

6kV 真空接触器分闸固有延时测试及其保护配合整定方法的研究与应用

曾维哲, 叶俊锋, 黄修喜, 黄文斐

华能海南发电股份公司东方电厂检修部, 海南 东方 572600

Research and Application of Opening Inherent Delay Test and Protection Coordination Setting Method for 6kV F-C

Zeng Wei-zhe, Ye Jun-feng, Huang Xiu-xi, Huang Wen-fei

Dongfang Power Plant Maintenance Department of Huaneng Hainan Power Generation Co., Ltd,
Hainan Dongfang 572600

摘要: 针对 6kV 真空接触器在合闸瞬间发生接地短路故障的极端条件下会出现较长的分闸固有延时现象, 造成保护发生越级跳闸的安全隐患问题。本文提出了一种 6kV 真空接触器分闸固有延时测试及其保护配合整定方法, 通过分析真空接触器的控制回路接线和保护整定值情况, 结合试验设计与安全措施执行, 真实模拟出开关合闸于接地短路故障时的动作分闸情况, 进而使真空接触器分闸固有延时与零序保护动作时间整定值的匹配性关系得到校核, 避免了开关在合闸瞬间发生接地短路故障时因开关分闸固有延时问题而导致保护越级跳闸, 提高了设备运行的可靠性, 为合理设定开关的零序保护动作时间定值提供了有力的指导依据。

关键词: 真空接触器; 分闸固有延时; 整定配合; 校核方法

ABSTRACT: In view of the extreme conditions of 6kV F-C in the ground short circuit fault at the moment of closing, there will be a long inherent delay phenomenon of opening, resulting in the safety hazard problem of protecting the occurrence of leapfrog tripping. In this paper, a 6kV F-C opening inherent delay test and its protection coordination tuning method are proposed. By analyzing the wiring and protection setting value of the control loop of the F-C, combined with the experimental design and the execution of safety measures, the action opening situation of the switch closing in the ground short circuit fault is truly simulated. The matching relationship between the inherent delay of the opening of the F-C and the setting value of the zero-sequence protection action time was further checked, avoid the protection trip due to the inherent delay problem of the switch opening when the switch is closed with a ground short circuit fault at the moment of closing, improved reliability of equipment operation, it provides a strong guiding basis for reasonably setting the zero sequence protection action time setting of the switch.

KEY WORD: F-C; inherent delay of opening; setting coordination; check method

1 前言

6kV 真空接触器分断关合能力测试是一项极其重要的工作, 采用传统方法对开关的动作特性进行测试时, 仅能反映出开关正常分合闸时的机械特性, 未能全面反映开关在极端条件下分合闸时的特性[1]。例如在开关合闸的瞬间发生单相接地故障时, 若开关合闸线圈中仍存在剩磁, 此时开关的动作分闸特性会受到一定的影响, 出现因真空接触器开关分闸延时而造

成保护越级跳闸的隐患。例如 2018 年某电厂曾发生一起机组 6kV 工作段母线失电事件, 该母线段上的负载发生单相接地故障而其真空接触器开关切除故障时间超限致使母线进线开关越级跳闸。该真空接触器开关在合闸瞬间发生单相接地故障, 开关保护装置零序过流保护延时 0.1S 动作出口, 真空接触器开关因合闸于故障的分闸固有延时为 0.75S, 零序过流保护动作后真空接触器开关未按 0.1S 的整定延时跳开, 而上一级进线开关由于整定动作延时 0.7S, 未

能躲开真空接触器开关合闸瞬间发生故障的情况下故障切除时间,从而造成保护越级动作导致母线失电、机组甩负荷[2]。经考证HN46AY-4L1型真空接触器普遍存在合闸于短路故障后出现较长的分闸固有延时现象,因此如何校核真空接触器合闸于故障后的分闸固有延时时间成为了火电厂现阶段急需解决的问题[3]。现有技术中对于真空接触器固有分闸延时与零序保护时间整定的匹配性校核问题,目前尚缺乏有效的解决方案[4]。

