

DIANLI XITONG JIDIANBAOHU
SHIGU ANLI YU FENXI

电力系统继电保护 事故案例与分析

李玮 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANLI XITONG JIDIANBAOHU
SHIGU ANLI YU FENXI

电力系统继电保护 事故案例与分析

李玮 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书汇总了近百个事故案例,通过专业技术分析和人为因素分析,系统地剖析了由人为因素造成继电保护“三误”事故的原因,从专业管理和现场实际工作角度提出了控制措施,以提高专业技术人员的技术水平和安全生产意识。

本书可作为继电保护运行人员学习和进行继电保护设备缺陷处理和隐患排查的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护事故案例与分析 / 李玮编著. —北京:
中国电力出版社, 2012.7
ISBN 978-7-5123-3293-5

I. ①电… II. ①李… III. ①电力系统—继电保护—
事故分析 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 158792 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 291 千字

印数 0001—3000 册 定价 40.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

序



古人云：“以铜为镜，可以正衣冠；以史为镜，可以知兴替；以人为镜，可以明得失。”步入现代社会，尤其是电力系统所承担的社会责任日显突出，随着电网及发电厂事故经验日益增多，有必要积累以往的事故分析处理的一手材料，供专业技术人员学习、借鉴之用。以事故为镜，可以明思想、可以明技能、可以明管理；以事故为镜可以引发很多反思，反思是最好的学习方式。

本书作者从事继电保护专业技术及专业管理工作近 20 年，在专业技术、技能培训、现场调试以及专业管理等方面做了大量的实际工作，积累了丰富、宝贵的经验，注重理论联系实际，具有与时俱进、求真务实的敬业精神。结合作者多年从事专业工作与专业管理的丰富经验，分类总结了近百个典型事故案例奉献给同仁参考、借鉴，主要目的就是期望阅后有所悟，警后有实践。

安全生产是天大的事！学习事故案例、吸取经验教训作用不可低估。专业安全管理、技术管理固然重要，但面对人员越来越年轻化的基层专业，安全理念的培育、安全文化的传播更是凸显内在驱动功力。

本书资料详实，并配有故障录波图、系统图、原理图、向量分析图等，图文并茂、原因分析透彻，理论联系实际、事故对策具体，经验教训深刻，对继电保护工作具有重要的指导意义。希望这些事故案例能够成为技术工作者们工作交流的平台，努力提高专业技能与专业素质，吸取有益的经验教训，不断提高安全意识，养成学习、交流的良好氛围，互相借鉴、相互提醒，共同进步！

佟文英

前 言



电网安全稳定运行离不开各种供配电设备的运行正常,不发生误动、拒动和自身故障。继电保护装置是供配电系统的重要组成部分,是保护系统安全和事故发生时迅速切除故障的一种设备。继电保护是电力系统中保障电气设备安全和提高供电可靠性的最基本、最有效的核心技术手段之一。由于运行人员不规范操作继电保护装置而引起较大事故越来越多,以致影响供配电系统的经济运行。

本书汇总了近百个事故案例,通过专业技术分析和人为因素分析,系统地剖析了由人为因素造成继电保护“三误”事故的原因,从专业管理和现场实际工作角度提出了控制措施,以提高专业技术人员的技术水平和安全生产意识。

本书在编写过程中,得到了高春如老师以及多个电科院、微机保护装置设备厂家的专家们的大力支持与帮助。在此谨对所有帮助我的专家们表示深深的谢意!对专家们高度的事业责任感和严谨的工作作风表示崇高的敬意!

由于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见,以便修改完善。

编 者

2012年6月

目 录



序

前言

第一章 大型发电厂继电保护和自动装置的运行技术	1
第一节 概述	1
第二节 现场定期检验与检验管理工作	2
第三节 继电保护运行分析	10
第四节 运行设备反事故措施和技术改进	26
第五节 技术管理	34
第六节 其他技术问题	38
第七节 继电保护状态检修的发展趋势	43
第二章 事故案例	45
第一节 二次回路	45
【案例 1】 TV 二次电缆冻断, 线路过电压保护误动作	45
【案例 2】 回路接线异常, 联变保护误启动 220kV 失灵保护	47
【案例 3】 设计不合理, 查找直流接地造成失步保护动作停机	48
【案例 4】 反事故措施执行不严, 直流系统接地启动备用变压器 气体继电器动作跳闸	50
【案例 5】 TV 二次接地设置不合理, 匝间保护动作, 机组掉闸	54
【案例 6】 直流系统两点接地, 母差保护误动出口	55
【案例 7】 反事故措施执行不到位, 干扰造成保护误动多台机组掉闸	57
【案例 8】 电缆屏蔽层接线不正确, 电动给水泵启动时跳闸	59
【案例 9】 反事故措施执行不完善, 正常操作 TV 空气断路器跳闸, 线路保护误动作	62
【案例 10】 反事故措施执行及技术管理薄弱, 母差保护误动, 全厂停电	65
【案例 11】 操作回路接线错误引起断路器误跳闸	70
【案例 12】 电缆烧毁热工信号串接, 导致发电机—变压器组保护误动停机	73
第二节 保护装置	75
【案例 1】 综保装置采样失真, 电机差动保护误动作	75
【案例 2】 保护装置抗干扰能力差, 发电机高频保护误动停机	75
【案例 3】 保护原理设计欠缺, 过励磁保护误动跳机	78

