

继电保护及二次回路

典型缺陷分析与处理

主编 李孟超 韩 潇



+24V

+5V

CRT

入

输入

量输入

单片微机系统



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

输

输

继电保护及二次回路 典型缺陷分析与处理

主 编 李孟超 韩 潇
副主编 吴建辉 张继军
编 委 闫广涛 张 勇 孙军鹏 朱 辉
刘艳玲 蒋 雷 朱 倩 张 帅
张晓娟 高世伟 周 鑫 王素华
苏 涛 司圣法 高 飞 魏志海
闫东峰 安百峰



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书首先介绍了继电保护和二次回路故障处理的基本原则,针对各类缺陷特点进行了详细的归纳分类,对变电站内因设计错误引起的事故、“三误”引起的事故、断路器机构箱缺陷、元器件损坏引起的事故、近年来常见的缺陷、施工工艺及误操作引起的事故进行了科学详细的分析,并对继电保护及二次回路故障分析处理工作提出了可行性的预防措施,使读者能从中借鉴一些处理缺陷的方法和一些缺陷预防措施,保证电网的安全稳定运行。

读者通过阅读本书,能够全面了解现场继电保护故障的主要类型,掌握故障分析处理的方法,并熟悉一些具体装置和二次回路的性能原理,使自身的继电保护技术水平和故障分析处理能力有一个很大的提高,从而以最快的速度、最好的质量、最高的效率,灵活地处理现场遇到的各类继电保护及二次回路故障。

本书内容丰富,观点新颖独特,可作为电力系统从事继电保护技术人员提高技术水平及丰富设备维护经验的参考用书,同时可供发、供电企业从事生产运行、安装调试、工程验收等的生产技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护及二次回路典型缺陷分析与处理/李孟超,韩潇主编. —北京:中国电力出版社,2011.8

ISBN 978-7-5123-2091-8

I. ①继… II. ①李… ②韩… III. ①变电所-继电保护-事故分析②变电所-二次系统-事故分析 IV. ①TM77②TM645.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第182117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

*

2011年11月第一版 2011年11月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 10印张 201千字

印数0001—3000册 定价25.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

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

随着电力新技术、新设备在电网中的不断应用，人民群众对供电质量及可靠性要求的不断提高，国家电网公司对电气设备运行管理要求的不断加强，变电站电气二次设备维护工作越来越需要提质、提速、提效，继电保护技术人员更要努力按照“抓住一次事故，弄透一类问题，消除一批隐患；抓住一个问题，解决一串矛盾，建立一种秩序；抓住一次机会，警醒一批人员，培养一批队伍”的工作思想，不断把继电保护工作做得更高、更好、更强。

为此，一批从事继电保护现场工作的专业人员，利用工作之余，结合自身工作经验，编写了本书。本书编写的目的，一方面在于总结经验教训，以便在今后的设计、安装、调试、管理、技术监督等各个环节中让专业人员少走弯路，不犯重复性错误；另一方面，作为客观真实的技术资料，让新参与继电保护专业工作的人员和新担当工作职责的同志作为学习资料，促使他们更快、更好地熟悉业务技能。

本书首先介绍了继电保护和二次回路故障处理的基本原则，针对各类缺陷特点进行了详细地归纳分类，对变电站内因设计错误引起的事故、“三误”引起的事故、断路器机构箱缺陷、元器件损坏引起的事故、近年来常见的缺陷、施工工艺及误操作引起的事故进行了科学详细的分析，并对继电保护及二次回路故障分析处理工作提出了可行性的预防措施，使读者能从中借鉴一些处理缺陷的方法和一些缺陷预防措施，保证电网的安全稳定运行。

本书中的实例由闫广涛、张勇、孙军鹏、朱辉、刘艳玲、蒋雷、朱倩、张帅、张晓娟等同志进行了组稿和初步编写，由李孟超、韩潇同志负责本书的编写组织和协调工作，由韩潇、吴建辉同志对全书进行了统稿和校核。

在本书编写过程中，得到了商丘供电公司张道乾总经理的大力支持和帮助，作为继电保护专业资深专家和领导，他的严格要求，使得保护人员能够对现场缺陷追根究底，积累了第一手的原始资料；他的鼓励和建议，使得编写工作能够不断地战胜困难、走向收获。商丘供电公司郑新才总工程师对本书的出版和发行也给予了无私的关怀和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者认识水平和能力所限，书中疏漏在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

