

电力行业管理与执法实务全书

电力安全管理 (五十二)

卢炳瑞 主编

中国言实出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力行业管理与执法实务全书/卢炳瑞主编.

—北京:中国言实出版社,2004.9

ISBN 7-80128-321-6

I. 电…

II. 卢…

III. 电力工业—法规—中国—汇编

IV. F407.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103281 号

中国言实出版社出版发行

(北京市西城区府右街 2 号 邮政编码 100017)

中铁十六局印刷厂

787×1092 32 499.125 印张

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1~1 000 册

定价: 2560.00 元(本卷 16.00 元)

目 录

◎直流电源接地引起机组跳闸的原因及防范措施	1
◎电厂辅机及控制系统的安全技术策略	4
◎锅炉快速冷却方案	13
◎实现变电站长期安全的途径	15
◎全面加强安全管理确保电网安全运行	19
◎加强运行管理减少外力破坏	26
◎提高变电仿真培训质量的探讨	31
◎一起热机操作漏项引起锅炉灭火的反思	37
◎小事酿大祸	41
◎漫湾电厂 2 号机导叶中轴套密封改造	44
◎斗轮堆取料机回转电机故障原因及改造	46
◎GBC-35 型线路压变柜的技术改造	48
◎声波吹灰器的改进	50
◎湛江电厂 6kVPT 烧毁的原因及对策	53
◎10kV 变配电设备安装时应注意的几个问题	56
◎电杆“搭车”何时休	58
◎从美加停电事故看电网生产技术管理的重要性	59
◎总结经验夯实基础确保电网安全	68
◎电力体制改革中如何加强电力系统安全管理	82
◎LW15 型 SF6 断路器气动操作机构的故障分析	90

◎LCWB7-110WII 型电流互感器故障分析	93
◎两网改造后的问题及防范措施	95
◎维护电网安全确保可靠供电	101
◎拉萨电网全停事故分析	109
◎对一起触电死亡事故的思考	112
◎警惕用户自备电源引发人身触电事故	115
◎供电企业安全性评价信息系统的开发与实施	118
◎几起人身死亡事故的反思	123
◎MHB-2 型锅炉 FSSS 系统改造	124
◎不停机带压堵漏技术在火电厂的应用	129
◎谈火电厂电缆防火措施	136
◎变压器钟罩螺栓过热原因分析及处理	142
◎农网变电站防误工作的现状及对策	145
◎如何搞好变电站的反事故演习活动	149
◎清除电网通道树木确保农村线路安全	154
◎神头第一发电厂	155
◎对当前安全管理上一些问题的探讨	156
◎500kV 变电站建设项目法人的安全管理	161
◎剩余电流总保护只可作为间接接触保护	166
供电企业安全生产的目标管理	172
◎推行程序化管理提高运行工作的安全和效率	176
◎如何提高安全性评价的实效性	181

◎煤矿企业安全供电“五环节”防护法	184
◎300MW 汽轮机 1 号轴承振动故障处理	187
◎应用 VESDA 烟雾探测系统提高火灾防范能力	191
◎锅炉燃油系统的安全运行	195

◎直流电源接地引起机组跳闸的原因及防范措施

厦门嵩屿电厂一期工程安装 2 台 300MW 燃煤发电机组，采用发电机--变压器单元接线方式，主变高压侧 220kV 开关为 SF6 开关全封闭组合电器(GIS)，由法国阿尔斯通公司生产。发电机--变压器组保护采用南京自动化设备厂生产的集成电路保护。发电机组热工数字式电液控制系统(DEH)，由美国西屋公司生产，主要承担汽轮发电机组的转速控制和负荷控制，并具有主汽压力保护、部分甩负荷保护、超速保护(OPC)和阀门管理等功能。

1 故障经过及原因分析

1.1 故障经过

嵩屿电厂 1 号机组发电试运行阶段，当天天气晴，1 号机组负荷 180MW、各盘表指示正常，突然发生 1 号发变组出口开关、励磁开关及厂高变开关运行中跳闸、机组停机。

运行人员对发电机、变压器、220kV 出口开关、发变组保护装置以及汽机、锅炉就地进行检查，无异常。故障前，机、炉辅机均未进行启停操作，1 号机组 CRT 盘、BTG 盘均未进行参数调整。检查中发现，机组跳机期间继电保护调试人员正在集控直流配电

