

对三峡地下电站30号机转子接地保护连续多次动作的行为分析

陈浩森¹, 丁威¹, 李光耀²

(1. 三峡水力发电厂, 湖北宜昌 443133; 2. 溪洛渡电厂筹建处, 云南昭通 657300)

摘要:介绍了三峡地下电站30号机转子接地保护的基本原理,对该机组在深水位试验期间停机过程中连续多次动作的故障数据及交流法查找故障点的试验数据进行了详细分析,最终的处理结果以及保护之后的运行情况印证了之前的分析。

关键词:三峡电站; 转子接地保护; 频繁动作; 原因分析

Abstract: The basic principles of rotor ground protection of No. 30 unit in underground power station of Three Gorges project are introduced. The fault data of continuous actions during shutdown when carrying out deep water level test and the testing data by finding the fault point with AC method are analyzed in detail, and the final processing results and the operation after the protection verify the previous analysis.

Key words: Three Gorges Power Station; rotor ground protection; frequent action; cause analysis

中图分类号: TM772 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2013)03-0057-03

0 引言

三峡地下电站30号机的保护装置由许继(许昌继电器厂,下同)提供。2011年10月,该机进行了深水位试验,试验期间开停机次数较多,在试验期间的停机过程中,转子一点接地保护多次动作,每次动作均为不稳定接地,保护在动作一段时间后自行返回。对此情况,工作人员对故障数据进行了总结分析并采用了交流法查找故障点,两种方法相互综合最终找出了故障磁极。处理后经长时间运行观察,故障点已经成功消除。

1 30号机转子接地保护简介

三峡电站30号机配置了两套转子接地保护,两套保护经过切换把手互为冷备用,其中第一套保护为WFB-823A,采用外加低频方波注入原理(如图1所示),第二套保护为WFB801S内部集成的乒乓切换式保护(如图2所示)。正常运行时投入注入式保护,两种保护的基本原理,保护设置了两段定值20 kΩ、5 s以及5 kΩ、5 s,均动作于报警。

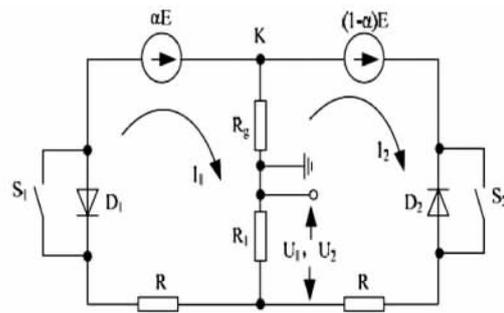


图1 低频方波注入原理图

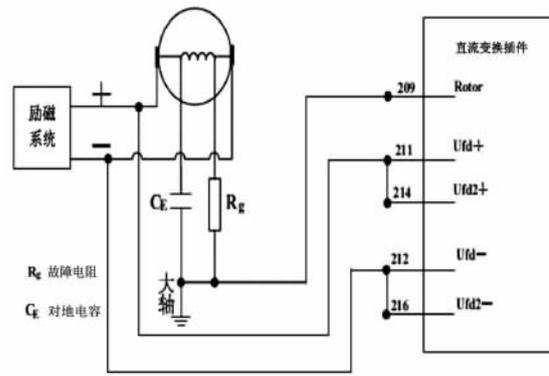


图2 乒乓切换注入式保护原理图

2 保护的動作情况

据记载,截止2011年11月9日,30号机进行

深水位试验开停机 18 次,其中转子接地保护动作 10 次,每次都是在电气制动退出前励磁电压为 190 V 左右动作的,接地电阻一般为 0.6 kΩ,接地位置在距转子负极 90% 处,持续动作时间 6 ~ 14 min 左右。保护分部进行了多次跟踪检查,现列出 3 次能突出反映问题的停机情况。

(1) 2011 年 10 月 22 日 12:38.15 机组停机。

保护动作情况说明如下。

①停机前,励磁电压为 226 V,A 套转子接地电阻为 655.36 kΩ,B 套转子接地电阻为 250 ~ 655.36 kΩ。

②停机未投电气制动时,励磁电压为 0.25 V,A 套转子接地电阻为 655.36 kΩ,B 套因没有励磁电压,不能测出转子接地电阻。

③投入电气制动时,励磁电压为 183 V,B 套转子接地电阻最低 82 kΩ,切回 A 套,接地电阻 $R_g = 655.36 \text{ k}\Omega$ 。切回 B 套观察,最低 0.02 kΩ,约 3 s 后,励磁电压为 0.25 V(相当于电制动退出),B 套不能测出 R_g ,又切回 A 套,显示 0.023 kΩ、0.016 kΩ 5 s 后 A 套转子接地动作,约 10 min 后返回。

