

自动保护断路器是建筑电气火灾的克星

肖艳

众所周知,电气火灾事故是人类面对严重的灾害事故,是当前各种事故与安全隐思的主要存在模式,其在发展的过程中是一个不可预测和不可估算的过程,是对人们造成重大损失的灾害之一。在当前城镇建设过程中,随着高层建筑与多层住宅建筑设计和施工的逐步扩大化,使得当前在建筑施工过程中,电气作为当前人们生产、生活过程中的主要设备和必须器械,其安全性能已成为人们注重的重点。人们首先注重其对电气的保护和预防。为防止接地短路故障引起的电气火灾,在电源进线处装用带剩余电流保护功能的断路器和电气火灾监控系统是一项重要的防火灾措施,已经引起了业内人士的广泛关注。

1 建筑电气火灾形成的主要原因分析

建筑电气火灾的形成从根本上分析,主要有短路、过载、接触电阻过大、泄漏电流等。

电气线路发生短路主要有以下原因:安装、接线疏忽引起相间短路。断路器进线接线端子的连接螺钉短成未达到国家标准规定值、连接松弛(特别是有振动的场所),使接触电阻增大,时间过长便爆出火花,进而引起相间短路。因为电流短路发生在断路器前面,不流过断路器,故断路器无法保护;而有些短路电流值又未达到上一级保护断路器的动作整定值,上一级断路器不动作,即在上一级断路器跳闸之前导线已被烧毁,导致电气火灾;裸电线安装太低,金属物不慎碰在电线上;线路上有金属物件或小动物跌落,发生电线之间的跨接;安装断路器的场所严重潮湿,断路器虽未合闸,但其上的刀开关因疏忽被合上,则在断路器电源端的相间因布满水汽,引起相间击穿而短路,致使配电箱被烧,楼房建筑物起火;架空线路电线间距太小、档距过大、电线松弛,有可能发生两线相碰;架空电线与建筑物、树木距离太近,使电线与建筑物或树木接触;电线机械强度不够,导致电线断落接触大地,或断落在另一根电线上;安装、修理人员接错线路,或带电作业时造成人为碰线,引起相间短路。

使用绝缘电线、电缆时没有按具体环境选用,使绝缘

受高温、潮湿或腐蚀等影响,失去了绝缘能力;线路年久失修,绝缘层陈旧老化或受损,使线芯裸露;电源过电压使电线绝缘被击穿;对于 TT 系统,相线碰外壳或金属管道等引起的短路,通常受接地电阻的限制,短路的电流约 15.7A,多数熔断器或断路器无法在如此小的电流下熔断或跳闸,就会引起打火或接弧;TN 系统的 PE 线端子和接头发生接触不良,不易察觉,一旦发生磁壳等接地故障,将迸发高阻抗的电火花或拉电弧,限制了短路电流,使保护电器不能及时动作,而电弧、电火花的局部高温将使易燃物起火;一般导线的最高允许工作温度为 65℃,过载时导线的温度超过这个温度值,会使绝缘加速老化,甚至损坏,引起火灾事故。

发生过载的主要原因有:导线截面积选择不当,实际负载超过了导线的安全载流量;在线路中接入了过多或功率过大的电气设备,超过了配电线路的负载能力;由于设计时选择的断路器(熔断器)额定电流比线路的允许持续载流量、配电保护整定值大很多,当发生过载时,断路器在规定的时间内不动作,线路就长期处于过载状态,对绝缘、接线端子和周围物体形成损害;线路实际载流量超过设计载流量,其断路器频繁跳闸无法用电。如强行使用(如用铜丝代替熔丝或拆除断路器),就会因过载引起火灾;对于大量的单相设备,由于三相负载不平衡引起某相电压升高,严重时将烧毁单相用电设备,导致起火。如以下三种形式:负载阻抗大小相等而功率因数不相等,则某相出现过电压,严重时可达 1.27 倍额定电压;负载阻抗大小不等而功率因数相等,负载阻抗大的一相电压最高,最大值可达 1.73 倍额定电压;如果三相负载阻抗和功率因数都不相等,最大相的负载过电压有可能达 2.36 倍额定电压。

