

220 kV变电站主变压器泡沫喷淋灭火系统防误动控制方案研究

主变压器自动灭火系统常发生误报警、误动作,严重危害着电力生产安全。以220 kV变电站主变压器泡沫喷淋自动灭火系统为例,对主变压器泡沫喷淋灭火系统误动原因及现有的防误动措施存在的问题进行综合剖析,提出基于主变压器三侧开关跳闸信号的防误动改进方案,并通过多方案的分析比较,最终推荐一种防误动的控制回路改进方案。

李 凡 曹建伟/国网浙江省电力公司湖州供电公司

0 引言

火灾对变电站的危害极大,对火灾的防范是保障电力设备安全、确保电力供应优质可靠的重要课题。为了保障变电站的安全、稳定运行,作为变电站最重要的设备之一,主变压器必须设置一种高可靠性、高灵敏度,同时不易产生误动作的自动灭火系统,而目前常规的主变压器自动灭火系统存在着误报、误动作问题,危害着变电站的运行安全。

以220 kV主变压器常用的合成泡沫喷淋灭火系统为例,对目前的主变压器自动灭火系统误动原因和联动控制方案存在的问题进行分析,提出电气控制回路的改进方案,有效降低主变压器自动灭火系统误动率。

关键词/Keywords

变压器 ·
自动灭火系统 ·
泡沫喷淋 ·
误动作 ·
改进方案 ·

1 合成泡沫喷淋灭火系统

1.1 系统原理

合成泡沫喷淋灭火系统^[1-3]是采用储存在储液罐中的高效合成泡沫灭火剂进行灭火的一种灭火系统。如图1所示,当变压器发生火灾时,主变压器感温电缆发出报警信号,通过火灾自动报警联

动控制或手动控制,消防主机自动发出命令,接通启动钢瓶电子启动阀(电磁阀),启动源将动力源中的高压氮气充入泡沫合成罐中,经15~30 s延时消防主机电子自动启动发出命令,接通主变压器电磁阀,使电磁阀门驱动装置动作,储液罐内的合成泡沫灭火剂在高压氮气驱动下,通过管道和水雾喷头将泡沫灭火剂喷射到发生火灾的变压器上,迅速冷却油表面,并产生一层阻燃薄膜,隔离变压器和空气,使之快速灭火。

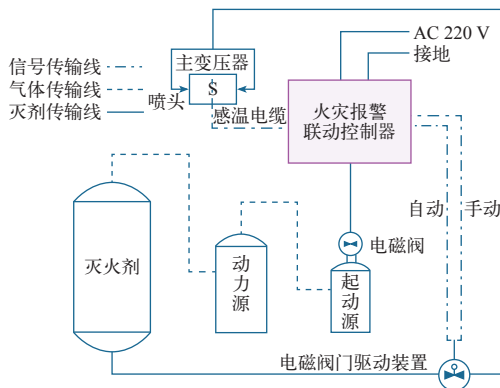


图1 主变压器泡沫喷淋系统原理图

1.2 联动控制方案

常用的合成泡沫喷淋灭火系统启动方案为:发生火灾时,通过感温电缆发出报警信号至火灾报警控制器,通过火灾自动报警联动控制或手动控制发出控制信号至泡沫喷淋端子箱,直接启动电磁阀和电动阀,对主变压器泡沫喷雾灭火,联动系统图如图2所示。

