

第3分册

电气设备及其 运行安全与监察 (二次部分)

本教材编委会 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



电
力
安
全
与
监
察
培
训
教
材

第3分册

电力安全与监察培训教材

电气设备及其运行安全与监察

(二次部分)

本教材编委会 编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

全套教材共有4个分册。本分册共有12章,分别讲述了二次回路的基本知识,测量监察回路,开关电器的控制回路,信号回路,二次回路的安装图,蓄电池直流电源,输电线路的电流电压保护,输电线路的方向电流保护,电力变压器的保护,发电机和电动机的保护,自动重合闸和备用电源自动投入,以及同步发电机自动调节励磁装置等内容。

本教材适用于电力行业、水电行业从事安全与监察工作的管理干部、安全监察员、安全员,以及电气工程的设计、施工人员和电气运行值班员、工矿电二、乡镇电工等。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备及其运行安全与监察 第3分册:二次部分/《电力安全与监察培训教材》编委会编. —北京:中国水利水电出版社,1998

电力安全与监察培训教材

ISBN 7-80124-874-0

I. 电… I. 电… III. ①电气设备-运行-安全技术-技术培训-教材 ②电气设备-运行-安全监察-技术培训-教材 N. TM08

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第33826号

书 名	电力安全与监察培训教材(第3分册) 电气设备及其运行安全与监察(二次部分)
作 者	本教材编委会 编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社电子音像部
工 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092毫米 32开本 11印张 242千字
版 次	1998年12月第一版 1998年12月北京第一次印刷
印 数	0001-5100册
定 价	29.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

电力安全与监察培训教材

编 委 会

主 任 李德明

副主任 朱阳生 武汉卿 王金山 盛旭初

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)

王金山 王婵嫣 方 平 尹 刚

邓长君 回士光 华田生 刘晓田

刘晓海 孙水林 杜秀娥 李红梅

李贵秀 何本善 张玉隆 陈 清

陈慈萱 金 虹 周全仁 郭 健

黄长征 韩谷勇 潘玉婵 魏 东

主 编 王金山

前 言

近年来，我国电力工业的发展步伐迅速加快，国家、集体、个人多渠道投资办电的热潮已在全国兴起。但是，我们也应该看到，由于生产技术、生产人员跟不上，各种电业生产事故频繁发生，严重地影响了电力供应的质量，给人民的生产、生活带来许多损失和不便。为了提高电力工业的安全生产水平，我们必须做到：

第一，坚定不移地坚持“安全第一，预防为主”的方针。

第二，坚持全面落实以行政正职为安全第一责任者的各级安全生产责任制。

第三，健全和完善各级电力生产安全监察的体系。

第四，搞好电力生产建设全过程的安全监察的管理工作。

第五，搞好电力安全监察的宣传教育和安全监察人员的培训工作。

第六，严格执行电业生产的各项安全规程制度。

第七，贯彻落实安全技术和反事故技术的措施。

国家电力公司为了进一步强化电力行业的安全

生产工作，于1997年5月24日颁布了《电力安全生产奖惩规定（试行）》（以下简称《规定》）。《规定》指出，安全生产奖惩贯彻“以责论处”的原则，对认真履行安全生产职责并在安全生产中取得成绩的企业、集体和有关人员予以表彰和奖励；对失职、渎职或严重违反规章制度虽没有造成严重后果的企业和有关责任人员，也要给予批评和处罚。《规定》适用于国家电力公司从事电力设计、修造、基建、调试、发供电生产和多种经营的各子公司、分公司。

“电力安全与监察培训教材”就是为了加强电力行业安全监察队伍的自身建设，提高安全监察人员的素质而编写的培训教材。这套书的出版，必将对电力行业的安全生产起到积极的促进作用。

在编写过程中，我们查阅和参考了许多技术资料，翻阅了大量的事故案例，并请教了电业生产安全监察部门经验丰富的技术管理人员。鉴于目前国内还很难找到系统的安全监察理论书籍，因此，本书采用了“继承、移植、再充实、再积累”的编写方式。为了满足安全监察各种岗位、各层次技术管理人员的实际工作需要，本套教材既有一定的专业基础理论，又有一定深度的专业知识。希望各单位、各部门能结合实际工作的需要，对本单位、本部门的安全监察人员、企业车间（班组）的安全员以及在生产第一线的人员，