前言

第一章 继电保护及二次回路故障处理的基本原则	1
第一节 继电保护及二次回路概述	1
第二节 继电保护和二次回路维护管理基本原则	6
第三节 继电保护和二次回路故障类型分析	12
第四节 继电保护和二次回路故障处理基本思路	19
第二章 设计错误引起的事故分析	24
第一节 500kV ZZ 变电站同期合闸回路异常的分析与处理	24
第二节 测控屏红灯接 KKJ 导致保护跳闸红绿灯全亮的分析与处理	27
第三节 LW35-126 型断路器易发生控制回路断线的分析与处理	30
第四节 两组直流串电引起的一起操作回路异常的分析与处理	34
第五节 一起变压器就地有载调压不经闭锁的分析与处理	38
第六节 一起变压器风冷回路误起动的分析与处理	40
第七节 一起 LFP-901 型线路保护拒动的分析与处理	43
第八节 一起重合闸误动作原因分析与处理	45
第九节 110kV ZQ 变电站电容器差压保护误动分析与处理	50
第十节 110kV XY 变电站电容器误动分析与处理	52
第三章 继电保护“三误”引起的事故分析	55
第一节 一起 220kV 线路光纤差动保护拒动分析与处理	55
第二节 一起校验母线保护引起对侧断路器误跳事故的分析与处理	57
第三节 一起变压器差动保护极性接反引起保护误动的分析与处理	59
第四节 一起变压器零序保护零序电压极性反接的分析与处理	61
第五节 一起出线 TA 绕组极性反接造成母差保护误动的分析与处理	62
第六节 220kV 线路保护两组直流电源串电的查找	65
第七节 一起变压器差动保护极性接线错误事故分析与处理	67
第八节 继电保护人员拆线误碰导致断路器跳闸分析与处理	69
第九节 220kV LM 变电站的 110kV LY 线故障导致 110kV II LY2 断路器跳闸分析与处理	70

第十节	一起高频保护故障分析与处理	72
第十一节	一起线路电压互感器极性接反事件的分析与处理	77
第十二节	一起 TV 二次电压回路短路引起母线失压的事故分析与处理	80
第十三节	两起电压互感器损坏事故分析与处理	82
第十四节	一起 500kV II 母高抗误跳闸事故的分析与处理	84
第四章	断路器机构箱缺陷分析	87
第一节	一起 LW6-110 型断路器报出分、合闸闭锁的分析与处理	87
第二节	一起关于 LW25-126 型断路器压力异常不报警故障的分析与处理	89
第三节	关于 LW25-126 型断路器“打压超时”的分析与处理	92
第四节	关于 LW6-110 型断路器不能自动打压的分析与处理	95
第五节	关于 CJ5 型中性点接地刀闸不能电动分合的分析与处理	97
第五章	元器件损坏引起的事故分析	100
第一节	一起 220kV 变电站信号插件损坏引起异常的分析与处理	100
第二节	一起 220kV MP 变电站 FCK-801 同期合闸异常的分析与处理	101
第三节	WXH-803 保护装置打印机不能打印的分析与处理	102
第四节	一起控制回路绝缘强度降低引起异常的分析与处理	103
第五节	一起 220kV 线路高频保护拒动的分析与处理	107
第六章	施工工艺及误操作引起的事故分析	111
第一节	一起 220kV 变电站信号插件损坏引起异常的分析与处理	111
第二节	一起电缆破损引起的直流接地的分析与处理	112
第三节	几起高频保护故障和拒动事故的分析与处理	114
第四节	一次因施工造成 10kV 母线相间短路事故的分析与处理	116
第五节	万用表使用不当造成断路器误跳闸的分析与处理	118
第六节	新母线充电时引起的电压互感器反充电事故的分析与处理	120
第七节	某变电站 10kV 系统接地误报现象的分析与处理	122
第八节	一起误操作引起的隔离开关损坏事故的分析与处理	124
第七章	对继电保护及二次回路故障分析处理工作的思考	128
第一节	提高继电保护及二次回路故障处理水平的途径	128
第二节	减少继电保护及二次回路故障的思路	131

继电保护及二次回路故障处理的基本原则

第一节 继电保护及二次回路概述

一、电气设备的划分

电能的生产、输送、分配、使用，需要各种类型的一次电气设备，以构成电力发、输、配的主系统。为了使主系统安全、稳定、连续、可靠地向用户提供充足合格的电能，需要二次设备随时监察不断变化的电网运行工况，当某一设备发生故障时，能够快速、有选择性地切除故障以保证电气设备和电力系统的安全运行。因此，电气设备可根据它们在电力生产中不同的作用分成一次设备和二次设备。

一次设备是指直接参加发、输、配电能的电气设备，如：发电机、变压器、电力电缆、输电线、断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、避雷器等。由这些设备连接在一起构成的电路，称之为一次接线和主接线。

