

文章编号:1671-251X(2019)08-0079-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17408

矿用组合开关控制保护技术现状及发展趋势

杨帆^{1,2}, 陈江^{1,2}

(1. 中煤科工集团常州研究院有限公司, 江苏 常州 213015;
2. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015)



扫码移动阅读

摘要:从短路保护、过载保护、漏电闭锁和漏电保护、暂态过电压保护、温度保护等方面介绍了矿用组合开关控制保护技术的现状;指出矿用组合开关控制保护技术存在继电保护不全面、保护误动作、控制方式繁琐、自诊断功能简单等问题;提出了矿用组合开关控制保护技术的发展趋势,包括继电保护方法完善、软件滤波方法改进、控制集约化、智能自诊断和远程诊断等。

关键词:矿用组合开关;继电保护;控制集约化;故障诊断
中图分类号:TD611 文献标志码:A

Present situation and development trend of control and protection
technology for mine-used combined switch

YANG Fan^{1,2}, CHEN Jiang^{1,2}

(1. CCTEG Changzhou Research Institute, Changzhou 213015, China;
2. Tiandi(Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China)

Abstract: Present situation of control and protection technology for mine-used combined switch was introduced from aspects of short circuit protection, overload protection, leakage lockout and leakage protection, transient overvoltage protection and temperature protection. Problems of control and protection technology for mine-used combined switch such as incomplete relay protection, protection misoperation, complicated control mode and simple self-diagnosis were pointed out. Development trend of control and protection technology for mine-used combined switch were put forward, including improvement of relay protection method and software filtering method, control intensification, intelligent self-diagnosis and remote diagnosis.

Key words: mine-used combined switch; relay protection; control intensification; fault diagnosis

0 引言

随着煤炭采掘技术的不断发展,综采工作面机械化、电气化水平提高,采掘设备的供电容量不断增大,因供电故障造成的经济损失和危害更大^[1]。矿用组合开关主要用于综采工作面,对采煤机、刮板输送机、转载机等设备的电动机起到控制和保护作用^[2]。本文介绍了矿用组合开关控制保护技术现

状,通过分析矿用组合开关控制保护技术存在的主要问题,提出了矿用组合开关控制保护技术的发展趋势。

1 矿用组合开关控制保护技术现状

1.1 短路保护

目前矿用组合开关采用的短路保护原理:① 电热原理。在矿用组合开关电源输入侧任意两相安装

收稿日期:2019-02-28;修回日期:2019-07-23;责任编辑:盛男。
基金项目:天地科技股份有限公司科技创新创业资金专项项目(2018-TD-MS015)。
作者简介:杨帆(1980—),男,山东兖州人,工程师,现从事煤矿供配电技术研究及应用工作,E-mail:yftdkj@163.com。
引用格式:杨帆,陈江. 矿用组合开关控制保护技术现状及发展趋势[J]. 工矿自动化,2019,45(8):79-82.

YANG Fan, CHEN Jiang. Present situation and development trend of control and protection technology for mine-used combined switch[J]. Industry and Mine Automation,2019,45(8):79-82.

熔断器,用于线路和负荷短路时开关拒动的后备保护,但存在负荷与额定容量不能灵活匹配的问题,遇到大功率负荷时容易误保护,且占用空间大,在矿用组合开关中应用较少。② 鉴幅原理。最大一相电流超过整定值瞬时速断,其实现简单,在矿用组合开关中应用广泛。③ 相敏原理。对三相电压和电流进行交流采样和数字信号处理,计算功率因数:正常启动时,功率因数一般为 0.3~0.5;发生三相对称短路故障时,功率因数一般大于 0.8,且短路故障位置越远功率因数越接近 1。因此,通过功率因数能可靠区分启动电流和短路电流,避免误动^[3]。

1.2 过载保护

矿用组合开关过载保护一般基于静态保护特性,在电动机过载电流倍数保持不变情况下,采用反时限特性公式计算过载保护动作时间,动作时间与电动机过载电流倍数呈反比^[4]。

1.3 漏电闭锁和漏电保护

漏电闭锁基于附加直流电源检测原理^[5]实现:在矿用组合开关主电路接触器合闸前,在负载侧与地之间施加直流电压,通过检测压降计算绝缘阻值,当低于动作值时发出闭锁故障信号。考虑到人身安全和最小引爆火花能量,附加直流电压要求不能高于 36 V。为防止停机时电动机的反电动势馈入漏电闭锁检测电路,造成电路损坏或误动,漏电闭锁检测电路须延时接入主电路。

