

能源部安全环保司 编



1985年

电力事故选编

电力系统事故

水利电力出版社

1985 年 电 力 事 故 选 编

电 力 系 统 事 故

能源部安全环保司 编

水利电力出版社

前 言

近年来,“安全第一”的方针在电力工业中进一步得到广泛深入贯彻,电力事故逐年都有较大幅度的减少。但是性质严重的停电事故、设备损坏事故、以及人身伤亡事故等仍在重复发生。认真地吸取过去发生的事故教训,乃是改进安全生产的一项重要措施。为此,我们准备逐年选择一些具有典型意义的事故加以汇编出版,以供从事发供电运行、检修、试验研究和生产管理等人员学习、参考。同时,作为信息反馈,也希望对各制造、设计、安装等单位改进工作有所帮助。

本次出版的是《1985年电力事故选编》,由原水利电力部电力生产司组织编写,胡邦畿、李文柱主编。全书包括四个分册:《发电事故》、《供电事故》、《电力系统事故》、《发供电人身事故》。《电力系统事故》分册由胡邦畿编写。

本分册由东北电业管理局调度局黄英矩审阅,并提出宝贵意见,特此表示衷心地感谢。

《电力事故选编》是能源部安全监察和从事事故调查人员的共同成果。事故报告是编写本选编的基础,望全体安全监察人员以及参加事故调查的人员今后认真写好事故报告,以不断提高《电力事故选编》的水平。

由于事故资料不够完整及限于编写者的水平,选编中的错误在所难免,请读者提出宝贵意见,以改进今后的电力事故选编工作。

能源部安全环保局

1988年12月

目 录

前言

第一章 电力系统解列	1
第一节 操作和误操作造成电力系统解列	1
一、值班人员误用隔离开关进行发电机并网操作造成电力系统解列, 设备损坏事故.....	1
二、变电站110kV断路器故障造成与主电力系统解列事故.....	7
三、错误调度造成带负荷拉隔离开关事故.....	11
四、正常操作中发生内过电压造成电力系统解列大面积停电事故.....	13
第二节 保护装置拒动造成电力系统解列	15
一、220kV线路故障保护装置拒动造成电力系统解列事故.....	15
二、220kV线路故障保护装置拒动造成电力系统解列大面积停电事故.....	17
第二章 电力系统振荡	21
第一节 设备故障造成电力系统稳定破坏	21
一、隔离开关合不到位造成发电厂与主电力系统振荡事故.....	21
二、110kV线路故障造成电力系统稳定破坏事故.....	25
三、110kV线路故障造成水电厂对电力系统振荡事故.....	27
四、110kV变电站母线短路引起电力系统振荡大面积停电事故.....	32
第二节 保护装置误动造成电力系统稳定破坏	36

一、220kV线路故障保护装置误动造成电力系统振荡事故	56
二、220kV系统保护装置误动造成电力系统振荡事故	43
第三节 误操作及运行方式不当造成电力系统稳定破坏	48
一、220kV线路非同期并列造成电力系统振荡事故	48
二、变电站值班人员误操作造成电力系统振荡事故	52
三、两地区电网运行方式不当与电力系统振荡事故	58
第三章 电力系统大面积停电	62
第一节 设备故障引起电力系统瓦解大面积停电	62
一、变电站电流互感器爆炸引起电力系统瓦解和振荡事故	62
二、220kV线路故障造成两发电厂全停大面积停电事故	69
三、110kV线路故障造成大面积停电事故	72
第二节 误操作引起电力系统瓦解大面积停电	75
一、变电站值班人员带电合接地刀闸造成地区电力系统瓦解事故	75
二、变电站值班人员带负荷拉隔离开关造成电网大面积停电事故	80
三、变电站值班人员带地线合隔离开关造成电力系统振荡大面积停电事故	85
四、水电厂值班人员误合接地刀闸造成电网大面积停电事故	89

