

电力系统地级调控实用培训技术丛书

# 地级调控事故分析与处理

主 编 杨 斌

西南交通大学出版社

· 成 都 ·



# 《地级调控事故分析与处理》

## 编委会

主 编	杨 斌				
副主编	尹 琦	肖 刚	邓 颖		
编 委	张 勇	曾 华	陈玉洁	黄 潇	
	丁茂桃	徐 艳	张 帆	喻 伟	
	赵琪娟	郑 韵	陈 翔	安 琪	
	丁 睿	程 钢	王国林	刘 卫	
	叶 倩	黎 越	雷筱权	康 宁	
	李近朱	金 磊	夏 天	汪敬坤	



# 前 言

## PREFACE

随着电网规模的不断扩大，电网设备数量不断增多，设备出现异常及跳闸等状况也随之急剧增多，相应的处理工作量也大量增加。调度人员对标准、规范、技术资料掌握与否，能否在设备异常及事故处理中正确实施各类要求，将直接影响电网和设备的安全运行。为给地级调度人员培训提供系统、实用的培训教材，提高调控人员对设备异常及事故处理的认识，确保设备异常及事故处理的正确性，造就一支能力强、业务精、能打硬仗的调控队伍，德阳供电公司组织编写了《电力系统地级调控实用技术培训丛书》——《地级调控事故分析与处理》。

本书总结多年调控培训实践的结果，集中多位专家、优秀人材和调控专业人员的集体智慧，结合《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》《国家电网公司电力安全工作规程（线路部分）》《四川电力系统调控管理规程》《四川电力系统电气设备事故处理规程》，按照统一标准和要求编写。

本书详述了电力系统调度设备异常及事故处理的基本要求与相关知识，列举了各类设备的异常及事故处理的实例，其内容覆盖了 220 kV 及以下各电压等级、各种类型接线方式，具有通用性和可操作性。该书的出版将对地级调控人员，特别是新进调控人员有较大的指导意义和实用性。

本书的编写是贯彻落实国网公司有效开展人才培养和教育培训的重要举措，是提升调度人员素质和保证电网安全稳定运行的重要支撑。本书的出版将有效加快调控人员能力提升，也将提高调度技能培训的针对性和有效性。

由于编写时间仓促，水平有限，难免存在不足和疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见，以便进一步补充和完善。

编 者

2020 年 6 月



# 目 录

## CONTENTS

### 第 1 章 异常与事故处理基础知识

1.1	缺陷的分类	001
1.2	缺陷类别的判别	001
1.3	引发电网事故的主要因素	002
1.4	按事故范围对事故的分类	002
1.5	电网常见事故	002
1.6	短路的现象及后果	003
1.7	事故处理一般原则	003
1.8	事故后向调度汇报内容要求	003
1.9	事故时对各人员及单位的要求	004
1.10	电力系统的稳定运行及稳定分类	004
1.11	各类稳定的含义	004
1.12	保证电力系统安全稳定的“三道防线”	005

### 第 2 章 线路异常事故处理

2.1	大电流接地系统与小电流接地系统	00 错误!未定义书签。
2.2	小电流接地系统接地故障的处理	00 错误!未定义书签。
2.3	对跳闸线路送电前应注意的问题	00 错误!未定义书签。
2.4	线路跳闸不宜强送的情况	00 错误!未定义书签。
2.5	线路自动重合闸的基本要求	00 错误!未定义书签。



2.6	常见线路保护	00	错误!未定义书签。
2.7	不对称相继速动与双回线速动保护的原理	00	错误!未定义书签。
2.8	案例分析一	0	错误!未定义书签。
2.9	案例分析二	0	错误!未定义书签。
2.10	案例分析三	0	错误!未定义书签。
2.11	案例分析四	0	错误!未定义书签。
2.12	案例分析五	0	错误!未定义书签。
2.13	案例分析六	0	错误!未定义书签。