2 真空接触器的工作原理

高压真空接触器通常由绝缘电框架、金属底座、传动拐臂、电磁系统、辅助开关及真空开关管等部件组成[5]。HN46AY-4L1型真空接触器为电磁合闸机械自保持式,合闸时合闸线圈得电产生合闸磁场BH,对合闸线圈前的铁板产生合闸磁力FH,铁板被吸引后带动机构使真空接触器合闸,随后被保持机构卡住使接触器保持合闸状态,同时铁板上的弹簧储能用以分闸。合闸后的保持机构若受到作用力F,且F大于自保持机构自身的脱扣力FK时可使真空接触器分闸。分闸时分闸线圈得电产生分闸磁场BF,对分闸线圈前的铁板产生分闸磁力FF,吸引分闸铁板击打保持机构按钮,满足 $FF > FK$ 时保持机构动作,弹簧释放能量,真空接触器分闸[6]。

在真空接触器合闸后合闸线圈中会存在剩磁,磁力FH并未立即消失,而是随着时间进行衰减,当 $FF-FH > FK$ 时开关就能可靠分闸。用TS表示分闸脉冲发出后合闸剩磁吸力FH衰减至 $FF-FH=FK$ 的时间,该时间与接触器分闸固有延时时间 ΔT 相对应。根据厂家的技术说明书,一般真空接触器单次合闸时间应小于140ms,单次分闸时间为20ms,而真空接触器的TS控制在100ms内可认为是安全可靠的,不会造成保护越级跳闸[7]。

3 真空接触器固有分闸延时与零序保护时间整定匹配性校核方法

3.1 校核试验方案

通过选取真空接触器开关作为试验对象并

确认执行好安全措施,结合试验设计临时搭接真空接触器开关合闸回路接线和设置微机继电保护测试仪的状态序列逻辑,进而模拟出开关合闸于接地故障时的动作分闸情况。通过依次设定开关不同的零序保护动作时间定值,重复模拟多次开关合闸于接地故障的试验并分析记录开关分闸固有延时时间,从而校核得到真空接触器分闸固有延时与零序保护动作时间整定值的匹配性关系[8]。

3.2 校核方法步骤

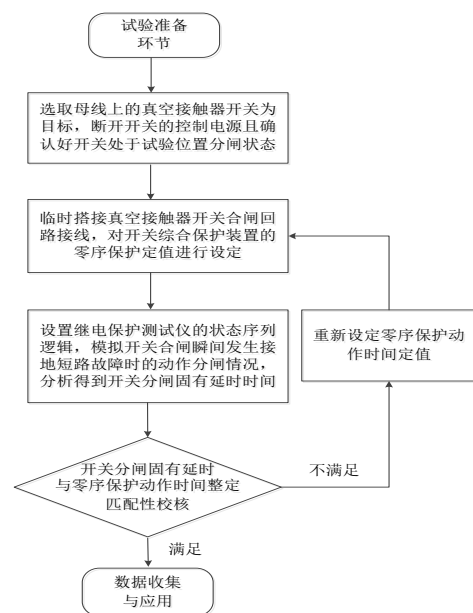


图1.真空接触器分闸固有延时与零序保护时间整定匹配性校核流程图

Fig.1 Flow chart for checking the matching between the inherent delay of F-C opening and the zero sequence protection time setting

真空接触器分闸固有延时与零序保护时间整定匹配性校核方法可以归纳为以下4步执行: S1: 选取母线段上的真空接触器开关为目标,断开开关的控制电源且确认好开关处于试验位置分闸状态; S2: 临时搭接真空接触器开关合闸回路接线,对开关综合保护装置的零序保护定值进行设定; S3: 设置微机继电保护测试仪的状态序列逻辑,模拟出开关合闸瞬间发生接地短路故障时的动作分闸情况,记录并分析出开关分闸固有延时时间来进行匹配性校核,若满足运行规程要求则进行数据收集与应用。

用，否则重新设定零序保护动作时间定值，返回至步骤 S2 重新执行校核。真空接触器分闸固有延时与零序保护时间整定匹配性校核流程如图 1 所示。

4 现场校核试验论证

4.1 校核试验安全措施执行

真空接触器分闸固有延时与零序保护时间整定匹配性校核试验开始前需对所选的负载电动机状态进行确认，核对确认好负载电动机为停运状态，其真空接触器开关控制回路正常且处于试验位置分闸状态，并确保涉及到的负载设备现场无检修作业。

