

安谷水电站发电机注入式定子接地保护的应用及存在的问题

刘高, 梁兵钰

(中国水电建设集团圣达水电有限公司, 四川 乐山 614013)

摘要:南瑞继保 RCS-985 注入式定子接地保护在安谷水电站应用中出现了以下几个问题: 专用 CT 位置、电源烧损以及对转速测量装置、同期装置影响等几个问题, 对其产生的原因进行了分析, 介绍了所采用的处理方式。该接地保护在设计和调试中避免相同问题的出现提供了一些经验教训。

关键词:注入式定子接地保护; 注入电源; 转速测量; 同期装置; 安谷水电站

中图分类号:TV7; TV734; TV735

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)01-0030-03

1 概述

发电机注入式定子接地保护具有很多优点: (1) 整个定子绕组各处具有相同的保护灵敏度, 不受接地位置的影响。(2) 低频信号和发电机的工频、分数次谐波、整数次谐波频率不同, 机组正常运行或振荡时不会影响接地故障电阻阻值的计算; 保护不受发电机运行工况的影响。在发电机静止、起停过程、空载运行、并网运行等各种工况下, 该保护均能可靠工作。(3) 接地电阻跳闸判据设置了独有的安全电流限制技术, 当接地故障电流很小时, 可避免不必要的机组停机。(4) 采用注入回路阻抗精确补偿技术, 无需测试接地变压器的详细参数, 直接进行现场模拟接地故障试验即可完成参数补偿。(5) 可监视定子绕组绝缘的缓慢变化。笔者介绍了注入式定子接地保护在安谷水电站应用中出现的问题及采取的解决方法。

安谷水电站位于四川省乐山市市中区安谷镇与沙湾区嘉农镇接壤的大渡河干流上, 为大渡河干流梯级开发中的最后一级。坝址距上游沙湾水电站约 35 km, 下游距乐山市区 15 km。电站采用一级混合式(河床式厂房加长尾水渠)开发, 电站正常蓄水位高程 398 m, 安装容量为 $4 \times 190 \text{ MW} + 1 \times 12 \text{ MW}$ (生态机组) 的轴流转桨式水轮发电机组, 属国家大(一)型规模电站。

该电站首台机组于 2014 年 12 月 8 日并网, 至 2015 年 8 月第 5 台机组并网发电, 1 年内 5 台机组全部建成投产。

收稿日期: 2017-09-25

安谷水电站采用南瑞 RCS-985 发电机保护, 其注入式定子接地保护是由 RCS-985U 低频注入电源和 RCS-985 保护装置两部分共同实现。其中, RCS-985U 定子接地保护辅助电源装置提供外加低频电源, 将低频电压电流信号注入到发电机定子绕组中; RCS-985 发电机保护装置检测注入低频电压、电流信号, 当发电机定子绕组发生接地故障时, 所注入的电压、电流信号随之发生变化, RCS-985 可准确计算出接地故障电阻的阻值, 完成注入式定子接地保护。

2 注入式定子接地保护装置在安谷水电站中的应用

2.1 注入式定子接地保护配置的具体情况

RCS-985U 电源辅助装置现场保护接线情况见图 1。装置输出的低频电压加在发电机中性点接地变压器负载电阻 R_n 两端, 通过接地变压器将低频信号注入到发电机定子绕组上。负载电阻 R_n 两端的电压经分压器分压后得到电压 $U_{\omega 0}$; 另外, 通过中间变流器(即中间 CT) 得到电流 $I_{\omega 0}$ 。将电压 $U_{\omega 0}$ 和电流 $I_{\omega 0}$ 引至 RCS-985 保护装置中。

2.2 保护原理及接地电阻判据

当发电机定子绕组对地绝缘正常时, 注入到定子绕组的低频电流主要是流过定子绕组对地电容的电容电流, 当对地绝缘受到破坏、出现接地故障时, 所注入的电流将流过接地故障点, 出现一部分电阻性电流。保护装置检测到注入的低频电压、电流, 通过导纳法可准确计算出接地故障时的

过渡电阻值,计算出的电阻值与定子绕组的接地故障位置无关,可以反映发电机 100% 的定子绕组单相接地。

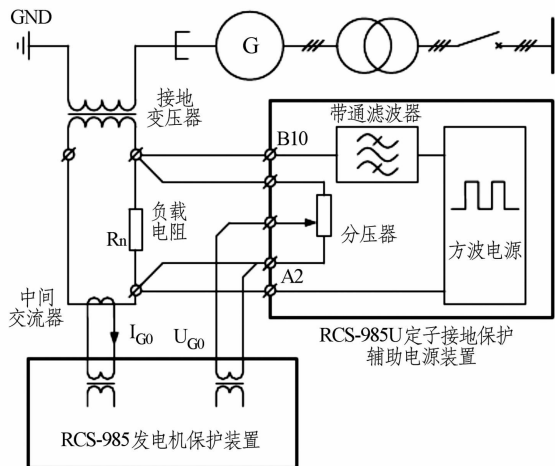


图 1 保护接线示意图

该保护具有以下特点:

(1) 保护范围为 100% 定子绕组, 包括发电机中性点, 无保护死区。

(2) 整个定子绕组各处具有相同的保护灵敏度, 不受接地位置影响。

(3) 低频信号和发电机的工频、分数次谐波、整数次谐波频率不同,机组正常运行或振荡时不会影响接地故障电阻阻值的计算,保护不受发电机运行工况的影响。在发电机静止、起停过程、空载运行、并网运行等各种工况下,该保护均能可靠工作。

(4)可监视定子绕组绝缘的缓慢变化。

(5) 注入到发电机绕组上的低频电压不超过 1% ~ 3% 的额定相电压, 不会损坏定子绕组的绝缘。

接地电阻判据反映发电机定子绕组接地电阻的大小,设有两段接地电阻定值,高定值段作用于报警,低定值段作用于延时跳闸,延时可分别整定。

低定值段(跳闸段)动作方程为:

$$R_E < R_{E, SET, L} \quad \text{AND} \quad I_{G0} > I_{SAFE}$$

高定值段(报警段)动作方程为:

$$R_E < R_{E, SET, H}$$

式中 R_E 为发电机定子绕组接地电阻(一次值); $R_{E.SET.H}$ 和 $R_{E.SET.L}$ 分别为发电机定子绕组接地电阻的高、低定值(一次值); I_{G0} 为流过发电机接地设备的零序电流(二次值); I_{SAFE} 为对应于发电机定子接地安全电流的定值(二次值)。对于低定值的跳闸段,只有接地电流超过设定的安全电流

定值方允许跳闸。

3 安谷水电站注入式定子接地保护在调试中遇到的问题

3.1 注入式定子接地保护专用 CT 安装位置问题

#1 机组投运前,投入注入式定子接地保护电源后,保护一直动作,检测接地电阻值为 $0.64\ \Omega$,反复检查发电机一次回路,没有装设接地线,绝缘电阻值很高,在中性点柜检查发现注入式定子接地保护专用 CT 旁的一根二次接地有变化。图 2 显示的是由 1 号位置改到 2 号位置的情况。

