

关于对注入式发电机定子接地保护的探讨

乔岗杰

(阳城国际发电有限责任公司,山西 晋城 048001)

摘要:发电机定子接地是发电机较为常见的故障,因此需要配置具有较高可靠性和灵敏性的保护装置。本文主要介绍了阳城电厂采用的西门子 20Hz 电源注入式 100% 定子接地保护,通过分析和计算了解其动作原理和过程,同时提出影响保护精度的主要因素及运行中需要注意的一些问题。

关键词:发电机;定子;接地;保护;20Hz;注入
中图分类号:TM6

文献标识码:A

文章编号:1009-0118(2011)-04-0030-02

发电机是电厂的三大主设备之一,其运行的可靠性不仅直接关系到电厂的安全情况和经济效益,还可能影响到电网的安全和稳定。在发电机的常见故障中,定子接地故障占有较大的比重,而且造成的危害较大。由于发电机造价昂贵,一旦损坏,检修周期长,检修费用大,因此,对相应保护装置的可靠性和灵敏性要求很高,有必要采取原理上更为可靠和灵敏的保护装置。

一、阳城电厂发电机系统简介

阳城电厂一期工程安装六台 350MW 燃煤机组,发电机采用德国西门子设计制造的 THDD108/44 型全氢冷发电机,励磁系统为可控硅静态励磁系统,发电机中性点采用配电变压器二次侧并联电阻的高阻接地方式。接地变的型号为 DKDC-180/21/ $\sqrt{3}$,额定电压为 $21/\sqrt{3}$ kV/0.5kV,二次侧电阻阻值为 1.48 Ω 。发变组保护采用西门子的 7UM 系列保护,其中定子接地主保护采用了 20Hz 交流电源注入式的 100% 定子接地保护。

二、20Hz 电源注入式定子接地保护简介

保护装置主要由 20Hz 电源发生器 G、带通滤波器 F、分压器 VD、变压器 ICT 和保护装置组成,构成示意图见图 1。

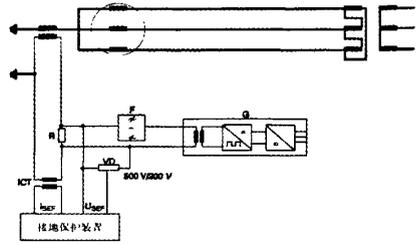


图 1 100% 定子接地保护接线图

图 1 中,20Hz 电源发生器 G 产生的 24V 电源经带通滤波器 F 滤除非 20Hz 分量后,在负载电阻 R 上产生压降 U_r , U_r 经接地变压器叠加到发电机定子绕组产生对地电流,在接地变二次侧经中间电流互感器 ICT 得到测量电流 I_{SF} ,另外 U_r 经分压器 VD 分压,得到测量电压 U_{SF} ,保护装置根据 U_{SF} 和 I_{SF} 即可计算出定子接地电阻 R_g 。

三、保护工作原理

电气设计要求。此时,塔位往往立于工程地质条件较差的部位,如冲沟沟头或两侧,为了评价塔位的稳定性首先就必须对冲沟的发育发展情况作出评价,如塔位选在泥石流沟沟口,就必须判断该泥石流沟现今发育发展情况,以确定是否可以立塔或立塔后应采取何种保护措施。同时塔位间的主要要求除空间上需具有一定的临空高度,地面上的坡度变化、微地貌、植被经济类型、特殊地物都十分重要,它们直接影响送电线路工程施工难度和工程造价。

四、基础数据输出平台

数字化电网运行管理系统中,电力 GIS 系统占很重要的部分。电力 GIS 是将电力企业的电力设备、变电站、输配电网络、电力用户与电力负荷和生产及管理为核心业务连接形成电力信息化的生产管理的综合信息系统。电力 GIS 提供的电力设备设施信息、电网运行状态信息、电力技术信息、生产管理信息、电力市场信息与山川、河流、地势、城镇、公路街道、楼群,以及气象、水文、地质、资源等自然环境信息集中于统一系统中。通过 GIS 可查询有关数据、图片、图象、地图、技术资料、管理知识等。电力 GIS 实现电网数字化描述,其目的是能对电网实现快速查询,及时掌握电网运行状态,快速诊断电网故障,提高处理事故能力,保证电网运行质量以及提高用户服务质量。