## 第3章 变压器异常及事故处理

3.1	变压器异常运行和故障的类型	0	错误!未定义书签。
3.2	运行变压器应立即停电处理的情况	0	错误!未定义书签。
3.3	变压器事故跳闸的处理原则	0	错误!未定义书签。
3.4	消除变压器事故过负荷的方法	0	错误!未定义书签。
3.5	变压器冷却装置故障的处理原则	0	错误!未定义书签。
3.6	主变滑档的处理原则	0	错误!未定义书签。
3.7	变压器保护的配置	0	错误!未定义书签。
3.8	变压器中性点保护	0	错误!未定义书签。
3.9	案例分析一	0	错误!未定义书签。
3.10	案例分析二	0	错误!未定义书签。
3.11	案例分析三	0	错误!未定义书签。
3.12	案例分析四	0	错误!未定义书签。

## 第4章 母线事故处理

4.1	母线事故的判断	0	错误!未定义书签。
4.2	母线故障停电的一般处理原则	0	错误!未定义书签。
4.3	双母线接线差动保护动作使母线停电的处理原则	0	错误!未定义书签。
4.4	成套母线保护装置中的保护配置	0	错误!未定义书签。
4.5	母线保护与其他保护及自动装置的配合	0	错误!未定义书签。
4.6	常见母差保护的動作原理	0	错误!未定义书签。
4.7	案例分析一	0	错误!未定义书签。
4.8	案例分析二	0	错误!未定义书签。
4.9	案例分析三	0	错误!未定义书签。
4.10	案例分析四	0	错误!未定义书签。

4.11 案例分析五 .....	0 错误!未定义书签。
4.12 案例分析六 .....	0 错误!未定义书签。

## 第 5 章 开关异常及事故处理

5.1 开关分类 .....	0 错误!未定义书签。
5.2 开关常见故障 .....	0 错误!未定义书签。
5.3 开关闭锁及控制回路断线的危害 .....	0 错误!未定义书签。
5.4 停用异常开关时应考虑的问题 .....	0 错误!未定义书签。
5.5 开关异常的处理总思路 .....	0 错误!未定义书签。
5.6 220 kV 变电站 110 kV 开关分合闸闭锁处理 .....	0 错误!未定义书签。
5.7 110 kV 变电站 110 kV 开关分合闸闭锁处理 .....	0 错误!未定义书签。
5.8 案例分析一 .....	0 错误!未定义书签。
5.9 案例分析二 .....	0 错误!未定义书签。
5.10 案例分析三 .....	0 错误!未定义书签。
5.11 案例分析四 .....	0 错误!未定义书签。
5.12 案例分析五 .....	0 错误!未定义书签。
5.13 案例分析六 .....	0 错误!未定义书签。
5.14 案例分析七 .....	0 错误!未定义书签。

## 第 6 章 刀闸异常处理

6.1 刀闸缺陷的一般处理原则 .....	0 错误!未定义书签。
6.2 标准双母线带旁路接线方式刀闸发热处理 .....	0 错误!未定义书签。
6.3 旁路兼母联接线方式刀闸发热处理 .....	0 错误!未定义书签。
6.4 带简易旁母接线刀闸发热处理 .....	0 错误!未定义书签。
6.5 内桥接线刀闸发热处理 .....	0 错误!未定义书签。
6.6 外桥接线进线刀闸发热处理 .....	0 错误!未定义书签。
6.7 案例分析一 .....	0 错误!未定义书签。
6.8 案例分析二 .....	0 错误!未定义书签。
6.9 案例分析三 .....	0 错误!未定义书签。
6.10 案例分析四 .....	0 错误!未定义书签。
6.11 案例分析五 .....	0 错误!未定义书签。
6.12 案例分析六 .....	0 错误!未定义书签。
6.13 案例分析七 .....	0 错误!未定义书签。
6.14 案例分析八 .....	0 错误!未定义书签。
6.15 案例分析九 .....	0 错误!未定义书签。

## 第7章 电压互感器异常处理

7.1 电压互感器所接入的保护与自动装置 .....	0 错误!未定义书签。
7.2 TV 故障类型 .....	0 错误!未定义书签。
7.3 TV 故障处理 .....	0 错误!未定义书签。
7.4 案例分析一 .....	0 错误!未定义书签。
7.5 案例分析二 .....	0 错误!未定义书签。
7.6 案例分析三 .....	0 错误!未定义书签。
7.7 案例分析四 .....	0 错误!未定义书签。

