

# 配电网中性点接地方式探讨

李颖峰

(陕西理工学院电气工程系, 陕西 汉中 723003)

**摘要:** 近些年随着我国配电网的全面改造, 配电网的结构发生了变化, 而配电网中性点不同接地方式的选择关系到电网的安全可靠运行。讨论了配电网主要采用的几种接地方式及各自的优缺点, 对采用不同的接地方式从内外过电压防护 供电可靠性等方面进行了分析, 探讨了配电网中性点接地方式选择的一般原则及发展趋势。

**关键词:** 配电网; 接地方式; 过电压; 供电可靠性

## Discussion on neutral grounding modes for distribution network

LI Ying-feng

(Department of Electrical Engineering, Shaanxi Institute of Technology, Hanzhong 723003, China)

**Abstract:** In recent years, distribution network of China is facing to reconstruction. The structure of distribution network has been changed, the choice of neutral grounding modes is vital important to distribution network safe operation. This paper discusses several grounding modes and their merits and deficiencies adopted by distribution network. The problems about over-voltage level, reliability of power supply are analyzed. The principle and development trend of neutral grounding modes for distribution network are discussed.

**Key words:** distribution network; grounding modes; over-voltage; reliability of power supply

中图分类号: TM711 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)19-0058-03

## 0 引言

我国配电网中性点主要采用三种接地方式, 即: 中性点不接地(对地绝缘)、中性点经消弧线圈接地和中性点经低电阻接地, 不同的接地方式有各自的优缺点和适用场合<sup>[1]</sup>。配电网中性点的接地方式随着配电网结构的变化在不断改进, 早期配电网中性点主要采用不接地及经消弧线圈接地, 近些年随着配电网的大规模改造, 配电网结构发生了变化, 中性点不接地及经消弧线圈接地方式存在一定的缺陷, 采用了经低电阻接地方式<sup>[2]</sup>, 但经对消弧线圈的改进, 用自动式消弧线圈代替传统的固定式消弧线圈, 克服了传统消弧线圈接地技术的缺点。因此在我国配电网全面改造的背景下, 对配电网中性点接地方式的探讨分析很有必要。

## 1 不同中性点接地方式的优、缺点

中性点不接地(对地绝缘)方式的优点有: ①简单、经济; ②发生单相接地时, 因为线路的线电压无论相位和量值均未发生变化, 因此三相用电设备仍然能照常运行, 供电可靠性高, 且允许在单相

接地的情况下暂时继续运行 2 h。缺点为: 系统单相接地时, 健全相电压升高为线电压, 对设备绝缘等级要求高, 设备的耐压水平必须按线电压选择, 对设备安全不利。

中性点经消弧线圈接地方式亦称为谐振接地, 具有以下优点: ①发生单相接地故障时, 消弧线圈产生的感性电流补偿电网产生的容性电流, 可以使故障点电流接近于零, 一般允许带故障运行 2 h, 增强了供电可靠性; ②故障电流小, 大大降低了故障建弧概率, 可以有效阻止瞬时性接地向永久性接地故障的演变; ③故障电流小, 对附近通讯线路干扰小。该接地方式也存在一些问题: ①系统运行方式改变时会因补偿不当引起谐振过电压; ②线路发生永久性接地故障时, 消弧线圈的补偿和选线功能, 不利于快速隔离接地线路, 造成故障时间较长, 可能使事故扩大。

中性点经低电阻接地方式, 其优点如下: ①有利于限制过电压水平, 系统单相接地时, 健全相电压升高持续时间短, 对设备绝缘等级要求低, 设备的耐压水平可按相电压选择, 对设备安全有利; ②单相接地时, 由于故障电流较大, 零序电流保护灵

敏度高,易于快速检出并隔离接地线路,防止事故扩大。但也同时存在一些缺点:①接地故障电流较大,如果零序电流保护不及时动作,将危害故障点附近的绝缘,导致相间短路故障;②较大的短路电流会产生严重的电磁效应,对附近的通讯线路干扰较大;③较大的短路电流会在故障点产生大量电离气体,建立持续的电弧,故障的自动清除是不可能的。这导致线路发生可恢复的瞬时性接地故障时容易跳闸,线路跳闸率较高<sup>[3]</sup>。

## 2 配电网中性点接地方式与配电网内部过电压

配电网内部过电压主要包括铁磁谐振过电压、弧光接地过电压,这两种过电压的产生及幅值大小则与配电网中性点接地方式有很大关系。

### 2.1 中性点不接地(对地绝缘)

配电网中性点不接地系统分为两种情况:一种是电网电容电流较小(小于熄弧临界值 11.4 A);另一种是电网电容电流较大(大于熄弧临界值 11.4 A)。

对中性点不接地系统,当电网中的电磁式电压互感器由于磁路饱和而引起中性点位移时,由参数的配合不同可能产生工频谐振,也可能产生分频或高次谐波谐振,经分析知过电压的幅值最高可达  $3U_{\phi}$  ( $U_{\phi}$  为相电压)<sup>[4]</sup>,则可引起绝缘薄弱点击穿;另外,如产生分频谐振,虽然过电压的幅值不高为  $2U_{\phi}$  ( $U_{\phi}$  为相电压)<sup>[4]</sup>,但由于谐振频率低,互感器的阻抗小,以及铁芯材料的非线性特性,使电压互感器励磁电流大大增加,容易使电压互感器的高压保险熔断,或使电压互感器严重过热、烧损甚至爆炸,因而分频谐振造成的危害较大。