电力 GIS 系统需要的数据资源,主要有包含三种:基础资料、设计资料、运行资料。基础资料包括基础的 DEM 资料和相应的地面影像资料;设计资料包括输电线路的空间位置、杆塔结构信息、杆塔类型信息等;运行资料主要包括输电线路运行过程中的资料,如杆塔照片、基础照片、线路检修记录、绝缘子清理记录等。

五、技术现状及前景展望

海拉瓦-洛斯塔技术作为国家电网公司“十一五”期间重点推广的新技术之一,在电网建设的前期勘测设计工作和后续的运行维护管理工作中已得到初步应用,基本实现了电网工程勘测设计和运行维护的数字化,极大提高了电网规划设计的合理性与经济性,不断推进电网的建设与运

行维护工作,为“数字化坚强电网”作好了有力的技术支撑,取得良好的经济、社会和环保效益。

随着海拉瓦-洛斯塔技术逐步深入应用于国内各电力工程,系统依托自身平台,通过 DEM、航空影像、矢量地图作为丰富的空间数据源,将二维和三维地理信息系统进行完美融合;在完善原有技术服务平台的同时,系统也朝着管理平台的方向发展,“数字沙盘”系统作为管理平台雏形开始展现在人们面前。作为海拉瓦-洛斯塔技术重要组成部分,“数字沙盘”系统的建设重点是建立一个合理的工作平台,形成一个良好的工作流程,实现在电网工程建设过程中逐步加载设计和施工各阶段的数据,有效地将设计阶段的数字化成果传递到竣工阶段,最终实现施工管理数字化。“数字沙盘”系统使原来在设计阶段和运行维护阶段的数字化应用有机地连接起来,形成了“全过程”的数字化电网应用系统。

目前“数字沙盘”系统的研究工作处于一个起步的阶段,必然存在许多不足之处,如对施工建设过程中业务之间的协作理解不够,总结不全,需要进一步的深化和沟通;还有,数据格式的标准化不够全面,存在着不合理之处等。因此还需要对系统各方面进行不断的深入和细致的研究,进一步优化。^[2]

如何在设计阶段的已有数字化成果的基础上,进一步挖掘和开发已有技术,逐渐构建一个三维可视化的“数字沙盘”系统,为施工建设服务,促进工程建设施工管理水平和效率的提升,从而实现施工管理数字化,进而最终全面实现电网数字化管理,对于海拉瓦-洛斯塔技术系统来说,将是一个全新的研究课题。

参考文献:

- [1] 殷金华,郑小兵,邹立.海拉瓦技术在变电所勘测设计中的应用[J].电力勘测设计,2004,(12).
- [2] 高毅,袁敬中,马志伟,万明忠.基于海拉瓦技术的输电线路施工管理数字沙盘系统的开发与运用[J].1000-3673(2007)21-0061-06.

*作者简介:乔岗杰(1976-),男,山西平陆人,工程师,研究方向:电力生产运行。

由于 U_{SEF} 是从负载电阻 R 上的压降分压而来,基本保持不变,接地电阻的计算值主要受 I_{SEF} 的影响。发电机正常运行时,三相定子回路对地是绝缘的,20Hz 电压通过定子对地电容仅产生很小的接地电流,保护装置测量到的接地电流 I_{SEF} 也很小,接地电阻计算值很大,说明定子绕组绝缘正常。如果发生定子接地故障,中性点接地变压器一次侧与发电机定子线圈接地点之间就形成了 20Hz 交流回路,经中性点接地变压器耦合到二次侧的阻抗会大大的减小,保护装置测量到的接地电流 I_{SEF} 会显著增大,定子接地电阻计算值会显著减小,表明发电机发生了定子接地故障。然后根据保护定值触发报警或跳闸。