第一章 电力系统解列

第一节 操作和误操作造成电力系统解列

一、值班人员误用隔离开关进行发电机并网操作造成电力系统解列，设备损坏事故

1985年11月28日，云南开远发电厂值班人员，用隔离开关将发电机合到运行中的主变压器上，造成滇南电力系统瓦解，3个110kV、3个35kV变电站停电，一台主变压器严重损坏事故。

（一）事故前发电厂的运行方式

事故前开远发电厂有关运行方式示意图如图1-1。事故当日，1、4、6号汽轮发电机和主变压器 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 运行，总出力19MW。 T_1 主变压器自110kV 1号母线受电经断路器6700供6kV厂用母线3段，发电机至主变压器的隔离开关67001断开。4、6号发电机分别经主变压器 T_1 、 T_2 接于110kV母线，1号发电机通过 T_3 主变压器接到35kV母线并带部分厂用负荷。断路器201、203、206、207、209在110kV 1号母线上运行，断路器202、204、210在110kV 2号母线运行，110kV双母线经母线联络断路器200运行。

（二）事故经过

事故当日，值班人员根据省调度要求，准备起动一台机组一台锅炉，在早晨7时前并入电网，迎接早峰负荷。值长令开7号汽轮发电机组，电气值班长向值班员布置，开了三张操作次序不得颠倒的操作票，第一张是“切换厂用电停

主变压器 T_7 ”，第二张是“7号发电机开机并列操作”，第三张是“合断路器6700”，三张票开好分别由值班长、值长审查后并签了字。

7号汽轮机于4时30分暖管，5时45分值班长在主盘监盘时，见7号发电机的励磁电压升到10V；按以往经验，认为可以进行并网送电操作，顺手将压在值班记录簿下的第二张操作票取出给一值班员作为操作监护人，并令另一值班员为操作人，而忘掉“切换厂用电停主变压器 T_7 ”的操作任务尚未进行。两值班员拿到操作票后，到操作盘取下正在运行的断路器207、6700（图1-1）的直流操作电源熔丝，进行对7号发电机及其附属设备外部检查，但未检查断路器6700的断、合位置，也未检查主变压器 T_7 、断路器207是否在停电断开状态。5时58分经过唱票、复诵后准备合隔离开关67001，因67001较重，由两人一起合力将它推上，在推上瞬间，弧光伴随巨响，发电机引出线小间烟雾弥漫，操作人被气浪掀

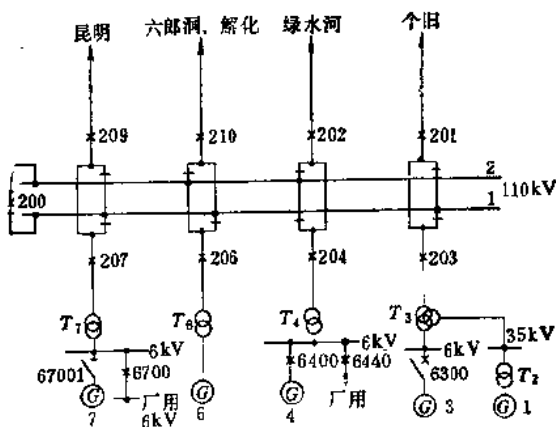


图 1-1 事故前开远发电厂有关运行方式示意图

到门口,从楼梯口滚到0m层。同时7号汽轮机的司机听到7号发电机引出线小间和升压站方向传来巨响,发现引出线小间大火燃起,并蔓延烧到6号汽轮机透平油箱上的电缆。5时59分(在合隔离开关67001的瞬间),电气主控室的灯光突暗,警铃喇叭齐鸣;1、6号发电机强励装置动作,断路器203、206、6400、6440跳闸;110kV母线失压,4台厂用变压器的断路器跳闸,备用变压器自动投入;6、7号锅炉的吸、送风机和排粉机、磨煤机、给粉机的断路器跳闸。此时,全厂仅剩1号汽轮发电机运行,带4MW负荷,供厂用电及35kV线路的重要负荷。7号发电机变压器组的差动、重瓦斯保护动作,但因断路器207的直流操作电源熔丝已被值班员在操作前取下而跳不了闸。