## 第8章 综合型异常事故处理

8.1 案例分析一 .....	0 错误!未定义书签。
8.2 案例分析二 .....	0 错误!未定义书签。
8.3 案例分析三 .....	0 错误!未定义书签。
8.4 案例分析四 .....	0 错误!未定义书签。
8.5 案例分析五 .....	0 错误!未定义书签。
8.6 案例分析六 .....	0 错误!未定义书签。
8.7 案例分析七 .....	0 错误!未定义书签。
8.8 案例分析八 .....	0 错误!未定义书签。

## 第9章 监控信息异常事故处理

9.1 设备监控概述 .....	错误!未定义书签。
9.2 设备监控对象 .....	错误!未定义书签。
9.3 设备遥控操作 .....	错误!未定义书签。
9.4 监控信息分析 .....	错误!未定义书签。
9.5 设备监控信息流架构 .....	错误!未定义书签。
9.6 设备监控信息运维 .....	错误!未定义书签。
9.7 案例分析一 .....	错误!未定义书签。
9.8 案例分析二 .....	错误!未定义书签。
9.9 案例分析三 .....	错误!未定义书签。
9.10 案例分析四 .....	错误!未定义书签。
9.11 案例分析五 .....	错误!未定义书签。
9.12 案例分析六 .....	错误!未定义书签。

# 附录 具有双回线路出线的 220 kV 变电站 110 kV 单回线路 开关拒动或保护拒动的故障分析和保护处置方案

# 第 1 章

## 异常与事故处理基础知识

### 1.1 缺陷的分类

(1) 危急缺陷：电网设备或非电网设备发生了直接威胁安全运行或全局经营、管理工作并须立即处理的缺陷，若不及时处理则随时可能造成设备损坏、人员伤亡、大面积停电、火灾、经营及管理工作瘫痪、重要信息丢失等事故。

(2) 严重缺陷：对人员、设备或生产性建筑物有严重威胁，暂时尚能坚持运行但需尽快处理的缺陷。

(3) 一般缺陷：上述危急、严重缺陷以外的设备缺陷，指性质一般、情况较轻、对安全运行影响不大的缺陷。

### 1.2 缺陷类别的判别

#### 1.2.1 设备发热缺陷类别的判定

对于设备发热缺陷类别的判定，应通过其相对温差和绝对温度来判定。裸铜或裸铜合金材料的触头在空气中最高温度为 75℃，环境温度在+40℃时的允许温升为 35℃；用螺栓或其他等效方法联结的导体结合部分（裸铜、裸铜合金和裸铝或裸铝合金）在空气中最高允许温度为 90℃，环境温度在+40℃时的允许温升为 50℃。

相对温差是两对应测点之间的温差与其中较热点的温升之比的百分数，如果  $T_1$  表示较热点的温度， $T_2$  表示（其他相）正常点的温度， $T_0$  表示环境温度，则相对温差  $\Delta T$  可用下式求出：
$$\Delta T = (T_1 - T_2) / (T_1 - T_0) \times 100\%$$

在设备发热时绝对温度（包括温升）超过以上规定的范围时，将其视为温度缺陷，其中  $35\% \leq \Delta T \leq 80\%$  为一般缺陷， $80\% < \Delta T \leq 95\%$  为严重缺陷， $95\% < \Delta T$  为危急缺陷。

#### 1.2.2 设备漏油、漏气缺陷的判定

(1) 充油设备通过对该设备滴油的速度来判定缺陷的类别。

多油设备（如变压器、多油开关、电抗器等）：1 滴/60 min 滴油速度 1 滴/2 min 为一般缺陷，1 滴/2 min < 滴油速度 2 滴/min 为严重缺陷，2 滴/min < 滴油速度为危急缺陷。

少油设备（如互感器、少油开关等）：有油滴形成 滴油速度 1 滴/10 min 为一般缺陷，1 滴/10 min < 滴油速度 1 滴/2 min 为严重缺陷，1 滴/2 min < 滴油速度为危急缺陷。