四、等值电路分析与计算

发电机中性点接地变压器折算到二次侧(500V 侧)的 Γ 型等效电路图如图 2。

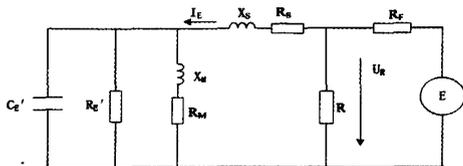


图 2 接地变 Γ 型等效电路图

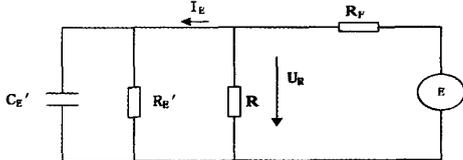


图 3 简化后的等效电路

设发电机对地电容和对地电阻分别为 C_e 和 R_e , 图 2 中, C_e 和 R_e 为折算到接地变二次侧的发电机对地电容和对地电阻, r_m 和 x_m 为激磁电阻和激磁电抗, r_s 和 x_s 为漏电阻和漏电抗, R 为负载电阻, R_e 为带通滤波器的内阻。由于 20Hz 电源产生的漏阻抗 $r_s + jx_s$ 很小,可以忽略,而接地变的励磁阻抗 $r_m + jx_m$ 远大于负载电阻 R , 也可忽略不计,这对测量误差的影响不大。简化后的等效电路图如图 3。

当发电机定子绝缘正常时, R_e 很大, I_e 主要是流过 C_e 的微小容性电流,保护装置计算出的接地阻值很大。

当定子发生接地时, R_e 变小,由于发电机对地容抗很大,可以忽略不计,所以保护装置计算出的接地阻值

$$S_{TEF} = \frac{U_{TEF}}{I_{TEF}} = \frac{U_e/k_{VD}}{I_e/k_i} = R_e' = \frac{R_e}{k_i} \frac{k_i}{k_{VD}} = \frac{1}{k} R_e \quad (1)$$

其中, k_{VD} 为分压比, $k_{VD} = 500/200 = 2.5$; k_i 为分流比, $k_i = 400/5 = 80$;

k_{U} 为接地变压器电压变比, $k_U = 21/\sqrt{3}KV/0.5KV = 24.25$;

k 称为一次、二次电阻转换系数, $k = \frac{k_U^2 k_{VD}}{k_i} = \frac{24.25^2 \times 2.5}{80} = 18.38$

由公式(1)可见,保护装置计算出的接地电阻值 R_{SEF} 乘以电阻转换系数 k 即为实际接地电阻值 R_e , 保护的测量与发电机的运行方式和运行参数均无关。

五、保护动作逻辑

20Hz 注入式发电机定子接地保护动作逻辑如图 4 所示。

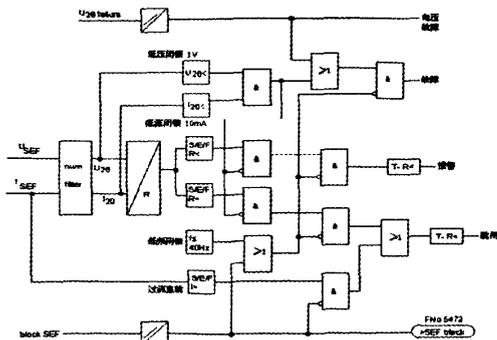


图 4 接地保护动作逻辑图

由上图可知,电压信号 U_{SEF} 和电流信号 I_{SEF} 引入保护装置后,经傅里叶滤波后生成 U_{20} 和 I_{20} , 然后根据 U_{20} 和 I_{20} 计算出接地阻值 R , 当 R 小于设定值 $R<$ 时经延时 $T-R<$ 报警, 当 R 小于设定值 $R<<$ 时经延时 $T-R<<$ 跳闸。其中, $R<$ 和 $R<<$ 的整定值分别为 272.1 Ω 和 54.42 Ω , 对应一次值分别为 5k Ω 和 1k Ω , 报警和跳闸延时分别为 10s 和 1s。此外,当 20Hz 输出电压 U_{20} 或输出电流 I_{20} 太小时,装置将不能正确测量发电机对地绝缘,将闭锁保护并发故障报警。