二次设备是指对一次设备的工况进行监督、控制、调节、保护，为运行人员提供运行工况或生产指挥信号所需要的电气设备，如微机保护装置、安全自动装置、测控装置、计量仪表、远动通信设备等，将这些设备按照一定的要求连接在一起构成的电路，称之为二次接线或二次回路。

二、微机型继电保护装置的基本概念

继电保护装置，就是指能反映电力系统中一次电气元件发生故障或不正常运行状态，并动作于断路器跳闸或发出信号的一种自动化措施和设备。当电力系统中的电力元件或电力系统本身发生了故障或危及其安全运行的事件时，需要及时发出告警信号，必要时直接向所控制的断路器发出跳闸命令，从而终止这些事件的发展。实现这种自动化措施、用于保护电力元件的成套硬件设备，就称为继电保护装置。如线路保护装置、变压器保护装置等，用于保护电力系统的，防止发生和中止足以引起电力系统长期大面积停电、电压崩溃、频率崩溃的重大系统事故的设备，称为电力系统安全自动装置，如备自投装置、低频低压减载装置等。

自 20 世纪 90 年代初发展起来的微机保护装置，实际上是一种依靠单片微机智能地实现保护功能的工业控制装置。微机保护包括软件和硬件两个方面的内容：①确定被保护对象在正常运行状态下和拟进行保护的异常或故障状态下，有哪些物理量发生

了可供进行状态判别的量或质的重要变化，这些用来进行状态判别的物理量，称为故障量或启动量。②将反应故障量的一个或多个元件按规定的逻辑结构进行编排，实现状态判别，发出跳闸命令或告警信号的硬件设备。

微机保护硬件结构通常包含 5 个部分，即：①逆变电源部分，将输入的直流 220V 电压转变成 24、15、5V 等低压电源。②数据处理单元，即微机主系统。③数据采集单元，即模拟量与开关量的输入系统。④数据输出单元，即开关量输出系统。⑤人机接口部分。微机保护系统框图如图 1-1 所示。目前，微机保护装置均按模块化设计，也就是说对于成套的微机保护、各种线路和元件的保护，都是用上述五个部分的模块化电路组成的。所不同的是软件系统及硬件模块化的组合与数量不同。不同的保护用不同的软件来实现，不同的使用场合按不同的模块化组合方式构成。这种成套微机保护装置，为设计、运行、维护、调试等各个环节都带来了极大方便。

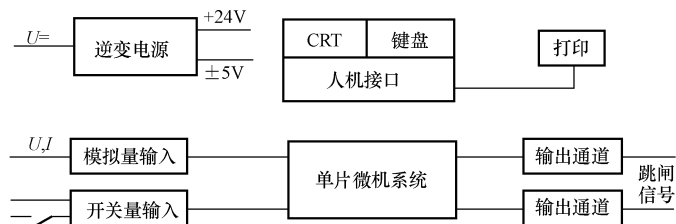


图 1-1 微机保护系统框图

这五个部分的具体作用如下：

(1) 电源部分。微机保护系统对电源要求较高，通常这种电源是逆变电源，即将直流逆变为交流，再把交流整流为微机系统所需的直流电压。它把变电站的强电系统的直流电源与微机的弱电系统电源完全隔离开。通过逆变后的直流电源具有极强的抗干扰水平，对来自变电站中因断路器跳合闸等原因产生的强干扰可以完全消除掉。

(2) 微机主系统。微机保护装置的核心是单片微机系统，它是由单片微机和扩展芯片构成的一台小型工业控制微机系统，除了这些硬件之外，还有存储在存储器里的软件系统。这些硬件和软件构成的整个单片微机系统主要任务是完成数值测量、计算、逻辑运算、控制、记录等智能化任务。除此之外，现代的微机保护具有各种远方功能，它包括发送保护信息并上传给变电站微机监控系统，接受集控站、调度所的控制和管理信息。这种单片微机系统可以是单 CPU 或多 CPU 系统。一般为了提高保护装置的容错水平，目前大多数保护装置已采用多 CPU 系统。尤其是较复杂的保护装置，其主保护和后备保护都是相互独立的微机保护系统。它们的 CPU 是相互独立的，任何一个保护 CPU 或芯片损坏均不影响其他保护。除此之外，各保护的 CPU 总线均不引出，输入及输出的回路均经光隔处理，各保护具有自检与互检功能，能将故障定位到插件或芯片，从而大大地提高了保护装置运行的可靠性。但是对于比较简单的微

