

水电站电气二次部分

雷家兰 何开杰

小型水电站运行工人培训教材

水利电力出版社

73.2717

8704362

小型水电站运行工人培训教材

水电站电气二次部分

雷家兰 何开杰

61507

水利电力出版社

小型水电站运行工人培训教材

水电站电气二次部分

雷家兰 何开杰

★

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

★

850×1168毫米 32开本 12.5印张 328千字 2插页

1986年12月第一版 1986年12月北京第一次印刷

印数0001—6230册 定价3.15元

书号 15143·6210

内 容 提 要

本书是“小型水电站运行工人培训教材”的一个分册。

本书的内容包括四个部分：第一章至第五章为二次回路(包括二次回路基本知识、测量监察回路、开关电器的控制回路、信号回路和安装接线图等)；第六、七两章为操作电源(包括蓄电池直流电源、交流操作电源和整流操作电源等)；第八章至第十二章为继电保护(包括继电保护基本知识、输电线路的电流电压保护及方向电流保护、电力变压器保护、发电机和电动机的保护等)；第十三章至第十五章为自动装置(包括自动重合闸和备用电源投入、同步接线和同步操作自动化、自动调节励磁装置等)。本书的取材以电站内现行设备为主,着重介绍它们的工作原理、识图方法、运行维护的基本知识及必要的整定计算。本书提供的一些典型的二次回路原理图可供参考。

用本书作培训教材参考学时数为120学时。

前 言

近年来,我国小水电建设发展很快。为了提高小水电站、电网运行工人的技术和管理水平,充分发挥小水电的经济效益,巩固和扩大办电成果,迫切需要加强对职工进行技术培训。为此,我们组织成都科技大学有关同志,编写了培训讲义。经多次使用并广泛征求读者意见,现修改编写成这套“小型水电站运行工人培训教材”,供各地举办技术培训班使用。全套教材共十一册:《电工数学基础》、《电工原理》、《电子技术及应用》、《电机原理和运行》、《电工仪表和测量》、《水电站电气一次部分》、《水电站电气二次部分》、《地方电力系统》、《水轮机》、《水轮机调节》、《水轮发电机组辅助设备及自动化》。本教材内容丰富,针对性强,理论联系实际,凡小型水电站及35千伏电网运行、维护、检修中应当掌握的主要知识,都作了较系统的讲述。对有关领域的新设备和新技术,也有简要的介绍。

本教材适用于培训具有初中毕业文化程度的小型水电站和电网的发、供电运行工人,也可作为具有同等文化程度的有关人员自学参考书。各地可根据实际需要,选用其中有关分册,进行培训。培训班一般以半年为一期,总教学时数控制在500学时左右。

《水电站电气二次部分》一书由雷家兰同志和何开杰同志编写,张万楷同志审阅,教学时数约为120学时。

由于经验和水平的限制,书中存在的缺点和问题,恳请读者批评指正。

四川省地方电力公司

1984年9月

目 录

前 言	
第一章 二次回路的基本知识	1
1-1 什么叫二次回路	1
1-2 二次回路图的分类	2
1-3 如何读二次回路图	6
1-4 防止二次回路中可能出现的错误回路	10
第二章 测量监察回路	14
2-1 小型水电站应装设的测量仪表及其用途	14
2-2 电压互感器二次回路的接线	17
2-3 直流回路的绝缘监察	23
2-4 温度测量装置	27
第三章 开关电器的控制回路	30
3-1 概述	30
3-2 高压油断路器的控制回路	30
3-3 断路器和隔离开关的闭锁回路	39
3-4 低压空气开关的控制回路	40
3-5 磁力起动器和接触器的控制回路	43
第四章 信号回路	47
4-1 概述	47
4-2 不重复动作的中央信号	48
4-3 重复动作的中央信号	50
4-4 小型水电站中央信号装置接线的实例	55
第五章 二次回路的安装图	57
5-1 概述	57
5-2 屏面布置图	58

