

[配电系统]

海洋石油平台弧光监测保护系统的应用

文/海洋石油工程股份有限公司设计院 白春园 杜银昌 张 凯 赵建宇

随着海洋石油平台电力系统愈发复杂，海上电力系统的安全可靠稳定运行更加重要。弧光保护原理简单，动作可靠迅速，适用于多种运行方式。开展弧光监测保护系统的应用，有利于最大程度上保障海洋平台电力系统可靠运行，是对目前综合保护装置的有力补充。

在海洋石油电力系统中，中压开关柜是中压配电系统的主要组成电气设备，是海洋石油平台供配电系统的枢纽。海上平台使用最为广泛的中压开关柜是金属铠装封闭式开关柜。此类设备主回路常见的故障有四类：系统过载、系统过电压、设备老化和连接不良。此四类故障发展到最后，都将破坏设备绝缘，造成设备短路，形成短路电弧光故障。在发生内部故障时，是否能迅速地切除故障，对中压系统的安全运行至关重要。短路电流可在极短的时间内达到顶峰，短路电流产生的电弧燃烧时温度极高，会烧毁电缆、铜排，甚至金属柜体，而且高温会造成柜内气体急剧膨胀，可能形成爆炸，造成灾难性后果，即中压开关柜被严重烧毁，波及附近的其他供电设备，甚至造成附近作业人员的严重伤害。

那么，如果通过监测事故发生初期产生的弧光，快速完成分析判断，迅速分断故障回路，从根本上限制故障电弧延续时间，消除其对人身危害，最大限度地降低弧光对电气设备的损坏，是解决上述问题的最好方法。

海上石油平台弧光监测保护现状

电弧光故障的危害程度取决于电弧电流及切除时间，只要总切除时间 $>100\text{ ms}$ ，将会对设备造成不同程度的损害。图1可看出各个时间下，系统

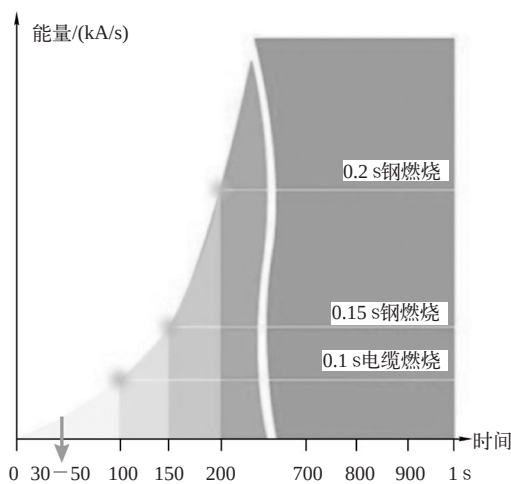


图1

弧光故障的损害程度。

由于海洋平台上主发电机多采用中压系统，因此中压开关柜是海洋石油平台供配电系统的枢纽。但如果因为人为原因、技术原因、设备自身原因以及环境因素等引起中压盘内部短路，将极有可能引发电弧放电。如果在开关柜内发生电弧光故障，由于开关柜中的空气压力和温度迅速增加，如果不及切除，将造成人员伤亡、设备损坏等重大损失。

由于欧洲、美国相关专业协会及政府的重视和指令性文件及规程规定，中高压开关配置弧光监测保护系统应用比较普遍。

国内无相关规程强制要求中高压开关柜必须

配置弧光监测保护,因此海上石油平台35 kV及以下电压等级的保护方案中一般未配置弧光监测保护系统。

同时,随着平台规模的扩大,平台电力系统日趋复杂。对于系统的短路故障,目前的保护方案,多采用综合保护的短路保护来实现。常用保护一般包括主保护(差动或速断保护)及后备过电流保护。但由于负荷特点,也有部分回路不设置差动或速断保护,仅有过电流保护。过流保护的配合级差通常在200~300 ms,在保护动作之前,期间盘柜将一直耐受短路电流。此外,对于设置主保护和后备保护的回路,如果发生小的弧光故障,故障电流较小,如达不到速断保护设定的电流值,综保仍不会发出保护跳闸指令,依然无法消除此类故障。上述情况可能会引起盘柜元件和柜体结构在一定程度上的损伤。为避免此种现象的发生,需要一种辅助的保护装置对目前的保护系统进行补充。

弧光监测保护实施的意义

增加弧光监测保护系统,实现实时监测故障电弧,并在第一时间通过电气系统保护切除故障,实现尽快切断短路故障,缩短电弧持续时间、减小故障电流,减轻电弧故障对设备造成的破坏,提高对于操作人员的安全防护水平。可以说对提高海洋石油平台的供电可靠性和用电安全性具有重要意义。

弧光监测保护技术基本原理

弧光产生时的一些典型特点如下:①空气弧光产生时候最大的瞬时功率可以达40 MW;②内部温度可以升至10 000~20 000℃;③弧光产生时和结束时的温度可以达到4 500℃;④弧光的最大电压可达500~1 000 V;⑤弧光的光强可以超过正常的照明光强2 000倍。

电力系统发生的短路故障可引起弧光,并且系统不断电,电弧光就会一直存在。

弧光监测保护系统就是根据上述弧光的典型特点,通过配置一整套集监视、测量、计算分析、判断和执行功能的完整光、电控制和保护系统。实现可靠、迅速地发现弧光现象,快速有效准确地判断短路故障发生,并迅速地执行保护动作,切除短路故障,最大限度地减少对设备和人员的危害。

