一种适用于油浸变压器的智能灭火控制系统设计

张　立，刘栋梁，雷乘龙，刘虹斌

（国网天水供电公司，甘肃 天水 741000）

摘要：目前控制主变压器排油注氮灭火装置系统是通过电磁继电器协作来达成逻辑判断和出口动作，但制造电磁继电器的厂家数目巨大、质量良莠不齐，面对干扰有较差的应对能力，故出现了较多由于继电器误动作导致变压器跳闸的事件。因而，保证主变压器排油注氮灭火控制装置可靠运行是维持电网稳定的基石。设计了一种适用于油浸变压器的智能排油注氮灭火控制系统，以控制装置微机化为思路，以强大的微电子技术为支撑，并参考微机型变压器的非电量保护装置，与当前排油注氮灭火装置经典二次逻辑结合，研发出性能稳定、自动化水平高的微机型主变压器排油注氮灭火装置，实现对传统控制装置的整体替换。

关键词：变压器；排油注氮；控制系统；一体化设计

Design of an intelligent fire extinguishing control system for oil immersed transformer

ZHANG Li, LIU Dongliang, LEI Chenglong, LIU Hongbin

(Tianshui Power Supply Company of State Grid Gansu Electric Power Company, Tianshui 741000, China)

Abstract: The existing control system of main transformer oil drainage nitrogen injection fire extinguishing device is a large number of electromagnetic relay combinations to achieve logical judgment and export action function. Due to the large number of electromagnetic relay manufacturers, the difficulty of quality control management and the weak anti-interference ability, there have been many misoperation events caused by relay faults, resulting in transformer fault tripping. Therefore, how to improve the reliability of the main transformer oil injection nitrogen extinguishing control device is an important part to ensure the safe operation of the power grid. In this paper, an intelligent nitrogen injection fire extinguishing control system for oil-immersed transformers is designed. With the support of mature microelectronic technology and the reference of microcomputer-based transformer non-electric protection device, combined with the typical secondary logic of the current nitrogen injection fire extinguishing device, a set of microcomputer-based main transformer nitrogen injection fire extinguishing device with reliable performance and high automation level is developed, which realizes the overall replacement of the traditional control device.

Key words: transformer ; oil drainage nitrogen injection ; control system ; integrated design

0　引言

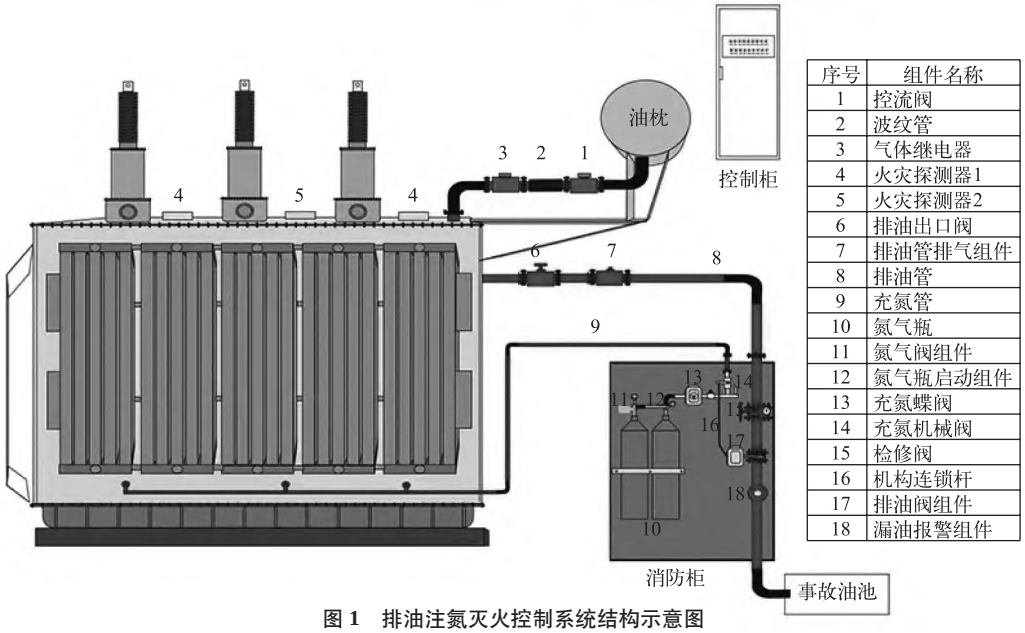
在发电厂以及变电站的一次设备中，变压器是最贵重和最重要的设备，目前变压器主要采用油浸式变压器，其箱体中充入大量变压器油[1]。由于变压器长时间处于工作状态，且受到过负荷、过电压、接地、短路、绝缘老化、变压器油受潮和油酸解等多种因素的影响，变压器内部绝缘结构被破坏[2]。若绝缘被击穿会引起弧光