中性点不接地系统弧光接地过电压的产生可分两种情况:一种是电网对地电容电流小于熄弧临界值 11.4 A,此时接地电流由于能在电流过零时可靠的熄灭,所以不会形成间歇性的接地电弧,也就不容易产生弧光接地过电压;另一种情况是电网对地电容电流大于熄弧临界值 11.4 A,此时接地电弧在电流过零时短暂熄灭,在电流峰值附近重燃,形成时断、时续的间歇性接地电弧。由于电网是由电感、电容及电阻等元件组成的网络,电弧间歇性的熄灭与重燃会导致强烈的电磁谐振,产生严重的过渡过程过电压,过电压的幅值高达  $3.5U_{\phi}$  ( $U_{\phi}$  为相电压)<sup>[4]</sup>,且过电压持续时间长,会使电网中绝缘薄弱点击穿,如电缆头、避雷器爆炸等,因而弧光接地过电压对电网构成了较大的危害。

### 2.2 中性点经低电阻接地

配电网中性点经小电阻接地<sup>[5]</sup>,可有效抑制电

压互感器由于磁路饱和引起的铁磁谐振过电压和断线谐振过电压,经分析知能把弧光接地过电压限制到  $1.9U_{\phi}$  ( $U_{\phi}$  为相电压)以下。因而配电网中性点经小电阻接地方式,能有效地抑制电网内过电压。

### 2.3 中性点经消弧线圈接地

配电网中性点消弧线圈接地分为两种形式:经固定消弧线圈接地、经自动消弧线圈接地。固定消弧线圈由于调谐上的困难现在已淘汰,取而代之的是自动消弧线圈,它能实时检测电网电容电流及调整补偿电流,使补偿后的残流小于  $10\text{ A}$ <sup>[6]</sup>。在谐振接地系统的零序回路中,消弧线圈的感抗与电压互感器的励磁电抗是并联关系,而消弧线圈的感抗比电压互感器的励磁电抗小得多,因而零序回路的总电抗取决于消弧线圈的感抗,电网中的因电磁式电压互感器的磁路饱和而引起的三相电压不平衡,就不会产生铁磁谐振过电压。但是中性点经消弧线圈接地对由断线引起的谐振过电压则无能为力,不如低电阻接地的阻尼效果好。

配电网中性点经自动跟踪补偿消弧线圈接地,由于消弧装置始终能把接地残流控制在  $10\text{ A}$  以下,小于熄弧临界值  $11.4\text{ A}$ ,再加上消弧装置可减缓弧道恢复电压的上升速度,促使电弧可靠熄灭,避免重燃。另一方面,串接在电抗器与地之间的阻尼电阻起着吸收能量和阻尼的作用,可有效地抑制弧光接地过电压的幅值。

## 3 配电网中性点接地方式与配电网外部过电压

配电网外部过电压即雷电过电压,由于配电网为网状结构,且绝缘水平低,而配电网的防雷主要靠安装在电网中的避雷器保护,所以配电网的雷害事故多,尤其是雷击跳闸率较高。而配电网中性点接地方式对雷击跳闸率有较大的影响,主要反映在雷击时绝缘子的故障建弧率上。

### 3.1 中性点不接地(对地绝缘)

中性点不接地系统雷击过电压分两种情况:一种是电网对地电容电流小于熄弧临界值  $11.4\text{ A}$ ,当线路绝缘子在雷电过电压下闪络,因雷电流的波长极短,在雷电流过后,工频续流即电网的电容电流小于熄弧临界值,能在电流过零时可靠的熄灭,建立不起稳定的接地电弧,因而故障建弧率较低。若雷电流较大,过电压较高,有可能把绝缘子击穿则另当别论。另一种情况是电网对地电容电流大于熄弧临界值  $11.4\text{ A}$ ,当线路绝缘子在雷电过电压下闪络,在雷电流过后,由于工频续流大,形成持续的接地电弧。接地电弧的持续燃烧对周围空气进行游

离,可能发展为相间短路和多回线短路。所以,中性点不接地系统当电容电流大于 11.4 A 时,由于雷电过电压使电网的故障建弧率高,因而雷害事故多。

### 3.2 中性点经低电阻接地

配电网中性点经小电阻接地一般配置零序电流保护,当发生单相接地时,由于故障电流较大(可达 600~1000 A),在绝缘子雷击闪络时一般都会使线路开关跳闸,使配电网雷击跳闸率升高。