试验步骤 S1、S2、S3 和 S4 的具体操作流程为：（1）断开真空接触器开关的直流 110V 控制电源，确认开关的二次控制插头连接紧固。

（2）临时搭接真空接触器开关的合闸控制回路，如图 2 所示，将开关合闸线圈的负电端 HZ- 搭接在直流控制电源的负极 102，合闸线圈的正电端 HZ+ 则串接一个继电保护测试仪的开关量输出常开干接点（Binary Output 1）再搭接至直流控制电源的正极 101。该测试仪的开关量输出常开干接点用于真空接触器开关的合闸控制，并分别引接至 101 与 103 端子[9]。（3）对测试仪进行试验接线，将测试仪的三相电流输出接点采用测试线分别引接至开关控制柜内对应的三相负载电流端子排，接线时需断开电流端子排连接片使负载的电流互感器本体侧与开关综合保护装置侧隔离开，核对确认好测试仪的三相电流输出接点测试线分别引接至保护装置侧。（4）选取测试仪的一组开关量输入接点（Binary Input A）作为反馈接点用于返回开关的动作分闸时间，分别引接至开关的合闸位置接点 X3-1、X3-2 端子。（5）设置测试仪的状态序列逻辑，将状态一参数设置为三相电压和电流幅值均为 0，频率为 50HZ，测试仪开出设置为开关量输出接点（Binary Output 1）闭合用于真空接触器开关合闸控制，状态一的结束方式设置为开关量输入接点（Binary Input A）闭合，即开关合闸位置接点反馈回分位则执行下一状态。此外，状态一触发后需设置 0.005S 延时用于作为开关动作后的一个缓冲过程时间。（6）将测试仪的状态二参数三相电压幅值

设置为 0，电流幅值 A 相设为 0.42A 且 BC 两相设为 0，开关量输出接点（Binary Output 1）设为断开状态，状态二的结束方式设置为开关量输入接点（Binary Input A）分断，即开关合闸位置接点反馈回分位则结束试验。（7）将真空接触器开关的综合保护装置上电运行并进行零序保护定值设定，其中零序保护电流动作值 I_0 整定为 0.4A，动作时间 T_0 则依次整定为 0.1~0.6S。（8）通过执行测试仪的状态序列逻辑程序，真实模拟出开关在合闸瞬间发生接地故障时的动作分闸情景。（9）保持开关的零序保护电流动作值 I_0 不变，依次将零序保护动作时间定值 T_0 设定为 0.1S、0.2S、0.3S、0.4S、0.45S、0.5S 和 0.6S，通过反复多次地进行开关动作分闸试验测试即可校核出零序保护动作时间整定值与开关分闸固有延时之间的匹配性关系。

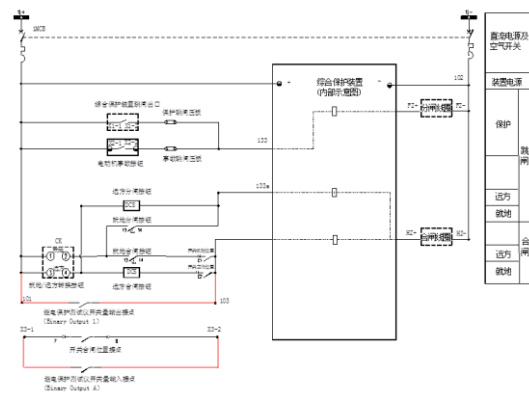


图 2.真空接触器开关控制回路接线图

Fig.2 F-C switch control circuit wiring diagram

4.2 校核验证分析过程

校核试验过程中需要记录每次开关动作分闸试验的返回时间 T_1 ，将开关动作分闸的返回时间 T_1 减去设定的零序保护动作时间定值 T_0 得到的差值即为开关分闸固有延时 ΔT 。一般情况下 ΔT 小于 100ms 则认为开关可靠分闸，能够满足运行要求。在开关动作分闸试验测试时，每设定一次零序保护动作时间定值则重复模拟进行 3 次开关合闸于接地故障时的动作分闸试验，测试结果如表 1 所示。