发生接触电阻过大的主要原因有:安装质量差,造成导线与导线、导线与电气设备连接点连接不牢;导线的连接处沾有杂质,如氧化层、泥土、油污等;接点由于长期震动或冷热变化,使接头松动;铜铝混接时由于接头处理不当,在电腐蚀作用下接触电阻会很快增大。线路接通电源之后,电流通过电线、接头和设备就会发热,这是正常

现象。接头做得好,接触电阻不大,连接点的发热量就小,可以保持正常温度。如果接头接得不好,接触电阻就会增大,同时产生的热量也就多。在一定电流下,电阻越大,发热量就越多,因此有较大接触电阻的线段就会强烈发热,使温度急剧升高引起导线绝缘层燃烧并引燃附近电线上的粉尘、纤维等物质造成火灾。如电动机振动时就有可能使接头松动,产生接触电阻过大,因局部温度升高引燃可燃物而发生火灾。

发生漏电的主要原因:当用电器或电源插座内部的灰尘增多并遇到雷雨天气或气候潮湿时,因绝缘受损或线路对地电容大,相对产生泄漏电流。如泄漏电流达 300mA(对额定电流为 40A 的线路,泄漏电流是 100mA),故障处的消耗功率约为 20W,时间延续 2h,将使绝缘进一步遭损,而造成相对地短路,时间略长引起火花放电,酿成火灾。

2 建筑电气火灾的特点

电气火灾多发生在夏、冬季。一是因夏季风雨多,当风雨侵袭,架空线路发生断线、短路、倒杆等事故,引起火灾;露天安装的电气设备(如电动机、闸刀开关、电灯等)淋雨进水,使绝缘受损,在运行中发生短路起火;夏季气温较高,对电气设备发热有很大影响,一些电气设备,如变压器、电动机、电容器、导线及接头等在运行中发热温度升高就会引起火灾。二是因冬季天气寒冷,如架空线受风力影响,发生导线相碰放电起火,大雪、大风造成倒杆、断线等事故;使用电炉或大灯泡取暖,使用不当,烤燃可燃物引起火灾;冬季空气干燥,易产生静电而引起火灾。许多火灾往往发生在节日、假日或夜间。由于有的电气操作人员思想不集中,疏忽大意,在节、假日或下班之前,对电气设备及电源不进行妥善处理,便仓促离去;也有因临时停电不切断电源,待供电正常后引起失火。往往由于失火后,节、假日或夜间现场无人值班,难以及时发现,而蔓延扩大成灾。电气火灾相较于普通火灾有两点不同:正在使用的电气装备着火后可能仍带电,此刻若不及时用正确方法灭火,不小心触碰很可能发生触电,造成触电身亡事故。电气装备一般带有大量的油液,例如:变压器、电容器等,受到高温后有可能喷出油液,并有可能使火势蔓延、变大,造成不可估量的人身财产损失。

电力线路受机械损伤而发生短路,如当导线与金属管

道构件接触而无套管保护时,长期摩擦使绝缘损坏,这种短路多为单相接地故障造成,易发生电弧性短路。通常电气设备绝缘损坏产生电弧性接地故障的情况还有:导线和电气设备绝缘老化;电器或电动机的接线端子周围绝缘因长期发热而炭化;电动机过载而发生匝间短路;电气设备受潮或严重凝露;在电气设备中有导电尘埃沉积等。这类故障会引起接地电弧性短路,并酿成火灾。

常见短路点往往被高温熔焊的金属短路,称为金属性短路;另一是带电导体对地的短路,大都是以电弧为通路的电弧性短路。过去普遍认为,电气间短路引起的火灾大多由带电导体间的短路所造成,由于短路电流大,可用带短路保护的断路器和熔断器来防止。实际情况并非如此,因大多数的短路火灾是由接地短路故障产生的电弧或电火花所引起。前者短路电流以千安计,金属线芯产生高温以至炽热,绝缘被剧烈氧化而自燃,火灾危险甚大,但金属性短路产生的大短路电流,能使断路器瞬时动作切断电源,火灾往往得以避免。后者因短路电流受阻抗影响,电弧长时间延续,而电弧引起的局部温度可高达 3000 ~ 4000℃,很容易烤燃附近可燃物质引起火灾,又由于接地故障引起的短路电流较小,不足以使一般断路器动作跳闸切断电源,所以电弧性短路引起火灾危险远大于金属性短路。