【案例 4】	保护原理不完善, 高频保护动作切机	83
【案例 5】	软件参数设置有误, 差动保护越级动作	85
【案例 6】	采样时间位移自动切换时 MCD 保护误动, 线路无故障跳闸	87
【案例 7】	装置抗干扰能力差, 直流接地保护误动, 变电站全停	89
【案例 8】	保护原理设计缺陷, 变压器无故障跳闸	91
第三节 整定与配置		92
【案例 1】	6kV 工作电源开关故障, 导致高厂变压器损坏、机组停机	92
【案例 2】	厂用电系统保护配置不合理, 系统异常时机组跳闸	99
【案例 3】	发电机定子接地故障, 过励磁保护动作, 机组跳闸	100
【案例 4】	保护配置不合理, 高厂变压器及启备变压器分支零序 保护误动作	102
【案例 5】	误整定, 发电机断水保护动作停机	104
【案例 6】	误整定, 机组负序过电流保护误动停机	105
【案例 7】	定值整定不当, 发电机阻抗保护动作停机	106
【案例 8】	定值不合理, 电动机启动时零序保护动作	108
【案例 9】	保护原理不完善, 高厂变压器差动保护动作停机	114
【案例 10】	定值整定不合理, 变压器差动保护动作停机	115
【案例 11】	主变压器反充电导致差动保护动作停机	116
【案例 12】	误整定 6kV 厂用电切换失败	117
第四节 安全自动装置		119
【案例 1】	励磁系统故障造成过励磁保护动作停机	119
【案例 2】	一次调频设置不合理, 机组失磁保护动作	120
【案例 3】	软件程序混乱误强励, 励磁系统严重烧毁	122
【案例 4】	整流柜切换暂态过程不平衡电流增大, 励磁变压器差动 保护动作停机	123
【案例 5】	励磁设备故障引起保护动作停机	124
【案例 6】	励磁调整不当造成励磁系统保护动作停机	126
【案例 7】	整流桥冷却器失电, 机组非停	127
【案例 8】	励磁变压器高压绕组绝缘击穿, 发电机定子接地保护动作跳机	129
第五节 电源系统		131
【案例 1】	交流电源串入直流系统, 500kV 升压站双回线路掉闸	131
【案例 2】	接线错误, 直流系统串入交流电源, 两台机组全停	134
【案例 3】	查找直流接地导致锅炉灭火	139
【案例 4】	网控直流系统串入交流量导致停机	140
【案例 5】	直流系统串入交流量导致机组全停	142
【案例 6】	直流系统接地, 失磁保护误动停机	144
【案例 7】	变电站两单元间信号环线接线, 误发接地信号	147
【案例 8】	调节器插件故障, 盲目处置造成机组非停	149

第六节 人员三误.....	152
【案例 1】 盲目操作、违章指挥, 发电机非同期并网.....	152
【案例 2】 隔离开关位置继电器 TWJ 的接点错用, 保护误动切机.....	154
【案例 3】 密码管理不善, 人员误触发保护出口导致发电机跳闸.....	155
【案例 4】 作业安全措施不全、保护装置安全措施不完善, 母差 保护误动作.....	156
【案例 5】 出口误整定, 主变压器内部低压侧短路造成停机.....	157
【案例 6】 检修措施不到位引起发电机解列.....	159
【案例 7】 定值管理混乱, 母差失灵保护拒动.....	161
【案例 8】 零序电流滤过器未投入, 差动保护误动作.....	165
【案例 9】 误断 TV 空气开关, 逆功率保护误动跳机.....	167
【案例 10】 EH 油泵接线错误, 5 号机组跳闸.....	169
第七节 其他.....	170
【案例 1】 发电机过励磁保护动作, 机组跳闸.....	170
【案例 2】 电缆磨破导致发电机比率差动保护动作误跳机.....	173
【案例 3】 消谐器失效, 6kV 系统 TVC 相熔断器爆炸.....	178
【案例 4】 对保护原理理解有偏差、保护程序不完善, 线路断路器单相拒动, 开关跳闸.....	179
【案例 5】 接口有盲区, 程跳逆功率保护误动.....	182
【案例 6】 图纸与现场不符, 给改造工作埋下隐患.....	183
【案例 7】 TV 回路接线有误, 发电机发生单相接地故障, 差动保护动作停机.....	185
【案例 8】 发电机—变压器组保护 B 柜突加电压导致保护动作停机.....	186
【案例 9】 发电机 TV 二次熔断器松动过励磁保护动作停机.....	187
【案例 10】 发电机功率变送器故障, DCS 系统误判停机.....	188
【案例 11】 600MW 发电机组转子接地故障频发.....	189
【案例 12】 6kV 电动机保护拒动, 引起机组跳闸.....	190

