

电力系统谐振接地及接地电流自动补偿装置

吴加新¹, 张劲光², 裴志宏³

(1. 新乡供电公司, 河南 新乡 453002; 2. 河南省电力公司, 河南 郑州 450052;

3. 许继保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了电力系统中性点接地方式的有关概念, 探讨了中性点谐振接地方式在国内外的应用及其优点, 最后简要介绍了国内自动跟踪补偿装置的一些开发应用情况, 提出了中性点接地方式的建设性意见。

关键词: 谐振接地; 消弧线圈; 自动补偿

中图分类号: TM76

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2003)01-0061-03

1 引言

电力系统中性点接地方式是一个综合性的技术问题, 它与系统的供电可靠性、人身安全、设备安全、绝缘水平、过电压保护、继电保护、通信干扰(电磁环境)及接地装置等问题有密切的关系。

电力系统的电压等级较多, 不同额定电压电网的中性点接地方式也各有特点。在110 kV以下的中压范围内, 我国和许多其它国家的电网普遍都采用小电流接地方式, 其突出的特点是单相故障接地电弧能自行熄灭。小电流接地方式是非有效接地, 其中以中性点谐振(经消弧线圈)接地方式最受关注。中性点谐振接地涉及的技术问题较多, 近年来发展变化也较快, 运行特性也已得到优化。

2 中性点接地方式的有关概念

在讨论中性点谐振接地方式前, 有必要先明确有关中性点接地方式的几个概念。

2.1 零序阻抗

零序阻抗是中性点接地方式问题中的一个基本物理概念。根据电路理论, 电网的电压和电流可分解为正序、负序和零序三个对称系统, 零序电流所流经的回路阻抗则称为零序阻抗。各种中性点接地方式的实质其实就是零序阻抗的大小不同, 或者说零序阻抗与系统正序阻抗的比值大小不同。

2.2 中性点谐振接地

一般将中性点经消弧线圈接地称为中性点谐振接地。虽然调谐电感只在一个不大的范围内变动, 但系统的零序阻抗却接近无限大。在一般情况下, 运行中的消弧线圈和自动跟踪补偿装置多采用略微偏离谐振点的过补偿运行方式, 由于“谐振接地”这一技术术语比较符合中性点经消弧线圈接地系统的

实际情况, 因此中性点经消弧线圈接地的电力系统通常称之为谐振接地系统。

2.3 中性点非有效接地

这个范畴包括以单相接地电弧能够自行熄灭为条件的中性点不接地、谐振接地和高电阻接地等系统, 以及接地电弧不能自行熄灭的中性点经中、低电阻和中、低电抗等接地的系统。

2.4 小电流接地方式、大电流接地方式

电力系统的中性点接地方式主要有两大类:

凡是单相接地电弧能够瞬间自行熄灭者, 属于小电流接地方式。主要有中性点谐振(经消弧线圈)接地方式、中性点不接地方式和中性点经高电阻接地方式等。

凡是需要断路器遮断单相接地故障者, 属于大电流接地方式。主要有中性点直接接地方式、中性点经低电抗、中电阻和低电阻接地方式等。

3 中性点谐振接地方式的应用

国内外电力系统中采用了各种接地方式, 但总的来说中性点谐振接地方式在国内中、高压电网和发电机接地系统中得到了广泛的应用。

3.1 中压电力系统

小电流接地方式和大电流接地方式在中压电网的中性点接地中都有应用, 其中最具有代表性的为中性点谐振接地方式和低电阻接地方式。

美国中压电网一般采用中性点经低、中电阻或直接接地等方式, 很少采用谐振接地方式。造成这种情况主要是由于历史的原因和其现在的经营体制有关, 但是在美洲电网谐振接地的方式却在增多。

日本电力系统的中性点以前主要采用谐振接地方式, 二战后因美国原因改为了大电流接地方式, 但后来中性点谐振接地和不接地方式得到了很大的发

展。

此外,经济较发达的欧洲中压电网主要采用小电流接地方式,如德国、法国、瑞典以及芬兰、意大利、奥地利的中压电网普遍采用谐振接地方式,独联体和东欧的几个国家,谐振接地方式在中压电网中都占有相当的或绝对的优势。