机保护，由于保护功能较少，为了简化保护结构，多数还是采用单 CPU 系统。

(3) 数据采集单元。输入微机保护装置的信号主要有两类，即开关量信号和模拟量信号。信号输入电路部分就是妥善处理这两类信号，完成单片微机系统输入信号接口功能。

通常输入的开关量信号不能满足单片微机的输入电平要求，因此需要将信号电平转换。为了提高保护装置的抗干扰性能，通常还需要经整形、延时、光电隔离等处理。

输入的电压和电流信号，是模拟量信号。由于计算机是一种数字电路信号，只能接受数字脉冲信号，所以就需要将这一类模拟信号转换为计算机能接受的数字脉冲信号。完成模拟量至数字脉冲的变换称为模数变换，输入模拟量信号的模数变换电路也称作输入信号调理电路。

(4) 输出通道部分。输出通道部分是对控制对象（例如断路器）实现控制操作的出口通道。通常这种通道的主要任务是将小信号转换为大功率输出，满足驱动输出的功率要求。在出口通道里还要防止控制对象对微机系统的反馈干扰，因此出口通道也需要光隔离。总的说来输出通道仍然是一种被控对象与微机系统之间的接口电路。

(5) 人机接口部分。在许多情况下，单片微机系统必须接受操作人员的干预，例如整定值的输入，工作方式的变更，对单片微机系统状态的检查等都需要人机对话。这部分工作在 CPU 控制之下完成，通常可以通过键盘、汉化液晶显示、打印及信号灯、音响或语言告警等来实现人机对话。

三、继电保护装置在电力系统中的重要作用

继电保护装置对保证电力系统安全运行起着非常重要的作用。任何电力元件不得在无继电保护的条件下运行。当电气设备不正常运行时，保护装置能够根据不正常工作情况和设备运行维护条件的不同发出信号，以便运行值班人员处理。当电力系统故障时，保护装置有选择性地正确动作跳开断路器，切除故障设备，确保系统安全运行。但如果继电保护装置不正确动作，发生拒动或误动，给系统造成的危害也是非常大的，尤其是一次设备冗余度不够，不能满足 $N-1$ 的要求时，两条或以上的线路被误切除，甚至可能导致系统瓦解。

继电保护装置被誉为电网“静静的哨兵”，这是因为继电保护装置除了在故障和不正常运行的很短的时间内动作外，长期不动作。保护装置投运后，一般没有任何反应，机械性保护装置在投入运行后可以设法利用工作电流进行校验，微机保护装置的各项性能可以通过程序自检决定。平时，只需检查装置采集的电压、电流正确无误，人机接口面板上没有告警灯亮就足够了，加上各大保护厂家在微机保护方面的技术日益成熟，因此使得微机保护装置的正确动作率大大提高。

四、对电力系统继电保护的基本要求

动作于跳闸的继电保护装置，在技术上，一般应满足四项基本要求，即选择性、

速动性、灵敏性和可靠性。

1. 选择性

继电保护动作的选择性是指保护装置动作时，仅将故障元件从电力系统中切除，使停电范围尽量缩小，以保证系统中的无故障部分仍然能够继续安全运行。

2. 快速性

继电保护动作的快速性是指继电保护应以允许的可能最快速度动作于断路器跳闸，以断开故障或终止异常状态的发展。快速地切除故障可以提高电力系统并列运行的稳定性，减少用户在电压降低的情况下工作的时间，以及缩小故障元件的损坏程度。因此，在发生故障时，应力求保护装置能够迅速动作切除故障。

3. 灵敏性

继电保护动作的灵敏性，是指对于设计规定要求动作的保护范围内发生的故障或不正常运行状态的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应该是在事先规定的保护范围内部故障时，不论短路点的位置如何、短路类型如何，以及短路点是否有过渡电阻，都能敏锐感觉，正确反应。

4. 可靠性

继电保护动作的可靠性分为两个方面，即可信赖性和安全性。可信赖性是指在保护保护装置规定的保护范围内发生了它应该动作的故障时，它不应该拒绝动作；安全性是指在任何其他该保护不应该动作的情况下，则不应该误动作。可靠性主要是指保护装置本身的质量和运行维护水平而言，一般说来，保护装置的组成元件质量越高、接线越简单、回路中继电器的触点越少，保护装置的工作就越可靠。同时，精细的制造工艺、正确的调整试验、良好的运行维护以及丰富的运行经验，对于提高保护的可靠性也具有重要的作用。

这四项要求既有相辅相成、相互统一的一面，也有相互制约、相互矛盾的一面。比如，继电保护越灵敏，越能可靠地反映要求动作的故障或异常状态，但同时，也越易于在非要求动作的其他情况下产生误动作，因而与选择性有矛盾。因此，对这四项中的每一项要求都应当有度，不应只片面强调某一项而忽视另一项，对这四项的要求应以满足电力系统的安全运行为准则。