室进行直流电源接地故障查找，采用分支路排查法瞬间断开发变组保护 110V 直流操作电源。

查 SOE 事故追忆记录，首出为“程序逆功率”保护动作。

1.2 故障原因分析

根据程序逆功率保护原理，保护动作的前提条件是汽轮机主汽门在全关位置，其行程开关的辅助接点闭合。从热工保护逻辑图分析，只有汽轮机、锅炉故障热工保护动作，才会直接作用先关汽轮机主汽门后跳发变组出口开关。

现场检查情况表明，跳机前汽机、锅炉热工保护未出现异常或保护动作，因此认为机组跳闸原因与查找 110V 直流系统电源接地故障很可能存在着某种联系。

对汽轮发电机组 DEH 数字式电液控制系统逻辑图进行分析可知，当开关状态重动继电器失去电源，接点返回时，DEH 装置采集到的开关状态是发变组出口开关跳闸、机组全部甩负荷信号，其开关重动继电器的接点返回，直接启动 OPC 超速保护，立即作用于汽轮机调节系统，关闭高压调门、中压调门，以保护汽轮机设备的安全。

当汽轮机高压调门、中压调门关闭后，汽轮机进

汽量几乎等于 0。由于发电机--变压器组出口开关在合闸状态，此时发电机变为电动机状态运行，汽轮发电机组向系统吸取有功功率，逆功率测量元件启动。但此时主汽门未关闭，主汽门辅助接点未闭合，时间元件无法启动。检查发现由于调试不当，主汽门辅助接点与主汽门开度行程实际位置不对应，其接点在闭合状态。故此程序逆功率保护满足动作条件，保护动作于发电机组出口开关、励磁开关、厂高变 6kV 出口开关跳闸、停汽机、锅炉。

之所以出现上述现象，与电气设计人员不熟悉该进口产品的结构以及开关的辅助接点布置有关。图 1 示出控制回路连接于电液控制系统 DEH 装置的发变组出口开关辅助接点。虽然启动回路二次接线与 DEH 装置连接回路每相都采用 A、B、C 三对接点串接，并采取“三选二”逻辑判断，以提高开关辅助接点的可靠性，但由于设计上的失误，开关辅助接点取自开关重动继电器接点。在进行设备异常处理、瞬间拉合直流操作电源时，必然导致重动继电器失去电源，继电器失磁接点返回，输出发变组出口开关跳闸信号。设计上的失误是造成机组误跳的主要原因。

其次，施工安装工艺粗糙、工程质量监督不到位，导致汽轮机主汽门辅助接点状态不可靠，是造成机组

跳闸的重要原因。

2 防范措施

(1) 改变原连接电液控制系统(DEH)装置的发变组出口开关辅助接点取自重动继电器的接线方式,直接采用发变组出口开关的辅助接点。从出口开关辅助接点中调整9对接点连接于DEH装置(图2),以消除设计上存在的不安全隐患。

(2) 加强对设备安装质量的验收,对开关操作箱的二次接线、接点以及电气设备有关的辅助元件、电气回路与机、炉、辅机热工保护接口进行全面检查、核对,确保电气设备、保护装置运行正常。

(3) 为预防意外故障的发生,在运行设备进行直流接地故障查找时,应采取必要的安全防范措施,如短时退出相关保护的出口压板等。

◎ 电厂辅机及控制系统的安全技术策略

电厂辅机系统主要包括输煤系统、化水系统和除灰渣系统。目前绝大多数电厂特别是大中型电厂辅机系统的控制都采用PLC(可编程逻辑控制器)控制系统。

以贵州黔北发电厂 $4 \times 300\text{MW}$ 输煤程控系统为例,分析和介绍PLC控制系统实现电厂辅机系统安全及保证PLC控制系统自身安全的策略。

1 保障操作安全和设备安全的策略

控制对象所在系统的工艺流程以及现场设备工况是控制系统进行控制操作的依据和条件。控制操作是否规范合理不仅直接关系到控制任务能否顺利完成，还可能影响到现场设备的安全。同时，控制系统程序中合理的软件逻辑也可以对现场设备的安全起到一定的保护作用。所以，从控制角度讲，控制对象的设备安全既和控制操作有关，也和软件逻辑保护有关。

1.1 充分的人机交流

PLC 控制系统采用上下位机两级控制结构方式：PLC 作为下位机采集现场信号、接受操作员的控制指令并且实现逻辑控制；工控机作为上位机用于人机接口。上位机工控机和下位机 PLC 之间通过数据通讯接口进行通讯。