漏电保护基于零序电流或零序功率方向原理^[6]实现:在主电路接触器合闸后,检测线路的零序电压和零序电流,计算其幅值和相位,当高于动作值时发出漏电故障信号。矿用组合开关受安装空间限制,通常不配置零序电压互感器,只在每路输出侧安装零序电流互感器,基于零序电流鉴幅法和比幅法进行漏电保护^[7]:① 零序电流鉴幅法。零序电流幅值大于整定值即认为漏电故障,但受电缆长度、对地电容等因素影响,整定较难,误动概率大。② 零序电流比幅法。基于故障线路零序电流幅值为非故障线路零序电流之和的原理,当零序电流大于整定值时,比较各线路零序电流,判定幅值最大的线路为漏电故障线路。

1.4 暂态过电压保护

矿用组合开关主回路暂态过电压保护基本采用阻容过电压吸收装置或压敏电阻:1 140 V 及以下电压等级的矿用组合开关采用阻容过电压吸收装置;3 300 V 电压等级的矿用组合开关采用氧化锌压敏电阻。

阻容过电压吸收装置中电容用于提高主回路总电容值,降低过电压峰值,衰减振荡频率,有效抑制操作过电压的瞬间振荡和高频电流,使电压波形变缓,降低陡度和幅值;电容两端的并联电阻用来消耗能量,抑制、衰减重燃时的高频电流。

压敏电阻正常工作时阻值极高,呈绝缘状态,近乎开路,不影响主回路正常工作。当电压瞬间高于阈值时,压敏电阻迅速击穿,从而限制电压幅值,保护电动机^[8]。

1.5 温度保护

井下隔爆电动机温度保护方式:① 将正温度系数(Positive Temperature Coefficient, PTC)热敏电阻器安装在电动机定子、轴承部位,其输出信号经动力电缆控制芯线连接到矿用组合开关。PTC 热敏电阻器属于恒定温度传感器,当电动机温度升至特定值时,PTC 热敏电阻器输出阻值急剧增大,电路相当于开路,矿用组合开关进行温度保护。② 在电动机内部深埋 PT100 铂电阻,当矿用组合开关检测到 PT100 阻值对应的温度超过设定值时进行温度保护。

2 矿用组合开关控制保护技术存在的主要问题

2.1 继电保护不全面

基于鉴幅原理的短路保护存在整定难、容易误动或拒动等问题:当大型电动机启动时,整定值小易造成短路误动,整定值大则不能保护电缆末端短路且灵敏度较低。基于相敏原理的短路保护仅适用于三相对称短路保护,当电缆末端发生两相短路时,由于电缆供电距离长,短路电流有可能小于短路保护整定值,无法有效进行短路保护。

基于静态保护特性的过载保护存在动作时间不可靠问题。这是由于静态保护特性基于过载电流倍数恒定不变前提,但实际运行时电动机电流处于动态变化过程,当电动机重复短时过载而每次过载时间均小于过载动作时间时,若仍以反时限特性公式计算过载保护动作时间,会导致过载保护动作时间不可靠。

基于零序电流比幅法的漏电保护未考虑井下复杂的电网环境因素,存在选线偏差和漏电保护误动问题。受电网暂态分量、干扰和线路对地分布电容等因素影响,某一线路发生漏电故障时,其他同母线线路可能也会检测到零序电流,只以零序电流作为故障选线判据,会造成选线准确率低、动作灵敏度不高。

2.2 保护误动作

煤矿井下电磁环境复杂、干扰源多,矿用组合开关一般采用滤波器、金属屏蔽、分开接地等硬件滤波措施,少部分会采用基于快速傅里叶变换的软件滤波方法。这些常规软硬件滤波方法可去除稳态谐波和某些频带谐波,但对变频器或大容量机电设备启动产生的暂态谐波或电磁脉冲干扰仍无法完全排除^[9]。矿用组合开关被干扰时,有时出现电流、绝缘阻值、零序电流等采样值偏高问题,造成短路、漏电等保护误动作。