在接地故障回路全为金属导体的 TN-C-S 系统,其导电性能不良失去接地保护并不影响电气设备的使用,故工作中不易发现。但一旦发生接地故障,由于短路电流小,不能使断路器动作,而导致上述电弧性短路的发生。至于 TT 系统,其接地故障回路内串有电源的接地保护和设备外壳的接地保护,两个接地电阻造成回路本身的阻抗就很大,更易发生电弧性短路。由上可知,接地故障的回路阻抗大,使它易以电弧短路的形式出现,这也是单相接地短路故障容易导致火灾的一个重要原因。当线路因过负荷使绝缘温度超过最高允许工作温度,绝缘老化加速使绝缘水平降至规定值以下,如果没有外因触发,短路一般还不会发生。如果有外因触发,如雷电引起的瞬态过电压、邻近大功率设备的操作过电压以及变电所高电压侧接地故障引起的暂态过电压等,则在此大幅值过电压冲击下,老化的绝缘将被击穿而弧光短路。过电压转眼消失,工频短路电弧却能长时间延续,这是因为电弧的高阻抗限制了短路电流,使断路器不可能动作。这类过电压多出现在带电导体与地之

间,所以这种短路也多为单相接地短路。电气短路以单相接地故障居多,电气火灾的危险则以电弧性接地为最严重。

为加强电气火灾事故预防工作,有关部门相继制订或修改了有关标准规范,要求设置电气火灾监控系统。如在修订后的《高层民用建筑设计防火规范》规定高层建筑内火灾危险性大、人员密集等场所宜设置漏电火灾报警系统;在影剧院、馆所、仓库、住宅小区、医院、商店、学校等场所宜设置剩余电流动作电气火灾监控系统;强制性国标《剩余电流动作保护装置的安装和运行》强调了剩余电流动作保护装置在防止因接地故障而引起的电气火灾的防护作用,要求在建筑物内安装剩余电流动作火灾监控系统;国家标准《建筑电气火灾预防要求和检测方法》中要求“应在电源进线端设置自动切断电源或报警的剩余电流动作保护器”。

3 智能化断路器是预防建筑电气火灾的重要手段

电能是衡量一个国家现代化程度的标志之一,也是决定其发展速度的一个重要因素。电作为一种潜在的点火源,为生产和生活各个方面服务的同时,如果使用、管理或维护不当,就会形成火灾,给国家财产和人民生命安全带来巨大损失。随着我国经济建设的快速发展,生产和生活用电量大幅度增加,电气火灾呈上升趋势。近10年来,我国发生电气火灾高居火灾事故总数的首位,约占总数的30左右,在电气火灾中,电气短路引起的火灾事故又占一半以上。电气短路一般有两类:一是带电导体(相线和中性线)间的短路,由导体间直接接触,如相与相之间、相与N线之间短路,短路点往往被高温熔焊的金属短路,称为金属性短路;另一是带电导体对地的短路,大都是以电弧为通路的电弧性短路。因此,预防和减少电气火灾的发生,已成为当前消防安全工作的一项重要内容。

低压断路器的用途或作用可以概括为以下方面:用来不频繁地接通和分断正常情况下不大于低压断路器额定电流的配电线路或负载设备回路,并可以带负荷操作;在负载电路出现不允许的异常现象或短路故障时,用来切断故障电流;用来对负载回路实现过电流,短路及欠电压的自动保护等。常用的低压断路器分为万能式和塑壳式。万能式低压断路器有一个钢制或塑料压制的框架,各个系统则安装其上,由于体积较大,便于增、卸部件和维修,并且不受空间限制,可以制成大容量的。塑壳式断路器的壳体