进行安全知识和操作技能培训。

要实现电业生产过程中人身伤亡为零的目标，需要电力行业全体员工坚持不懈、持之以恒的共同努力。

本教材共分四个分册，其中第一分册的第一章至第五章、第八章至第十一章由王金山、金虹编写，第六章、第七章由朱阳生、郭健、黄长征编写，第十二章、第十三章由尹刚、李贵秀编写；第二分册的第一篇、第三篇由王金山、金虹、朱阳生编写，第二篇由陈慈萱、周全仁、杜秀娥、方平、陈清、韩谷勇分别编写；第三分册的第一章至第五章、第八章、第九章由王金山、金虹编写，第六章、第七章由潘玉婵、回士光编写，第十章至第十二章由魏东、何本善、李红梅和华田生编写；第四分册的第一章、第五章至第八章、第十三章由王金山、金虹编写，第二章至第四章由朱阳生、王婵嫣、孙水林编写，第九章至第十二章由刘晓海、刘晓田、邓长君和张玉隆编写。

由于编者的水平有限，对书中存在的不足或差错，敬请读者给予批评指正。

编者

1998:8

目 录

前言

第一章 二次回路的基本知识	1
第一节 二次回路的概念	1
第二节 二次回路图的分类	2
第三节 二次回路图的读法	7
第四节 二次回路中错误回路的防止	11
第二章 测量监察回路	15
第一节 测量仪表及其用途	15
第二节 电压互感器二次回路的接线	18
第三节 直流回路的绝缘监察	25
第四节 温度测量装置	30
第三章 开关电器的控制回路	33
第一节 概述	33
第二节 高压油断路器的控制回路	33
第三节 断路器和隔离开关的闭锁回路	42
第四节 低压空气开关的控制回路	44
第五节 磁力启动器与接触器的控制回路	47
第四章 信号回路	52
第一节 概述	52
第二节 不重复动作的中央信号	53
第三节 重复动作的中央信号	55
第四节 中央信号装置接线的实例	61
第五章 二次回路的安装图	63
第一节 概述	63
第二节 屏面布置图	64

第三节	端子排图	68
第四节	屏后接线图	71
第五节	二次回路的安装图举例	75
第六章	蓄电池直流电源	82
第一节	概述	82
第二节	铅酸蓄电池的结构和工作原理	85
第三节	蓄电池的运行方式	90
第四节	蓄电池直流系统的接线	95
第五节	直流供电网络	98
第七章	输电线路的电流电压保护	101
第一节	输电线路的故障和不正常运行情况	101
第二节	熔断器的过电流保护	108
第三节	继电器的过电流保护	111
第四节	电流速断保护	117
第五节	两段式和三段式电流保护	122
第六节	电流互感器和电流继电器的接线	124
第七节	电流闭锁电压速断保护	128
第八节	小接地电流系统单相接地保护	134
第八章	输电线路的方向电流保护	138
第一节	动作原理	138
第二节	方向过电流保护	140
第三节	功率方向继电器	143
第四节	功率方向继电器的接线方式和接线正确性检查	148
第五节	方向过电流保护的接线全图	154
第九章	电力变压器的保护	156
第一节	电力变压器的故障及不正常运行情况	156
第二节	瓦斯保护	157
第三节	变压器的电流速断保护	161
第四节	变压器的差动保护	162

第五节	变压器的过电流保护	176
第六节	变压器的过负荷保护	182
第七节	变压器保护接线全图举例	183
第十章	发电机和电动机的保护	187
第一节	发电机的故障及不正常运行状态	187
第二节	发电机的电流速断保护	190
第三节	发电机的差动保护	192
第四节	发电机的过电流保护	195
第五节	发电机的过负荷保护	200
第六节	发电机的过电压保护	201
第七节	发电机的转子一点接地保护	202
第八节	发电机-变压器组的保护	205
第九节	发电机的保护	207
第十节	电动机的保护	208
第十一章	自动重合闸和备用电源自动投入	215
第一节	自动重合闸的作用和分类	215
第二节	自动重合闸装置的基本要求	216
第三节	重合熔断器和带弹簧操动机构断路器的 自动重合闸	217
第四节	单端供电线路的三相电气式自动重合闸	219
第五节	自动重合闸与继电保护的配合	222
第六节	两端供电线路的自动重合闸	226
第七节	备用电源与设备的自动投入	233
第八节	低压低周解列装置	239
第十二章	同步发电机自动调节励磁装置	243
第一节	同步发电机励磁系统的结构和分类	243
第二节	自动调节励磁装置的任务和基本要求	261
第三节	继电器强行励磁与减磁装置	266
第四节	复式励磁装置	268

第五节	相位复式励磁装置	270
第六节	自并励可控硅静止励磁装置	296
第七节	发电机的灭磁回路	323
第八节	励磁系统的控制、测量、信号和接线	325
第九节	带 GAR 装置的发电机的并列运行和无功负荷的 自动分配	326
附录	电力安全生产奖惩规定（试行）	335

第一章 二次回路的基本知识

第一节 二次回路的概念

所谓二次回路是指二次设备（控制、测量、信号、保护等）及其电源装置按照一定的规则连接起来以实现某种技术要求的电气接线。二次回路总是附属某一次回路或一次设备，它是对一次设备进行控制、操作、监察和保护的有效手段。因此，与一次回路一样，二次回路也是发电厂和变电所的重要组成部分。