2.3 控制方式繁琐

矿用组合开关由工作面控制器集中控制,组合开关开停控制输入和状态输出端口经电缆与控制器相应 I/O 接口连接。组合开关和控制器之间连线多,且信号电缆距离动力电缆较近,易受附近变频器或大功率电动机的运行干扰;同时连接接口多,任一 I/O 接口受干扰或损坏会造成工作面所有关联设备控制瘫痪。

2.4 自诊断功能简单

目前,少部分矿用组合开关具备简单自诊断功能,依据被监测部件状态简单判断该部件是否异常,如通过辅助触点监测接触器和隔离开关的合分状态,通过监测组合开关内部 CAN 或 RS485 现场总线数据传输误码率判断组合开关工作状态。但矿用组合开关控制和采样电路数量多,难以快速判断采样通道损坏、信号线松脱、非关键器件损坏等隐性故障的位置,不便于操作人员正常维护。

3 矿用组合开关控制保护技术发展趋势

3.1 继电保护方法完善

采用基于负序电流的短路保护方法,对电动机的不对称短路故障进行保护。电动机在不平衡运行或发生不对称故障时会出现负序电流分量,可通过傅里叶变换计算或采用硬件电路移相后叠加取得负序电流分量^[10]。基于负序电流的短路保护方法具有整定值小、灵敏度高、保护范围宽等优点,保证了长距离供电电缆末端两相短路保护的灵敏性和可靠性。

建立基于热积累的电动机过载保护数学模型,对电动机运行过程中的三相不平衡、轻微频繁过载等进行保护。综合考虑负序发热效应、启动超时等因素,利用该模型的发热、散热计算,跟踪记录频繁变换过程中的热状态且进行热积累,准确模拟出电动机在过载时的温升变化过程。该模型特别适用于

矿用组合开关控制的刮板输送机、转载机、破碎机等动载荷设备电动机的过载保护^[11]。

采用零序电流鉴幅和鉴相结合的电保护方法,以提升矿用组合开关漏电故障选线准确率。以线路电压相位为基准,计算输出回路零序电流相位与基准相位的相差,同时检测零序电流幅值,结合零序电流相差和幅值进行漏电故障选线判断,既能提高选线准确率,又解决了矿用组合开关受空间限制不能安装多个零序电压互感器的问题。

3.2 软件滤波方法改进

矿用组合开关现有滤波方法无法应对特定现场产生的暂态谐波或电磁脉冲干扰,因此应改进软件滤波方法,如采用基于坐标变换的离散傅里叶变换滑窗迭代、小波分析等算法,可降低算法运算量以提高实时处理速度,根据信号特征自适应选择相应频带,提高检测速度及时频分解精细度,实时分解谐波,重构得到信号基波分量,减少突发暂态谐波造成的过流、漏电保护误动概率。

3.3 控制集约化

煤矿井下通信控制技术已很成熟,可基于 RS485 或以太网通信接口控制矿用组合开关开停,以简化工作面控制器和矿用组合开关的配套连接,降低设备间配套 I/O 接口故障造成的工作面供电影响。亦可在矿用组合开关内置工作面采煤机、刮板输送机、转载机等设备电动机的控制逻辑,通过 CAN 总线检测工作面沿线传感器状态信息,减少控制设备,形成供电、控制一体化。

3.4 智能自诊断和远程诊断

目前,矿用组合开关只监测关键部件状态,简单判断直接监测点有无异常,无法诊断关联、潜在故障。可依据矿用组合开关的故障机理及各种监测对象的状态特性(包括隔离开关合分状态、接触器合分状态、电气闭锁位置、系统运行状态等),结合采集的电压、电流、对地绝缘阻值、实时故障数据,建立知识库和动态数据库,组成故障诊断专家系统。故障诊断专家系统基于知识库正向推理、反向推理和正反混合双向推理等规则,结合动态数据库实时信息,在线分析设备主要部件故障位置,并推送故障排除方法^[12]。

针对矿用组合开关单机无法诊断的复杂故障,可进一步将故障诊断专家系统中动态数据库数据上传至云端服务器,采用基于人工神经网络的故障诊断方法,以矿区或全国所有联网的同类型矿用组合开关数据作为样本集训练模型,从而提升故障诊断

准确率和复杂故障分析能力,并可进行故障前兆分析^[13-14],进而实现远程诊断和运维指导。

4 结语

目前,矿用组合开关控制保护技术还处于智能化起步阶段,与地面开关控制保护技术的应用水平仍存在较大差距。今后需通过继电保护、抗干扰和故障诊断等方面的研究,提升矿用组合开关控制保护的可靠性、稳定性,为煤矿供电无人化、智能化奠定基础。

参考文献 (References):

[1] 童军,刘莉君,张倩,等. 矿用组合开关保护系统设计[J]. 煤矿安全,2019,50(1):103-105.
TONG Jun,LIU Lijun,ZHANG Qian,et al. Design of mine-used combined switch protection system [J]. Safety in Coal Mines,2019,50(1):103-105.