1. 弧光监测保护的判据和动作逻辑

弧光监测保护主要的故障判定依据为弧光产生

生时的两个最典型的判断依据,即弧光及电流增量。主要的判定和动作逻辑如下。

1) 当监测到超出设定值的异常弧光或者超出设定值的电流值时,发出故障预警,此时并不执行保护动作,不切断供电回路。

2) 当检测系统同时检测到超出设定值的异常弧光和超出设定值的电流值时发出跳闸命令,切断供电回路,并发出故障报警。

2. 分区监测和保护

弧光传感器可放置在配电设备需要监测的任何位置,根据弧光传感器的实际安装物理位置弧光监测保护系统可以实现对设备的分区保护功能,通过在其中央控制单元上显示故障发生的位置,提供设备故障定位,提高设备故障维护速度,以减少断电时间,实现供电的快速恢复。

弧光监测系统工作流程

1. 故障监测阶段

(1) 光传感器监测到弧光发生

短路故障一旦发生,将产生电弧光,伴随着显著的光强异常增强现象。光传感器(探头)在此阶段将迅速监测到异常光强,并实时上传给中央处理单元;或者上传给扩展单元,再通过光纤传输给中央处理单元。

(2) 电流CT检测故障电流

同时,电流互感器检测到故障电流,将电流数据上传给中央处理单元。

2. 中央控制器判定阶段(判定阶段)

中央控制器判断光强值是否已经超出预设的标准值。

中央控制器判断检测到的电流是否已经超出预设的标准值。

3. 中央控制器发出指令(动作阶段)

根据判定结论,中央处理器发出动作指令。

1) 当监测到单一的弧光光强超限或者故障电流超限,发出报警。

2) 当监测到弧光光强和故障电流同时超限,输出跳闸信号,断路器迅速切断故障回路。

即通过双重判据配合,防止设备误动作。其判断原理如图2所示。

项目应用实例

某海洋石油平台配备两套中压盘:每一面中压柜均配置ABB品牌的弧光监测保护系统,其中

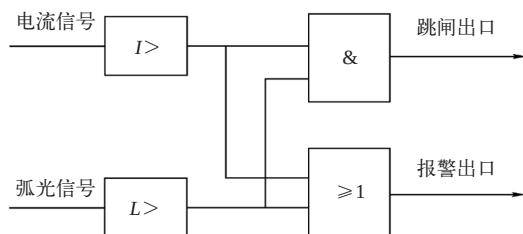


图2 判断原理示意图

中央控制单元采用REF615，在断路器室，母线室和电缆室中，均设置了弧光探头；PT柜和母线提升柜由于不涉及接线，也没有断路器，只在母线室设置弧光探头。并且均采用弧光过电流双判据方案，避免误动作。

1. 设计功能要求

①具有自检功能，包括装置硬件故障、软件故障、电弧光传感器异常、装置失电等，应能给出报警或异常信号；②具有运行、跳闸、装置告警或异常等状态指示；③具有显示时间、定值、配置、采集量、动作信息等信息及信息查询功能；④具有事件记录功能，至少包括装置自检异常、电弧光传感器自检异常和出口动作事件；⑤具有对时功能；⑥具有弧光延时功能；⑦具有弧光故障定位功能；⑧具有录波功能，录波包括电流录波和弧光录波；⑨具有通信接口。

2. 主要技术指标要求

①选择弧光、电流启动双判据方式；②弧光动作门槛值范围：5~20 Klx或1~10 MW/cm²；③弧光门槛值误差：不超过±20%；④电流定值范围：0.01~4 I_n；⑤电流定值误差：不超过±0.5%或0.002 I_n；⑥动作时间（2倍弧光动作门槛值和2倍电流定值）：≤20 ms；⑦当弧光过电流双判据保护动作后，故障仍未切除，弧光延时保护动作。延时时间范围：100~300 ms；⑧对时准确度不大于ms。

3. 设备安装

(1) 弧光探头的安装

如前所述，根据系统保护不同需要，弧光探头安装于母线室、电缆室和断路器室等处。根据需安装隔室的实际情况，采用打孔安装，将探头感光部分置于隔室内，其后部连有光纤，至中央控制单元。安装示意图如图3所示。

(2) 中央控制单元的安装

一般，中央控制单元安装于盘柜面板上，采

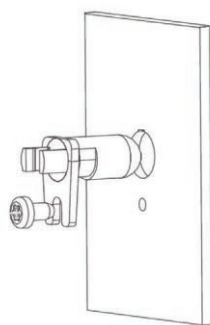


图3 弧光探头安装示意图

用嵌装方式，便于使用及操作。安装示意图如图4所示。

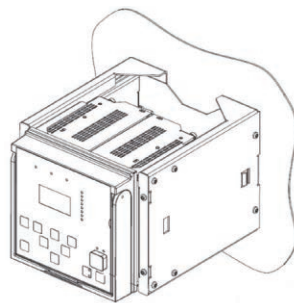


图4 中央处理装置的安装示意图

结束语

随着海洋石油行业的不断发展，石油平台上电气化程度不断提高，现场对电力系统安全稳定运行的要求也越来越高。电弧故障是平台上盘柜常见的一种电气故障，故障电弧会释放巨大的能量，不仅对故障及相邻的开关设备造成重大损坏，还会对附近的运维人员造成严重的伤害。弧光保护作为一种针对中低压盘柜故障特性开发的保护装置，原理简单，动作可靠迅速，适用于多种运行方式。因此，采用弧光保护是中低压盘柜发生弧光短路时较为理想的一个保护方案。其应用可以降低海上石油平台开关装置等配电设备损坏概率，减少设备维修费用及故障停电时间，增强对海上石油平台运行操作人员的人身安全保护。目前，弧光保护装置在海洋石油平台上应用较少，但随着人们对弧光短路故障的进一步研究和认识，弧光保护将会更加广泛地应用到平台电力系统中，对提高电力系统的安全可靠运行发挥巨大的作用，应用前景十分广阔。EA

(收稿日期：2020.03.11)

(编辑：朱金凤)