表 1.真空接触器动作分闸试验测试结果

Tab.1 Test results of F-C action opening test

定值 T_0 (s)	返回时间 T_1 (s)	分闸固有延时 ΔT (s)	结论
0.1	0.796/0.798/0.795	0.696/0.698/0.695	不合格
0.2	0.795/0.796/0.795	0.595/0.596/0.595	不合格
0.3	0.784/0.786/0.785	0.484/0.486/0.485	不合格
0.4	0.792/0.789/0.791	0.392/0.389/0.391	不合格
0.45	0.495/0.505/0.495	0.055/0.055/0.045	合格
0.5	0.550/0.556/0.550	0.050/0.056/0.050	合格
0.6	0.648/0.649/0.645	0.048/0.049/0.045	合格

从表格中的开关分闸固有延时时间来看,通过设定不同的零序保护动作时间定值来校核开关的分闸固有延时时间,可以看出当开关零序保护电流动作定值为0.4A,动作时间为0.45s之后的开关分闸固有延时均在100ms以内,零序保护按整定延时可靠出口动作,测得的开关分闸延时与厂家说明书规定的正常分闸时间相符,开关分闸动作特性如图3所示。因此,可以校核出开关零序保护动作时间的整定临界值为0.45s,只有当开关零序保护动作时间整定值大于0.45s时,开关才能够可靠地实现合-分闸动作,有效解决了真空接触器分闸固有延时与零序保护动作时间整定值之间的匹配性校核问题。

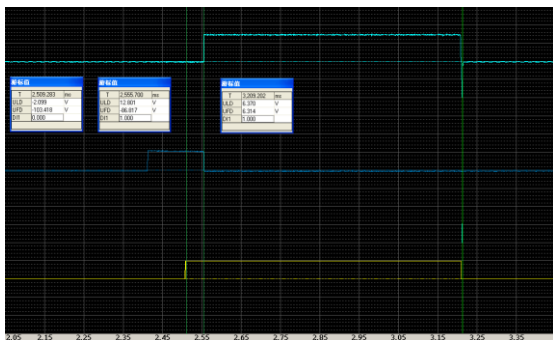


图 3.真空接触器分闸动作特性

Fig.3 Characteristics of F-C opening action

图注:上层浅蓝色为分闸脉冲波形,中间蓝色为合闸脉冲波形,下层黄色为真空接触器状态波形,低电平为分闸、高电平为合闸状态,横轴为时间轴,单位s。

5 结论

本文提供了一种6kV真空接触器分闸固有延时测试及其零序保护动作时间配合整定方法。通过试验前核对确认真空接触器开关负载设备的状态、设计试验并执行安措来真实模拟出开关在合闸瞬间发生接地短路故障时的动作分闸情景,进而测试出开关分闸固有延时时间,为真空接触器分闸固有延时与零序保护动作时间整定值之间的匹配性校核问题提供了有效的解决方案。

致谢

感谢东方电厂继电保护班组的同事用心配合和帮忙,使得论文研究过程中的很多数据及难点得以圆满解决,向评审论文的各位专家和老师表示衷心的感谢!

参 考 文 献

- [1] 王喆.熔断器与接触器组合中高压开关设备在发电厂的应用研究[D].哈尔滨工业大学,2012.
- [2] 黄修喜.6kV母线失电的原因分析及防范措施[J].电工技术,2020,(01):32-36.
- [3] 石灿,庄火庚.中压真空接触器分闸速度的分析与研究[J].电子科技,2017(02):30-32.
- [4] 李如波.F-C真空接触器在电动机保护中的整定计算[J].黑龙江科技信息,2009(36):18-21.
- [5] 高压真空接触器技术说明书[S].上海:上海富士电机开关有限公司,2005.
- [6] 王军玉,李建荣.高压真空接触器控制原理分析及优化设计[J].电力传动自动化,2011(04):87-88.
- [7] 陈飞,饶磊.高压断路器合分闸时间超标故障的处理[J].电世界,2013,(11):18-20.
- [8] 贺永刚,王利波.火电厂厂用电保护整定计算问题探讨[J].浙江电力,2013,(02):52-55.
- [9] 沈建位,杨文波.微机保护装置控制的高压真空接触器二次回路优化设计[J].电工技术,2020,(13):22-26.

作者简介:

曾维哲(1992-),女,海南海口人,本科,助理工程师,现主要从事发电厂继电保护检验相关工作,电子邮箱:344752612@qq.com.电话:13807580103.
通讯地址:海南省东方市八所镇华能三色湾小区