第一章

大型发电厂继电保护和自动装置的运行技术

第一节 概 述

电力系统的不断发展和安全稳定运行给国民经济和社会发展带来了巨大的动力和效益。随着电力系统的发展,电网规模空前扩大,大容量超超临界机组、超高压设备陆续投入运行,电力设备继电保护系统越来越大。继电保护的原理结构也越来越复杂。例如一台 600MW 的发电机—变压器组保护就有 60 多种,一条 500kV 线路就要配置 4 面保护屏。虽然继电保护发展的趋势是使保护的管理工作更加规范、保护功能的配置更加完善、保护动作的行为更加可靠,但是无论发展到什么程度,安全问题的固有性和客观性都不会改变,继电保护的故障依然存在,种类也不尽相同。再加上辅助的故障录波、信号指示并不一定正确、清晰,也给保护的事故分析处理增加了难度,如何提高继电保护的事故处理水平也就成为电力系统面临的一个重大难题。

继电保护事故的原因是多方面的,有设计不合理、原理不成熟、制造缺陷、定值问题、调试问题和维护不良等。当继电保护或二次回路出现问题以后,有时很难判定故障的根源,只有找出事故的根源,才能有针对性地加以消除。

继电保护在电网中的作用要求分析和解决继电保护事故时,要首先从电网,然后沿着变电站、一次设备,最后再是保护配置、整定、运行和检修这条技术路线来考虑问题。从继电保护技术发展的历程可以看到,微型机保护的发展虽有目共睹,形式也在不断丰富,但继电保护在电网的属性迄今没有变化,无论何种形式的保护,其基本功能都没有改变,因此多年积累的经验教训和相关规程、标准都是继电保护工作的基本准则。

为保证继电保护和自动装置正确动作,除由制造厂提供高质量的装置、设计单位正确合理的设计、安装单位正确及高质量的安装和检验外,在机组正常运行后,主要取决于运行中的维护、检修和管理等运行技术工作。大型发电厂继电保护和自动装置的运行技术所涵盖的内容有:

- (1) 继电保护的整定计算与定值管理工作。
- (2) 现场定期检查、定期检验与检验管理工作。
- (3) 缺陷处理与缺陷管理工作。
- (4) 继电保护运行分析工作。
- (5) 反事故措施及技术改进与反事故措施管理工作。

- (6) 图纸管理工作。
- (7) 设备定级管理工作。
- (8) 其他有关技术工作。

第二节 现场定期检验与检验管理工作

试验方法、试验流程及优化检验项目是继电保护检修中的一个重要环节，过度的和不合理的检修对继电保护往往适得其反。

按期保质进行现场定期检查、定期检验是运行技术中提高继电保护正确动作率的重要保证，定期检验应注意以下问题：

一、严格执行定期检验的周期

严格执行定期检验的周期，对保护装置执行应修必修、修必修好的原则。

二、保证定期检验的质量

继电保护不正确动作（误动和拒动）的原因主要有设计原因、制造质量原因、安装和检验原因、运行技术（整定计算、现场检验、现场工作措施等）原因。有时只要把握住其中一个关口，就能避免一次重大事故的发生。如某厂一台 300MW 机组的高压厂用变压器分支低电压闭锁过电流保护和其他后备保护错误地经发电机逆功率保护闭锁，机组投运后不久，由于 6kV 厂用母线短路，而高压厂用变压器分支低电压闭锁过电流保护经逆功率保护闭锁而拒动，最终导致高压厂用变压器严重损坏，由发电机—变压器组后备保护动作切断短路的重大设备事故。首先，不该出现将高压厂用变压器分支低电压闭锁过电流保护和其他后备保护经发电机逆功率保护闭锁的错误设计；其次，生产厂家根据常识应该很容易发现这一并不复杂的错误；同时使用部门（即运行部门）在整定计算时，以及安装部门安装检验时若能严格遵守继电保护的规程规定进行检查校验，是很容易发现并消除这一简单的原则性错误。如果以上任何一个环节能发现其错误，都可以避免这次重大的设备事故。这虽不属于定期检验的质量问题，但是和检验的质量有直接关系，是值得定期检验借鉴的。

要保证定期检验的质量，检验人员必须做到以下几点。

1. 检验前的准备工作要合理完善

(1) 定期检验前必须了解装置的运行情况，如运行中出现的异常情况、装置及回路的缺陷情况及以往历次检验报告等，这样可以有的放矢地解决装置在运行中存在的缺陷和问题。

(2) 定期检验前必须熟悉有关图纸。为防止在检验过程中误联锁运行设备，必须先弄清楚一次系统运行方式，熟悉被检验装置的图纸，清楚被检验装置和其他运行设备的联锁关系，检验前应做好防止误动的安全措施。继电保护经常会出现下述情况：当被检验的装置出口动作时，除跳本设备的断路器外同时联动跳其他运行中的设备（断路器），如果不断开联跳运行设备的跳闸回路，一旦被检验装置出口继电器动作，将造成误跳运行设备的严重后果。

