

「电网」

关于消弧线圈消除弧光接地过电压的探讨

文/唐山三友氯碱有限责任公司 陈永顺

简要介绍了间歇性电弧、弧光接地过电压的形成原因，阐述了发生弧光接地时消弧线圈产生的感性电流与系统电容电流相互作用的关系，证明发生弧光接地时消弧线圈并不能消除弧光接地过电压，应因地制宜地选择合适的接地方式。

随着社会的进步，用电需求的扩大，在有消弧线圈的小电流接地电网中电缆使用越来越多，系统电容电流越来越大，接下来针对当发生弧光接地时消弧线圈能否消除弧光接地过电压这一问题进行分析。

工频状态下限制电弧的产生

在中性点不接地的电力网中，如果发生单相接地，则流过接地点的电流仅是数值不大的电容电流，单相接地电容电流 I_0 的数值近似等于

$$\frac{U_e}{K}(L+25L_L)$$

式中， U_e 为线路的线电压，kV； L 为架空线总长度，km； L_L 为电缆线长度，km； K 为常数，当线路有避雷线时 K 为300，无避雷线时 K 为400。

由上式可以看出，在同级电压网络内，接地电流与线路总长度成正比。在线路较短时，接地电流不大，许多弧光接地故障一般都能自行熄弧。但是随着线路的增长和工作电压的升高，单相接地电流也随着增大，许多弧光接地故障不能自行熄弧。另一方面，当接地电流不太大时，往往还建立不起稳定的工频电弧。于是形成了熄弧

与重燃相互交替的不稳定状态，即间歇性电弧。由于这种间歇性电弧引起电力系统运行状态的瞬息改变，导致了电磁能量的强烈振荡，从而在非故障相以及故障相上产生严重的暂态过电压，这就是弧光接地过电压。

弧光接地过电压的发生，是因为接地电弧在燃弧和断弧的交替过程中，电力网上逐渐积聚了大量电荷的结果。因为电网中性点不接地，这些电荷无处释放，使过电压的数值随着电弧重燃次数的增加而逐渐升高。我国的实测结果表明，弧光接地过电压，一般不超过3倍相电压，最大3.2倍相电压。

在我国，60 kV及以下中性点不接地电力系统的对地绝缘是按4倍相电压设计的，因此弧光接地过电压一般不会有太大危险，但对于系统中的某些绝缘弱点有时也会引起击穿损坏事故，所以经常注意消除绝缘弱点和加强设备的检查试验，是预防弧光接地过电压事故的有效措施。

单相间歇性电弧接地时刻通过接地故障点总电流是高频振荡电流

上述论断都是基于工频状态下，而实际上，

单相间歇性电弧接地时刻通过接地故障点总电流是高频振荡电流,在高频振荡过渡过程中,由于消弧线圈和电网电容这两者频率特性相差悬殊,这两者是不能互相补偿或调谐的。

运行中的单相接地情况一般过程是间歇性电弧接地→稳定电弧接地→金属性接地。根据实测,间歇性电弧接地持续时间可达0.2~2 s,频率可达300~3 000 Hz;然后,稳定电弧接地持续时间可达2~10 s;最后,故障被烧熔成为金属性接地,即永久性故障接地。

最危险情况是发生在单相间歇性电弧接地时刻,在健康相(非故障相)上发生的弧光接地过电压最高,可达3~4倍相电压,通过电弧接地故障点的高频振荡电流最大,可达数百安,时间虽短,但电弧危害很大。从电工原理角度来看,在电路内从一种稳定状态过渡到另一种稳定状态,必须经高频振荡过渡过程,时间虽短,但振荡电流可达到稳态下电流的很多倍,结果可能使元件损坏。

在稳定电弧接地和金属性接地阶段,健康相(非故障相)上发生的过电压较低,最大约2.3倍相电压,通过故障点电流才是常说的工频电网电容电流或经消弧线圈自动跟踪补偿或自动调谐后的残流。

如前所述,在单相间歇性电弧接地时刻,过渡过程通过接地故障点的电网电容电流分量和有消弧线圈时的电感电流分量均是高频的。这两者的频率特性完全不同。电网电容电流分量达到最大值(数百安),消弧线圈电感电流分量还未有效提升,待电网电容电流衰减到稳态后,消弧线圈产生很大饱和和高频电流(数百安),所以在单相间歇性电弧接地时刻,消弧线圈电感电流分量和电网电容电流分量是不能补偿或调谐的。

总之,消弧线圈自动跟踪补偿或自动调谐是不能“消除弧光接地过电压”的。因此,电力行业标准DL/T 620—1997中的4.2.8规定:66 kV及以下系统发生单相间歇性电弧接地故障时,可产生过电压,过电压的高低随接地方式不同而异。一般情况下最大过电压不超过:3.5倍相电压(不接地系统),3.2倍相电压(消弧线圈接地系统),2.5倍相电压(电阻接地系统)。

这对正常(标准)绝缘(非弱绝缘)是没有

危险的,但对弱绝缘是有危险的,由于种种原因会使绝缘老化,变为弱绝缘。

合理确定系统系统中性点接地方式

一个城市同级电压多种中性点接地方式并存的现象很常见。例如,上海35 kV和10 kV电网中性点消弧线圈接地和电阻器接地并存,北京10 kV电网中性点消弧线圈接地和电阻器接地并存。确定系统中性点接地方式主要还是根据经验,权衡利弊,因地制宜。

在电网发展不同阶段,不同中性点接地方式的“利弊”是不同的。例如在电网发展初期,电容电流较小,电网结构薄弱,一般是以中性点不接地运行。中性点不接地电力系统的缺点是单相接地时的故障电流随着线路长度的增加和电力系统标称电压的提高而增大,这使电弧接地故障难以自动清除,有时继而发展为两相短路故障。为了解决这个问题,可以选择两条不同的途径,一是中性点经消弧线圈接地,降低建弧率,减少跳闸;二是中性点直接接地或电阻器接地,快速将故障切除。

20世纪80年代之后,配电网结构发展和运行环境与初始发生了两大变化。

1) 配电网多条电缆同沟并行形成环形或网格馈电,用户供电的可靠性靠电网结构和自动控制来保障。电网中性点不接地和消弧线圈接地方式能带单相接地故障运行几小时的作用愈来愈小,而是通过快速准确选线断开单相接地故障线路,避免单相接地电弧引发多相短路。

2) 各种形式的电子系统的应用不断增加。这些系统包括计算机、通信设备、电子商务、控制系统和信息系统等,IEC标准中统称为信息系统。信息系统增加了对供电质量和可靠性的要求,同时要求降低接地故障入地电流造成的地电位升高。

结束语

综上所述,虽然消弧线圈自动跟踪补偿或自动调谐使消弧线圈功能和应用上了一个新台阶,但是消弧线圈“消除弧光接地过电压”是很难达到的。**EA**

(收稿日期:2018.04.08)

(编辑:刘群彦)