

应用于配网电压互感器一次消谐器的保护装置研究

郑博文¹ 任正¹ 高贺¹ 窦宇宇¹ 王新宇¹ 孙永会²

(1 国网内蒙古东部电力有限公司电力科学研究院 内蒙古 呼和浩特 010010; 2 保定众邦电气有限公司 河北 保定 071051)

摘要: 配网一次消谐器具有抑制谐振发生、消耗谐振能量的作用, 安装在配网电压互感器中性点处, 但一次消谐装置不能够长时间运行, 长时间运行或系统缺相运行时, 一次消谐装置中将会有大量的能量累积, 导致一次消谐器烧毁。经实验验证, 本文研究的配网一次消谐装置保护器能有效保护一次消谐器和电压互感器, 并进一步保障电网安全稳定运行。

目前市面上并没有同类商品, 具有实用推广价值。

关键词: 配电网; 一次消谐; 保护装置; 电压互感器

0 引言

近年来, 电力系统运行过程中铁磁谐振现象越来越频繁, 各种电压等级的配电网都可能发生不同规模与危害的铁磁谐振现象。因电力系统逐渐引入大量的非线性感性元件, 例如电力变压器, 同步调相机, 电压互感器等。当上述非线性感性元件受到外界较大扰动后, 铁芯较容易发生电磁饱和现象, 线圈电感值将迅速减小, 导致这类感性元件可能与系统内一些容性元件, 例如并联电容器、电力线路及电缆的对地电容、串联补偿装置等构成串、并联谐振回路, 当谐振回路振荡频率接近或者近乎等于电源固有频率时, 就有可能引发铁磁谐振故障。

蒙东电网 66kV 及以下高中低压配电系统绝大多数中性点是不接地运行方式, 变电站母线及输电线路上来测量电压的电压互感器一次侧中性点一般需接地, 因此成为系统中唯一对地放电通路, 电压互感器的铁芯属于感性元件, 呈非线性饱和特性, 存在发生铁磁谐振的风险。一般来说, 在中性点非有效接地系统中, 当系统发生故障, 例如单相短路接地故障、两相短路故障、过电压或过电流扰动等, 或者因为倒闸操作、三相不平衡等某种原因使电网参数反生突变, 电压互感器绕组通过较大的零序电流, 极有可能发生铁磁谐振现象。铁磁谐振故障一旦发生, 将会产生数值成倍于额定电压的非工频过电压, 并馈入到一次系统, 最严重情况可直接击穿电压互感器绝缘, 破坏电力系统安全稳定运行, 对人身和设备的安全带来巨大危害。因此, 采取合理可行的措施消除铁磁谐振显得尤为重要。

1 一次消谐器原理及应用

在同一个电力系统中, 安装一次消谐器的方法要比其他消谐方法更快地消除谐振过电压和过电流, 而且经济性和可操作性较强, 因此当前在电压互感器一次侧中性点安装一次消谐器的方法是高中压配电网实际运行中应用最为普遍的消谐措施。

1.1 一次消谐器工作原理

一次消谐器安装在电压互感器一次侧中性点, 即串联在电压互感器一次侧中性点与大地间的回路中, 实际上是在电压互感器的中性点接地回路中串联一个非线性电阻。从一次消谐器面世以来, 电阻材料主要采用过阻尼电阻、压

敏电阻和流敏电阻三种, 目前流敏电阻应用最为广泛。

目前一次消谐器的阻尼电阻多采用 SiC 为基料, 经高温氢气炉焙烧而成, 由多个电阻元件串、并联组成, 其电阻值呈非线性。在电网正常运行时, 电阻呈低阻状态, 不影响电压互感器测量精度。当因系统发生故障或运行状态突变产生零序电流或零序电压时, 电阻上电压较高, 呈高阻状态 (10kV 电网的阻值可增加至数万 Ω), 且在系统发生谐振时能够发出故障报警信号。而且该类型消谐器经大吨位压制, 形成高密度的长方形或圆饼状, 又经上千度的高温烧结而成。外露的电阻器表面结构经过特殊处理, 可经受日晒雨淋, 在室内、户外条件下均可直接应用。