六、影响保护精度的主要因素

(一)由于保护计算中的电压电流信号取自分压器和分流器后,因此分压器和分流器的精度直接影响到保护计算值,因此应选用具有较高精度的设备并且对其定期校验。

(二)由于接地变的漏电阻和漏电抗很小,因此在保护计算中予以忽略。但在实际校验时发现在低阻接地时保护测量值将大于实际接地阻值。根据图 3 分析可知,当正常运行或高阻接地时,二次侧接地电流 I_e 很小,在漏阻抗上的压降也很小, R_e 两端电压接近于计算电压 U_e , 计算偏差不大。但是当接地电阻值较小时,二次侧电流 I_e 较大,在漏阻抗上的压降也变大, R_e 两端电压将小于计算电压 U_e , 此时将影响到保护计算值,使计算值大于实际接地电阻值。虽然低阻接地时计算值偏差较大,但不影响保护动作,只是在进行校验时要注意此现象的存在。

(三)20Hz 注入式定子接地保护的原理决定了其对注入电源的可靠性有很高的要求。首先,供给保护装置的辅助电源必须可靠且不能杂过多谐波,其次,装置中的电源发生器必须可靠运行,输出电压、频率等参数必须符合要求,尤其是电源频率,其稳定性对保护计算影响很大。例如,某电厂发电机采用同类型的定子接地保护,在一次发电机接地保护校验中(在发电机中性点接一可变电阻,对比测量值和实际值)发现接地保护存在拒动现象。通过仔细检查和测量发现 20Hz 电源发生器输出频率降为 17.5Hz, 电源发生器是典型的 RC 振荡电路,电子元件长期运行老化导致频率发生偏移,由于带通滤波的内阻 R_e 受电源频率影响很大,当电源发生器频率降低后, R_e 将大幅增大,根据分压原理可知负载电阻 R 上的分压 U_e 大大减小,最终导致二次侧电流 I_e 过小,使保护灵敏度大幅降低,引起保护拒动。

七、结语

(一)20Hz 注入式定子接地保护的保护区包含了发电机整个定子回路,是真正意义上的 100% 定子接地保护。而且能独立于发电机电压电流等电气量参数,因此不受发电机运行方式的影响,在发电机停机状态、起停和运行过程中均能起到保护作用,还能对绝缘老化起到监督作用。同时保护范围广,保护灵敏度和可靠性高,是一种先进的保护方式,在国内外大量机组上得到了验证。

(二)保护中接地电阻的计算是用 20Hz 数据得到的,而系统正常运行或发生振荡时,将产生 1/2 次、1/4 次或其它次谐波,这些谐波频率与 20Hz 相差较大,不会干扰接地电阻的计算,所以保护有较强的抗干扰能力。

(三)加入定子绕组的 20Hz 电压最大约为 1% 额定相电压,对电压波形和频率计算影响不大。

(四)对注入电压式原理的 100% 定子接地保护,一般不能双重化配置,如果每台机组装配了两套这种装置,工作同一个回路中就有两个注入信号,相互之间就会有影响而导致测量失误。通常采用保护范围为 90% 的基波零序电压定子接地保护作为其后备保护。

(五)保护对电源的可靠性和性能有很高的要求,当电源发生器输出频率发生偏移后,将严重影响到保护的精度和灵敏度,因此要加强对设备的检查和维护,定期做好校验工作,确保保护可靠动作。

参考文献:

- [1] 王维俭. 发电机变压器继电保护应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [2] 贺儒飞. 外加电源方式 100% 定子接地保护的拒动与误动问题[J]. 四川电力技术, 2005(01): 29-31.
- [3] 夏竹兴. 汽轮发电机 100% 定子接地保护和转子接地保护[J]. 东方电气评论, 2008, 22(87): 48-53.

关于对注入式发电机定子接地保护的探讨

作者: 乔岗杰
作者单位: 阳城国际发电有限责任公司, 山西, 晋城, 048001
刊名: 北京电力高等专科学校学报(自然科学版)
英文刊名: BEIJING DIANLI GAODENG ZHUANKE XUEXIAO XUEBAO
年, 卷(期): 2011, 28(4)

参考文献(3条)

1. 夏竹兴 汽轮发电机100%定子接地保护和转子接地保护 2008(87)
2. 贺儒飞 外加电源方式100%定子接地保护的拒动与误动问题 2005(01)
3. 王维俭 发电机变压器继电保护应用 1998

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_bjdlgdzkxxb-z201104025.aspx