### 3.3 中性点经消弧线圈接地

配电网中性点经自动跟踪补偿消弧线圈接地,由于消弧装置始终能把接地残流控制在 10 A 以下,所以当线路绝缘子在雷击闪络时,在雷电流过后能把工频续流控制在 10 A 以下,则建立不起持续的接地电弧,控制了故障时的雷击建弧率,因而有效地控制了配电网的雷击跳闸率,降低了配电网雷害事故。如某电网安装 ZX B 系列自动跟踪补偿消弧线圈装置后,配电网的雷击跳闸率由 13.6 次/条·年,降到 0.3 次/条·年<sup>[7]</sup>。

## 4 配电网中性点接地方式与配电网供电可靠性

配电网的供电可靠性与中性点接地方式有很大的关系,当电网电容电流较小时采用中性点不接地方式,简单、经济,大多数瞬时性接地故障都能可靠消失,电网的供电可靠性也较高;当电网电容电流增大到熄弧临界值以上时,由于大多数接地都不能可靠熄弧,会发展成间歇性的弧光接地或稳定的电弧接地,形成相间短路,则由于电网单相接地引起的事故就会增多,对供电可靠性产生不利的影晌。

中性点经低电阻接地配置零序电流保护,大多数瞬时性接地故障都会使线路开关跳闸,因而对供电可靠性会造成负面的影响。

中性点经消弧线圈接地,特别是经自动跟踪补偿消弧线圈接地时,由于接地残流小,大多数瞬时性接地电弧都能可靠熄灭,发展不成永久性的接地故障,所以对提高供电可靠性是有利的。

## 5 结论

1) 对电网电容电流小于 10 A 的配电网,宜采用中性点不接地(对地绝缘)方式。因为这种方式简单、经济,且供电可靠性高。

2) 对电网电容电流大于 10 A 的配电网,宜采用自动跟踪补偿消弧线圈接地方式。因为这种方式能降低故障建弧率,消除铁磁谐振过电压,有效抑制弧光接地过电压,大大提高供电可靠性。

3) 中性点经小电阻接地方式,虽然能有效地防止电网铁磁谐振过电压,抑制弧光接地过电压,但因瞬时性接地故障对故障电流的放大关系对防雷过电压不利,降低了供电可靠性。只有在配电网备用线路完善,自动装置健全,且对内过电压又有特殊要求的电网才可考虑采用。

综上所述,随着电网规模的不断增大,对供电可靠性要求的提高,以及对配电环境影响等方面的重视,中性点经自动消弧线圈接地方式的优势更加突出,是未来发展的方向;但对于城市配电网,由于大多采用电缆线路,雷击事故很少,所以中性点经低电阻接地方式是一种有效的接地方式。

## 参考文献

- [1] 李润先.中压电网系统接地实用技术[M].北京:中国电力出版社,2001.  
LI Run-xian. Practical Technology of Grounding in Medium Voltage Network[M]. Beijing: Electric Power Press,2001.
- [2] 徐纪法.城市中低压配电网及其发展理念[J].中国电力,2001,34(2):43-45.  
XU Ji-fa. Low and Medium Voltage Distribution Network and Its Development in City[J]. Electric Power, 2001,34(2):43-45.
- [3] 赵冉,等.配电网中性点接地方式分析[J].继电器,2007,35(4):22-26.  
ZHAO Ran, et al. Analysis of Neutral Grounding Operation Modes for Distribution Network[J]. Relay, 2007,35(4):22-26.
- [4] 要焕年,等.电力系统谐振接地[M].北京:中国电力出版社,2000.  
YAO Huan-nian, et al. Resonant Earthed System[M]. Beijing: China Electric Power Press,2000.
- [5] 平绍勋,等.10 kV 配网小电阻接地运行分析[J].高电压技术,2002,28(9):51-55.  
PING Shao-xun, et al. Practice of Low Resistance Grounding in 10kV Distribution Network[J]. High Voltage Technology,2002,28(9):51-55.
- [6] 刘明岩.配电网中性点接地方式的选择[J].电网技术,2004,28(16):86-88.  
LIU Ming-yan. Selection of Neutral Grounding Modes in Distribution Network[J]. Power System Technology,2004,28(16):86-88.
- [7] 李景禄.关于中压配电网防雷保护现状分析与探讨[J].电瓷避雷器,2003,(4):33-38.  
LI Jing-lu. Analysis and Discussion of Prevent Thunder in Medium Voltage Network[J]. Electricity Porcelain Lightning Arrester,2003,(4):33-38.

收稿日期:2007-12-11

作者简介:

李颖峰(1963-),男,副教授,研究方向为电力系统分析与控制。E-mail: lyf631024@sohu.com