从上述过程判断,30F A 套、B 套转子接地保护装置正常。

(2) 2011 年 10 月 26 日 02:07.21 机组停机保护动作情况说明如下。

在电气制动励磁电压从 192 V 以上开始下降时 B 套转子接地保护动作,转子接地持续时间约 10'50",接地电阻 0.632 kΩ,接地位置距负极 89.7% 处。

(3) 2011 年 11 月 1 日 21:12.54 机组停机保护

动作情况说明如下。

B 套转子接地动作时刻在电气制动投入后,励磁电压为 185 V,励磁电流为 1 842 A,动作 10.53 s 后,励磁电流、励磁电压开始下降,转子接地持续时间约 11'50",接地电阻 0.627 kΩ,接地位置距负极 89.978% 处。

(4) 2011 年 11 月 6 日 14:06 机组停机保护动作情况说明如下。

转子接地第一次动作时刻在电气制动投入后,励磁电压为 189 V,动作持续 22.645 s 后返回,又经 4.695 s 后第二次动作(励磁电压已降为 0),约 14 min 后返回。接地电阻 0.125 kΩ,接地位置距负极 89.901% 处。

(5) A 套转子接地检测故障测距统计如表 1 所示。

从 2011 年 10 月 11 日至 2011 年 11 月 8 日的故障数据中统计分析,30F A 套转子接地能检测故障测距共有 18 次,其中故障点在 7 号磁极和 8 号磁极之间的有 2 次,占磁极总数的 11.1%,8 号磁极和 9 号磁极之间的有 5 次,占磁极总数的 27.8%,在 9 号磁极和 10 号磁极之间的有 6 次,占磁极总数的 33.3%,在 10 号磁极和 11 号磁极之间的有 2 次,占磁极总数的 11.1%,在 11 号磁极和 12 号磁极之间的有 3 次,占磁极总数的 16.7%。由上述统计可见 2011 年 10 月 11 日至 2011 年 11 月 18 日期间,30F 开停机 18 次,其中转子接地保护动作 11 次,每次都是在电气制动退出前励磁电压为 190 V 左右动作的,接地电阻一般为 0.6 kΩ,持续动作时间 6 ~ 14 min 左右,总体来看故障定位的范围在 7 ~ 12 号磁极间。

表 1 30F WFB-823 A 套转子接地能检测故障测距统计表

序号	转子接地动作时刻	接地电阻值 /kΩ	故障测距(从负极算起) /%	磁极号(从正极算起)
1	2011-10-11 20:59:39.601	0.530	87.536	10.47
2	2011-10-11 20:59:40.264	0.021	89.588	8.75
3	2011-10-13 12:14:14.511	0.224	88.702	9.49
4	2011-10-13 12:14:14.512	0.224	88.702	9.49
5	2011-10-14 23:48:22.015	0.611	90.515	7.97
6	2011-10-14 23:48:23.014	0.811	91.408	7.23
7	2011-10-15 20:28:51.161	0.586	86.889	11.00
8	2011-10-15 20:28:51.829	0.124	87.820	10.23
9	2011-10-16 11:58:00.861	1.019	86.132	11.65
10	2011-10-16 11:58:00.861	1.019	86.132	11.65
11	2011-10-26 02:07:21.325	0.632	89.700	8.65
12	2011-10-26 02:07:21.988	0.095	88.652	9.53
13	2011-11-01 21:16:41.803	0.627	89.978	8.42
14	2011-11-01 21:16:42.472	0.464	88.420	9.73
15	2011-11-06 00:17:33.477	0.125	89.901	8.48
16	2011-11-06 00:17:33.478	0.125	89.901	8.48