五、二次回路所包括的内容

二次回路的内容包括变电站内由二次设备组成的交流回路、控制回路、保护回路、信号回路和操作电源系统等。

(1) 交流回路。主要是指电流、电压回路。电流回路包括保护电流回路、测量电流回路、计量电流回路、录波电流回路；电压回路包括母线电压回路、线路电压回路等。交流回路的完好性对二次设备的稳定运行和正确动作影响极大。电流回路开路时在开路点产生很高的电压，能够破坏端子排绝缘，发出浓浓的黑烟并烧坏螺丝，甚至对人身造成很大的威胁；电压回路短路瞬间迸发出的火球能够将作业人员烧伤。电压

电流回路中的接地点如不满足《电力系统及安全自动装置反事故措施要点》中的相关条款，可以引起保护装置的误动或拒动。

(2) 控制回路。控制回路是指控制断路器分合操作的回路，它可以实现对一次断路器的人工分合、遥控分合、保护和自动装置的分闸及重合闸的合闸。控制回路按照自动化程度可以分为手动和自动控制两种；按照控制方式可以分为分散和集中控制两种。分散控制均为“一对一”控制，集中控制有“一对一”、“一对N”的选线控制，按照操作电源性质，可以分为直流和交流操作两种；按照操作电压和电流大小可以分为强电和弱电控制两种。

(3) 保护回路。继电保护和自动装置保护回路是由保护开入回路和保护开出回路组成，开入部分开入到保护装置后，进行测量、比较、逻辑判断，开出部分其实是保护装置的执行部分。保护回路的作用是判断一次设备的运行状态，在系统发生故障或异常运行时，跳闸或发出信号，在故障或者异常运行状态消失后，快速投入断路器，恢复系统的正常运行方式。

(4) 信号回路。信号回路由信号发送机构、信号传送机构和信号器具组成。其作用是反映一、二次设备的工作状态。信号回路按信号性质可分为事故信号、预告信号、指挥信号和位置信号四种；按照信号显示方式，可分为灯光信号和音响信号；按照复归方式可分为手动复归和自动复归两种。

(5) 操作电源系统。操作电源系统是由电源设备和供电网络组成的，它包括直流和交流电源系统，其作用是供给上述各回路工作电源。变电站的操作电源多采用直流电源系统，简称直流系统，小型变电站也有采用交流电源或整流电源的。

六、二次回路图的组成及阅读方法

当电气装置故障时，必须及时的排除故障，这就难免要对二次回路图进行查阅及用万用表进行实际位置的测量，因此，对二次回路图的组成及其阅读方法掌握了解是十分必要的。

二次回路图按照其不同的绘制方法可以分为三大类：原理接线图、展开图、安装接线图。

原理接线图是表示二次回路构成原理的最基本的图纸。它能使读图者对整个装置的构成有一个整体的概念，是二次回路设计的原始依据。原理接线图将所有的二次设备以整体的图形表示，并和一次设备画在一起，使整套装置的构成有一个整体的观念，清楚地了解各设备间的电气联系和动作原理。

展开图是以二次回路的每一个独立电源来划分单元而进行编制的。它一般将属于同一个仪表或继电器的电流线圈、电压线圈，以及触点，分别画在不同的回路中。展开图和原理图是一种接线的两种表现形式，展开图能够用来说明二次接线的动作原理，使读者便于了解整个装置的动作程序和工作原理。

安装接线图的特点是各电器元件及连接导线都是按照它们的实际图形、实际位置

和连接关系绘制的，便于施工和检查，所有元件的端子和导线上都有回路号和用相对编号法编制的二次线走向。安装接线图又分为屏面布置图、屏背面接线图、端子排图。

二次回路图的逻辑性很强，在绘制时遵循着一定的规律，看图的一些基本要领如下：

(1) 先交流，后直流。这是因为，只有把交流回路看完看懂后，根据交流回路的电气量以及在系统中发生故障时这些故障量的变化特点，向直流逻辑回路推断，再看看直流回路。

(2) 交流看电源，直流找线圈。交流回路由电源回路和电压回路组成，先找出它们是由哪些电流互感器或哪一组电压互感器来的，在两种互感器中传变的电流或电压量起什么作用，与直流回路有什么关系。然后，再找与其相应的触点回路。这样，通过把每组电流互感器或电压互感器的二次回路中所接的每个继电器一个个的分析完，就能够清楚它们用在什么回路上，起到什么作用，头脑中就有了一个清晰地轮廓。

(3) 抓住触点不放松，一个一个全查清。就是说，找到继电器的线圈后，再找出与之相应的触点，根据触点的闭合或开断引起回路变化的情况，再进一步分析，直至查清整个逻辑回路的动作过程。