2 误动原因分析

变电站属于强磁场环境,主变压器

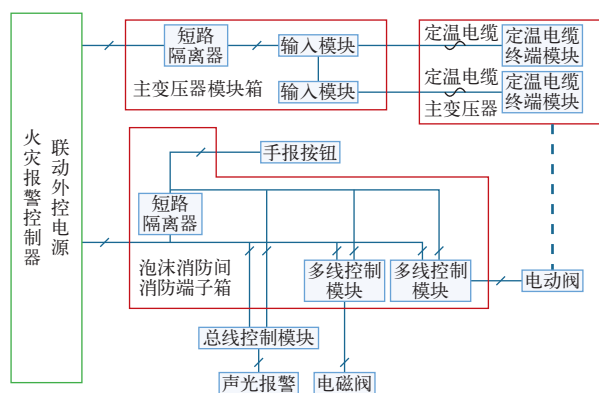


图2 联动控制系统图

附近的电磁场强度更大，如遇雷击、开关操作^[4]、电抗器投切和设备短路故障^[5]等情况都可能带来较大的电磁干扰，而常用的泡沫喷淋系统电气回路电源为DC 24 V，回路中有大量的低压电气模块，且常用感温电缆的报警电流不大于20 mA。如图3所示，以国家电网公司220-A1-1典型方案中主变压器消防系统平面布置图为例，主变压器感温电缆模块箱、泡沫消防间和主控楼消防主机相互间距离较远，三者之间电气回路的电缆及电气模块需要穿过或布置于主变压器或220 kV配电装置场地等强磁场区域，一旦再产生干扰信号，极易引起信号回路误报警或起动回路误喷。目前市场上的主变压器泡沫喷淋系统多为民用级，其电气回路在抗电磁干扰方面考虑不足，难以适应变电站的强磁场环境。

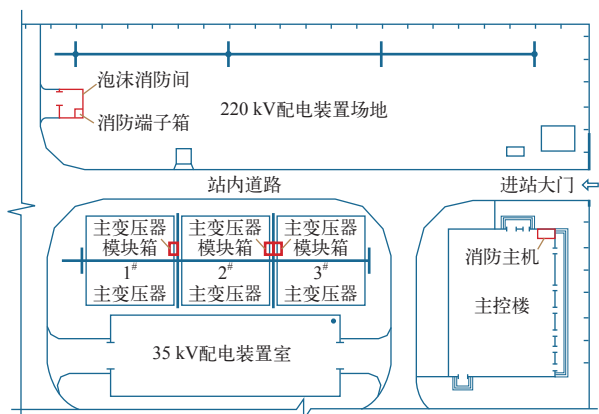


图3 220-A1-1典型方案主变压器消防系统平面布置图

目前多数变电站按无人值班设计，根据GB 50116—2013《火灾自动报警系统设计规范》^[6]中

第4.4.2条第4款要求：在平时无人工作的防护区，可设置无延时的喷射，应在接收到满足联动逻辑关系的首个联动触发信号后按本条第3款规定执行除起动气体灭火装置、泡沫灭火装置外的联动控制；在接收到第二个联动触发信号后，应起动气体灭火装置、泡沫灭火装置。因此可以认为，在无人值班的变电站，泡沫喷淋系统应设置在自动控制工作状态。常规方案系统回路中未设置防误动闭锁回路，一旦出现感温电缆误报警或起动回路误动，均可能在主变压器带电运行时误起动灭火系统，导致误喷，引起主变压器跳闸停电，危害变电站或电网的安全运行。

3 防误动方案现状

为避免自动模式下感温电缆误报警引起泡沫灭火系统误动作的问题，目前大多数变电站不得不将火灾报警主机设置手动模式下运行，发生火灾时通过人工操作起动灭火装置。在该模式下，感温电缆动作后，火灾报警主机仅发出报警信号，需人工起动灭火装置。起动操作流程如图4所示。

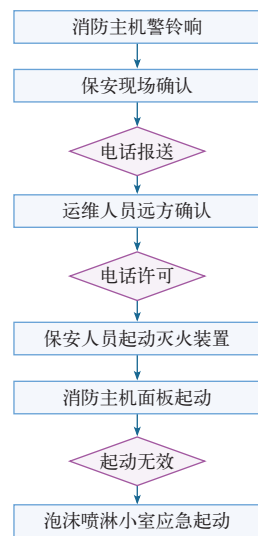


图4 手动模式下灭火系统起动操作流程

发生火灾，消防主机警铃响，面板报“主变压器感温电缆火警”信号，自动/手动按钮显示“手动”位置。保安人员到现场观察确定主变压器有明火，并电话汇报运维站本部，运维人员

通过监控画面及保护动作信号进行远方火灾确认后,运维值班负责人用录音电话许可保安人员操作起动主变压器泡沫灭火系统。保安人员优先选择消防主机面板起动,当消防主机起动无效时,需到泡沫喷淋小室现场应急起动。