3 保护动作原因分析

(1) 为防止因为装置故障出现转子接地保护误动,对 WFB-823A 装置(注入方波原理)的转子接地保护进行了现场测试。该保护主要利用方波两个半波间在采样电阻上的电压差来测量对地电阻的大小。在回路正常时,采样数据为零漂值接近为 0,在回路异常时,方波电源会在采样电阻上产生压降,从而使保护动作,因此该保护可简单认为是个采样电阻上方波电压的差电压保护,最后换算成回路电阻值。简单的说测量电阻上有稳定的方波电压采样时,所测量的励磁回路也就有接地回路了。

PR1 盘 A 套许继 WFB-823 1.5 Hz 注入式,定值为 20 kΩ、5 s; 5 kΩ、5 s 均报警,当励磁电压大于 10 V 时可以检测接地电阻和接地位置,励磁电压小于 10 V 时只能检测接地电阻。PR2 盘 B 套许继乒乓式,定值为 5 kΩ、5 s 报警,当励磁电压大于 50 V 时可以检测接地电阻和接地位置,励磁电压小于 50 V 时该保护不起作用。

前 6 次动作时,因电气制动过程中保护动作时间较短,现场无法及时切换至第二套转子一点接地保护装置。过了一会转子接地保护再次动作时转子回路已灭磁,乒乓式原理的第二套转子接地保护已不能正常工作,而此时由于转子电压低于 10 V 所以注入式转子接地保护测距功能退出,装置显示测距位置为 0。装置第 7 次停机时,转子接地保护再次动作,根据现场提供的动作波形数据,正、负半波差压为 0.46~0.48 V,装置测量转子接地电阻阻值为 0。现场人员在发电机已停机转子回路电压降为零时断开注入源端子接线,在装置励磁电压正极输入端对地测量电阻为 17.1 kΩ,电阻等效电路图如图 3。

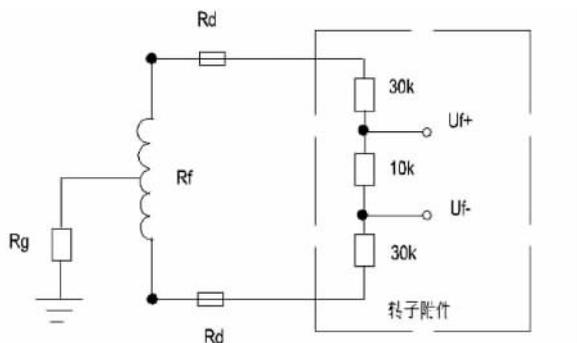


图 3 电阻等效电路图

R_f 为转子电阻非常小可等效为 0,转子直接接

地 $R_g = 0$,测量等效图如图 4。

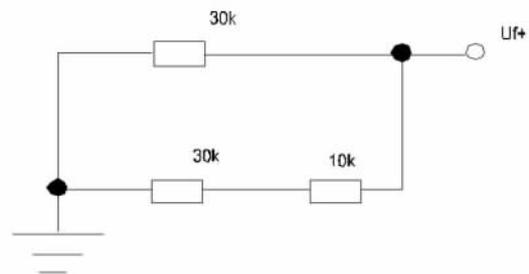


图 4 测量等效图

此时 $U_f +$ 理论对地等效电阻为 $30 \text{ k}\Omega // (30 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega) = 17.14 \text{ k}\Omega$,理论数据与实际测量值一致。而后保护动作复归后再次测量对地电阻为无穷大,由此可判断故障点为转子附件输入端以前,而后对熔断器后至附件的联接导线进行绝缘测量,均正常。

(2) 转子接地保护动作后发电分部也利用交流法查找转子接地点并定位。交流法试验原理简介:在转子正负极间施加交流电压,测量正、负极对地电压值 U_1 、 U_2 (如图 5)。根据交流电在转子正、负极间的电压分布比例,在接地电阻 R_g 为稳定小电抗接地情况下可由式(1)计算得到接地点位于几号磁极附近。

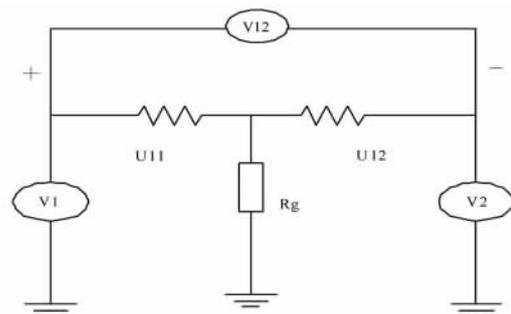


图 5 交流法测量转子一点接地原理图

$$n = \frac{2pU_1}{U_1 + U_2} \quad (1)$$

式中 n 为接地磁极; p 为磁极对数。

(3) 测试结果如图 6 所示。

4 主要结论

(1) 在转子接地保护动作多次动作后,保护分部与许继厂家沟通,厂家认为在励磁两端碳刷或外引线处发生接地的可能性较大,建议可以先查找如下几个方面:励磁电压外引保险接线端子、其他外引
(下转第 85 页)