1) 某变电站在检验远方切机装置时，切机跳闸压板未断开，检验过程中误将对端某发电厂（站）多台 300MW 容量机组切除。

2) 某发电厂在 220kV 母差保护及其二次回路改造过程中，事先不熟悉该母差保护二

次回路的特点，没有认识到另外一套运行中的母差保护和改造工作的关系，未采取其他任何防止误碰运行设备的措施，工作过程中，不慎误碰造成运行的母差出口回路接地，引起运行母差保护出口中间继电器动作，将 220kV 甲母线所接设备全部跳闸（两台发电机组、四条 220kV 线路、一台公用变压器、一台启备变压器同时跳闸）的重大事故。

3) 某厂进行机组定期检验时，由于安全措施不齐全（主变压器高压侧 I 段零序过电流保护，跳 220kV 联络断路器压板未断开），在进行主变压器高压侧零序过电流保护传动检验时，误将运行中的 220kV 母联断路器断开，造成全厂一半机组掉闸。

以上实例说明，事先清楚一次系统运行方式，熟悉被检验装置二次回路图纸，清楚被检验装置和其他运行设备的联锁关系，工作前采取防止误动、误碰等安全措施，是避免在检验过程中误跳运行设备最有效的措施。

(3) 定期检验前必须熟悉被检验装置工作原理、检验目的、检验方法、检验结果正确性的判断等。定期检验前除学习有关的检验规程和制度、熟悉被检验装置的图纸外，还应十分清楚继电保护装置的工作原理（保护装置动作判据、隐含条件等）。除应掌握正确的检验方法外，还应清楚该做哪些项目、每一检验项目的目的、检验结果正确性的判断，千万不能“走过场”。

1) 某厂检验人员进行强行励磁装置校验，在检验时做了整定值检验和回路的传动检验。由于不清楚检验目的，也不清楚检验结果正确的判据，检验结束后未能发现低电压继电器的动断触点接成动合触点的错误，在投入强行励磁装置时，装置立即误动作，造成发电机误强行励磁导致发电机过电压和严重过电流。这说明检验人员对非常简单的强行励磁装置工作原理不清楚，同时对强行励磁装置及其回路检验目的和检验结果正确与否均不清楚，检验项目虽全做到了，但却未能发现检验结果是错误的，以致造成误强行励磁，发电机过电压的严重后果。

2) 某厂进行发电机—变压器组保护改造，在本厂技术人员、设计院、生产厂家三方参加的设计联络会上，明确主变压器温度、压力释放、冷却器全停只发信号，不掉闸，而设计院及生产厂家在设计装置和回路时都设置了主变压器温度高掉闸回路，并设“主变压器温度高”压板，继电保护人员进行装置校验及回路传动时，均未发现此压板投入后会连通全停掉闸回路，而认为只是发“主变压器温度高”信号光字，因此在变压器投运时将该压板投入，正常运行中主变压器温度高时保护动作，变压器三侧开关误跳闸。

3) 某厂两台 300MW 机组微机型保护改造过程中，由于制造厂错误设置发电机—变压器组差动保护所用的电流互感器变比和变压器变比（保护软件程序中的电流互感器变比和变压器变比与现场实际不符），以及发电机定子过负荷、转子负序过负荷保护制造厂软件中设置的基准值不合理（应设置为发电机额定二次电流，却设置为电流互感器额定二次电流），且实际的保护装置和说明书也不一致，以致于两套差动保护、定子过负荷保护、转子表层负序过负荷保护存在多处错误，且未能在检验工作完毕前及时发现其错误，甚至定子过负荷、转子表层负序过负荷保护在另一台机组上已错误运行达两年之久，幸而一次系统未发生故障，否则保护就可能误动作。以上错误虽然是制造厂的失误，但检验人员（制造厂检验人员和运行单位检验人员）如果清楚保护工作原理和动作判据，清楚保护每一检验项目的目的和检验结果的判断，在检验过程中就可发现错误，并及时纠正装置内部的错误设置。

本事例中,从差动保护两侧最小动作电流比和保护的平衡系数不一致,都可以发现差动保护电流互感器变比、变压器变比设置的错误。从发电机定子过负荷、转子负序过负荷保护动作时间不符合式 $(I_{gs}^2 - K_2)t = K_{hal}$ 和 $(I_{2s}^2 - I_{2\infty}^2)t = A$, 就能及时发现制造厂基准电流设置的错误。幸而整定计算人员在一次现场校验中,发现定子过负荷保护、转子负序过负荷保护动作时间不符合要求,主变压器各侧最小动作电流比值不符合平衡系数,最终判断多套保护软件内设置错误,后由制造厂修改软件,保护设置隐患才得以消除。类似情况在国内多台发电机组上都曾发生过。

2. 检修规程完善可靠,检验过程不漏项目

正确的检验方法和齐全的检验项目、高度的责任心和较高的专业技能是检验质量最重要的保证。漏检验项目是设备存在隐患和造成保护误动、拒动的重要原因之一。如果检验时做到不漏项目、仔细观察检验结果(有时检验项目虽然做了,但检验结果未正确判断,这实际上也是漏项),就可以避免很多多发性和重复误动、拒动的事故,以下实例充分说明了这一点。