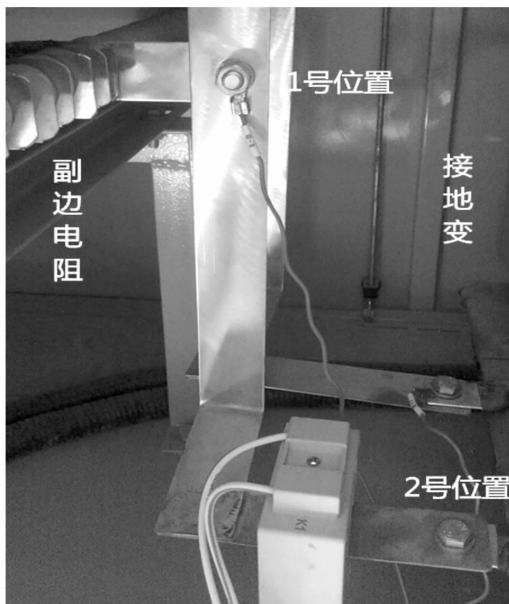


图2 专用 CT 安装位置示意图

该接线的变化造成注入式接地保护检测对象发生变化(图3、4)。

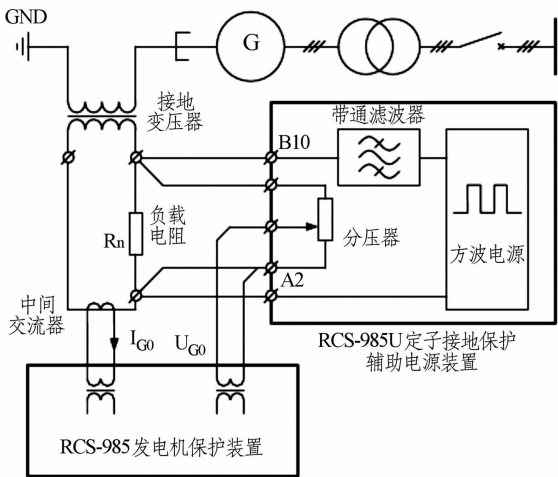


图3 CT位置对测量电流电压影响示意图

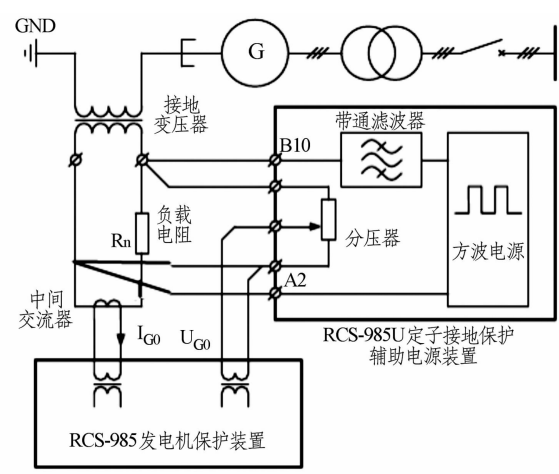


图 4 CT 位置对测量电流电压影响示意图

改变接线位置后,注入式定子保护装置检测电阻等于注入电压与专用 CT 电流之比,接线改接后,检测电阻由检测发电机一次电阻变为检测接地变负载电阻的电阻值,固定为 $0.64\ \Omega$ 。其原因是中性点接地装置厂家在整理柜内接线时将一根二次接线由图中 1 号位置改接为 2 号位置,而造成注入式定子接地保护错误。

3.2 定子接地试验中烧损了注入式定子接地保护的电源

安谷水电站#2 机调试进行定子接地试验时,在发电机出口 PT 柜 A 相接一根短路接地线,手动加励磁升高发电机电压。“注入式定子接地退出”压板投入,发电机电压升高至 30% 时,注入式定子接地保护装置电源烧损,电源装置冒烟、完全损坏。

事故发生后,现场技术人员和南瑞继保、调试人员进行了原因分析、问题查找,一致确认其为发电机零序电倒灌注入式定子接地保护、持续时间过长而造成注入式定子接地保护电源烧坏。南瑞继保因安谷水电站注入式定子接地保护电源烧坏事故专门制定了 RCS-985U 注入式定子接地保护现场做发电机定子接地保护试验时的调试注意事项:

- * 试验时应投入注入式定子接地保护装置电源;
- * 试验时应退出“注入式定子接地退出”压板;
- * 试验时间的时间不能太长;
- * 最安全的做法:应在端子排上滑开注入电源至负载电阻间的滑片。

3.3 注入式定子接地保护对转速测量的影响

#1 机手动开机后,机组转速已为零,但制动屏转速表显示为 40%。输入电压测量为 1V 左右。转速显示为 40%,转速装置中的很多接点不能开出,如启动制动器的接点,使自动停机程序不能进行。经过反复查找、分析得知:注入式定子接地保护电源注入在发电机中性点变压器二次的电压频率为 20 Hz,与转速表显示相对应,该电压经中性点变压器升压后送到发电机定子线圈,然后经机端 PT 降压后接入转速表。拉开注入式定子接地保护电源后,转速表显示回到零,分析出造成问题的原因,相当于是发电机定子零序电压的影响。由于定子三相线圈零序电压方向、大小相同,采用线电压作为检测电压可以消除零序电压影响,将转速测量电压由 A-N 相改接 A-B 相后,故障消除。

3.4 注入式定子接地保护对发电机同期的影响

#1 机调试时,同期并网时间很长,每次同期所用时间均在 3 min 以上,经常发出同期装置超时,需要复位同期装置、重新启动后才能并网,检查同期装置各项参数无异常,观察并网时同期装置动作行为有增速、减速现象,动作亦不是很频繁。联想到同期电压也是选择 A-N 相,会不会与转速表原因相同。由于注入式定子接地保护的影响,设计、施工、调试人员经现场协商,同期电压由 A-N 相改接为 A-B 相后,多次试验并网时间均小于 1 min。由此可以确定:同期装置和转速测量装置均是受注入式定子接地保护注入电源的影响。

4 结 语

笔者通过对南瑞继保 RCS-985 注入式定子接地保护在安谷水电站应用中出现的专用 CT 位置、电源烧损以及对转速测量装置、同期装置影响几个问题的原因分析以及处理方式的介绍,希望能为南瑞继保 RCS-985 注入式定子接地保护在设计和调试中避免相同问题再次出现提供一些经验教训。

作者简介:

- 刘 高(1978-),男,四川乐山人,主任,工程师,从事水电站机电设备安装管理和电厂运行维护工作;
- 梁兵钰(1967-),男,四川乐山人,工程师,从事水电站电气设备维护工作。

(责任编辑:李燕辉)