1.2 一次消谐器存在问题

由于一次消谐器是通过内阻散热的方式来消除电压互感器上的谐波过电压, 发热是有限度的, 在长时间谐振和系统接地后, 一次消谐器上会承受长时间的高电压, 发热严重, 严重时会导致设备烧毁。

由于一次消谐器安装于电压互感器一次侧中性点与接地点之间需承受 3 倍的零序电压和零序电流。虽然其可有效消除铁磁谐振产生的过电压, 然而我国多数 66kV 及以下配电网存在较大的长期三相不平衡问题, 一次消谐器将通过较大的零序电流, 进而产生较大的零序电压。三相不平衡的原因可能有多种, 比如三相负荷不平衡、地方小电源及分布式能源的谐波污染、配电网结构或参数配置不当、二次接线松动等。而且 66kV 及以下配电网为中性点不接地系统, 发生单相短路故障仍可运行一定时间, 也会产生长期的缺相运行状态。一次消谐器发热是有限度的, 在长时间谐振或系统三相不平衡状态运行, 一次消谐器上会承受长时间的零序电压, 发热严重, 严重时会导致烧毁, 进而影响其他一次设备和人身安全, 因此有必要对一次消谐器进行保护。

2 一次消谐器保护装置研究

2.1 工作原理

目前关于一次消谐器的保护方向研究内容较少, 而且大多设计思路是将保护模块集成在一次消谐器中, 当检测到一次消谐器长时间通流导致过压或发热严重时, 将一次消谐器从系统中切除, 待系统恢复正常或热量散发完毕再投入。

(下转第 142 页)

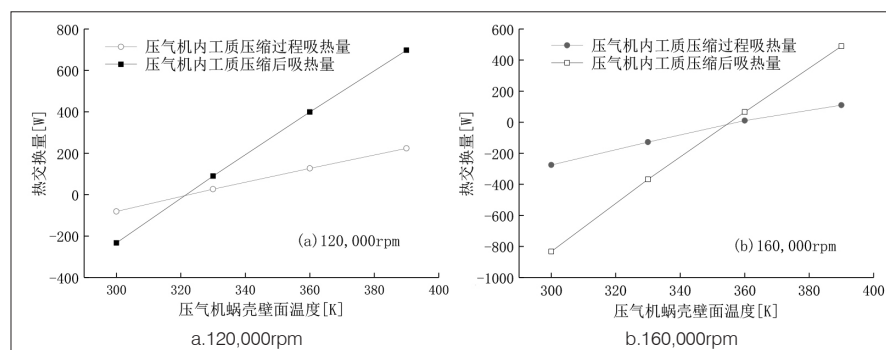


图 2 压气机绝热压缩前/后吸热量

并且此过程中工质与压气机壁面接触面积较小,压气机压缩过程中工质吸热量可基本忽略,而压气机绝热效率近似真值主要受到压气机压缩过程的影响,导致其基本不受热边界条件的影响。

基金项目: 河北省自然科学基金(E2017402135)

参考文献:

[1] 胡友安,李晓东,陈图钧. 涡壳温度场和热应力的有限元分析[J]. 机械强度,2007,29(1):130-134.

[2] 董素艳,刘松龄,朱惠人. 涡轮级进口温度分布不均匀时流场和温度场的非定常数值模拟[J]. 西北工业大学学报,2001,19(3):345-348.

[3] A. Romagnoli, A. Manivannan, S. Rajoo. A review of heat transfer in turbochargers[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2017, 79(4):1442-1460.

[4] Moosania S M, Zheng X. Effect of internal heat leakage on the performance of a high pressure ratio centrifugal compressor[J]. Applied Thermal Engineering, 2017, 111(9):317-324.