[2] 张秀凤. ZK80 矿用隔爆型电气组合开关在煤矿中的应用[J]. 煤矿安全,2012,43(4):104-105.
ZHANG Xiufeng. The application of ZK80 mining flame-proof electrical combined switch in coal mine [J]. Safety in Coal Mines,2012,43(4):104-105.

[3] 赵磊磊. 相敏保护在煤矿井下供电系统中的应用分析[J]. 山东工业技术,2014(16):48.

[4] 陈菲力,郑梁. 基于反时限特性的控制与保护开关电器的设计[J]. 机电工程,2012,29(4):447-449.
CHEN Feili,ZHENG Liang. Design of control and protective switching devices based on inverse time characteristic [J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine,2012,29(4):447-449.

[5] 王德胜. 附加直流电源检测法在漏电保护中的应用[J]. 工矿自动化,2010,36(2):62-64.
WANG Desheng. Application of additional DC power supply detection method in leakage protection [J]. Industry and Mine Automation,2010,36(2):62-64.

[6] 孙勇. 煤矿井下电网漏电保护系统设计[J]. 煤炭科学技术,2012,40(5):82-85.
SUN Yong. Design on earth leakage protection system of electric power network in underground mine[J]. Coal Science and Technology,2012,40(5):82-85.

[7] 范仪龙,李航,游国栋. 基于鉴相鉴幅方式的选择性漏电保护电路设计[J]. 工矿自动化,2010,36(7):

104-106.
FAN Yilong, LI Hang, YOU Guodong. Design of selective leakage protection circuit based on method of amplitude discrimination and phase discrimination[J]. Industry and Mine Automation, 2010, 36 (7): 104-106.

[8] 李德虎. 基于 PLC 的 3.3 kV 组合开关控制系统的研究[D]. 青岛:山东科技大学,2012.

[9] 邱伟,唐求,唐璐,等. 基于准同步序列重构的非稳态电力谐波分析[J]. 中国电机工程学报,2018,38(2):456-464.
QIU Wei,TANG Qiu,TANG Lu,et al. Power system harmonic analysis under non-stationary situations based on quasi-synchronous and sequence reconstruction [J]. Proceedings of the CSEE, 2018,38(2):456-464.

[10] 李平化. 矿井低压电网不对称过流保护的应用[C]//煤矿自动化与信息化——第 21 届全国煤矿自动化与信息化学术会议暨第 3 届中国煤矿信息化与自动化高层论坛,北京,2011:33-38.

[11] 张天鹏,翟亚芳,郝申军. 低压电动机热过载保护装置的研究与设计 [J]. 电力系统保护与控制, 2015,43(13):125-129.
ZHANG Tianpeng, ZHAI Yafang, HAO Shenjun. Research and design for low voltage motor thermal overload protection device,2015,43(13):125-129.

[12] 任哲平,牛春平,郭友松. 基于二叉树的某型装备综合电子系统故障诊断专家系统设计[J]. 计算机科学与应用,2013(3):262-266.
REN Zheping, NIU Chunping, GUO Yousong. Fault diagnosis expert system design for integrated electronic system of a certain type of equipment based on binary tree[J]. Computer Science and Application, 2013(3):262-266.

[13] 万鹏. 基于征兆分析的飞控地面故障诊断系统研究与实现[D]. 成都:电子科技大学,2018.

[14] 熊国江,石东源,朱林,等. 基于径向基函数神经网络的电网模糊元胞故障诊断[J]. 电力系统自动化, 2014,38(5):59-65.
XIONG Guojiang, SHI Dongyuan, ZHU Lin, et al. Fuzzy cellular fault diagnosis of power grids based on radial basis function neural network[J]. Automation of Electric Power Systems,2014,38(5):59-65.