

高压开关柜局部放电在线监测装置的设计

康 伟 (汾西矿业中兴煤业, 山西 交城 030500)

摘 要: 对导致高压开关柜局部放电的原因进行分析, 并设计一种高压开关柜局部放电在线监测装置, 对装置结构以及组成进行详细阐述。该装置通过传感器监测局部放电引起的脉冲次数、脉冲能量以及脉冲幅值等对高压开关柜内绝缘情况进行判定。构建的在线监测装置可实现高压开关柜局部放电的实时监测, 为后续高压开关柜针对性维修提供一定指导。

关键词: 高压开关柜; 局部放电; 在线监测; 传感器

高压开关柜是电力系统中最为重要且相对较为昂贵的电气设备, 高压开关柜可靠性直接影响供电系统运行^[1-2]。受到使用时间以及使用环境等因素影响, 高压开关柜内部绝缘出现劣化或缺陷, 从而在一定程度上影响供电电网运行可靠性^[3]。根据有关统计数据, 高压开关柜故障中绝缘失效占比达到 40% 以上^[4], 绝缘失效同时往往伴随有局部放电问题, 为此通过对局部放电进行监测即可掌握高压开关柜故障位置以及类型, 为后续的针对性维护提供指导, 从而在一定程度上提升高压开关柜运行可靠性。

1 高压开关柜局部放电原因分析

高压开关柜以及供电电缆局部放电有内部、表面放电两种, 两种局部放电均会使得电气设备绝缘性降低或者失效。导致高压开关柜局部放电原因多种多样, 归结起来主要有工作环境以及电气设备本身质量两个方面^[5-6]。

1.1 工作环境

①工作环境温度过低或者过高。当高压开关柜长时间在温度过低或者过高环境中运行时, 容易导致电气设备部分绝缘材料老化, 从而降低绝缘材料自身的绝缘能力。温度过低时容易导致真空筒、绝缘磁瓶等部件变脆, 在开关分、合闸过程中容易导致真空筒、绝缘磁瓶被震裂, 从而导致高压开关柜部分线路短路; ②绝缘表面存在积污。绝缘表面积污有飘尘、集尘两种沉积形式。高压开关柜一般布置在室内, 绝缘表面积污主要是受到飘尘影响。绝缘表面积污会显著降低绝缘耐压能力以及抗冲击性能; ③潮湿。当环境湿度相对较低时, 绝缘受积污影响, 但是由于积污本身电阻较高, 因此一般不会出现污闪; 但是当环境湿度较高时, 积污层电解质分解后会在绝缘表面形成一层具有导电能力的液膜, 从而显著降低绝缘强度, 严重时甚至会导致污闪发生。

1.2 电气设备本身质量

①制造质量不佳。高压开关柜制造以及装配质量会影响开关柜整体耐压水平。如开管柜内部分电气元件可通过耐压测试, 但是装配完成的开关柜却无法耐受过电压试验需要, 主要原因为开关柜总体装配质量较差。开关柜装配质量较差的具体表现有: 紧周螺丝安装不规则, 拧紧后螺杆长出螺丝过多; 绝缘套瓷处未进行特殊处理, 从而使得绝缘距离有所降低, 同时使得电场出现局部集中; ②接电接触不良或者容量不足从而出现局部高温, 严重载流部分被烧断, 从而导致相间或者对地闪弧, 出现绝缘闪络; ③空气间隙以及爬距不足。空气间隙以及爬距不足时导致开关柜出现绝缘事故的主要原因。特别是高压开关柜为手车柜