(1) 外加电流法及带负荷检验是发现发电机、变压器差动保护 TA 极性接线错误最有效的方法,但往往因遗漏该项目,以致发电机或变压器纵差动保护在正常无短路时或区外短路时的误动。

1) 某变电站 330kV 大型变压器,在更换差动保护用 TA 后未进行带负荷检验差动保护 TA 电流回路接线正确性,以致区外短路时,由于差动 TA 实际极性接错,造成差动保护误动跳闸事故。

2) 某电厂在机组检修完毕、保护及二次回路检查均完成后,继保人员回检时发现主变压器差动保护 B 相 TA 线接线端子排与轨道接触不实,立即进行处理,处理过程中松动了里侧接入保护装置的二次线,机组启动带负荷后也未能利用低负荷时进行采样检查,直至负荷上升电流达到保护动作值时,主变压器差动保护动作,造成发电机—变压器组系统全停的严重后果。

3) 某新建电厂设计 2 台 600MW 发电机组,1 台 63MVA 三绕组启备变压器。双母线运行,启备变压器高压侧接入 220kV 母线,低压侧接至厂用 10kV 母线,低压侧 1、2 分支分别为 2 台机组的 A、B 段提供备用电源。由于基建施工过程中误将 TA 二次线的“a1、b1、c1”和“O2”当成同一分支、“a2、b2、c2”和“O1”当成同一分支,且在设计、审查及高压通流试验、二次回路传动试验过程中把关不严,均未发现错误,致使带负荷受电后跳闸。

(2) 功率方向保护及其他具有电流、电压之间相位关系的保护,进行带负荷检验是检查电流、电压量之间相位接线错误的最有效的方法。但由于该项目漏检验,全国已造成过数以百计的零序功率方向过电流保护的拒动和误动事故。

1) 某发电厂由于零序功率方向保护电流电压元件方向接反,又未带负荷检验电流 $(3I_0)$ 、电压 $(3U_0)$ 接线的正确性,在同一厂不同设备上,先后四次零序功率方向过电流保护在区内、区外短路时出现误动和拒动。

2) 某变电站由于零序功率方向保护电流电压元件方向接反,45 天内连续发生三次区外短路时高频闭锁零序过电流方向保护误动。

(3) TA、TV 回路通流检验法是保证 TA、TV 二次回路接线完整性和正确性最有效的方法之一，但也是多发漏检验的项目，这一点必须引起重视。

1) 某厂由于 PLH-11 零序电流保护回路断开，而该回路被另一导线分路短接，从原理上讲，通过 TA 二次电流回路通流检验并观察继电器的动作情况不难发现这一错误，但由于在做 TA 二次电流回路通流检验时未观察零序过电流继电器动作情况，以致未能及时发现这一隐患。结果在一次系统发生单相接地短路故障时，零序功率方向过电流保护拒动，造成其他保护越级跳闸的扩大事故。

2) 某厂 TA 二次绕组为 YN 接线，由于未做 TA 二次分相通流检验，两条 220kV 线路母差用 TA 的零线长期断开未能及时发现，结果在区外线路单相接地时，造成 220kV 母差保护两次误动跳闸的重大事故。

(4) 回路传动检验和回路独立检查法是检验保护逻辑和控制二次回路正确性、发现并消除寄生回路的重要方法。错误接线和寄生回路往往是设计或安装错误形成的，有时其错误相当隐蔽，但只要回路检验项目齐全，检验前有完善的动作检验卡（包括保护及控制回路传动检验卡）并严格执行，回路中的接线错误是可以事先发现和消除的。交直流电源混接、交直流芯线混用同一根电缆，造成交流经长距离电缆芯间电容耦合作用，导致保护误动作跳闸事故也是屡见不鲜的。如某厂 500kV 系统的 750MVA 变压器瓦斯保护因交直流混用于同一长距离电缆中，先后两次引起变压器重瓦斯保护误动作事故。

(5) 直流系统的寄生回路也是造成保护误动的重大隐患。寄生回路造成的直流系统接地特点具有一定的偶然性，一般现场施工、操作时才会发生。检查和消除的方法有：

1) 仔细审阅原理展开图，及时发现原理的及接线的错误（如同一继电器一对触点，是否有同时启动不同功能的继电器线圈，或其他不应关联的错误接线等）。

2) 用回路独立检查法，在将本设备的二次回路的直流电源全部断开的情况下，送上各相关的交流电源，根据图纸检测各直流电位点有无交流电压，如直流电位点存在交流电压，说明有串电、感应电或接线错误，应查明原因并消除。

3) 多组直流电源的设备应分别只投入其中一组直流电源，然后检测其他各点不相关的回路中对地是否有正、负电位，如未送直流的回路中任意一点存在对地有正或负电位时，说明存在接线错误，应查明原因并予以消除。