（2）充气设备通过对该设备补气的频率来判定缺陷的类别。

1 次补气/每半年 补气频率 1 次补气/每年为一般缺陷，1 次补气/每月 > 补气频率 > 1 次补气/每半年为严重缺陷，补气频率 1 次补气/每月为危急缺陷。

### 1.3 引发电网事故的主要因素

（1）主要电气设备的绝缘损坏，如由于绝缘损坏造成发电机、变压器烧毁事故，严重时扩大为系统失去稳定及大面积停电事故；

（2）电气误操作，如带负荷拉隔离开关、带电挂地线（合接地隔离开关）、带地线合隔离开关等恶性事故；

（3）继电保护及自动装置拒动或误动；

（4）自然灾害，包括大雾、暴风、大雪、冰雹、雷电等恶劣天气引起线路倒杆、断线、引线放电等事故；

（5）绝缘子或绝缘套管损坏引起的事故；

（6）高压开关、隔离开关机构问题引起高压开关及隔离开关带负荷自分；

（7）系统失稳，大面积停电；

（8）现场不能正确汇报造成事故或事故扩大。

### 1.4 按事故范围对事故的分类

电力系统事故依据事故范围大小可分为两大类，即局部事故和系统事故。

（1）局部事故，指系统中个别元件发生故障，使局部地区电压发生变化，用户用电受到影响的事件。

（2）系统事故，指系统内主干联络线路跳闸或失去大电源，引起全系统频率、电压急剧变化，造成供电电能数量或质量超过规定范围，甚至造成系统瓦解或大面积停电的事件。

### 1.5 电网常见事故

在电网运行中，最常见同时也是最危险的故障是各种形式的短路，其中以单相接地短路为最多，而三相短路则较少，对于旋转电机和变压器还可能发生绕组的匝间短路。

此外输电线路有时可能发生断线故障及在高压电网中出现非全相运行，或电网在同一时

刻发生几种故障的复杂故障。

## 1.6 短路的现象及后果

(1) 电网中部分地区的电压大幅度降低,使广大用户的正常工作遭到破坏。例如,当电气设备的工作电压降低到额定电压的 40%,持续时间大于 1 h,电动机就可能停止运转。

(2) 短路点通过很大的短路电流,引起电弧使故障设备烧毁。

(3) 电网中故障设备和某些无故障设备,在通过很大的短路电流时会产生很大的电动力和高温,使这些设备遭受破坏或损伤,从而缩短使用寿命。

(4) 破坏电网内各发电厂机组并列运行的稳定性,使机组间产生振荡,严重时甚至可能使整个电网瓦解。

## 1.7 事故处理一般原则

系统各级调度机构的值班调度员是系统异常及事故处理的指挥者,按调度管辖范围划分事故处理权限和责任。事故处理时,各级值班人员应做到:

(1) 迅速限制事故的发展,消除事故的根源,解除对人身、设备和电网安全的威胁;

(2) 用一切可能的方法保持正常设备的运行和对重要用户及厂、站用电的正常供电,迅速恢复系统各电网、发电厂间并网运行;

(3) 尽快恢复对已停电的地区或用户供电;

(4) 调整系统运行方式,使其恢复正常;

(5) 按规定及时汇报故障及处置情况,并告知有关单位和提出事故原始报告。

为防止事故扩大,厂站运行值班员应不待调度指令自行进行以下紧急操作,但事后须尽快报告值班调度员:

(1) 将直接对人身和设备安全有威胁的设备停电;

(2) 将故障停运已损坏的设备隔离;

(3) 当厂(站)用电部分或全部停电时,恢复其电源;

(4) 电压互感器或电流互感器发生异常情况时,厂站运行值班员应迅速按现场规程规定调整保护;

(5) 其他在厂站现场规程中规定可以不待调度指令自行处理者。

## 1.8 事故后向调度汇报内容要求

(1) 系统发生事故后,事故发生单位及有关单位应准确、及时、扼要的向值班调度员报告事故概况,主要包括:事故发生的时间及现象、开关变位情况(开关名称、编号、跳闸时间),保护和自动装置动作情况,频率、电压和负荷潮流变化情况、设备状况及天气情况等。