利用工控机中安装的工业监控软件，可以在上位机显示器上直观、动态地显示出系统中所有设备的运行状态信息、性能参数和历史信息。操作员可以通过上位机的人机接口在充分了解现场设备工况的情况下，对系统设备发出控制指令。操作员控制指令在 PLC 主机中经过逻辑运算后，最终传送到 PLC 的各个 I/O 站实现对现场设备的控制。操作员和所有控制对象之

间全面充分而且实时的信息交流为操作员发出安全合理的操作指令提供了充分条件。

1.2 程序保护

操作员在控制室上位机画面上用鼠标点击相应的图符即可对现场设备进行远程集中控制和操作。这种简便快捷的远距离集中控制方式首先充分保证了操作人员的安全。此外，PLC 控制系统更为重要的一个功能就是通过 PLC 程序软件逻辑实现工艺流程联锁保护和故障报警联动保护等程序保护，以减少误操作或者局部故障造成严重事故的可能。

(1) 工艺流程联锁保护

以输煤程控系统为例，控制系统具有工艺流程联锁保护功能，联锁的投入能够阻止任何设备超出工艺流程顺序的启动或停止，以防止在系统设备启动或停止时煤在系统中局部区域堆积起来，甚至损坏设备。

输煤程控系统启动时，按逆煤流方向，从下游最后一条皮带机及相关设备开始依次启动，直到上游第一条皮带机及相关设备启动后，才开始供煤。系统主要设备启动前，均自动打警铃 30s，以提醒相关人员注意安全。停运时按顺煤流方向，先停供煤设备，然后从上游第一条皮带机及相关设备至下游最后一条皮带机及相关设备依次停机。程序自动方式停

运时，每台设备之间按规定的延时时间，顺煤流方向依次发停机命令，延时停机是为了在设备上的余煤走光后再停机。

双路皮带输煤系统设备通过三通和皮带机伸缩头装置组成运行线路，有几十种之多。对此，工艺流程连锁保护程序中还要考虑系统中不同输煤设备组合成的运行线路的合理性，并且要避免不同运行线路之间的冲突。

另外，输煤控制系统程序连锁保护还包括除尘器和除铁器与皮带机之间的连锁运行；振打器与堵煤装置信号之间的连锁运行等。

通过PLC程序将控制系统的所有设备按照运行工艺流程相互关联并固定起来，可以有效防止因违反工艺流程的误操作而引起的安全事故。

(2)故障报警联动保护

操作员通过人机接口可以监视到所有故障报警的详细内容。当控制系统中出现重要报警时，报警设备以及相关设备的控制操作通过控制程序逻辑进行限制。比如设备无法正常启动/停止报警(各种原因造成的操作失败报警)提醒操作人员现场设备或者电气控制回路等可能存在故障，应该及时检修并排除故障后再继续操作。输煤控制系统中出现现场拉绳、严重

跑偏、撕裂、打滑、堵煤等报警时，控制程序将禁止对报警设备以及相关设备的操作，直到报警解除。

报警信号除了用于限制对报警设备以及相关设备的控制操作以外，还用于故障报警的联动保护。在输煤系统中有重要报警发生时，在控制程序中实现故障报警联跳，发生故障报警的设备立即跳闸或不允许启动；在系统已投入联锁运行的过程中，发生故障报警的设备的跳闸停机可以通过程序联锁使得故障点及其上游设备瞬时停机，故障点下游设备保持原工作状态不变。

所以，控制程序中的工艺流程联锁保护和故障报警联动保护保障了系统的控制操作按照工艺流程以及设备实际工作状况安全进行，同时也保障了系统的设备安全、防止设备损毁。

1.3 就地保护

并非所有的联锁和保护都通过PLC控制系统的软件程序实现，如皮带机的拉绳保护、除尘器的延时停机等就是通过就地电气联锁或就地小型PLC控制器实现的。控制功能的适当分散更有利于整个系统的控制效率、更有利于局部系统的设备安全。

1.4 熟练掌握各种操作

一般电厂辅机PLC控制系统操作方式有程序自动

(全自动)、远方手动(软手操)和就地手动(硬手操)控制等3种操作方式,操作人员都必须充分理解和熟练掌握。工艺流程联锁保护和故障报警联动保护无论是在程序自动还是在远方手动控制时均起作用,所以在进行这2种操作时对操作员的要求比较低。就地手动操作时设备只有拉绳保护等简单的就地电气保护,设备之间没有联锁保护和报警联动保护,但这种操作方式在特殊情况下是必须进行的,所以运行人员必须熟练地掌握。