手动模式下,感温电缆至火灾报警主机之间的信号回路的误报将不会引起泡沫喷淋系统误喷,虽在一定程度上减少误喷,但存在不足之处。

1) 该方案不符合GB 50116—2013《火灾自动报警系统设计规范》中第4.4.2条第4款“无延时的喷射”要求。

2) 虽在一定程度上限制了泡沫喷淋误动,但未能根本上解决自动模式下自动灭火系统误动作的问题。

3) 整个操作过程繁琐,耗时太长,一旦发生火灾,很难在火灾初期及时起动灭火装置灭火,容易引起事故扩大。

4) 整个流程中的关键节点和操作主要依赖变电站保安人员,对保安人员的个人能力要求较高,实际可操作性不高。

4 防误动改进方案

220 kV变电站主变压器配置有两套电气主保护、两套电气后备保护和本体非电量保护,若主变压器本体及套管附近区域发生故障均会瞬时跳开主变压器三侧开关,即主变压器一旦发生火灾,主变压器保护会立即动作跳开主变压器三侧开关。因此,为解决在自动控制工作状态下泡沫喷淋的误动问题,可以考虑将主变压器三侧开关信号作为防止泡沫喷淋系统在主变压器带电时误喷的闭锁信号,根据闭锁信号串入的位置不同,提出以下三个改进方案。

4.1 方案一:报警信号输入回路串入闭锁信号

在感温电缆报警信号输入回路中串入主变压器三侧开关跳闸信号作为闭锁回路,开关量输入装置就地布置在主变压器场地。

该方案联动控制原理图如图5所示。主变压器定温电缆接入主变压器模块箱,在主变压器模块

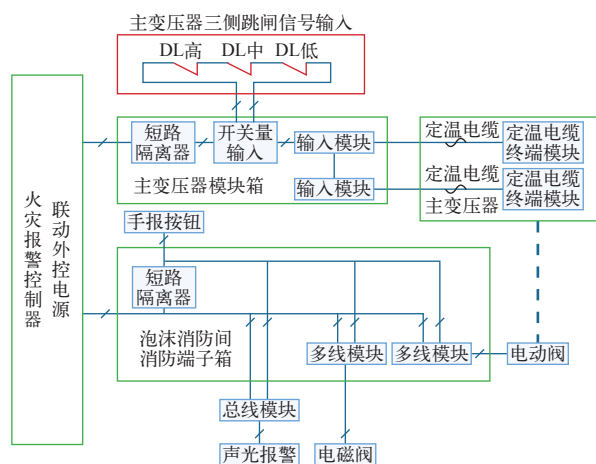


图5 方案一联动控制系统图

箱内将主变压器三侧开关跳闸信号通过开关量输入模块串联接入,作为防止主变压器泡沫灭火误动的措施,最后经短路隔离器接入火灾报警控制器,主变压器三侧跳闸信号和主变压器感温电缆同时报警应当起动主变压器合成泡沫喷淋系统,火灾报警控制器通过联动外控电源起动电磁阀及各主变压器喷淋管道的电动阀,实现对主变压器的泡沫喷淋灭火。

4.2 方案二:报警主机输出回路串入闭锁信号

在火灾报警主机输出回路中串入主变压器三侧开关跳闸信号作为闭锁回路,开关量输入装置布置在消防主机所在的消防控制室。

该方案联动控制原理图如图6所示。在火灾报警主机输出端串入主变压器三侧开关跳闸信号,作为防止主变压器泡沫灭火误动的措施,出现误报警时,若主变压器三侧开关未跳闸,主变压器