(4) 先上后下，先左后右，屏外设备一个也不漏。这句话主要是针对端子排图和屏后接线图而言的。

七、二次回路在电网运行中的重要性

虽然微机保护装置的可靠性很高，但还是会有一些不正确动作的事件的发生，这是因为除了保护装置以外，还有大量的二次回路存在，通过二次回路把二次设备按照一定的要求连接在一起，该导通的回路导通，不该导通的回路不导通，从而实现对一次设备的保护作用。二次回路的组成需要敷设大量的二次电缆并按照设计图纸端子排接线，人工参与的程度比较高，容易出现二次线接错位置、端子松动等问题，而这些问题或缺陷的存在，往往比较隐秘，不容易被察觉，从而成为故障时不正确动作的隐患。例如：主变压器差动保护电流回路二次接线有误，则当变压器带的负荷较大或发生穿越性相间短路时，就会发生误跳闸；线路保护控制回路有误，就会出现断路器该跳闸的不跳闸，不该跳闸的却跳了闸，造成事故扩大；如果测量回路或者计量回路有问题，就会难以判断电能质量是否合格并影响计费。

第二节 继电保护和二次回路维护管理基本原则

一、变电站的二次设备管理及评级原则

变电站电气设备的运行性能对电力系统安全运行起着决定性的作用。设备的健康水平是确保电网安全运行、稳定运行的物质基础。加强电力设备的运行管理，要坚持

“安全第一、预防为主、综合治理”的指导方针，搞好设备的运行维护工作，掌握设备磨损、腐蚀、老化、劣化的规律，做好年度检验计划，坚持检查质量验收制度，使设备经常处于良好状态。设备管理必须做到职责到位，分工到人。加强设备的缺陷管理，搞好设备的评级、升级和安全文明生产等工作。

变电二次设备评级是电气设备技术管理的一项基础工作，设备定期评级可全面掌握设备技术状态。由设备评级所确定的设备完好率是电力企业管理的主要考核指标之一。因此，在设备评级过程中，应做到高标准、严要求和实事求是。

（一）评级原则

设备评级主要是根据运行和检修中发现的设备缺陷结合预防性试验结果进行综合分析，权衡对电力系统安全运行的影响程度，并考虑绝缘和继电保护及自动装置、二次设备定级及其技术管理情况，来核定设备的等级。

（二）设备评级的分类

1. 一类设备

技术状况全面良好，外观整洁，技术资料齐全、正确，能保证安全可靠、经济、满供者。继电保护及安全自动装置的所有功能均正常。重大的反事故措施或完善化措施已完成。

2. 二类设备

个别次要元件或次要试验结果不合格，但暂时尚不至于影响安全运行或影响小，外观尚可，主要技术资料齐备且基本符合实际，保护检验超过周期，但不超过半年者。

3. 三类设备

有重大缺陷，不能保证安全运行，三漏严重，外观很不整洁，主要技术资料残缺不全，或新装一年后全检验或定期检验超过一个周期加半年仍未修试者，上级制定的重大反事故措施未完成者。

技术资料齐全指该设备至少应具有下列技术条件：

- （1）铭牌和设备技术履历卡。
- （2）历年试验或检查记录。
- （3）历年传动和定值调整记录。
- （4）历年事故及异常记录。
- （5）与现场设备相符合的二次图纸。

（6）完好设备与参加评比设备在数量上的比例称为设备完好率。完好率的计算公式：

$$\text{完好率} = \frac{\text{完好的二类设备单元数}}{\text{二次设备单元总数}} \times 100\%$$

二、变电站的二次设备缺陷管理制度建立的必要性

建立二次设备缺陷管理制度的目的是要求全面掌握设备的健康状态，及时发现设

备缺陷产生的原因，尽快消除设备隐患，掌握设备的运行规律，提高电网输变电设备管理水平，提高输变电设备检修质量。加强设备缺陷管理，确保设备健康运行保证设备经常处于良好的技术状态是确保电网安全运行的重要环节，也是电气设备计划修、试、校工作的重要依据。

变电站二次设备缺陷管理制度涵盖了如下内容：

- (1) 变电站二次设备缺陷的分类。
- (2) 变电站的二次设备缺陷发现及上报管理办法。
- (3) 缺陷的登记和统计。
- (4) 检修单位对设备缺陷的处理及消缺情况上报的管理。
- (5) 缺陷处理考核及奖惩办法。