放电，进而使变压器油局部油温高于自身燃点，此时变压器油汽化并分解产生可燃高温气体。当内部压强超过一定限值时，油箱轻则破裂重则爆炸，油箱内可燃高温油气剧烈燃烧，对电网稳定运行以及人员安全造成严重威胁[3]。当前变压器保护主要采用电气量保护以及瓦斯保护。针对变压器内部故障所引起的变压器起火、爆炸等恶劣事故，其高效的应对措施就是采用排油注氮装置[4]。该装置的工作原理即为当敷设有排油注氮管线的大型油浸变压器发生严重故障时，其消防辅助设施（排油注氮装置）可迅速将热油排出并强制冷却剩余的变压器油。同时注入的氮气充分稀释氧气，达到迅速灭火的目的[5]。

目前变压器通过采用电磁继电器协作实现逻辑判断及出口动作[6]，但制造电磁继电器的厂家数目巨大、质量良莠不齐，面对干扰有较差的应对能力，故出现了较多由于继电器误动作导致变压器跳闸的情况[7]。因而，保证主变压器排油注氮灭火控制装置可靠运行是维持电网稳定的基石。本文设计了一种适用于油浸变压器的智能排油注氮灭火控制系统，以控制装置微机化为思路，以强大的微电子技术为支撑，并参考微机型变压器的非电量保护装置，与当前排油注氮灭火装置经典二次逻辑结合，研发出性能稳定、自动化水平高的微机型主变压器排油注氮灭火装置，实现对传统控制装置的整体替换。

1　系统基本构成

主变压器的排油注氮灭火装置由微机控制箱、断流阀、火灾探测装置、消防柜、排油管路和注氮管路等组成，示意图如图1所示。控制柜安装在变压器的主控室或者是消防控制室，是整个系统的核心部分。通过传感器采集系统相关信息，负责提供各个部分工作状态的信号指示、故障报警信号指示及启动注氮灭火程序指令[8]。三大块主要构成了微机控制装置分别为模拟量输入系统、CPU主系统和开关量输入/输出系统；模拟量输入系统包括模数转换、多路转换、采样保持、模拟滤波以及电压形成，将输入的模拟量精确输出为数字量。CPU主系统包括只读存储器、微处理器、随机存储器、定时器和电子可擦可编程序只读存储器等[9]。微处理器运行存储在电子可擦可编程序只读存储器的程序，处理分析原始数据，实现程序的预定目标[10]。开关量输入输出系统由若干并行接口适配器、中间继电器及光电隔离器件构成，实现外部接点输入、人机对话、出口动作及信号报警等特定目标[11]。



序号	组件名称
1	控流阀
2	波纹管
3	气体继电器
4	火灾探测器1
5	火灾探测器2
6	排油出口阀
7	排油管排气组件
8	排油管
9	充氮管
10	氮气瓶
11	氮气阀组件
12	氮气瓶启动组件
13	充氮蝶阀
14	充氮机械阀
15	检修阀
16	机构连锁杆
17	排油阀组件
18	漏油报警组件

图1　排油注氮灭火控制系统结构示意图

Fig. 1 Structure diagram of oil drainage and nitrogen injection fire extinguishing control system

系统采用一体化机箱设计，拥有完备的免调节电路设计功能以及软硬件自检功能。对于硬件，应用多样的屏蔽、隔离措施设计；对于软件，应用数字滤波技术和前沿的保护算法设计，极大地提高了保护的抗干扰能力，具有灵活强大的通信功能[12]，通信规约支持DL/T 667—1999（IEC-60870-5-103）、Modbus规约，可实现与不同品牌的自动化系统灵活通信，具有完善的遥信和遥控功能[13]，站内SOE分辨率可达2 ms，配置友好的人机界面，全中文类菜单模式，使用方便[14]。

