

# 消弧线圈对防雷接地保护的影响分析

蒋东平

(南京供电公司, 江苏 南京 210005)

**摘 要:** 针对雷电的危害, 本文主要介绍了几种防雷保护装置及保护原理。其中特别提到消弧线圈对防雷保护的影响, 结合实际设计过程中的问题, 本文对消弧线圈的类别、原理及防雷接地保护的原理进行系统的分析。

**关键词:** 消弧线圈; 防雷; 保护

## 1 简介

单相接地是配电网中最常见的故障形式。一般说来, 配网系统均采用非有效接地系统, 此时即使发生单相金属性永久接地或稳定电弧接地, 仍能不间断供电。但同时由于电动力、热气流等作用, 使电弧拉长, 往往会引起多相短路、线路跳闸或损坏设备; 若为间歇性接地, 还会引起过电压。因此, 在中性点不接地的电网中, 线路较长, 单相接地电流大于自熄电流时, 要设法尽快使电弧熄灭, 其中一项有效措施就是在电网中性点装设消弧线圈。例如在南京地区, 35kV 及以下系统主要采用消弧线圈接地(全电缆出线或电缆出线较多时, 因电容电流较大而采用小电阻或中电阻接地的情况除外)。

目前自动跟踪补偿消弧装置已大量的在配电网中运行。相对于早期采用的手动调匝式消弧线圈, 自动跟踪补偿装置调节方便, 无须停电, 不会使电网的部分或全部在调谐过程中暂时失去补偿, 调谐精度和动作成功率高, 而且能够限制和消除弧光接地过电压和谐振过电压, 有利于电网的安全可靠运行。

## 2 几种消弧线圈的比较

目前市面上存在着多种消弧补偿装置, 有传统的调匝式消弧线圈, 也有调容式、相控式等新的调感方式的消弧线圈, 从控制的角度又分为预调试和随调式两种, 且跟踪检测电网电容电流的方法各不相同。

### 2.1 根据改变电感方法的不同分类比较

目前主要有三种调节方式: 调匝式、调容式、可控硅控制(相控式)等, 其中调匝式、调容式只能分级调节。

#### 2.1.1 调匝式消弧线圈

调匝式消弧线圈结构简单, 是将绕组按不同的匝数抽出分接头, 用有载分接开关进行切换, 改变接入的匝数, 从而改变电感量。

由于补偿电流不需要二次设备控制, 即使控制器出现故障, 仍然可以很好的补偿; 响应速度快; 可以消除铁磁谐振; 相对而言补偿范围窄(15%~100%的额定电流)。

#### 2.1.2 调容式消弧线圈

调容式消弧线圈通过调节消弧线圈二次侧电容大小来调节消弧线圈的电感电流。这种调节方式不需要阻尼电阻, 谐波较少, 速度快; 补偿范围和调匝式差不多, 电容器大电流冲击, 会发生电容变化。消弧线圈二次侧电容器的投切有暂态过程, 系统将产生涌流和瞬时过电压。当系统发生单相接地后, 真空开关(或可控硅)投切电容器的电流很大, 对控制设备要求提高, 增加设备成本, 并且使用寿命和可靠性难以保证。

#### 2.1.3 相控式消弧线圈

该消弧系统主要由高短路阻抗变压器式消弧线圈和控制器组成, 同时采用小电流接地选线装置为配套设备, 变压器的一次绕组作为工作绕组接入配电网中性点, 二次绕组作为控制绕组由2个反向连接的可控硅短路, 可控硅的导通角由触发控制器控制, 调节可控硅的导通角由0~180°之间变化, 使可控硅的等效阻抗在无穷大至零之间变化, 输出的补偿电流就可在零至额定值之间得到连续无极调节。

但是该系统需要控制电源, 二次侧电流非常大, 大功率可控硅需要很好的散热; 谐波大, 电流越小, 谐波越大; 滤波电容器大电流冲击, 会发生电容变化; 可控硅通大电流, 需要风扇, 潜在危险; 补偿慢, 不能减弱铁磁谐振。

## 2.2 根据运行方式分类比较

根据运行方式可分为预调式和随调式，其中预调式在接地故障发生前，调整消弧线圈到靠近谐振点运行的。为使中性点的位移电压不大于15%额定电压，需要串联（或并联）一定数值的限压电阻；而随后调节式在正常运行情况下，消弧线圈远离谐振点运行，中性点位移电压较低，接地故障发生后，迅即调整到位，故不需要加装限压电阻。

### 2.2.1 响应速度

预调式平时就处于补偿位置，单相接地发生时无需任何调整就能够立刻提供补偿电流，补偿速度无疑是最快的。而随调式消弧线圈在单相接地发生后再调整消弧线圈电感量，发出调整指令时间并不是电感电流补偿到位的时间，补偿到位时间很慢，对瞬时性接地补偿效果和对人身安全的保障较差。

### 2.2.2 谐波污染

高短路阻抗等随调式消弧线圈使用谐波元件可控硅进行调节，产生大量的谐波，虽然增加了三次和五次滤波装置滤除部分谐波，但由于滤波器品质因素值由于电容器的影响随着使用时间的推移下降很快，消弧线圈运行时会产生较多的谐波。

### 2.2.3 可靠性

预调式消弧线圈预先调节电感，系统发生单相接地时消弧线圈不依赖二次电源就可以进行补偿。高短路阻抗等随调式消弧线圈在系统发生单相接地故障后需二次电源才能投入。

同时，高短路阻抗等随调式消弧线圈内部存在大量的电子元件，导致其故障率升高，同时设备中的可控硅需要风扇冷却，风扇的故障会导致可控硅热击穿。尤其在环境潮湿的时候，预调式消弧线圈由于含有较少的电子设备，表现出更强大的稳定性。