采用DMC、D141等塑料粉压制而成,其阻燃性、机械强度较高,断路器中所有系统的元件都装在塑料底座和塑料外壳组成的封闭壳体内,结构紧凑,操作安全。DZ20塑壳式断路器在结构上具有完整的导电触头系统,带负荷操作的完善灭弧系统,及对电路运行状态起保护作用的电磁脱扣系统和热脱扣系统等。导电触头系统与电源、负载分别连接侧连接点和负载侧连接点、动静触头、软连接等部分组成,该系统的任务是完成与外电路的电气连接,执行通断电路的动作,并与灭弧系统配合,有效地熄灭切合电路时产生的电弧。灭弧系统主要组成部分是灭弧罩,但触头部分特别是弧触头在灭弧过程中也起到不可缺少的作用。保护系统由多种脱扣器组成,它能把运行电流、电压的异常状态检测出来,并经过一定的处理来作用于操作系统,进而使断路器动作分闸。

当发生火灾后,手把仍处于合闸位置,说明线路仍处于闭合状态,此时把断路器取下(即与火灾线路分离),用外力使手把向下运动,观察手把能否下来。手把处于电磁脱扣位置手把处于电磁脱扣位置,说明线路短路引起断路器动作。把断路器取下,这时如用外力使手把直接向上运动合闸,出现滑扣不能合闸的现象,而需对手把用外力向下运动到再扣角度(即手动拉闸位置),然后再用外力向上运动手把才到合闸角度即合闸状态。当打开前盖后,发现动静触头严重烧灼,灭弧罩棚片,银基触头周围镀锡层部分发黑,这些黑色物质单纯用手指擦不掉,并有金属粒子存在,通过金相分析,这些金属粒子是以柱状晶体为主的细小组织。

手把处于分离位置有两种情况:一是可能在起火前没有通电,或者起火后有人在断路器动作前把手把拉下,这时打开前盖,灭弧罩内无其他异常现象,从此现象可以断定火灾不是因为电气原因而发生;二是断路器热脱扣器动作。当负载发生变化,负荷电流达到约定热脱扣器电流1.25倍时在2h内,或达到约定脱扣器电流1.35倍在1h内,断路器热脱扣器动作,手把处于分闸位置,与手动断开角度一样。这时,如使手把直接向上运动,会立即合闸,这说明线路是超负荷运行。线路发热点一般在断路器进出线两端,静触头、接线板因发热表面处理层有严重氧化痕迹,导线与断路器连接端点塑料层严重塑化。以上是通过分析断路器手把和观察内部痕迹来判定电气火灾原因,这只是判定电气火灾原因的一个因素,对于具体火灾现场还要结

合其它现象共同分析,才能得出正确结论。

随着当前各种智能化控制技术在生活和工作的不断应用,人们对电气火灾自动控制器的应用也在不断的加深,成为当前灾情防范的重要措施和保护手段之一。在一些大型的场所和人口比较密集的地方,都设有各种防范措施和处理手段。通过采取有效的措施,尽可能防止火灾的发生。及时不能够阻止火灾的发生也能够一定程度上减少火灾造成的各种损失和破坏。自动化电气控制器是当前发生火灾的现场最常用的设备,其常见手段是采用切除电源,防止在火灾中发生电击伤害和损失事故。在当前科学技术发展中,人们对各种手段的应用逐步加深,这也是当前人们一直努力追去的结果。如能采用既经济、实用,又便于普及推广的简便方法,是当前人们对火灾控制器的主要要求和控制管理措施。

4 带剩余电流保护功能断路器的工作原理及其应用

一般的低压断路器主要针对电力线路和设备的过载和短路保护,因此其额定动作电流较大,而接地故障引起的接地短路电流较小,一般不足以使断路器动作跳闸,因此低压断路器不能防止因接地故障引起的电气火灾,而只有带剩余电流保护功能的断路器,在过电流断路器不动作的情况下,能有效地切断故障电路,防止电气火灾。