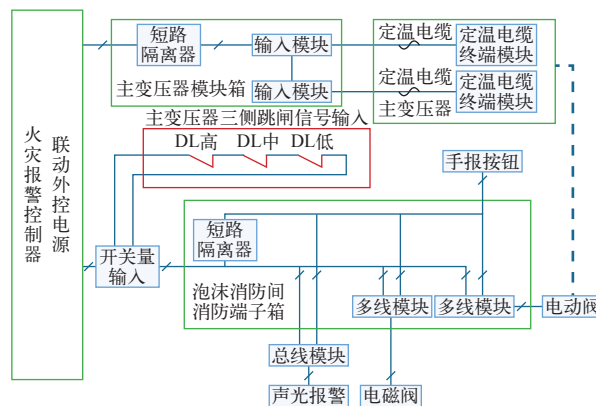


图6 方案二联动控制系统图

带电时闭锁信号将切断报警主机到泡沫小室输出回路的24 V电源, 泡沫喷淋系统将无法起动。

4.3 方案三: 电动(磁)阀起动回路串入闭锁信号

在主变压器泡沫喷淋系统电气回路的末端即电磁阀及电动阀起动回路串入闭锁信号, 开关量输入装置布置在泡沫小室内。

联动控制系统图如图7所示, 将主变压器三侧跳闸信号串入电气回路的最末端即主变压器泡沫喷淋电磁阀和电动阀起动回路, 作为防止主变压器泡沫灭火误动的措施, 即使电磁阀和电动阀之前的电气回路出线任何误动或干扰, 只要主变压器三侧开关未跳闸, 都无法起动泡沫喷淋系统, 主变压器三侧跳闸信号和主变压器感温电缆报警同时动作时起动主变压器合成泡沫喷淋系统。为提高抗电磁干扰能力, 输入到泡沫小室的主变压器三侧跳闸信号采用220 V或110 V直流信号, 在泡沫小室内通过大功率隔离继电器转换信号。

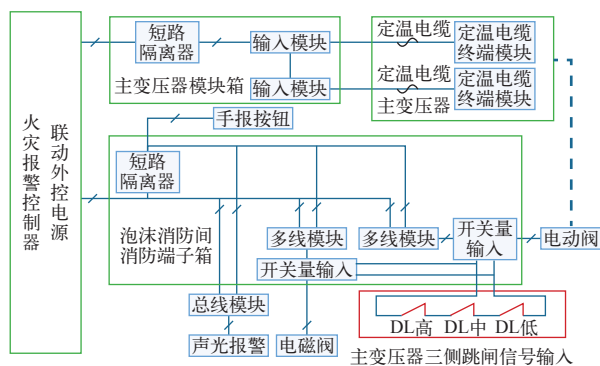


图7 方案三联动控制系统图

4.4 方案比较

(1) 方案一

优点: 一定程度上能减少误报、误动的概率。

缺点: 虽然在火灾探测信号回路串入了主变压器三侧开关位置信号, 但在主变压器感温电缆模块箱至火灾报警主机及火灾报警主机至泡沫喷淋室间均无有效的防误动措施, 该部分电气回路为24 V系统, 且报警主机至泡沫小室间电缆经过主变压器附近的强磁场区域, 容易受电磁干扰产生误动, 不能实现主变压器泡沫喷淋灭火系统整个

回路的防误动闭锁控制, 若泡沫喷淋在自动模式下运行, 仍存在误动风险。

该方案若主变压器三侧不跳闸则感温电缆报警信号进不了报警主机, 当出现主变压器着火而主变压器三侧未跳闸时, 消防主机将无报警信号, 存在着一定的安全隐患。

(2) 方案二

优点: 闭锁范围大于方案一, 实现了感温电缆到报警主机间的电气回路防误闭锁, 且感温电缆报警信号能及时输入到消防主机。

缺点: 在报警主机至泡沫喷淋室起动电磁阀及电动阀间无有效地防误动措施, 该部分电气回路暴露在强磁场区域, 容易受电磁干扰产生误动, 仍未实现整个电气回路的电气闭锁。

(3) 方案三

优点: 闭锁范围大于方案一、方案二, 方案三在电气回路的末端即电磁阀和电动阀的起动回路增加主变压器三侧开关位置信号进行闭锁判断, 实现整个电气回路的防误动闭锁。

暴露在强磁场区域的闭锁信号回路采用220 V或110 V直流电源, 提高了抗电磁干扰能力, 保证了泡沫喷淋系统的起动回路有效闭锁。

缺点: 该方案闭锁回路需增加大功率变隔离继电器, 较方案一、方案二投资稍有增加。

主变压器正常操作三侧开关检修时, 上述三种方案均存在泡沫喷淋装置误起动的风险。为防止主变压器正常操作三侧开关检修时误动, 方案三泡沫喷淋装置应改为手动方式, 此要求应列入变电站主变压器泡沫喷淋系统运行规范中。