(三) 事故处理过程

(1)事故发生后,值班人员立即检查保护动作情况,恢复掉牌,复位跳闸及联动的切换开关。当断到断路器207时,断不开,绿灯不亮(因操作电源正极熔丝已取掉)。

(2)7号汽轮机司机甲和电气值班员全力扑灭7号发电机引出线小间、主变压器T₇和6号汽轮机透平油箱上的火。

(3)电气值班长向值长汇报:“未切换厂用电就合隔离开关67001,引起事故,现断路器207断不开,怎么办?”值长说:“断不开,就越级断。”值班长手动断开母线联络断路器200,并经值长同意,将失压的110kV母线上所有的断路器断开。至此,开远发电厂与昆明、滇南电网解列。

(4)断路器6400、6440跳开后,4号汽轮发电机空转。发电机电压太高,值长手动切除电压校正器,断开灭磁开关。

(5) 值班长在手动打掉断路器207后, 6时03分, 从35kV系统经主变压器T, 用断路器203向110kV 1号母线充电未成, 经调整直流母线电压到220V后, 合上断路器203、200, 110kV 1、2号母线带电。此时6号汽轮发电机因励磁电压建立不起来, 凝结水泵起动不了而停机。

(6) 8时10分至20分, 试图并4号发电机, 但该机的同步表跳跃地旋转不稳, 并列未成。经检查断路器202、209、210至同期装置的两侧无电压、频率指示, 更换电压互感器盘出线熔丝及110kV 1号母线上的电压互感器A相总熔丝后, 6时42分以半自动准同期将4号发电机并入电网。6时48分以手动准同期通过断路器209并入昆明电网。6时54分至7时5分, 以半自动准同期合上断路器210、201、202, 先后与解化、个旧、绿水河等厂站连接, 至此恢复了110kV系统的正常运行。

(7) 4号发电机并入电网后当功率加到4MW时, 出现电压互感器断线信号, 经更换其低压侧A相熔丝后, 有功调整正常。

(8) 7号汽轮机在发电机引出线小间燃起大火后, 司机乙再次检查汽轮机的油压、转速、真空、振动、声音都正常后, 继续升速, 6时10分达额定转速。由于主变压器T, 已损坏, 7时15分停下7号汽轮发电机, 改起动6号汽轮发电机, 又因该机励磁回路电缆烧坏, 升不上电压, 改用备用励磁机升压。但由于该机电调速系统有故障, 所以改用步话机由汽轮机司机调整该机转速, 于7时40分并入110kV系统。

(9) 5号汽轮发电机8点2分冲转, 9时4分并入110kV系统。在该机起动过程中, 6号发电机A相定子电流

由1300A突然下降到600A,经检查系汽轮机表盘有功表电流回路烧坏后分流引起,并存在操作、信号电缆烧坏的缺陷,决定起动8号汽轮发电机,于10点24分并入电网,10时45分停6号汽轮发电机。

(四) 事故造成影响及损失

(1) 事故造成滇南电力系统解列成6片,开远、解化发电厂,六郎洞、绿水河水电厂及个旧地区与系统解列,如图1-2所示。系统共用负荷52MW,少供电量3.97万kWh。

(2) 主变压器T₇(SFL-15000/110型)防爆门冲破,喷掉绝缘油约1.5t,剩余的油也变了质。变压器的高压绕组B相烧坏,震散。

(3) 损坏10kV电流互感器6台,10kV油断路器1台,10kV隔离开关1台,各类电缆275m及各类绝缘子51只。

(五) 事故发生及扩大原因分析

(1) 值班长错发操作票,把操作任务不能颠倒的第二张操作票“7号发电机开机并列操作”,在第一张操作票

“切换厂用电停主变压器T₇,”