例如某发电厂一台 300MW 机组，在为期 6 个月的大修改造过程中，继电保护全部更换为微机型保护，更换了全部一、二次电缆和全部高、低压一、二次厂用电设备，在改造和检验时项目做得齐全，特别是保护元件特性、整组试验，电流、电压回路通流检验，保护和断路器传动检验，以及用外加电流电压法检验保护回路和同期回路的正确性。在整个检验过程中，曾发现保护出口回路设计不合理（如双重化的两套保护不同时作用于断路器两组跳闸线圈）、断路器失灵保护启动回路接线设计错误、交直流电缆多处混用的设计错误、差动保护用 TA 接线错误、不同直流操作回路之间多处相联的寄生回路隐患等。在检验过程中仔细认真，发现问题立即组织分析讨论并正确、完备解决，及时修改图纸和实际接线，从而达到了在发电机启动过程中，在进行发电机组空载、短路检验及保护带负荷检验时，均未发生一处电流、电压回路在极性与相位和相序上的错误，直流控制及逻辑回路也无任何差错的完美效果，机组一次并网成功。

保护二次回路发生交流串入直流系统的问题往往会造成灾难性的后果。DL/T 5044—2004《电力工程直流系统设计技术规程》中规定，容量为300MW级及以上机组的发电厂，每台机组宜装设三组蓄电池，其中两组对控制负荷供电，另一组对动力负荷供电。《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》（试行）继电保护专业重点实施要求中对直流系统也有明确规定：①双重化配置保护装置的直流电源应取自不同蓄电池组供电的直流母线段；②直流总输出回路、直流分路均装设熔断器时，直流熔断器应分级配置，逐级配合；③直流总输出回路装设熔断器，直流分路装设自动开关时，必须保证熔断器与空气断路器有选择性地配合；④为防止因直流熔断器不正常熔断或自动开关失灵而扩大事故，应定期对运行中的熔断器和自动开关进行检验，严禁质量不合格的熔断器和自动开关投入运行。

电厂直流系统可能存在的问题主要有以下几方面：①升压站和单元机组都由一组蓄电池供电，当该组蓄电池出现问题时，会影响到所有的保护及开关控制回路；②上下级熔断器或空气小开关不能逐级配合，直流回路使用交流开关，运行中的熔断器和自动开关尚未进行定期更换或检验；③蓄电池不能按计划进行充放电试验，蓄电池存在开裂及起鼓现象；④蓄电池的负荷容量不能满足要求；⑤两台机组蓄电池位于同一房间，未采取有效的安全隔离；⑥存在未配置直流选线装置或装置无法正常工作的情況。

直流系统相关联的回路很多，很容易受到各方面的影响而发生直流通地故障，一般情况下，直流系统发生一点接地时，虽不会立即引起很严重的危害，但必须及时消除，否则可能演变成两点接地，造成信号、保护和控制回路发生误动或拒动、熔断器熔断、直流系统短路等严重后果。因此发生直流系统接地故障时，需要技术人员快速、准确地找到接地故障位置，及时消除，使直流系统恢复正常运行。

直流接地故障的查找：①电气设备和二次回路由于设计、安装、维护及运行不合理或接线错误，可产生平时不易发现的潜伏接地故障。如某些通常状态下不带电的回路，当通入电流时就会发生直流接地故障。②在查找之前应分清接地故障的极性，分析故障发生的原因是否与天气有关，变电站内是否有人工作，设备有无操作。若变电站内二次回路有工作或有设备检修试验，应立即停止。拉开其工作电源，看接地信号是否消失。③对环路供电的直流系统应先断开环路开关，如果客观上已断不开的环路（此类情况现场很多），应对检测到的接地故障回路（环路接地，表现出来一般都是两个以上回路）对其接地情况仔细查找。④回路中存在寄生回路，也是导致直流系统接地的一个主要原因。此类问题造成的直流接地特点具有偶然性，现场施工、操作时才会出现，经处理后基本不会再次发生。⑤当直流接地故障发生在充电设备、蓄电池本身和直流母线上时，用拉路的方法是找不到接地点的。当直流系统采取环路供电方式时，如不首先断开环路也是不能找到接地点的。当发生直流串电（寄生回路）、同极两点接地、直流系统绝缘不良，多处出现虚接地点，形成很高的接地电压，在表计上出现接地指示，这些情况用拉路（试停）方法查找直流接地有时往往不能一下子全部拉掉接地点，找不到具体的接地系统。

直流接地故障查找的注意事项：直流回路数量多、分布广，接地点不好查，相对有效的方法是拉路试探法。当发生直流系统接地故障时，先根据运行方式、操作情况、气候影响等因素判断可能接地的处所，然后采用拉路查找、分段处理的方法，以先信号和照明部分后操作部分，先室外部分后室内部分为原则，分别对每路空气开关或熔断器拉闸停电，

