

谐振的危害及防控措施

摘要:针对包头供电局达茂、石拐变曾经发生谐振过电压导致 35kV 电压互感器烧损故障,进行深入地研究探索:电力系统铁磁谐振一直影响着电气设备和电网的安全运行,特别是对中性点不直接接地系统,铁磁谐振所占的比例较大,因此对此类铁磁谐振问题研究得较多,并通过不断地实践,采取多种防范措施和方法控制消除谐振过电压,有效提高系统安全稳定运行能力。

关键词:电力系统谐振的危害防范措施

引言

电力系统中过电压现象较为普遍。引起电网过电压的原因很多。主要有谐振过电压、操作过电压、雷电过电压以及系统运行方式突变,负荷剧烈波动引起系统过电压等。其中,谐振过电压出现频繁,其危害很大。过电压一旦发生,往往造成系统电气设备的损坏和大面积停电事故发生。据多年来电力生产运行的记载和事故分析表明,中低压电网中过电压事故大多数是由于谐振现象引起的。日常工作中发现,在刮风、阴雨等特殊天气时,变电站 35kV 及以下系统发生间歇性接地的频率较高,当接地使得系统参数满足谐振条件时便会发生谐振,同时产生谐振过电压。谐振会给电力系统造成破坏性的后果:谐振使电网中的元件产生大量附加的谐波损耗,降低发电、输电及用电设备的效率,影响各种电气设备的正常工作;导致继电保护和自动装置误动作,并会使电气测量仪表计量不准确;会对邻近的通信系统产生干扰,产生噪声,降低通信质量,甚至使通信系统无法

正常工作。

1.谐振及铁磁谐振

谐振是一种稳态现象,因此,电力系统中的谐振过电压不仅会在操作或事故时的过渡过程中产生,而且还可能在过渡过程结束后较长时间内稳定存在,直到发生新的操作谐振条件受到破坏为止。所以谐振过电压的持续时间要比操作过电压长得多,这种过电压一旦发生,往往会造成严重后果。运行经验表明,谐振过电压可在各种电压等级的网络中产生,尤其在 35kV 及以下的电网中,由谐振造成的事故较多,已成为系统内普遍关注的问题。因此,必须在设计时事先进行必要的计算和安排,或者采取一定附加措施(如装设阻尼电阻等),避免形成不利的谐振回路,在日常工作中合理操作防止谐振的产生,降低谐振过电压幅值和及时消除谐振。在 6~35kV 系统操作或故障情况下,系统振荡回路中往往由于变压器、电压互感器、消弧线圈等铁芯电感的磁路饱和作用而激发起持续性的较高幅值的铁磁谐振过电压。铁磁谐振可以是基波谐振、高次谐波谐振、分次谐波谐振,其共同特征是系统电压升高,引起绝缘闪络或避雷器爆炸;或产生高值零序电压分量,出现虚幻接地现象和不正确的接地指示;或者在 PT 中出现过电流,引起熔断器熔断或互感器烧坏;母线 PT 的开口三角绕组出现较高电压,使母线绝缘监视信号动作。各次谐波谐振不同特点主要在于:

①分次谐波谐振三相电压依次轮流升高,超过线电压,一般不超过 2 倍相电压,三相电压表指针在相同范围出现低频摆动。

②基波谐振时,两相电压升高,超过线电压,但一般不超过 3 倍相电压,一相电压降低但不等于零。

③高次谐波谐振时,三相电压同

时升高或其中一相明显升高，超过线电压，但不超过 3~3.5 倍相电压。

2. 常见谐振事故及防范措施

我国 35kV 及以下配电网，仍大部分采用中性点不接地方式运行，一部分采用老式的消弧（消谐）线圈接地。从电网的运行实践证明，中性点不接地系统中由于电压互感器铁心饱和引起的铁磁谐振过电压比较多，PT 在正常工作时，铁芯磁通密度不高，不饱和；但如果在电压过零时突然合闸、分闸或单相接地消失，这时铁芯磁通就会达到稳态时的数倍，处于饱和状态，这时，某一相或两相的激磁电流大幅度增加，当感抗与容抗参数匹配恰当（满足谐振条件）时，即会发生谐振，即铁磁谐振。发生谐振时，会在电感和电容两端产生 2~3.5 倍额定电压的过电压和几十倍额定电流的过电流，通过 PT 的电流远大于激磁电流，严重时烧坏 PT 及其它设备。