任务未完成前,即令值班员执行,致使带电合7号发电机隔离开关67001,相当于异步起动7号发电机,大电流引起隔离开关67001弧光短路,是造成事故的直接原因。

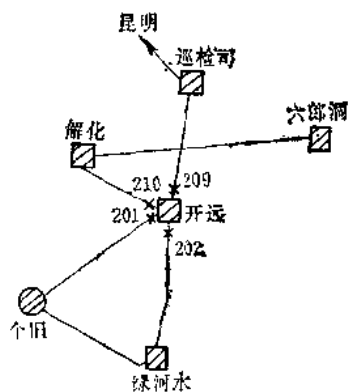


图 1-2 滇南电力系统
110kV接线示意图

(2) 在进行“7号发电机开机并列操作”过程中，由于断路器207操作熔丝已取下，所以当主变压器T₇的纵联差动、重瓦斯保护虽已动作，但断路器207跳不开，越级跳掉110kV母线上所有断路器，使滇南电力系统分成6片运行，扩大成系统事故。

(3) 主变压器T₇在系统短路电流两次冲击下，又承受1、4、6号发电机供给的短路电流，时间长达7.5秒；短路电流产生的电动力使有薄弱环节的主变压器T₇的B相高压绕组震开，造成接地短路，从而烧坏了绕组。

(六) 事故暴露的问题

(1) 安全运行管理工作存在着漏洞和薄弱环节：如断路器与隔离开关间的闭锁装置的安装工作落实不力；操作前对操作内容未研究如何保证安全，未在模拟图板前预演；操作中未核对设备标示；图纸、记录簿、标示牌管理差，备品配件如熔丝、碳刷在处理事故时找不着等。

(2) “两票”执行有漏洞。值长、值班长过早地同时对三张不允许颠倒的操作票签了字；定型的操作票不完善，失去独立性，如7号发电机开机并列的操作票，要依靠停下主变压器T₇及分支线的操作票来补充。

(3) 人员素质差，技术水平低，表现在值班长错发操作票和错下操作命令，操作监护人对操作程序不清楚，在操作110kV隔离开关前，未查看断路器的分合位置。

(七) 防止事故措施

(1) 加强对职工安全思想和责任心教育；加强运行管理工作，强调两票三制、纪律、作风是运行管理的核心，也是保证电厂安全的核心。

(2) 操作票执行前要开好操作人员碰头会，明确操作

任务,设备运行方式,安全注意事项。严格按照前水利电力部颁发的《电业安全工作规程(发电厂和变电所电气部分)》(以下简称《安规》)关于倒闸操作的规定操作。专人定期检查执行过的操作票。

(3)对全厂现行的定型操作票重新审查修改,达到每张票应有自己的独立性、完整性,操作程序不应依赖另一张操作票。

(4)安装防止误操作的电气闭锁装置。

(5)加强运行人员的培训,提高处理事故的能力。

(6)地区调度所应根据开远发电厂位处滇南电网中心,110kV系统出线较多、接线较为复杂,元件较多的情况,与该厂研讨110kV的接线方式和自动装置、继电保护装置的最佳配置,以防止电网瓦解。

二、变电站110kV断路器故障造成与主电力系统解列事故

1985年1月22日,温州电力系统220kV慈湖变电站110kV断路器液压操作机构故障,值班人员和调度人员处理不当,造成与主电力系统解列事故。

(一)事故前地区电力系统的运行方式

事故前温州电力系统接线示意图如图1-3。温州电网由梅屿、东屿火电厂,百丈漈梯级水电厂1、2级电站,220kV慈湖变电站及110kV温州牛山、永嘉、瑞安、平阳等变电站组成,并经慈湖变电站的220kV线与浙江电力系统相联。事故前慈湖变电站110kV旁路母线的断路器、继电保护装置在校验中。

(二)事故经过

(1)当日15时50分,慈湖变电站值班人员在交接班前

对设备巡回检查时，均发现 1 号主变压器 110kV 侧断路器 1001 处有“丝丝”声，经打开液压操作机构门检查，发现液

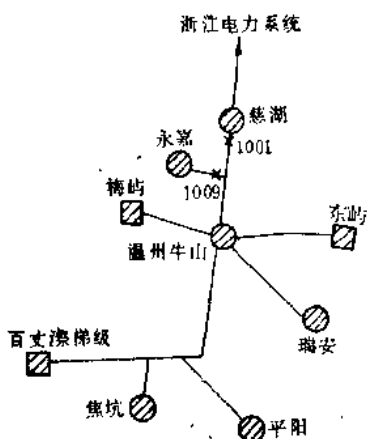


图 1-3 温州电力系统接线示意图

压油管与工作缸合闸腔的连接管严重喷油。交班值长立即到现场用扳手拧紧连接螺帽，但无效；随即用卡套卡住操作连杆，以防止断路器慢分，并将断路器改为非自动。于此同时，接班副值长在主控室向地区调度所的值班员汇报：“1 号主变压器喷油，旁路断路器不好代替”。调度员问：“旁路断路器怎么还未搞好？”