按照二次回路所起的作用可以分为监察测量回路、控制回路、信号回路、保护回路和自动装置回路等。

按照二次回路的电源种类可以分为交流电流回路（由电流互感器供电）、交流电压回路（由电压互感器供电）、直流回路（包括控制、操作、信号、保护等）。

不管二次回路的作用和性质如何，它们都具有如下四个相同的基本组成部分。

1. 测量单元

测量单元作用是监察和反映一次回路的参数及其变化，通过显示、记录或发信号使运行人员了解设备的工况。例如，各种监察测量仪表。或者通过运行反映的参数与事先设定的限值相比较来区分正常或故障情况，并可自动地作用到执行单元，以改变一次回路的状况。例如，继电保护和自动装置。

2. 命令单元

命令单元由运行人员直接操作，通过它对执行单元发出电流脉冲来改变一次回路的状况或启停机组。

命令单元通常是指按钮、控制开关和转换开关等。

3. 逻辑单元

逻辑单元根据测量单元或命令单元的输出量的大小或性质及其组合或出现的次序来判断一次回路的状态，决定是否向执行单元传递电流脉冲。

逻辑单元主要包括各种继电器的触点和其他电器的辅助触点等。

4. 执行单元

执行单元接受来自测量单元或命令单元的电流脉冲，通过进行既定的操作来改变一次回路的状况。如断路器的操动机构、接触器、伺服马达等均是执行单元。

有时在测量单元、命令单元和执行单元之间还必须设置中间单元，用以增加、增强或变换所传递的电流脉冲。

中间单元主要是中间继电器和时间继电器。

第二节 二次回路图的分类

按照用途，可将二次回路图分为原理接线图和安装接线图两大类。

一、原理接线图

原理接线图以清晰、明显的形式来表示仪表、继电器、控制开关、辅助触点等二次设备和电源装置之间的电气连接及其相互动作的顺序和原理。它又可分为以下两种。

1. 归总式原理接线图

归总式原理接线图以整体的形式表示各二次设备之间的电气连接，一般与一次回路的有关部分画在一起。在这种图中，设备的触点和线圈是集中地表示出来如像实际情况，但是它不表示设备的内部接线和结构。同时在归总图上也综合

地表示出交流电压、电流回路和直流电源之间的联系。因此，归总图能够形象地表示装置或电路的工作原理。但是在这种图中，由于设备之间用线条连接，在接线比较复杂的情况下，线条数极多，难于查找其走向，所以这种图不便于施工、运行和检修。

归总式原理接线图（以下简称原理图）目前一般用于表示某一装置或设备的继电保护原理和全厂的同步系统接线。

图 1-1 所示为 10kV 线路过电流保护的原理图，可作为归总式原理接线图的示例。

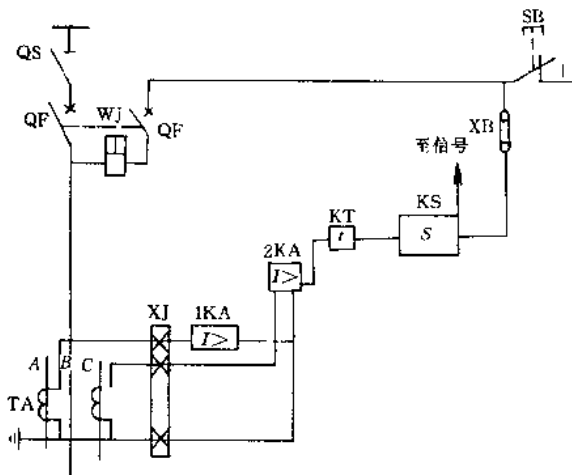


图 1-1 10kV 线路过电流保护原理图

图中，1~2KA 为电流继电器；KT 为时间继电器；KS 为信号继电器；SB 为按钮，用来手动跳开断路器；XB 为连接片，运行中对保护装置进行试验检查时，用它来断开保护的引出回路；XJ 为试验插座，运行中需要对电流回路进行试验

检查时，利用它可以在不使电流互感器二次侧开路的情况下接入试验仪表；TA 为电流互感器；QF 为断路器；WJ 为断路器的跳闸线圈；QS 为隔离开关。

电路的工作原理和动作顺序如下：当线路过负荷或故障时，流过它的电流增大，使流过接于电流互感器二次侧的电流继电器的电流也相应增大，在电流超过保护装置的整定值时，1~2KA 动作，其动合触点接通 KT 的线圈，经过预定的时限，KT 的触点闭合发出跳闸脉冲使 QF 跳闸。同时，由于跳闸脉冲电流流经 KS 的线圈，其触点闭合发出信号。