### 2.2.4 抑制铁磁谐振过电压的效果

由于预调式消弧线圈平时电感量调节到位，电抗值在几十到百欧姆范围，铁磁谐振被有效抑制。和预调式消弧线圈相比，随调式消弧线圈由于平时工作在高阻位置，对铁磁谐振的抑制能力明显有差距。

## 3 消弧线圈补偿装置对电网的作用

近年来自动跟踪补偿装置在我国电力系统中得到了广泛的应用，对电网安全可靠运行起到重要作用，总的说来，包含如下几个方面的内容：

1) 能自动测量电网电容电流、自动跟踪运行方式，自动调整补偿电流。

2) 自动补偿电网单相接地电流，使补偿后的电流控制在一定的范围之内，有效的降低了电网的故障建弧率，促使接地电弧熄灭，使配网的供电可靠性得到大幅度的提高。

3) 能有效的抑制弧光接地过电压，消除铁磁谐振过电压，防止弧光接地对设备造成更大的损坏。

4) 防雷害、放污闪，降低线路故障跳闸率，同时由于接地电流降低，绝缘子热破坏和电弧扩散引起的相间短路的几率也大为减少。

## 4 消弧线圈对防雷接地保护的影响分析

### 4.1 消弧线圈与接地保护

#### 4.1.1 熄弧作用

当配电网电容电流发展到一定程度后，一旦发生单相接地，接地电弧就不能可靠熄灭，要么发展为间歇性的电弧接地产生弧光接地过电压，要么发展为稳定燃烧的电弧，有电弧的光、热作用破坏电弧周围空气的绝缘，最后发展为相间短路，引发更严重的事故。当电网采用消弧线圈补偿装置后，由于装置能准确的测出接地电流值，并把补偿电流值调整到最佳的补偿状态，把接地故障点的接地残流控制到熄弧临界值以下，使接地电弧能够可靠熄灭，因而能够消除大多数的瞬时性接地故障，降低配电网的故障建弧率；即使对永久性接地故障，也因故障点电流小，引起的相间短路概率大大降低，能明显提高供电可靠性。

#### 4.1.2 限制弧光接地过电压

发电厂、变电所中大都装有一定数量的中性点接地的电磁式电压互感器，在发生弧光接地过电压时，有些电压互感器铁芯迅速饱和，当满足符合发生铁磁谐振条件时，即会产生强烈振荡，造成谐振过电压。因其幅值高，持续时间长，能对电气设备造成相当大的影响。铁磁谐振过电压往往会造成绝缘弱点击穿，电压互感器爆炸。

要限制弧光接地过电压最主要的方法就是促使电弧可靠熄灭，限制电弧重燃。加装消弧线圈装置后，当接地故障发生时，装置向接地点提供补偿电流，减缓弧道恢复电压上升速度，促使接地电弧尽快熄灭，避免重燃，阻尼电阻也会有效的抑制弧光接地电压。同时消弧线圈的电抗相对于电磁式电

压互感器的励磁电抗要小很多,能够限制互感器的铁芯饱和,避免发生铁磁谐振。

#### 4.2 消弧线圈与防雷保护

雷电过电压虽然幅值很高,但作用时间很短,绝缘子发生的热破坏大都是由于雷电流之后的工频续流引起的。而工频续流,实际就是电网的电容电流。当消弧线圈补偿装置将补偿后的残流控制在熄弧电流以下时,就能为雷电流的可靠熄弧创造条件,将大多数因雷击造成的瞬时性接地故障自动消除,不会发展成永久性故障,更不会发展成相间短路或更严重的故障。

#### 4.3 不同补偿装置对防雷保护的影响分析

当采用随调式消弧装置时,一般是在电网出线单相接地故障时启动消弧装置,来对配电网电容电流进行测量并调整补偿电流,使其达到预定的补偿状态,这个过程需要零点几秒到几秒。在这个时间段内,如雷击后工频续流有可能发展成为相间短路或者产生弧光接地过电压而造成事故。

而预调式消弧装置投运后,或在配电网运行方式变化后立即完成对电网电容电流的测量和补偿电流输出调整,然后在预定的状态下,一旦发生单相接地故障,补偿电流立即输出。因雷电流持续时间很短,造成雷击破坏的一般多为工频续流,即配网的电容电流,预调式消弧线圈因响应速度快,对接

地故障处理及时,因此有很好的防雷作用。

## 5 结论

通过比较不同消弧线圈的原理和性能,结合实际应用经验,本文主要分析了消弧线圈装置对电网的作用以及对防雷接地保护的影响。总的说来,通过合理选择消弧线圈容量及形式,能够,将线路的电容电流补偿至熄弧电流以下,有利于防雷接地保护,对电网可靠运行有着重要的作用。

根据相关运行规程,如系统采用消弧线圈接地方式,当发生单相接地故障时,可以带故障运行 1.5h。对于架空线路来说,因大多数故障为瞬时性故障,当故障原因消除时,系统即恢复正常,此时能较大的提高配网的供电可靠性。但是对于电缆出线来说,一旦发生单相接地,一般都是永久性故障,此时如果带故障运行,将导致故障扩大造成更严重的事故,因此,配网中对于消弧线圈的选择需要经过计算校验,如城区中出线为全电缆或电缆占较大比重时,则不宜选择消弧线圈接地方式。

#### 作者简介:

蒋东平(1961-),男,江苏南通人,工程师,从事电力营销工作。