接班副值长答：“现在无法投，110kV 主变压器的断路器要马上停，我要停啦！”当时气氛十分紧张，大有不停断路器立即会发生严重事故之势。调度员跟着回说：“等一等”。副值长说：“要快”。

(2) 15 时 52 分调度员下令：“慈永 1009 线由运行改热备”。15 时 53 分值班员将断路器 1009 断开改为热备用后，又先后拉掉 10、35kV 线路 4 条，连 110kV 慈永线的 13MW 负荷，总共拉掉负荷 32.7MW。15 时 57 分拉开 1 号主变压器的 110kV 侧断路器 1001，温州电力系统与浙江主电力系统解列，交班值长向地区调度报告，断路器 1001 已改为热备用。调度员询问：“断路器还在喷油吗？哪里喷油？”交班值长答：“还在喷，是操作箱油管接头喷油”。这时调度员才知道是

液压操作箱喷油。

(3) 系统解列后，慈湖变电站领导和值班人员，征得校验110kV旁路母线断路器和继电保护的负责人的同意，结束了校验工作，并向地区调度报告，可用旁路断路器代替断路器1001运行。地区调度同意后，于16时35分倒闸操作完毕，用旁路断路器与浙江电力系统并列，但同期表不转，才知旁路断路器不具备并列条件；后改用1号主变压器220kV侧断路器与主系统同期并列，恢复正常运行。事故少送电量4.29万kWh。

(三) 事故发生及扩大原因分析

(1) 事故起因是1号主变压器110kV侧断路器的液压操作机构喷油，如处理得当，在当时现场条件下，用110kV旁路母线的断路器代替故障的断路器1001运行，是能避免这次事故的。

(2) 在断路器1001的液压操作机构喷油后，运行值班人员惊慌失措，很不沉着、冷静。交班值长离开主控室到断路器的现场处理喷油故障，而由尚未接班对当时现场情况不很了解的副值长，向地区调度报告不准确、不符合现场实际的情况，甚至便要调度员下令立即拉掉故障断路器，给调度员以很大压力，并使他产生错觉，作出了错误判断和处理，下令拉开断路器1001，造成温州电力系统与浙江电力系统解列的停电事故。

(3) 地区调度听到断路器喷油的报告后，没有冷静地、仔细地了解现场情况，问清何处喷油，也未查清旁路母线的断路器为什么不能代替故障的断路器；对如何处理故障没有很好地思考，在慈湖变电站的接班副值长催促要求快停的情况下，草率地决定拉掉与系统连接的断路器1001。

(四) 事故暴露的问题

(1) 值班人员业务水平低, 素质差。如地区调度、变电站值班人员能按调度规程和变电运行规程的规定处理发生的故障, 事故是完全可以避免的。业务水平低还表现在调度员接到断路器喷油的报告后, 未立即发令将110kV故障断路器改为非自动, 以防止断路器慢分引起爆炸, 反而在该断路器仍带10Mvar无功电力的情况下, 下令拉开有缺陷的断路器。若液压操作机构喷油, 造成操作机构压力下降而使断路器慢分或断路器因严重喷油后缺油, 则后果是严重的。

(2) 运行管理工作薄弱, 未严格执行交接班制度。当发生断路器异常时, 由不了解现场情况、正准备接班的副值长向调度员报告错误的现场情况, 并用威胁口吻要拉开断路器1001, 而调度员放弃系统的指挥员职责, 草率地同意拉开该断路器。