法国电力公司对全国电网技术政策进行了通盘考虑,在1990年前后开始了中压电网中性点接地方式的改造工作,将运行了30年的大电流接地方式全部改为谐振接地方式运行。

北欧的斯堪地那维亚半岛几国中,电力系统的中性点也广泛采用谐振接地方式。芬兰全国的10~20 kV中压电网都采用小电流接地方式,中性点不接地和谐振接地方式运行的各占80%和20%。另外,德国柏林的30 kV、俄罗斯莫斯科的35 kV、奥地利维也纳的26 kV、瑞士日内瓦的18 kV等中压电缆网络,中性点也都采用谐振接地方式,运行情况良好。

我国的中压电网几十年来一直采用小电流接地方式,其中大部分中性点不接地运行。近几年国家和地方大力投资进行城网、农网改造,电网规模扩大,电缆线路不断增加,6~35 kV中压配电网原有的中性点不接地方式已不再适宜,而老式手动调匝式消弧线圈接地方式在运行中也有许多问题,因此应改为自动消弧线圈接地方式。

电网中的电容电流是选择消弧线圈参数的主要依据。我国及前苏联对电网电容电流的限值作了如下规定:对于非钢筋混凝土或非金属杆塔的架空线路构成的3~6 kV电网的电容电流 I_C 的限值为30 A,10 kV电网 I_C 的限值为20 A;对于钢筋混凝土或金属杆塔的架空线路构成的3~10 kV电网和所有的35 kV、66 kV电网, I_C 的限值为10 A。3~10 kV电缆线路构成的中压电网的 I_C 限值为30 A。当电网 I_C 分别大于以上限值又需在接地故障条件下运行时,中性点应采用消弧线圈(谐振)接地方式。

3.2 高压电力系统

高压电力系统一般指110~220 kV系统。有的国家曾在220 kV系统采用谐振接地方式,如德国、瑞典、挪威、芬兰和奥地利等一些国家的220 kV高压电力系统,在其发展过程中中性点曾采用谐振接地方式,后来由于电网规模过大和互相跨国联网等原因,中性点相继改为有效接地方式运行。现在220 kV系统采用有效接地方式的看法已经较一致,但也不排除个例。

110 kV的系统的中性点接地方式一直有着不同的看法。我国疆土辽阔,各地的气象、地理和地质等条件有很大差别,但是原来110 kV系统统一按有效接地方式设计,电力设备也按这一方式制造,结果给安全运行带来了诸多麻烦。在我国“第一个十年科技规划”中,110 kV电力系统中性点接地方式作为重大课题列入其中,并开展了试点工作,试点结果证明,在一些特殊条件的110 kV系统中,采用中性点经消弧线圈接地是行之有效的办法。另外,我国东北地区原来的154 kV系统中性点采用经消弧线圈接地方式成功运行近30年也说明了这一点。

在超高压、特高压电力系统中,采用消弧线圈熄弧原理熄灭潜供电流电弧并配置单相重合闸的技术也是一种电网稳定运行的重要措施。

3.3 发电机

发电机是电力系统的原动力,在运行中必须具备对突发性故障的应变能力,而发电机的中性点接地方式与此有密切的关系。发电机中性点的接地方式,按其发展历程可划分为:中性点直接接地、中性点经低阻抗接地、中性点不接地、中性点经高电阻接地、中性点经消弧线圈(谐振)接地等。现在世界各国的大型发电机组,中性点多采用经高电阻接地或经消弧线圈接地方式,两种方式各有优缺点。

大型发电机中性点的高电阻接地方式,在美、日等国已形成惯例,其接地故障电流的允许值为5~15 A。近些年来,我国引进的大型发电机组也多属此种接地方式。可是,由于发电机单机容量的增大,接地电容电流很容易超过上值。随着发电机结构、材料和工艺的进步,中性点的高电阻接地方式的优越性越来越不明显,特别是大型水轮机组已很难适用。

在我国和前苏联,除了电容电流较小的发电机中性点不接地运行外,大容量的水轮机和汽轮机中性点均采用经消弧线圈接地的运行方式,另外,象美国的新英格兰电力系统中的大型发电机和欧洲的部分发电机,中性点也采用经消弧线圈接地的运行方式。

发电机中性点采用谐振接地方式,可简单而方便地满足包括大型水轮发电机在内的各种不同型式发电机的安全接地电流限值的要求。并且根据国际大电网会议(CIGRE)的征询报告,99%的用户主张将接地电流保持在非常低的水平上,而中性点采用谐振接地方式就能很容易地满足这一要求。