由图 1-1 可见，继电器和其他器具在图中都是以集中的形式表示，并且一次回路与二次回路、交流回路与直流回路综合地画在一起与实际情况相符，所以能给出一个非常直观和完整的印象。

2. 展开式原理接线图

展开式原理接线图以分散的形式表示二次设备之间的电气连接。在这种图中，设备的触点和线圈分散布置，按它们动作的顺序相互串联从电源的正极到负极，或从电源的一相到另一相，算作一条“支路”。依次从上到下排列成若干行（当水平布置时）或从左到右排列成若干列（当垂直布置时）。同时，展开式原理接线图（以后简称展开图）是按交流电压、电流回路和直流回路分别表示的。

展开图具有如下的优点：

- (1) 容易跟踪回路的动作顺序。
- (2) 容易设计二次回路，因为可以很方便地采用展开图中的基本逻辑环节作为单元电路来构成满足一定技术要求的接线。
- (3) 容易发现接线中的错误回路。

在展开图中为了便于区分不同的设备，同一设备不同的线圈和触点，不同的连接回路以及同一回路的不同线段，采用一套专门的标志和识别的系统，即由图形符号、文字符号和数字编号所组成的符号和标号的系统。

展开图在电工装置中用得非常普遍，一般用来表示回路的某一部分或整个装置的工作原理。例如，发电机的控制、测量、保护展开图，中央音响信号展开图等。

图 1-2 为与图 1-1 相应的 10kV 线路过电流保护的展开图。图中左侧为该二次接线所属一次回路的示意图，用来表示该二次接线输入和输出在一次回路中的位置及其作用范围；右侧的展开图分为交流回路和直流回路。交流回路按 A、B、C、N 相的顺序由上到下排列成行。如第一行，由 A 相电流互感器 $1TA_A$ 的一端出发经试验插销 XJ，电流继电器 1KA 回到互感器的另一端（即 N）形成回路。第二行与第一行相似。第三行表示继电器 1KA 和 2KA 在 N 端相连接。图中每一支路和每一连接线段均用文字和数字组成的标号来表示相别和区分不同的线段。

直流回路系按用途及动作的顺序从上到下、从电源的正极到负极逐行排列。如第一行，由正电源开始经继电器 1~2KA 的并联触点、时间继电器 KT 的线圈到电源负极形成回路。第二行，由电源正极经时间继电器 KT 的动合触点、信号继电器 KS 的线圈、连接片 XB 并与按钮 SB 并联后，经断路器的辅助触点 QF、断路器的跳闸线圈 WJ 到电源的负极形成回路。以下其余回路依此类推。直流回路各连接线段也用数字编号加以区分。

在图 1-2 中交流回路和直流回路的右侧均注有文字说明，用以指出各条回路和器具的用途与作用。

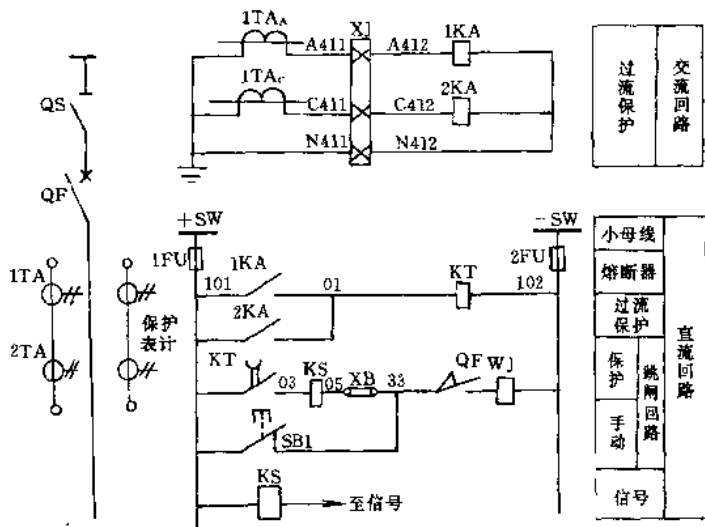


图 1-2 10kV 线路过电流保护展开图

二、安装接线图

安装接线图是二次回路设计的最后阶段，用来作为设备制造、现场安装的实用二次接线图，也是运行、调试、检修等的主要参考图纸。在这种图上设备和器具均按实际情况布置。设备、器具的端子和导线、电缆的走向均用符号、标号加以标志。两端连接不同端子的导线，为了便于查找其走向，采用专门的“对面原则”的标号方法。

安装接线图包括：屏面布置图（它表示设备和器具在屏面的安装位置，屏和屏上的设备、器具及其布置均按比例绘制）；屏后接线图（它表示屏内的设备、器具之间和与屏外设备之间的电气连接）；端子排图（用于表示连接屏内外各设备和器具的各型端子排的布置及其电气连接）。端子排图通常表