电气火灾自动保护功能型断路器是在现行普通剩余电流断路器的基础上,配置一个具有与外界温度呈同步单调变化的感温元件--热敏电阻。断路器内部有相应的电子电路相配合,当外界环境温度异常升高,超过了一定正常温度值后,电子线路自动驱动电气火灾自动保护型断路器的主触头脱扣器,将断路器负载侧线路分断,防止负载侧的线路和设备因电气火灾使绝缘损坏,造成进一步的短路事故发生。电气火灾自动保护功能型断路器在规定温度范围的下限以下,不论时间多长,都不会导致电气火灾自动保护功能型断路器动作,即为额定不动作温度。额定不动作温度保证了电气火灾自动保护型断路器不致因正常环境温度升高或意外热源的偶然影响而产生误动作,确保其工作的可靠性。

电气火灾监控系统主要有多功能漏电开关型、分离配置型、分离配置整合型等三种类型;基本组成包括:电气火灾监控设备、剩余电流式电气火灾监控探测器以及测温式电气火灾监控探测器;该系统能够对被保护电气线路中

的电流、剩余电流、温度进行监视,并及时发现电气火灾隐患,预防电气火灾发生。电气火灾监控系统集监视、报警、控制、集中管理于一体,监控探测器一般挂接在总线上的支路上,接受主控制器的命令,并传送全部信息;主控制器处理接收来的数据,监测被探测电气线路单相、三相电流,漏电电流,温度等参数的变化。当参数异常时,剩余电流(漏电电流)互感器、温度传感器等终端探测头对信息进行采集,并送到监控探测器里,超出设定值时即发出报警信号,同时输送到监控设备中,经进一步识别判定,当确认可能会发生火灾时,监控主机发出火灾报警信号,报警指示灯亮,发出报警音响,并在液晶显示屏上显示报警信息,值班人员迅速进行检查处理,将报警信息发送到集中控制台,还可与消防火灾监控设备、119指挥中心连网。

应用剩余电流断路器来防止电气火灾,必须正确选择额定剩余动作电流。在有火灾危险的场所,要防止故障电流引起火灾,必须在线路中装设额定剩余动作电流不超过500mA的剩余电流断路器,或装设绝缘监察装置,在绝缘故障时发出警报。采用额定动作电流不超过500mA的剩余电流断路器,可以在出现引燃火灾所需的能量前,就发出警报或断开电路排除故障。为防止电弧性接地故障引起的电气火灾,在线路上装用带剩余电流保护功能的断路器是一项重要的防火灾措施。其剩余电流保护功能对建筑物的电弧性接地故障引起的电气火灾进行防范。为切断建筑物内的电弧性大多接地故障,在电源进线端也应装用剩余电流断路器。GB50096《住宅设计规范》,规定了每幢住宅楼的总电源进线断路器,应带有剩余电流保护功能的明确规定。因多数用户不懂得用电安全知识,又无专业电工进行维护管理,住宅电气火灾发生较多。据近年统计,我国住宅电气火灾占电气火灾总数的一半以上,所以这一规定是十分必要的。在进线处安装带过载保护、短路保护、剩余电流保护于一体的多功能低压断路器,不仅可以保护线路、保护设备,而且还可防止因接地故障引起的电气火灾。

正常用电时,普通开关对受控线路进行人工闭合和分断操作;火灾自动保护功能:当断路器所在位置(分体型为被探头监测位置)一旦发生火灾,环境温度异常升高,该断路器的感温探头在感测到所处环境温度达到或超过整定温度后,自动将受控线路电源切断,防止扩大火灾范围,并为灭火行动提供电气方面的安全保障,防止灭火人员发生电击后的二次伤害事故;过载保护功能:当电气火灾自

动保护型断路器所控制的线路负荷超过额定值,发生超载时,断路器将适时自动分断,切断受控线路的电流。防止因其发热而引起线路火灾。

短路保护功能:当电气火灾自动保护断路器所控制的线路发生意外短路事故,该断路器将在0.2s时间内分断,切断受控线路的电源,防止短路事故引发火灾事故。

剩余电流保护功能:当受控线路或用电设备发生绝缘损坏,产生对地故障或有人员发生单相电击事故时,电气火灾自动保护功能型断路器在0.1s(家用型)或0.2s(工业用型号)时间内自动切断受控线路电源,避免对人身生命造成危害,并防止此类剩余电流引起电气火灾的可能性。