4 中性点经消弧线圈接地的优点

总结国内外几十年来消弧线圈的应用,可以看出中性点经消弧线圈接地有以下优点:瞬间单相接地故障可经消弧线圈动作消除,保证系统不断电;永久单相接地故障时消弧线圈动作可维持系统运行一定时间,可以使运行部门有足够的时间启动备用电源或转移负荷,不至于造成被动;系统单相接地时消弧线圈动作可有效避免电弧接地过电压,对全网电力设备起保护作用;由于接地电弧的时间缩短,使其危害受到限制,因此也减少维修工作量;由于瞬时接地故障等可由消弧线圈自动消除,因此减少了保护错误动作的概率;系统中性点经消弧线圈接地可有效抑制单相接地电流,因此可降低变电所和线路接地装置的要求,且可以减少人员伤亡,对电磁兼容性也有好处。

可见,中性点谐振接地是中压电网(包括电缆网络)乃至高压系统的比较理想的中性点接地方式。

5 我国中性点谐振接地装置的开发和应用

我国过去主要使用的是手动调节的消弧线圈,这种方法调节很不方便,一般需先将消弧线圈与电网断开之后再调节;另外,手动方式适应线路变化性也较差。近年来,我国的一些高等院校和科研单位利用各种原理开发了多种电网电容电流自动补偿装置,其中一些取得了较好的效果。

目前从电容电流自动测量原理来说,有变频信号法、节点方程法、调谐测算法、状态比较法、相角控制法、电流注入法等。这些方法在实际应用中各有优缺点,可根据实际需要选用。

从消弧线圈的线圈本体来说,先后出现过多种型式,从最原始的有载开关调分接头的调匝式,发展到以后的调气隙式、直流助磁式、磁阀式,到现在利用电力电子器件的调高阻抗变压器式、调容式等。由于消弧线圈采用了电力电子器件,使原来的调节从机械运动变为电子器件导通关断,因此现在的消弧线圈响应速度越来越快,最快可达数十毫秒甚至

几毫秒,因此随调式消弧线圈成为可能,即只有检测到线路单相接地时才调节消弧线圈,而系统正常时使消弧线圈运行在最大过补偿状态。

另外,由于微计算机在自动消弧线圈控制中的使用,对装置的保护比原来更可靠,如接地保护的准确性一直是非常难保证的问题,当使用微机控制时可以用残留增量等算法很容易地解决这个问题。

6 结论

综合以上介绍可以看出:中性点经消弧线圈(谐振)接地方式广泛适用于发电机及110 kV以下中压电网中。在110~220 kV高压系统中,中性点经消弧线圈(谐振)接地方式也适用于一些特殊的条件下使用。随着计算机技术和电力电子技术应用到自动消弧线圈装置中,谐振接地技术不断被优化,经过优化后的谐振接地方式,具有安全性能高、电磁环境好、综合技术经济指标高的特点,因此,中性点经消弧线圈接地的方式有较广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 要焕年,曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 中国电力出版社,2000.
- [2] 刘艳村,李翔. 一种快速响应的自动调谐消弧成套装置[J]. 电工技术杂志,2001,(8).
- [3] 曾祥君,于永源,尹顶根,等. 基于注入信号法的消弧线圈自动调谐新技术[J]. 电力系统自动化,2000,24(9).
- [4] 张松,孙伟,陈文针. 消弧线圈自动调谐研究[J]. 高压电器,1999,(2).
- [5] 陈晓宇,郑建勇,聂成新. 电力系统单相接地电流自动补偿装置[J]. 继电器,2002,30(2):54-56.

收稿日期: 2002-03-06

作者简介:

吴加新(1970-),男,学士,工程师,现从事生产技术管理工作;

张劲光(1970-),男,学士,工程师,现从事高压绝缘的科研与管理工作;

裴志宏(1976-),男,学士,助理工程师,主要从事电力电子在电力系统中的应用研究。

Power system resonance grounding and ground fault neutralizer

WU Jia-xin¹, ZHANG Jin-guang², PEI Zhi-hong³

(1. Xinxiang Power Supply Bureau, Xinxiang, 453002, China; 2. Henan Electrical Power Company, Zhengzhou, 450052, China;

3. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang, 461000, China)

Abstract: This paper discusses the concept of power system neutral grounding, and introduces the applications of resonance grounding in the world and the development of ground fault neutralizer in China.

Key words: resonance grounding; ground fault neutralizer; arc-suppression coil