(3) 断路器的液压机构在过去检修时, 使用了不合格的代用品, 致工艺不过关而喷油。

(五) 防止事故措施

(1) 加强运行值班人员的业务学习。由温州电业局组织地区调度所的有关人员学习省局颁发的《调度规程》; 组织慈湖变电站全站人员分析此次事故, 学习有关变电运行的规程进一步掌握SW₆-110J断路器的性能和正确处理事故的方法。

(2) 严格执行交接班制度。要求在交接班过程中, 如发生异常或事故, 应由交班者负责处理; 接班者在交班值长的统一指挥下, 协助处理。

(3) 修试工区做好SW₆-110J断路器的备品备件工作, 并换掉操作机构上不合格的代用品。

三、错误调度造成带负荷拉隔离开关事故

1985年7月22日，惠阳地区调度员错误调度，造成新丰江水电厂110kV开关站值班员带负荷拉隔离开关，引起惠阳地区电网与河源水电站解列事故。

（一）事故前系统及水电厂110kV开关站的运行方式

事故前新丰江水电厂110kV开关站及有关110kV线路示意图如图1-4。事故前新丰江水电厂110kV开关站断路器123在断开状态，经110kV河惠1线与杨村、惠阳变电站相联；惠阳变电站的220kV系统与新丰江水电厂和广东电力系统相联。河源水电站经河城变电站、110kV河城线接于110kV开关站的3母线上。

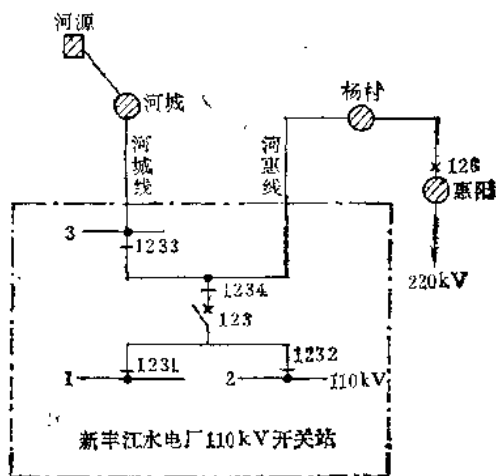


图 1-4 新丰江水电厂110kV开关站及有关110kV线路示意图

（二）事故经过

事故当日，地区调度为减少次日河惠1线停电倒闸操作

时间，令新丰江110kV开关站拉开备用断路器123的前后隔离开关1231、1232、1234。该站值班长认为拉1231、1232，对次日线路停电检修不能保证人身安全，提出应拉隔离开关1233、1234才对。地区调度则认为拉隔离开关1233与值班调度室的模拟图板指示对不上号，但经110kV开关站值班长再三建议，调度员认为该站在前段时间曾搬迁过主变压器，可能改了接线；因此说：“实际情况我不太了解”，而接受值班长的建议，同意拉隔离开关1233，并再三强调河惠1线上有电带有负荷。15时23分，当拉隔离开关1233时，产生弧光，隔离开关触头烧伤，惠阳变电站的距离保护2段动作使110kV断路器126跳闸，河源水电站与惠阳电网解列，河城、杨村变电站失去电源，全站停电。经倒闸操作后，杨村变电站于16时35分由惠阳变电站送电；16时49分，恢复了河城变电站10、35kV电源。开关站的隔离开关1233经抢修后，于19时23分投入运行。

（三）事故发生原因分析

事故发生纯属带负荷拉隔离开关引起的。当调度员令新丰江水电厂110kV开关站拉断路器123的前后隔离开关时，该站值班长认为拉开隔离开关1233、1234才正确，才能保证检修人员的安全；调度员在开关站值班长再三建议下，认为该站主变压器曾搬迁过，110kV接线可能有改变，现场实际情况不了解，而接受了开关站值班长的错误意见，发出错误的操作命令，是发生事故的主因。新丰江水电厂110kV开关站的值班长对地区调度发给的正确操作命令，由于对设备接线不熟悉而未能接受，多次提出错误建议，是发生事故的另一原因。

（四）事故暴露的问题