包头供电局达茂、石拐变就曾发生过谐振过电压导致 35kV 电压互感器烧损故障，故障发生之后，通过对 35kV 电磁式电压互感器的开口三角中间加装阻尼电阻或加装消谐器，对消除谐振起了较大作用，大大降低了谐振发生的频率，通过不断地研究探索和实践，得出如下防振和消振的对策与措施。

2.1 防止谐振过电压的一般措施

① 选用励磁特性较好的电压互感器或改用电容式电压互感器

② 6~35kV 一次侧中性点串联阻尼电阻或二次侧开口三角形绕组并联阻尼电阻或消振器。

③ 提高断路器动作的同期性。由于许多谐振过电压是在非全相运行条件下引起的，因此提高断路器动作的同期性，防止非全相运行，可以有效防止谐振过电压的发生。

④ 在并联高压电抗器中性点加装小电抗。用这个措施可以阻断非全相运行时工频电压传递及串联谐振。

⑤ 破坏发电机产生自励磁的条件，防止参数谐振过电压。

2.2 防止谐振过电压的具体措施

① 35kV 系统中性点经消弧线圈（加装消谐电阻）接地，并在过补偿方式下运行，它的电压作用在零序回路中。

② 尽量减少 6~35kV 系统并联运行的 PT 台数。

a. 凡是 6~35kV 母线分段的变电所，若母线经常不分段运行，应将一组 PT 退出作为备用；

b. 电力客户的 6~10kVPT 一次侧中性点一律为不接地运行

③ 更换伏安特性不良的 6~35kVPT。

④ 6~35kV 一次侧中性点串联阻尼电阻或二次侧开口三角形绕组并联阻尼电阻或消谐器：在电磁式电压互感器的开口三角中间加装阻尼电阻， $R < 0.4X_t$ （ X_t 为互感器在额定线电压作用下换算在低压侧的单相绕组励磁感抗）

⑤ 6~10kV 母线装设一组 Y 形接线中性点接地的电容器组。

⑥ 在 10kVPT 高压侧中性点串联单相 PT。在实际工作中谐振的发生往往伴随着接地故障，很多时候甚至就是由接地引起的，消除谐振常常采取的有效方法是改变系统运行方式以改变系统参数，破坏谐振条件。改变系统运行方式经常通过以下途径实现：

a. 投退电容器。

b. 增投线路。

c. 若变电站有一台以上数目的主变，可视具体运行情况将原本并列（分列）运行的变压器分列（并列）。

d. 母线并解列。

若上述方法不能消振，应采用寻找线路单相接地故障的方法进行选线，选出故障线路后，立即将其切除。选线原则参照系统单相接地故障处理方法。此方法是最有效最能解决问题的，但往往不一定能准确及时判断出

接地线路，以致延误消振时间，所以，工作中为及时消除谐振一般先考虑选择上述四种途径。

3.总结

在电力生产和电力运行的中低压电网中，故障的形式和操作方式是多种多样的，谐振性质也各不相同。因此，应该了解各种不同类型谐振的性质与特点，掌握其振荡的性质和特点，制订防振和消振的对策与措施。为了尽可能地防止谐振过电压的发生，在设计和操作电网设备时，应进行必要的估算和安排，以避免形成严重的串联谐振回路；并结合实际工作经验采取多种防范措施和方法控制谐振过电压，以便具体工作中借鉴和运用，有效提高电力系统的安全稳定运行能力。

参考文献

- [1] 束红春, 贺勋, 李立新。变压器和应涌流分析。电力自动化设备, 2006, 26 (10)
- [2] 王广延; 吕继绍。电力系统继电保护原理与运行分析。北京: 水利电力出版社, 1995
- [3] 陈卓。变压器合闸涌流及保护对策。技术与市场, 2012, 19 (7)
- [4] 唐博, 彭安金, 王高丰, 陈本理。采用选相位关合技术消除变压器空载合闸的励磁涌流。电气开关, 2007, 45(3)
- [5] 郝治国, 张保会, 褚云龙, 顾丕骥[2]。变压器空载合闸励磁涌流抑制技术研究。高压电器, 2005, 41(2)
- [6] 李振强, 谷定燮, 戴敏。特高压空载变压器谐振过电压和励磁涌流分析及抑制方法。高电压技术, 2012, 38(2)
- [7] 李占元, 张伟红, 杜秀红。预充磁绕组在抑制变流变压器空载合闸励磁涌流中的作用。2011 中国变压器技术发展论坛论文集。2011 中国变压器技术发展论坛, 长沙, 2011
- [8] 张雪松, 何奔腾, 张建松。变压器和应涌流的产生机理及其影响因素研究。2004 全国电力主设备保护学术研讨会论文集。2004 全国电力主设备保护学术研讨会, 南京, 2004