若停电后直流接地现象消失，说明接地点位于本空气开关控制的下级回路中；若直流接地现场仍继续存在，说明下级回路没有接地。通过拉路寻找，可将接地点限定在某个空气开关控制的直流回路中，再通过解开电缆芯线，将接地点限定在室内或室外部分，再通过拔出插件，将接地点限定在插件内或是插件外。经过层层分解、一段段排除，最终可将接地点定位于一段简单回路中，再用绝缘电阻表对回路中的每根接线摇测绝缘，把接地点进一步限定在几根导线或几个端子上，通过仔细观察，反复触摸接地点终会“原形毕露”。

检查中应注意如下安全事项：①查找接地点禁止使用灯泡寻找的方法。②查找和处理直流接地故障时，必须有 2 人进行，防止人身触电，做好安全监护。③拉路检查时，应经调度同意，在切断各专用直流回路时，切断时间不得超过 3s，不论回路接地与否均应合上，动作迅速，防止失去保护电源及带有重合闸电源的时间过长。④使用仪表检查时，表计内阻应不低于 $2000\Omega/V$ 。⑤直流系统发生接地故障时，禁止在其二次回路上进行工作。⑥处理过程不得造成直流短路和另一点接地。⑦拉路前应采取必要措施，以防止直流失电可能引起的保护及自动装置的误动。

3. 避免定期检验的“三多三少”

继电保护及安全自动装置在定期检验过程中，往往会出现所谓“三多三少”的误区。

(1) 电气特性重视多，机械性能重视少。检验过程中，往往偏重于保护的电气特性，对保护的电气特性注意较多，忽视保护的机械特性，对保护的机械性能注意较少。而保护的薄弱环节往往出现在机械部分，如二次线接线螺栓的松动；绝缘的磨损和破坏（造成接地和短路的隐患）；微电子元件的假焊、虚焊，插件接触不良，导电体及绝缘积灰受湿；动、静触点接触不良；接线端子连接片连接不良，接线插入过深压住绝缘皮，造成回路无法接通等。这些问题在检验过程中往往不被重视，但实践证明这些是引起保护不正确动作的重要原因之一。

(2) 装置检验重视多，电气回路重视少。检验过程中，往往偏重于保护装置的整定校验，忽视二次回路检查，即重装置、轻回路。微机型保护装置本身的缺陷率已经很低，保护的薄弱环节往往是在二次回路上。确保二次回路的完好、可靠是保证和提高保护正确动作率的重要环节。回路的检验项目有时形式上做了，由于对回路注意少且不够重视，造成遗漏项目多，回路中的隐患、缺陷就相对增多，如交直流混用，寄生回路，交直流回路不完整，回路接线错误或接线不良，TA、TV 极性接线错误，以致保护误动和拒动。实践证明这些也是引起保护不正确动作的重要原因之一。

重装置轻回路还体现在，现场工作中虽重视了二次回路的检查，但对于二次回路的清扫工作往往认为是小活而降低重视程度，日积月累终将酿成大的事故。如某厂 1 号机组满负荷正常运行中，信号屏突发“线路保护第二组跳闸”信号，出线开关跳闸，机组负荷甩至带厂用电运行，锅炉排汽门及甲侧过热安全门动作，锅炉汽包水位无法维持，锅炉 MFT 动作，1 号机组跳闸。保护装置没有任何动作信息，对跳闸出口回路进行检查和绝缘测量，查到并接在发变组跳闸回路上的 DCS 回路时，发现与紧急跳闸按钮并联的 DCS 接点在继电器引出线部分有积灰，及时清理相关继电器及保护元件后，绝缘水平恢复正常。与紧急跳闸按钮并联的 DCS 接点在继电器引出线上的积灰，导致该跳闸回路瞬时接通，是导致此次出线开关跳闸的直接原因。清扫后绝缘水平恢复，机组正常并网运行。该机组投运时间

较长，期间已经历了数次大、小修。本次跳机后举一反三对其他机组全面检查，发现许多热控保护屏柜内的继电器元件上都存有大量积灰，导致回路对地及回路间的绝缘水平下降，影响机组安全运行。检修及维护人员应严格执行设备检修质量管理，确保设备检修后的质量达到规定的标准。利用机组调停或检修机会进行全面清扫，并做好定期维护工作，特别是涉及跳机的重要保护插件、器件和相关回路，更应该逢停必扫，保持良好的运行环境，确保电源回路的绝缘水平。

(3) 复杂保护（复杂工作）重视多，简单保护（简单工作）重视少。检验过程中，往往偏重于较为复杂的保护（复杂工作），对复杂的保护（复杂工作）注意较多，而忽视原理相对简单的保护、简单的元器件（简单工作），对简单保护、简单的元器件（简单工作）注意较少。这也是埋下隐患的重要原因之一。如某发电厂在运行中发现某种引进集成电路的 JL-6 型、JGL-III 型电流继电器频繁损坏，就提出应有计划地全部更换为电磁型继电器。由于认为只是一种简单的中间继电器，并用于 400V 低压设备上，所以未能引起工作人员的重视，简单检查后就更换到回路上了，直至某一重要的低压厂用分支发生 JL-6 型继电器运行中损坏误动，造成一台 300MW 机组被迫停机事故后，才开始重视并更换该类型的继电器。