1.5 遵守操作规程

任何自动化系统的控制都是通过人的参与来实现的,再严密的硬件或软件的自动保护都是局部的、相对的。要保证生产安全有序地进行,首先必须从制度上、管理上杜绝违规违章操作,严格遵守安全生产的各项制度。

1.6 数据记录及安全分析

系统上位监控软件具有较为完善的报警功能及操作运行数据显示和记录功能。如屏幕下方始终有用于显示当前最新报警和运行信息的信息条;更多的报警和运行信息在“报警及运行记录”画面中有集中显示。另外在预设时段内的电机电流、煤仓煤位、皮带速度、煤流量等模拟量可在趋势图中动态显示,从

中可以查看相应数据随时间变化的动态趋势曲线和任意时刻的数值。

系统的数据记录保存，为事故追忆及查找引起事故的第一个故障点(事故首发)提供了可能，从而为事故处理提供有力支持、为彻底消除安全隐患提供了条件。

系统的实时运行数据和历史数据的显示和记录是监控操作、分析系统运转状况、检查操作过程的重要依据，也是提高运行管理水平和效率的重要依据。所以全面准确的数据显示和记录也是实现电厂辅机系统长期安全可靠运行的重要保障。

2 保障 PLC 控制系统自身安全的策略

2.1 隔离和冗余

操作员的控制指令是通过 PLC 控制装置传送到现场设备实现控制操作任务的，所以 PLC 控制系统首先必须能保证自身的安全和可靠。既要保证控制系统与被控系统对象之间实时可靠的信息传递交换，又要采取必要的隔离措施以防止现场复杂环境对控制系统的干扰；对于需要长期连续运转的系统，还要对控制系统中的关键和重要部分或部件采用热备冗余方式。所以，隔离和冗余是实现控制系统自身安全可靠运行的基本方法。

(1)安全隔离

PLC 系统所有数字量 I/O 信号通道与现场之间均采取继电器隔离措施，以排除现场恶劣工况的影响。如果没有采取继电器隔离措施，感应电以及现场高等级电压的误接，可能会干扰正常的信号采集甚至直接烧毁 I/O 模块。

系统中分布在不同位置的 I/O 站分别负责不同区域设备的数据采集和控制，个别 I/O 站或者个别设备的故障不会影响其余站点和设备的正常控制和运行，从而将局部故障造成的不良后果降到最小。

控制系统的电源也采取了隔离措施。本控制系统配有一套在线 UPS 电源，上位机、PLC 主机、各 I/O 站的电源集中由 UPS 电源供电。当外部供电电源消失时，UPS 电源的蓄电池装置能维持 30min 的供电，操作员此时可进行应急操作，比如可以将所有设备按照流程顺序切换到跳闸位置。另外，UPS 电源装置还具备滤波整流和稳压功能，可以减少或避免控制系统设备受到外部供电电源质量的影响。控制系统中每套设备的电源供电均通过相应容量的空气开关实现，从而可以减少或避免系统不同设备电源之间的相互影响。

(2)热备冗余

本输煤控制系统采用两级控制方式，系统上、下

位机均采用双机双缆热备冗余。下位机 PLC 主机站内配备西门子 S7-400H 系列双 CPU 热备冗余系统，2 台 CPU 中的控制程序在工作中保持同步运行，当一台 CPU 出现故障时，备用 CPU 能自动投入，保证整个 PLC 程控系统的正常运行。2 台上位机同样互为热备，可以随意选择一台进行控制操作。

在本系统中，设置了 5 个 I/O 站。在煤控室设置了 3 个 I/O 站，在煤仓层设置了 2 个 I/O 站。PLC 主机与各 I/O 站的通讯网络为 PROFIBUS-DP 现场总线网络，采用双通道、双缆热备冗余配置。

本控制系统接受外部两路独立的 220VAC 电源，当一路电源失去时，另一路电源能通过无扰切换装置瞬间自动投入，不会影响控制系统的运行。即使外部两路电源同时消失，UPS 电源的蓄电池装置也能维持 30min 供电，起到短时备用的作用。

2.2 正确安装、使用、维护

控制系统的安装要按照相关标准进行，比如要保证可靠接地、设备及电缆等要正确固定、控制电缆要与动力电缆分开敷设等。使用维护过程中要注意保持清洁和通风，检查接口有无松动等。

在上位机工控机中设有不同等级的操作权限密码许可，对 PLC 程序编辑修改并进行上载或下载的操