时, 为了减少柜体体积, 生产厂商一般会缩小柜内隔离插头、断路器对地距离或者相间距, 同时未采取必要的措施提升绝缘强度。

2 在线监测装置设计

2.1 局部放电监测原理分析

当高压开关柜某位置出现局部放电时, 会伴随产生局放脉冲。可通过传感器对局放脉冲特征量进行采集, 将脉冲特征值与特征数据库进行比对, 即可对开关柜绝缘状况进行分析。传感器监测 n (局放脉冲次数)、PDI (脉冲能量)、 U_i (脉冲幅值) 等脉冲特征量。监测获取到的脉冲能量是评判绝缘损坏程度的最为重要指标, 具体可通过下式表达:

$$PDI = \frac{S \times \sum_{i=1}^n U_i \times V_r}{T} \quad (1)$$

其中: T 为测量时间; S 为传感器灵敏度; V_r 为被监测设备额定电压值。

当高压开关柜出现局部放电后频宽范围可达到 kHz 甚至 MHz, 具体局放号传输距离与频率间关系见图 1。

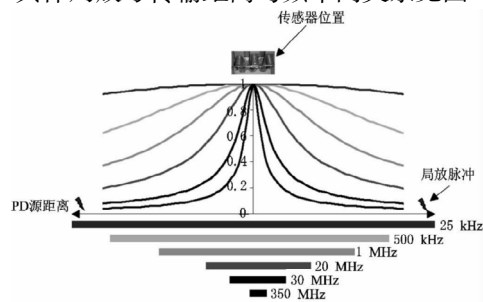


图 1 局放号传输距离与频率间关系

使用 80pF 电容传感器获取到的信号信噪比较高, 可有效避免误报警问题。同时由于传感器电容较小, 占用空间小, 从而电容传感器后续安装较为便捷, 使用寿命也较长。

2.2 在线监测装置结构

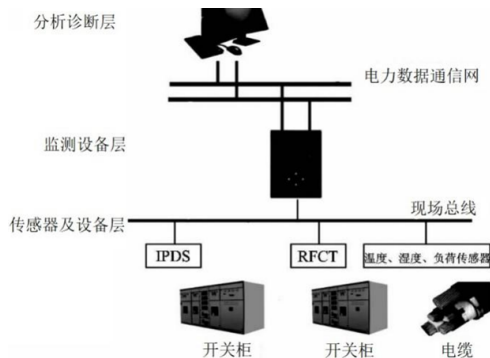


图 2 线监测装置结构图

设计的高压开关柜在线监测装置结构为分层分布式,共有三层结构,具体分为:传感器及设备层、监测设备层以及分析诊断层。将传感器及设备层布置在被监测设备上,实时对高压开关柜内的局部脉冲信号进行监测,并将监测结果传输给监测设备层中的监测设备,以便进行后续的分析诊断。具体在线监测装置结构见图2所示。

2.3 监测装置功能实现

局部放电监测装置通过IPDS(耦合电容传感器)实现,具体将IPDS传感器布置在每相母线与地间,从而实时监测局部放电情况,具体实时监测位置包括有PT/CT、套管、母线以及断路器等。

部分高压开关柜有电缆馈线,因此在电缆出线端布置射频电流互感器,实现300m范围的局部放电监测。

监测传感器使用同轴电缆将监测信号传输给监测设备层,对监测数据进行存储、分析、处理,后通过专业通过网络传输给监控PC使用专业软件进行处理分析。

3 总结

①对导致高压开关柜局部放电原因进行分析,发现开关柜使用环境恶劣、本身制造及装配质量不佳等均会导致开关柜内部分绝缘失效,从而引起局部放电;②局部放电时会伴随产生局放脉冲,通过监测局放脉冲次数(n)、脉冲能量(PDI)、脉冲幅值(U_i)等参数即可掌握局放位置以及绝缘损坏程度。通过采用传感器对高压开关柜局放脉

冲特征参数进行采集,并通过监测设备、专业软件对监测结果进行分析;③现场应用后,该在线监控装置可实现对高压开关柜局部放电实时监测,从而在一定程度上提升了高压开关柜运行保障能力,为后续开关柜保养、故障精准维修提供指导。

参考文献:

- [1] 王江伟. 高压开关柜运行环境及其局部放电综合在线监控系统的研制[D]. 北京: 华北电力大学, 2019.
- [2] 张金波, 王恒, 段明浩, 赵浩然. 基于脉冲电流法的高压开关柜局部放电在线监测装置的设计[J]. 自动化技术与应用, 2018, 37(04): 100-105.
- [3] 程卫林. 井下局部通风机供电可靠性分析[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(01): 56-58.
- [4] 王秉智. 煤矿供电系统可靠性的措施与对策[J]. 中国矿山工程, 2020, 49(02): 42-43.
- [5] 叶广耀. 基于地电波检测的高压开关柜局部放电监测系统[D]. 北京: 华北电力大学, 2013.
- [6] 宋登峰. 高压开关柜局部放电监测系统的超高频传感器设计[D]. 焦作: 河南理工大学, 2011.

作者简介:

康伟(1987-), 山西兴县人, 2011年07月毕业于山西煤炭职业技术学院, 电气自动化专业, 专科, 现为助理工程师。

(上接第199页)(10个)、永久避难硐室(2个)、综采工作面(2个)、中央变电所(2个)、中央水泵房(1个)、主要回采巷道交叉口(3个)、带式输送机机头(5个)、主井及副井井底车场(3个)、主井及副井井口房(2个)。

2.4 生产监控系统

①通风监控。为了实现对主要通风机运行情况实时监测, 将通风机控制由以往的定频控制改为变频控制, 并增加配备有在线监控系统。通过在线监控系统可实现对主要通风机运行参数、状态的实时监控, 并具备变频/变频转换、运行速度调整等功能。在井下主要巷道内布置风速传感器对各位位置风量进行测定。局部通风机位置布置开关量传感器GKT18、局部通风风筒风量开关传感器GFD6, 对局部通风机运行情况进行测定, 测定结果通过井下环网传输给地面监控中心; ②运输监控。矿井在采区、主运巷、主斜井等位置布置有5台带式输送机, 通过输送机搭接实现煤炭外运。配备有PLC控制系统对运行参数、状态等进行控制。在各输送机位置布置的PLC采用井下环网连接, 正常情况下输送机采用联机控制方式, PLC控制系统将各台输送机运行参数以及安全监控结果传输给地面监控中心, 监控中心会实时显示输送机运行画面; ③压风监控。压风监控主要是地面压风机上配备各类传感器对压风机开停情况、设备功率因数、轴温、储气罐压力等参数进行实时监控, 并将监控结果通过地面环网传输给监控中心; ④瓦斯抽采监控。矿井布置有高负、底负压瓦斯抽采系统。通过使用安全监控系统中通用的监控分站、监控传感器对瓦斯

抽采系统运行情况进行实时监控, 并将所有的监控数据接入到矿井安全监控系统中, 从而为后续的瓦斯治理提供指导; ⑤供电监控。在井下中央变电所内布置的各类传感器对变配电系统运行情况进行监控, 并接入到矿井安全生产监控系统中, 从而实时掌握井下供电情况; ⑥排水监控。在中央水泵房内布置传感器、视频监控设备等实现井下排水水泵无人值守运行。同时水泵房内设备运行情况, 水位等均可实时传输给地面监控中心。

3 总结

根据山西某矿实际情况, 对矿井安全生产监控系统进行设计, 并对系统中主要的人员定位、视频监控、生产监控等子系统进行详细阐述。矿井使用上述安全监控系统后可一定程度上提升安全生产保障能力。

参考文献:

- [1] 张德军, 王兴生, 刘维. 物联网技术在矿井供电监控的应用研究[J]. 中国矿山工程, 2019, 48(05): 68-70.
- [2] 李宁. 煤矿监测监控系统的构建和管理[J]. 中国矿山工程, 2018, 47(02): 68-70.
- [3] 李永超. 新田煤矿安全生产监控及自动化系统设计[J]. 能源与环保, 2020, 42(04): 141-144.
- [4] 高彬. 煤矿井下安全监测监控系统应用研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(04): 123.

作者简介:

刘晓强(1989-), 男, 山西介休人, 2019年12月毕业于太原理工大学, 采矿工程专业, 本科, 现为工程师。