2 系统启动功能设计

系统有灭火启动、防爆启动、手动启动和远程启动四种启动方式[15]。启动功能的判断逻辑按照以下信号状态进行综合判断，其中包括装置火灾探测器1信号、火灾探测器2信号、重瓦斯信号、油箱超压信号、各侧开关跳闸、检修阀关闭信号、排油阀闭锁信号和氮气阀闭锁信号，以上信号采用“三取二”的方式运行，即信号有效成立的条件为开入三个信号中任意两个及两个以上开入信号[16]。

当系统投入自动模式时，系统根据火灾探测器及重瓦斯信号判断当前条件是否满足启动灭火，具体逻辑如图2所示。

当系统投入自动模式时，系统根据油箱超压及重瓦斯信号判断当前条件是否满足启动防爆，具体逻辑如图3所示。

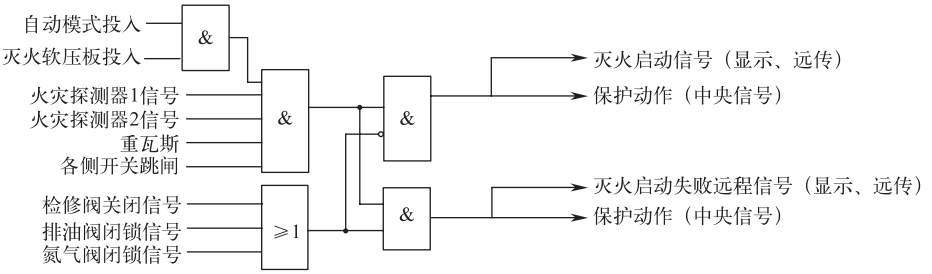


图 2 灭火启动条件逻辑图

Fig. 2 Logic diagram of fire extinguishing starting conditions

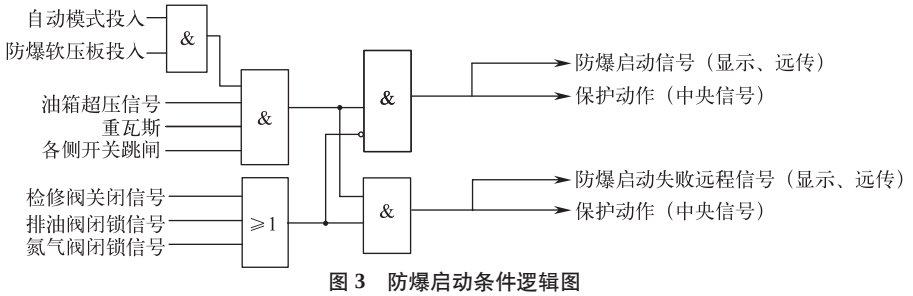


图 3 防爆启动条件逻辑图

Fig. 3 Explosion proof starting condition logic diagram

当系统投入自动或手动时，现场人员可根据现场情况使用手动按钮直接启动排油注氮，此时变压器各侧跳闸信号是必须的，只有当变压器各侧切除后手动启动有效，否则装置上送手动启动失败报告，具体逻辑如图4所示。

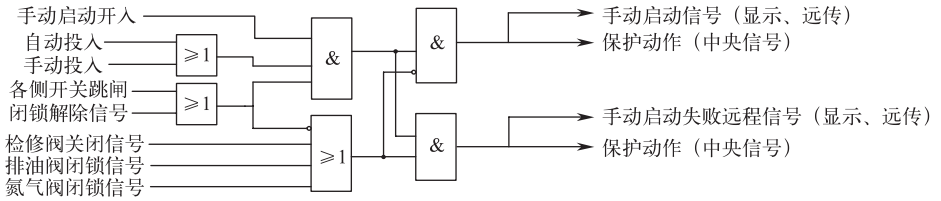


图 4 手动启动条件逻辑图

Fig. 4 Manual start condition logic diagram

当系统投入自动或手动时，现场人员可根据现场情况通过后台系统直接启动排油注氮，此时变压器各侧跳闸信号是必须的。只有当变压器各侧切除后远程启动有效，否则装置上送启动失败报告，具体逻辑如图5所示。