5-3	端子排图	60
5-4	屏后接线图	64
5-5	二次回路的安装图举例	67
第六章	蓄电池直流电源	74
6-1	概述	74
6-2	铅酸蓄电池的结构和工作原理	77
6-3	蓄电池的运行方式	81
6-4	蓄电池直流系统的接线	85
6-5	直流供电网络	88
第七章	交流操作和整流操作电源	91
7-1	交流操作电源	91
7-2	带储能电容器的整流操作电源	98
7-3	复式整流操作电源	102
第八章	继电保护的基本知识	110
8-1	继电保护的任務	110
8-2	对继电保护的要求	111
8-3	保护装置构成的基本原理	113
8-4	常用几种继电器的工作原理	115
第九章	输电线路的电流电压保护	127
9-1	输电线路的故障和不正常运行情况	127
9-2	采用熔断器的过电流保护	134
9-3	采用继电器的过电流保护	136
9-4	电流速断保护	142
9-5	两段式和三段式电流保护	146
9-6	电流互感器和电流继电器的接线	148
9-7	电流闭锁电压速断保护	152
9-8	小接地电流系统单相接地保护	157
9-9	35千伏单端供电线路继电保护装置接线图示例	159
第十章	输电线路的方向电流保护	162
10-1	动作原理	162

10-2	方向过电流保护	164
10-3	功率方向继电器	167
10-4	功率方向继电器的接线方式和接线正确性检查	171
10-5	方向过电流保护的接线全图	176
第十一章	电力变压器的保护	178
11-1	电力变压器的故障和不正常运行情况	178
11-2	瓦斯保护	179
11-3	变压器的电流速断保护	182
11-4	变压器的差动保护	184
11-5	变压器的过电流保护	196
11-6	变压器的过负荷保护	202
11-7	变压器保护接线全图示例	203
第十二章	发电机和电动机的保护	206
12-1	发电机的故障和不正常运行状态	206
12-2	发电机的电流速断保护	209
12-3	发电机的差动保护	210
12-4	发电机的过电流保护	213
12-5	发电机的过负荷保护	218
12-6	发电机的过电压保护	218
12-7	发电机的转子一点接地保护	219
12-8	水轮发电机作调相运行时的保护	222
12-9	发电机—变压器组的保护	223
12-10	发电机保护接线全图	225
12-11	电动机的保护	226
第十三章	自动重合闸和备用电源自动投入	232
13-1	自动重合闸的作用和分类	232
13-2	对自动重合闸装置的基本要求	233
13-3	重合熔断器和带弹簧操动机构断路器的自动 重合闸	234
13-4	单端供电线路的三相电气式自动重合闸	236

13-5	自动重合闸与继电保护的配合	238
13-6	两端供电线路的自动重合闸	241
13-7	备用电源和备用设备的自动投入	248
13-8	低压低周解列装置	253
第十四章	同步接线和同步操作自动化	256
14-1	概述	256
14-2	手动准同步	257
14-3	半自动准同步	265
14-4	自同步	269
14-5	水轮发电机的自动自同步	272
第十五章	同步发电机自动调节励磁装置	278
15-1	同步发电机励磁系统的结构和分类	278
15-2	自动调节励磁装置的任务和对它的要求	293
15-3	继电强行励磁和强行减磁装置	298
15-4	复式励磁装置	300
15-5	相位复式励磁装置	302
15-6	自并励可控硅静止励磁装置	325
15-7	发电机的灭磁回路	348
15-8	励磁系统的控制、测量、信号接线	350
15-9	带ZTL装置的发电机的并列运行和无功负荷 的自动分配	355
附录一	常用电工设备文字符号	362
附录二	常用电工设备图形符号	367
附录三	直流回路、交流回路标号	371
附录四	LW ₂ 系列控制开关的结构、类型和动作图表	375
附录五	常用继电器规格	384
附录六	信号继电器、中间继电器附加电阻的选择	388

第一章 二次回路的基本知识

1-1 什么叫二次回路

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。二次回路总是附属于某一次回路或一次设备的，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、保护等回路）。

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

测量单元的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。或者通过使被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起停机组。

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它电器的辅助触点等。

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。

1-2 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象实际情况，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（以后简称原理图）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。