三、变电站的二次设备缺陷的分类

设备运行单位（各变电站值班，线路巡视等）应及时发现缺陷，并按其对设备安全运行威胁的程度，将设备缺陷分为危急缺陷、严重缺陷、一般缺陷。

1. I类缺陷

不立即处理可能造成事故者为危急缺陷，又称为I类缺陷，如：

- (1) 开关操作机构储能异常，不自动储能、不能自动打压或压力降低到闭锁值者。
- (2) SF₆设备气体压力降低至报出信号者。
- (3) 隔离开关、小车卡涩严重不能拉合或操作不到位。
- (4) 110kV及以上隔离开关不能电动操作者。
- (5) 直流系统接地、直流母线电压过高或者过低影响开关分合闸者。
- (6) 事故音响不响者。
- (7) 因二次回路、保护装置原因影响操作和保护不能投入者。
- (8) 继电保护、安全自动装置、故障录波装置及直流充电装置不能正常工作者。
- (9) 有载调压装置拒动或连动者。
- (10) 主变压器冷却装置故障达50%及以上。
- (11) 计量表计不准，影响计量者。
- (12) 重要表计或监控机重要数据指示异常者。
- (13) 综自装置、监控机、后台机故障不能正常工作或通信中断者。
- (14) 集控站不能远方集控操作者。
- (15) 变电站网络异常，影响PMS系统、可靠性系统使用者。
- (16) 五防装置失灵、程序锁失灵者。

2. II类缺陷

可以继续保持运行，但如有发展，可能导致事故的缺陷为严重缺陷，又称为II类缺陷，如：

- (1) 二次直流回路绝缘下降者。
- (2) 事故照明不亮者。
- (3) 直流系统监控装置异常，且不影响正常运行。
- (4) 预告信号不响。
- (5) 无功自投装置动作异常。
- (6) UPS 电源损坏。
- (7) 主变压器冷却装置故障达 50% 及以下或主变压器冷却装置 I 组工作电源故障。
- (8) 冬季加热系统不能正常工作。
- (9) 开关机构打压频繁（4~8 次）。
- (10) 设备端子箱门断裂或关闭不严者。
- (11) 主变压器温度计指示计损坏，无法正常监视主变压器温度者。
- (12) 有载调压指示监控机与现场不一致者。
- (13) 高压室通风系统不能正常工作者。

3. III 类缺陷

不影响设备安全运行，可列入年、季计划中处理的缺陷为一般缺陷，又称为 III 类缺陷，如：

- (1) 非重要表计指示不准、非重要监控遥测值指示不准。
- (2) TV 消谐器装置异常。
- (3) 主变压器远方测温与就地温度不符。
- (4) 指示器、显示器模糊不清。
- (5) 开关柜内照明不亮（需停电处理的）。
- (6) 主变压器风冷自启动损坏。
- (7) 气体继电器未加防雨罩。
- (8) 加热系统不能正常工作。

四、变电站的二次设备缺陷发现及上报管理办法

运行人员发现缺陷，应分轻重缓急，确定缺陷类别，按缺陷处理程序上报有关部门，并按缺陷类别记入缺陷登记本，运行人员对发现的设备缺陷进行处理的程序为：

(1) 发现危急缺陷必须立即向调度和本部门领导汇报，并有人监视其发展，当值调度通知相关领导及设备管辖部门立即进行处理。调度对危急缺陷处理情况进行 24h 跟踪落实，对 24h 内不能处理的缺陷及时上报生产技术部、安全监察部。

(2) 调度人员每周五将本周发现及处理的危急缺陷填报《设备缺陷报表》及消缺率情况报生产技术部。运行人员发现危急缺陷应将该缺陷录入 PMS 缺陷管理程序，并启动其流程。危急缺陷消除后运行人员应及时汇报调度消缺情况。

(3) 发现严重缺陷，设备运行当值工作人员当班将所发现的缺陷按相关填写规定

录入 PMS 系统，并启动缺陷流程，同时电话汇报设备运行单位缺陷管理专责，设备运行单位缺陷管理专责当日通过公司 PMS 缺陷管理程序上报生产技术部，生产技术部根据缺陷性质在 1 个工作日内发送至相应的检修部门。各设备维修单位应及时安排处理，并在规定时间内消缺。

(4) 发现一般缺陷，设备运行当值工作人员当班将所发现的缺陷录入 PMS 系统，并启动缺陷流程，缺陷流程的运转必须在两个工作日内完成，各设备维修单位及时安排处理，并在规定时间内消缺。

设备运行单位每月 20 日前将本月及上月发现、处理的严重、一般缺陷及消缺情况填报《设备缺陷报表》，报生产技术部。调度通信中心每月 20 日将本月发现的危急缺陷及消缺情况报送至生产技术部。