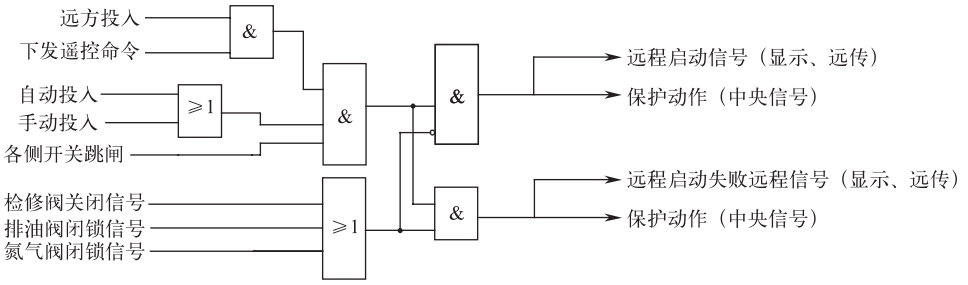


图 5　远程启动条件逻辑图

Fig. 5 Logic diagram of remote start condition

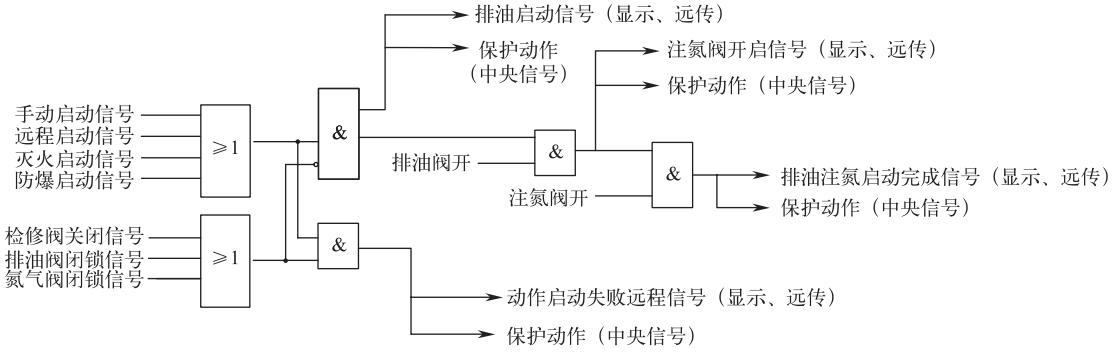


图 6　排油注氮过程逻辑图

Fig. 6 Logic diagram of oil drainage and nitrogen injection process

当系统发出以上四种启动信号之一时，系统自动进入排油注氮动作过程。动作过程为：当四种启动信号存在时，系统启动排油出口，经延时后确认排油阀打开并启动注氮阀出口，确认注氮阀开启后报启动完成，具体逻辑如图6所示。

装置报启动失败同时停止存在以下几种情况：

1）有检修阀关闭信号，排油阀闭锁信号、注氮阀闭锁信号。

2）发出排油阀开启信号后，在注氮等待时间结束后未收到来自排油阀的开启信号。

3）发出注氮阀开启信号后10 s未收到来自注氮阀的开启信号。

系统在以下两种情况延时15 s后会报出状态异常：①同时收到自动投入信号和手动信号；②当把手处于退出状态时，同时没有收到排油阀闭锁或注氮阀闭锁信号。不满足上述条件1 s后告警返回。

在系统投入的状态下，如果排油阀闭锁信号有效，则系统发出排油阀闭锁告警信号。在系统投入的状态下，如果注氮阀闭锁有效，则系统发出氮气阀闭锁告警信号。系统在排油过程中会检查油枕断流阀是否关闭，若在注氮等待时限结束时系统仍未收到断流阀关闭信号，将会报出检修阀未关闭告警。当排油注氮流程结束报出动作成功或失败后告警返回。

3　系统应用介绍

为方便后续事故分析，需要系统原始记录和保护动作情况。在系统试验时，需要防止频繁试验得到的故障信息替换掉当前故障时的故障信息，在保护试验前或进行出口传动前，要可靠地存储故障时的故障信息，需要及时地存储装置内部的信息及通信主站的信息。保存的信息包括状态变位报告、装置事件报告、保护动作报告、装置告警报告、装置操作报告、保护定值、软压板

