备及运行 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003: 193 - 194.
[3] 张旋洲. 燃气轮机运行故障及典型事故的处理 [J]. 燃气轮机技术, 2006, 19(1): 64 - 67.
[4] 陈荣泉. PG6541B 燃气轮机盘车系统的缺陷及解决办法 [J]. 燃气轮机技术, 2000, 13(4): 56 - 58.
[5] 李磊. 北京西北热电厂中心京能燃气热电厂项目“二拖一”机组燃气轮机润滑油系统调试措施 [R]. 北京: 华北电力科学研究院有限责任公司, 2013.
[6] 上海电气. SGT5 - 4000F 燃气轮机盘车装置运行维护手册 [R]. 上海: 上海电气电站设备有限公司, 2013.
[7] 上海电气. SGT5 - 4000F 燃气轮机运行维护手册 [R]. 上海: 上海电气电站设备有限公司, 2013.
[8] 上海电气. SGT5 - 4000F 燃气轮机润滑油模块运行维护手册 [R]. 上海: 上海电气电站设备有限公司, 2013.

(收稿日期: 2015 - 11 - 27)

[2] 林富洪, 曾惠敏. 基于分布参数模型的高压输电线路单相接地故障单端测距方法 [J]. 电网技术, 2011, 35(4): 201 - 205.
[3] 夏经德, 索南加乐, 王莉, 等. 基于输电线路纵向阻抗纵联保护新原理的研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(4): 43 - 51.

作者简介:

陈 军(1974), 硕士、高级工程师, 主要从事电网调度自动化工作;

张 丽(1982), 硕士、工程师, 主要从事电力系统继电保护工作;

南东亮(1985), 硕士、工程师, 主要从事电力系统继电保护工作;

常喜强(1976), 硕士研究生导师、高级工程师, 主要从事电网运行控制管理工作;

张 锋(1978), 硕士、工程师, 主要从事电网运行控制管理工作;

牛嘉鑫(1988), 硕士、工程师, 主要从事电力系统继电保护工作。
(收稿日期: 2015 - 08 - 17)