得未屏没有形成整体的等电位体的故障,同样不能通过状态检修例行试验中的介损测试结果有效地发现和诊断此类缺陷,同时由于这不是固体绝缘制造工艺不良或绝缘干燥、脱气处理不彻底带来的缺陷,故而在油色谱跟踪试验中,不会出现氢气和甲烷含量的较大增长,在氢气和总烃含量没有超标的情况下,就出现很大的乙炔含量。如果在色谱测试结果中氢气和甲烷含量较小的情况下,就直接出现乙炔含量,这说明电流互感器很有可能出现了此类故障。

4 结 语

电流互感器若发生事故,必将严重威胁电网的安全运行,造成的损失和影响却很大,故而技术监督人员必须基于各种电流互感器的缺陷类型的原因分析和诊断方法,对电流互感器的缺陷开展卓有成效的监督和跟踪工作,以保证缺陷的在控、可控和电网的安全。从3起油浸式电流互感器绝缘缺陷实例入手,就电流互感器的各种缺陷原因进行了综合对比分析,以梳理清楚对油浸式电流互感器缺陷的分析

(上接第59页)

励磁电压端子查看是否松动或相邻搭接等、碳刷附近包括碳刷接地是否可靠。根据三峡电站30号机的现场情况分析,推测故障点没有发生在厂家所建议查找的几个方面。

测试结果			
1. 绝缘电阻			
/	交流法测量前/MΩ	交流法测量后/MΩ	
绝缘电阻	0	0.031	
试验标准	采用1000V兆欧表测量,转子绝缘电阻值在室温时一般不小于0.5MΩ		
试验仪器	FLUKE1520 绝缘摇表		
2. 转子一点接地交流法查找试验			
测量位置	U(转子正负极间)	U1(下滑环对地)	U2(上滑环对地)
电压值/V	168	16.04	152.7
3. 结论与分析			
测量过程中,将滑环室碳刷全部拔出。经过计算,初步判断接地故障点在8~9号磁极。			

图6 测试结果

(2) 三峡电站保护分部和发电分部采用两种方法检查定位的结果较一致,重点检查了7~12号磁

思路,从而更好地开展对电流互感器缺陷的技术监督工作。

参考文献

- [1] 陈化钢. 电力设备预防性试验方法及诊断技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.
- [2] 陈化钢. 电力设备异常运行及事故处理[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1999.
- [3] 国家电网人力资源部. 电气试验[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [4] 杨香泽. 变电检修[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [5] 上海超高压输变电公司. 变电设备检修[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [6] 李建国, 朱康. 高压电器设备试验方法[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [7] 张利燕, 郭猛, 陈志勇, 等. 电流互感器故障诊断与分析[J]. 变压器, 2011, 48(11): 57-59.
- [8] 杨洋, 黄文龙, 郭锐, 等. 一起罕见的电容式电流互感器缺陷的发现及分析[J]. 电力电容器与无功补偿, 2012, 33(01): 84-87.

(收稿日期: 2013-02-20)

极。测得转子对地电阻确实为0,位置在第8~9号磁极。试验过后紧急展开检修,对转子进行检查,无明显接地金属物,只是发现转子磁极很脏,对相应磁极做了清扫。

(3) 从拔出8~9磁极清扫后,到并网运行16h后停机,转子接地未再次发生动作。

5 结 语

对30号机转子一点接地保护频繁动作进行了分析,从最终的结果来看,故障点已经查明,但从故障点的实际情况似乎无法解释保护的下列行为:即只在停机过程中动作,动作后保持一段时间之后自行返回。由此看来,该现象仍然值得继续深入分析和讨论。

作者简介:

陈浩森(1987),男,技术员,从事继电保护维护管理工作;

丁威(1973),男,高级工程师,从事继电保护维护管理工作;

李光耀(1985),男,助理工程师,从事继电保护维护管理工作。

(收稿日期: 2013-02-29)