以及开入量状态、故障时保护和测量数据。现场的其余信息也应记录，包含保护装置指示灯状态、事件过程和主画面显示内容，系统采用分级菜单模式，具体如图7所示。

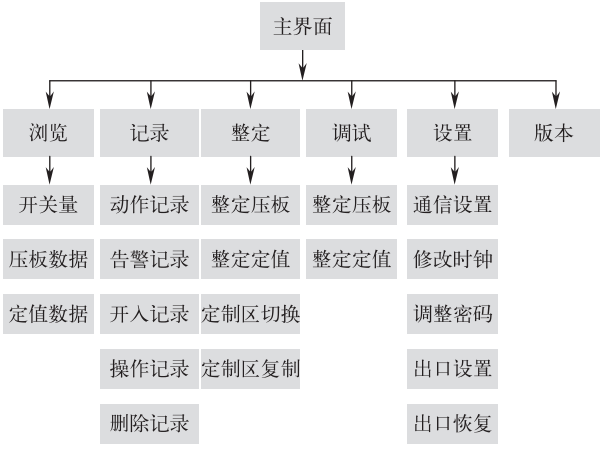


图 7　系统分级菜单

Fig. 7 System hierarchy menu

4　结束语

本文研制了一种微机型主变压器排油注氮灭火控制装置，在质量、体积和结构上有了极大的简化，对于电力系统复杂的运行环境有较强的适应能力，而且在正常运行时装置的状态为休眠，使各个元件极大地延长了寿命，这些特点使其增加了可靠性，提高了设备性能。本文研究成果将替换传统的由电磁式继电器协作构成的主变压器排油注氮灭火控制系统，提升了系统运行的可靠性及稳定性，增加了装置故障自检、自动上传异常信号和远程操作等功能，显著地提升了变电站的自动化水平，成果具有广阔的应用前景和较高的转化应用价值。

参考文献

[1] 谭文强，宋宇，邓浩．老型号变压器排油注氮灭火装置接口改造[J]．四川电力技术，2022，45(1)：91-94．

[2] 周榆晓，赵振扬，郭铁，等．一起220 kV变压器火灾事故分析[J]．变压器，2021，58(6)：70-73．

[3] 蒋波．变压器排油注氮消防系统改造对比[J]．电力安全技术，2021，23(6)：51-52．

[4] 潘志敏，黄兵，梁运华，等．排油注氮灭火装置防误动技术改造实践[J]．湖南电力，2021，41(1)：44-47．

[5] 谭文强，宋宇．排油注氮装置停电功能检测方法研究[J]．光源与照明，2021(1)：88-89．

[6] 张立，陈振勇，李党召，等．油浸式变压器的微机型排油注氮灭火控制系统设计[J]．电子技术与软件工程，2021(2)：130-131．

[7] 周榆晓，韦德福，于在明，等．一种改进的油浸式变压器排油注氮灭火装置[J]．消防科学与技术，2020，39(11)：1565-1569．

[8] 满凯凯．变压器排油注氮灭火装置改造技术方案[J]．安徽电气工程职业技术学院学报，2020，25(3)：53-57．

[9] 满凯凯，刘爱丽．变压器消防柜的改造案例分析[J]．煤矿机电，2020，41(4)：113-114，117．

[10] 刘奕奕，李孟强，万涛，等．排油注氮消防装置检修阀漏油故障分析[J]．湖南电力，2020，40(3)：38-41，47．

[11] 毛志平．特高压换流变火灾时本体强排油方案研究及可行性分析[D]．广州：华南理工大学，2019．

[12] 濮骞忠，朱德昌，金大满．浅谈油浸式电力变压器自动灭火方式[J]．中国新技术新产品，2018(24)：146-148．

[13] 宋芷颐．排油注氮灭火系统的箱外灭火功能设计[J]．科技风，2018(13)：233-234．

[14] 徐晓辉．排油注氮灭火装置控制系统设计研究[J]．电气自动化，2017，39(5)：99-101．

[15] 张佳庆，范明豪，武海澄，等．油浸式变压器排油注氮装置温度探测器数值仿真研究[J]．变压器，2016，53(3)：30-34．

[16] 崔志红．浅谈排油注氮式变压器灭火装置的应用[J]．科技风，2015(11)：113．

作者简介

张立（1988—），男，本科，工程师，主要研究方向为电网设备检修。

（收稿日期：2022-03-25）