电气火灾自动保护型断路器根据其使用类别、使用方式、所控制线路的相数以及被控制对象、性质分别按如下情况进行分类:

按使用类别分:家用及类似场所用如HNB47FL型,额定电流 $\leq 63A$,代号为B。适用于家庭住宅、办公室及类似场所;工业及类似场所用如HNM20FL型,额定电流 $\leq 630A$,代号为M。适用于工厂、商场等用电量较大的场所。

按极数分:家用型有1P+N、2P、3P、3P+N、4P,代号为直接按此标注。分别用于单相、三相和三极四线电路中;工业用型有2300(2P)、3300(3P)、3N300(3P+N)、4300(4P),代号为直接按此标注。分别用于单相、三相和三极四线电路中。

按瞬时脱扣电流分:家用型照明配用电代号为在额定电流值前加C,一般照明和电器控制用;电动机保护代号为在额定电流值前加D,用于电动机短路保护的场合。工业用型配用电不加特别标志;电动机保护用在脱扣器方式和附件代号后加2,用于电动机短路保护的场合。

5 应用断路器预防建筑电气火灾的措施

电气火灾自动保护功能型断路器的综合防护功能、实施电气保护的功能都有一定的条件要求。只有选型适当,才能发挥最佳效果。故此,在进行线路配置设计时,重点考虑以下方面的参数配置:在设计电气火灾自动保护型断路器的额定电流时,应选择在线路满负荷时不超过其额定电流的标称值。选择太小,线路极易进入过载保护状态,容易造成线路频繁断电;选择太大,线路实际用电负荷

即使超过线路设计额定值很多,也不会进行过载保护。对于预防过负荷引发火灾的功能将会因此而丧失。对于短路电流的保护,应视负载的性质进行选配。如果负载是一般的照明和普通电器设备,其瞬时脱扣电流应选择配电保护型。其保护范围:家用型为 $5 \sim 10I_n$,工业用型号为 $10I_n \pm 20\%$ 。而对于负载为以电动机为主要对象的线路,其瞬时脱扣电流应选用电动机保护型。其保护值:家用型为 $10 \sim 50I_n$,工业用型号为 $12I_n \pm 20\%$ 。

当电气火灾自动保护功能型断路器安装在线路的最末端,且主要功能用于对人身电击保护时,其额定剩余动作电流值不得超过30mA。其剩余电流动作时间不应超过0.1s。而电气火灾自动保护功能型断路器配置在线路的第一级(两级保护时)或第二级(三级保护时),主要目的用于对设备接地故障电流进行保护时,其额定剩余动作电流不应超过500mA。当线路中的实际剩余电流超过该范围以后,即有可能因该泄漏电流而引发电气火灾。但其额定剩余不动作电流应不小于被保护电气线路和设备正常运行时泄漏电流最大值的2倍。

电气开关种类相对较多,诸如自动开关、铁壳开关、倒顺开关和闸刀开关等,应用较为广泛。在现代大型化生产企业里,电气开关遍布各个生产及辅助装置,在电气传动、自动控制系统和电力输送、分配中,得到广泛应用,起着至关重要的作用,安全高效地使用维护好电气开关设备也是安全生产管理的重要环节。

自动开关主要用于分合和保护交、直流电气设备,一般控制着一定范围内的整个用电系统,所以由于开关故障造成的损失和灾害可能很大。若出现机构失灵、接触不良或缺相运行或因整定值过大,在被保护设备过载时不能动作等现象时,将会失去保护作用而导致设备损坏,另外,伴随着电气设备燃烧,还会引燃可燃物酿成火灾。铁壳开关、倒顺开关和闸刀开关用于电热照明、电机控制等电气装置的电流分合控制中,他们应用对象广泛而普遍,其发生火灾的危险性也较大。而短路和电火花或电弧引起开关的火灾占相当比例,刀口接触不良、开关与导线连接松动,都将引起局部升温、电弧等现象,短路的原因可能是超载发热、绝缘损坏、缺相运行或机构故障,轻则破坏电气系统正常运行,重导致电网发生火灾。

下转172页