生产技术部在每月 20~22 日组织运行单位、检修单位及调度通信中心人员进行缺陷分析，并编制下月消缺计划。

五、变电站缺陷的登记和统计

110kV 及以上变电站均应备有“缺陷登记簿”，并应指定专人负责管理，以保证其正确性。

任何缺陷都应记入缺陷记录簿中，且可分设“严重缺陷记录簿”和“一般缺陷记录簿”。对于在操作、检修、试验等工作中发现的缺陷而未处理的，均应登记记录。对当时已处理的，如有重要参考价值的也要做好记录。

缺陷记录的主要内容应包括：设备的名称和编号、缺陷主要内容、缺陷分类、发现者姓名和日期、处理意见、处理者姓名和日期等。

六、检修单位对设备缺陷的处理及消缺情况上报的管理

检修单位接到缺陷任务后，该单位（或主管检修，试验的技术专责人）应编制工作计划，并发送至有关班组执行。

凡危急缺陷由发现单位电话通知当值调度人员，当值调度员负责通知到设备检修单位和相关领导，同时 PMS 系统中由发现单位填报并直接启动流程发送到相关检修人员。对危急缺陷检修单位必须按缺陷管理办法在接到报告后，于 24h 内处理完毕，并填写有关记录，完成 PMS 系统缺陷流程。

凡严重缺陷应在发现缺陷之后，设备维修单位应尽量在一月内安排处理完毕（按 PMS 系统中该缺陷启动流程日期计算），每月严重缺陷消除率不低于 85%，年终严重缺陷消除率不低于 90%。

凡一般缺陷，检修单位应积极安排消除，一般应在发现缺陷之后，在三个月内安排处理（按 PMS 系统中该缺陷启动流程日期计算），一般缺陷的消除率不应低于 70%，年终一般缺陷的消除率不应低于 80%。

待缺陷消除后，消缺负责人应在变电站作好消缺记录并经过验收人签字，同时完成 PMS 系统相关缺陷流程填写工作。

检修单位若不能按缺陷管理办法的要求进行处理时，应申明理由，报生技部负责人批准，重大问题由职能部门转呈公司领导批准，并立即通知发出单位。

七、变电站缺陷处理考核及奖惩办法

1. 设备缺陷管理目标

- (1) 电力设备危急缺陷（一类）消缺率 100%。24h 内考核。
- (2) 电力设备严重缺陷（二类）消缺率 85%。月考核。
- (3) 电力设备一般缺陷（三类）消缺率 70%。季考核。

2. 考核奖惩办法

(1) 奖励办法：严重缺陷按月度绩效考核办法执行。危急缺陷消除率 100%，严重缺陷消除率 85%。

每季考核只累计一般缺陷消除率。奖励应在危急缺陷消除率 100%，严重缺陷消除率 80%的前提下，一般缺陷消除率 70%以上者，方可奖励。

(2) 处罚办法：危急缺陷未按规定时间（24h 内）消除又未说明原因，严重缺陷未按规定时间消除又未说明原因，按月度绩效考核办法中缺陷类扣分标准执行。

(3) 年终严重缺陷消除率低于 90%，年终一般缺陷消除率低于 80%，按月度绩效考核办法中缺陷类扣分标准执行。

(4) 各单位待设备缺陷消除后，应及时反馈设备缺陷处理情况回执，不按时反馈处理情况回执，将扣除月度绩效考核项目中缺陷类指标分值。

(5) 设备运行单位不能及时发现缺陷且致使事故发生时，将扣除该单位月度绩效考核项目中缺陷类指标分值，并按有关规定处罚。

(6) 设备运行单位对设备缺陷判断失误或类别划分不准而造成设备被迫停运，保护及自动装置误退时，按有关规定处罚。对有争议的缺陷类别，组织相关专业人员确定。如本月上报的缺陷超过 10% 缺陷类别划分不准，将扣除该单位月度绩效考核项目中缺陷类指标 5% 分值。

(7) 检修单位不及时处理缺陷或处理不彻底而导致设备被迫停运或再次被迫停运，以及其他事故时，将扣除其单位月度绩效考核项目中缺陷类指标 5% 分值，并按有关规定处罚。

(8) 检修单位对所属缺陷若不能按时消除时，应申明理由，报生产技术部负责人批准，重大问题由职能部门转呈公司领导批准，并立即通知发出单位，否则，将扣除有关单位月度绩效考核项目中缺陷类指标 5% 分值。

(9) 各部门每月 20 日前将上月发现缺陷数，处理缺陷数及消缺率情况报生产技术部。如未按时上报，将扣除有关单位月度绩效考核项目中缺陷类指标 5% 分值。

(10) 各有关单位设备缺陷管理专责人负责缺陷有关报表的发出或接受的登记工作。