由以上案例可知，定期检验中“三多三少”是认识上的误区。以上各频繁多发性的误动原因大多是出自“三多三少”，定期检验时要正确客观地对待，“三多”仍要坚持，而“三少”要纠正，这是提高定期检验质量的重要环节之一。

4. 把住检验关

每年一次的定期检验是发现问题、消除隐患的关键时机。部分检验把关项目实际是检验时的关键项目。保护定检时应注意：

(1) 不要使用运行电源进行检修和定期校验工作。

(2) 避免寄生回路。

a. 为避免寄生回路，工作前利用被保护屏的操作电源断开的机会，或者自己断开操作（控制）电源，用电压表检查出口压板的带电情况，应该是没有电位为正确，为下一步的保护带断路器整组传动试验打好基础。

b. 检查如启动母线保护等危险点的压板确实带电后，用绝缘胶布将压板包好，防止误投入或是试验中误启动母差保护。

c. 检查直流系统的绝缘水平。

(3) 在没有熟读图纸前一定不要随便拆线。保护定检一般不要拆除如启动母线保护等危险的端子排接线，断开启动压板即可。如果一定需要拆除，在恢复时一定要把端子排上下的正电位用胶布封好，再进行恢复，防止带电导线在恢复时，不小心误碰到别的回路造成事故，更不能忘记要将所有拆下的接线全部正确、可靠地恢复。规范使用《继电保护安全措施票》，按顺序做并逐项打“√”，是行之有效的防范措施。

部分定期检验的把关项目有：

1) 所有保护关键电气特性的把关检验项目。如微机差动保护关键特性的把关检验项目有：①应从保护屏端子上通入各侧及各相电流，检验微机保护的采样值；②检验各侧及各相最小动作电流；③检验差动保护动作逻辑回路（从屏端子上通入与实际运行相符的各侧

及各相电流，直至出口继电器动作）等。其他各类保护也都应分别列出各自的电气特性把关检验项目，如失磁保护和逆功率保护动作区域、最大灵敏角、各闭锁条件及装置内部隐含防误动条件的检验；失步保护穿越各区域停留时间、加速与减速方向的滑极判断等。

2) 整组通流检验各保护的逻辑回路及其他二次回路。

3) 控制和保护回路的传动检验（从输入动作量至断路器、灭磁、关闭主汽门等出口动作）。

(4) 保护带开关的整组传动必须在最接近运行状态的条件下进行。整组传动试验切记：

1) 整组传动试验应在 80%额定电源电压条件下进行。

a. 一定要检查所有检验工作都已结束，并恢复到与运行条件（含保护整定值和整定区）基本一致，主变压器、断路器和隔离开关等一次设备无人工作后。

b. 确认已做好跨间隔的断路器失灵、母差、主变压器等保护及安稳、备自投装置与回路的安全隔离措施，试验前应有不少于两人共同进行确认后，方可进行整组传动。

2) 应判断电压、电流回路已正确恢复。从快速开关上断开电压回路，做保护屏试验时防止电压回路反充电，试验完毕恢复电压回路后，应确定所恢复线正确，可用万用表的欧姆挡测量保护屏内部 A、B、C 相对地直流电阻为 100Ω 以上为恢复正确，如果为无穷大，可认为开关的螺栓可能压在导线的外皮上，必须重新接线。电流互感器二次侧的 A、B、C、N 及相关电流回路端子排划片，在试验结束进行恢复前，应检查直流电阻较小（近似为零），否则需更换或检查接线。

5. 定期检验的“四卡一记录”

建立完整、正确的定期检验“四卡一记录”是防止检验过程中误跳运行设备的有效措施，是防止检验过程中误将高电压加至弱电回路而损坏装置的有效措施，是防止发生误整定的有效措施，是防止二次回路误检验和漏检验（漏项）的有效措施，也是防止检验结束时对二次回路误拆误接线（遗忘恢复原接线）的重要措施。

(1) 安全措施卡。安全措施卡是防止检验过程中误跳运行设备的有效措施。应根据正确并符合现场实际设备的一、二次回路图纸和有关的检验规程，根据以往事故经验教训，简明扼要地说明检验过程中所有危及人身、装置及防止误跳运行设备的全部安全措施。其内容主要包括：

1) 列出并指明装置上带电部位、带电端子及防止误碰的措施。

2) 列出并指明装置在检验过程中可能误跳其他运行设备的情况，及防止误跳运行设备的措施（如断开相应的跳闸压板或拆开相应的跳闸线）。

3) 列出检验时通流加压的端子号。

4) 列出检验时应拆断的二次线的端子。以防止检验通流加压时进入其他相关运行设备或运行装置，造成其他运行装置误动。

5) 列出检验时为保证安全的其他措施（包括人身和设备安全）。

(2) 绝缘检验卡。绝缘检验卡是防止检验过程误将高电压加至弱电回路而损坏装置的有效措施，应根据正确并符合现场实际设备的一、二次回路图纸和有关的检验规程，根据以往事故经验教训，简明扼要地列出绝缘检验过程中的安全措施。其内容主要包括：

1) 测绝缘或加电压的部位和端子。