(2) 待情况查明后,再迅速详细汇报故障测距及电压、潮流的变化等,必要时还应向上级调度机构传送录波图及现场照片等材料。

(3) 当地区电网发生影响省调管辖系统安全运行的事故时,地调值班调度员应一面处理事故,一面将事故简要情况汇报省调值班调度员。事故处理完毕后,还应向省调值班调度员汇报事故详细情况并及时提出事故原始报告。

## 1.9 事故时对各人员及单位的要求

(1) 事故发生时,各级值班人员应迅速正确地执行值班调度员的调度指令,凡涉及对系统有重大影响的操作,须取得相关值班调度员的指令或许可。

(2) 为迅速处理事故和防止事故扩大,上级值班调度员在必要时可越级发布调度指令,但事后应尽速通知有关下级值班调度员。

(3) 非事故单位应加强运行监视,做好应付事故蔓延的预想,不得在事故当时向调度部门和事故单位询问事故情况或占用调度电话。

(4) 在处理事故时,除有关领导和专业人员外,其他人员应迅速离开调度室,必要时值班调度员可以要求有关专业人员到调度室协商解决处理事故中的有关问题,凡在调度室的人员都应保持肃静。

(5) 设备出现故障跳闸后,设备能否送电,现场值班人员应根据现场规程规定,向有关值班调度员汇报并提出要求。

(6) 事故处理期间,有关单位的值长、值班长、正值值班员应坚守岗位,保持与值班调度员的联系。确有必要离开岗位时,应指定合格人员接替。

(7) 事故处理完毕后,事故单位应整理事故及处理情况记录,并及时报告有关部门。

## 1.10 电力系统的稳定运行及稳定分类

当电力系统受到扰动后,能自动地恢复到原来的运行状态,或者凭借控制设备的作用过渡到新的稳定状态运行,即为电力系统稳定运行。

电力系统的稳定从广义角度来看,可分为:

(1) 发电机同步运行的稳定性问题。根据电力系统所承受的扰动的大小不同,又可分为静态稳定、暂态稳定、动稳定三大类。

(2) 电力系统无功不足引起的电压稳定性问题。

(3) 电力系统有功功率不足引起的频率稳定性问题。

## 1.11 各类稳定的含义

(1) 电力系统的静态稳定是指电力系统受到小干扰后不发生非周期性失步,自动恢复到



起始运行状态。

(2) 暂态稳定是指电力系统受到大扰动后，各同步电机保持同步运行并过渡到新的或恢复到原来稳态运行方式的能力，通常指保持第一、第二摇摆不失步的功角稳定，是电力系统功角稳定的一种形式。

(3) 动态稳定是指电力系统受到小的或大的扰动后，在自动调节和控制装置的作用下，保持较长过程的运行稳定性的能力，通常电力系统受扰动后不发生发散振荡或持续的振荡，是电力系统功角另一种形式。

(4) 电压稳定是指电力系统受到小的或大的扰动后，系统电压能够保持或恢复到允许的范围内，不发生电压失稳的能力。电压失稳可表现为静态失稳、大扰动暂态失稳及大扰动动态失稳或中长期过程失稳。

(5) 频率稳定是指电力系统发生有功功率扰动后，系统频率能够保持或恢复到允许的范围内，不发生频率崩溃的能力。

## 1.12 保证电力系统安全稳定的“三道防线”

“三道防线”是指在电力系统受到不同扰动时对电网保证安全可靠供电的要求：

(1) 当电网发生常见的概率高的单一故障时，电力系统应当保持稳定运行，同时保持对用户的正常供电。

(2) 当电网发生了性质较严重但概率较低的单一故障时，要求电力系统保持稳定运行，但允许损失部分负荷（或直接切除某些负荷，或因系统频率下降，负荷自然降低）；

(3) 当电网发生了罕见的多重故障（包括单一故障发生时继电保护动作不正确等），电力系统可能无法保持稳定，但必须有预定的措施以尽可能缩小故障影响范围和缩短影响时间。