作者简介: 桑梧海(1975.06-),男,汉族,山东寿光人,本科,高级工程师,研究方向:叶轮机械与增压技术。

(上接第 140 页)

该保护方式虽然能有效防止一次消谐器过热损坏,却改变了电压互感器中性点运行方式,对相电压测量精度产生较大影响,进而影响保护动作和电能计量准确性。

本文研究的一次消谐器保护装置的设计思路为将保护装置与一次消谐器分离解耦,保护装置并联于一次消谐器两端,当检测到一次消谐器长时间通过较大电流,自动旁路一次消谐器,保持电压互感器一次侧中性点接地方式,不会影响相电压测量精度。

2.2 硬件设计

本文研究的一次消谐器保护装置主要包括主控模块、数据采集模块、动作执行模块、电源模块、显示模块。

主控模块采用 STC15F2K32S2 型单片机。STC15F2K 系列单片机是由 STC MCU 有限公司生产的新一代 8051 单片机,具有高速、高稳定性、低功耗和超强抗干扰能力。

数据采集模块由电压互感器、电流互感器及 CS5460 芯片构成,可以精确测量瞬时电压、电流,并计算有效值、瞬时功率、有功功率、无功功率,配合互感器使用测量精度可达 0.1%。电源模块基于稳压芯片 SC4519 进行设计,可实现 12V 转 3.3V,为单片机及其他芯片供电。

动作执行模块采用高压真空接触器进行设计。真空接触器的开关管外壳采用瓷绝缘材料制成的波纹式瓷管,具有爬电距离远、机械强度高、耐热和耐冲击能力强的优势。开关管内安装一对触头,材料采用耐磨且低截流值的材料,可在满足开断性能的条件下,最大限度抑制分闸过程中的截流过电压。

2.3 软件设计

本文研发的一次消谐器保护装置,采用单片机控制,自动判断,用高压真空接触器短接一次消谐器,系统正常后一次消谐器会再次自动投入运行。

电力系统正常运行,一次消谐器通过电流小于 50mA,一次消谐器保护装置正常运行,并显示消谐器的通流电流。若通过电流大于 50mA,保护装置报谐振故障,同时显示故障电流,屏幕闪烁,声光报警。如果谐振状态超过 30 秒(如果电流过大,时间根据单片机计算结果自动缩短),保护装置判断系统发生接地或者缺相运行状态,显示屏显示系统接地,屏幕闪烁,并同时报警,启动真空接触器旁路一次消谐器,防止一次消谐器烧毁。在保护装置动作后,可以用控制器的复位键或者远程信号进行复位,装置恢复正常状态。为防止频繁操作真空接触器,系统判断接地后,30s 内不允许复位。为防止系统故障状态为消除造成二次影响,如果复位后,10s 内电流超过 50mA,则直接判断为接地状态,如果电流小于 50mA,系统转到正常,复位过程中继续报警。

3 结语

经实验验证,本文研究的一次消谐器保护装置能够实现设计功能,在一次消谐器长时间通过较大电流时,可迅速闭合真空接触器,旁路一次消谐器,防止一次消谐器因过热烧毁。同时,为防止真空接触器频繁动作或一次消谐器故障,本装置控制策略上也进行了相应的设计。下一步计划将保护装置在现场进行实际应用,进而不断优化、改进,旨在保障配网设备和人身安全,为电网安全稳定运行保驾护航。

参考文献:

[1] 郑龙飞. 10kV 电力系统 PT 铁磁谐振机理及抑制措施的研究[D]. 辽宁工程技术大学,2015.

[2] 张东亮. 10kV 电网谐波的抑制与消谐器的研究[J]. 电工电气,2009(10):9-12+34.

[3] 李海东. 10kV 电压互感器一次消谐器的应用[J]. 电世界,2013,54(06):20.