通过以上比较, 方案三抗干扰能力和防误动闭锁范围均优于方案一、方案二, 方案三有效地解决了主变压器泡沫喷淋系统在自动模式下的误喷问题。目前, 方案三已在浙江省湖州地区220 kV变电站试点运行, 至今为止运行效果良好, 主变压器泡沫喷淋灭火系统误动率得到有效降低, 验证了该改进方案的有效性。

5 结束语

对目前220 kV主变压器常用的合成泡沫喷淋

灭火系统,误动原因及联动控制方案存在的问题进行分析,提出主变压器泡沫喷淋系统防误动改进方案,并进行多方案分析比较,最终推荐通过在电气回路末端电磁阀和电动阀的起动回路串入主变压器三侧开关位置信号作为闭锁条件的控制方案,有效地解决了主变压器自动灭火系统在自动模式下误动作的问题,目前该方案试点运行效果良好,具有较高推广应用价值。

通过增加闭锁的方式有效控制了主变压器消防系统的误动,但若要从根源上解决主变压器消防系统误动问题,需要提高主变压器消防系统的抗干扰能力,建议后期考虑将主变压器消防系统电源电压提高至同变电站直流电源系统,从而提高整个系统的抗电磁干扰能力。

参考文献

[1] GA 834—2009 泡沫喷雾灭火装置[S].北京:中

国标准出版社,2009.

[2] 张晓镭.山西地区220 kV户外变电站主变消防系统的比选[J].山西建筑,2015,2(6):114-115.

[3] 傅胜兰,黄建伟,林洁.油浸电力变压器消防系统设计技术研究[J].防科学与技术,2010,29(12):1089-1091.

[4] 李清泉,李彦明,牛亚明.变电站开关操作引起的瞬间电磁场及其防护[J].高电压技术,2001,8(4):65-67.

[5] 龚学海,何金良.变电站工频短路时的电磁环境分析[J].高电压技术,2009,35(4):855-860.

[6] GB 50116—2013 火灾自动报警系统设计规范[S].北京:中国计划出版社,2013.

(收稿日期:2016-03-02) **EA**

(上接第20页)

护产生影响。将海缆的零序过电流保护变为零序差动保护,接地变压器增设零序方向电流保护后则可解决保护误动作问题。本文所提出的继电保护改进方法适用于其他中性点小电阻多点接地配电网系统的保护配置和整定。

参考文献

[1] 王澜.石化系统中性点经小电阻接地系统接地保护方案探讨[J].电气应用,2010(18):28-31.

[2] 夏天.小电阻接地系统继电保护的研究和整定计算[D].北京:清华大学,2005.

[3] 贺家李,李永丽,董新洲,等.电力系统继电保护原理[M].4版.北京:中国电力出版社,2010.

[4] 陈怡,蒋平,万秋兰,等.电力系统分析[M].

北京:中国电力出版社,2005.

[5] 曾国,何晓章,孙珊,等.110 kV电阻接地配电网的接地保护研究[J].电气制造,2013(3).

[6] 张宇东.中性点不接地变压器零序电压保护整定[J].广东输电与变电技术,2005(6):45-46.

[7] 中国华电集团公司电气及热控技术研究中心.电力主设备继电保护的理论与实践及运行案例[M].北京:中国水利水电出版社,2009.

[8] 中国航空工业规划设计研究院.工业与民用配电手册[M].3版.北京:中国电力出版社,1999.

[9] 王维俭.电力主设备继电保护原理及应用[M].2版.北京:中国电力出版社,2002.

[10] 陈根永.电力系统继电保护整定计算原理与算例[M].北京:化学工业出版社,2013.

(收稿日期:2015-12-20) **EA**