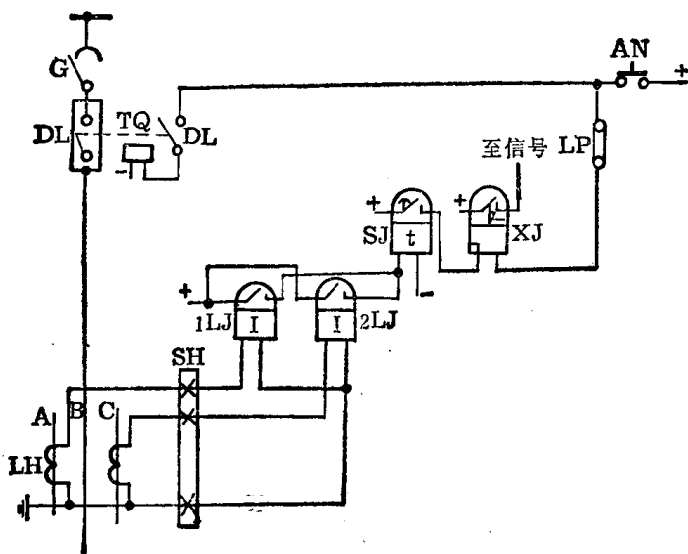


图 1-1 10kV线路过电流保护原理图

图中：1~2LJ为电流继电器；SJ为时间继电器；XJ为信号继电器；AN为按钮，用来手动跳开断路器；LP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；SH为试验插销，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；LH为电流互感器；DL为断路器；TQ为断路器的跳闸线圈；G为隔离开关。

电路的工作原理和动作顺序如次：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，1~2LJ动作，其动合触点接通SJ的线圈，经过预定的时限，SJ的触点

闭合发出跳闸脉冲使DL跳闸。同时，由于跳闸脉冲电流流经XJ的线圈，其触点闭合发出信号。

由图可见，继电器和其它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”。依次的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10 kV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 $1LH_A$ 的一端

出发经试验插销SH，电流继电器1LJ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 1LJ和 2LJ 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。

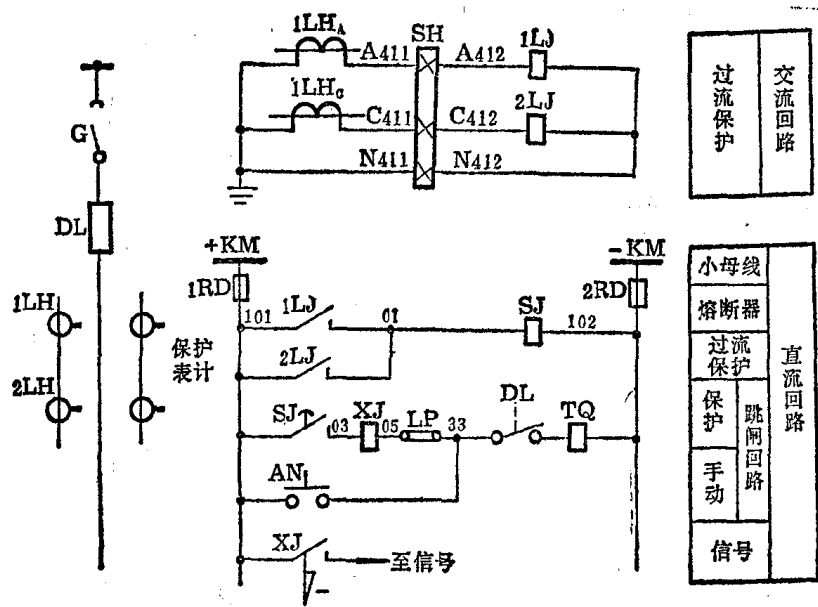


图 1-2 10kV线路过电流保护展开图

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 1~2LJ 的并联触点、时间继电器 SJ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SJ的动合触点、信号继电器 XJ 的线圈、连接片LP并与按钮 AN并联后，经断路器的辅助触点DL、断路器的跳闸线圈TQ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。

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（这种标号方法的说明见第五章）。

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）。端子排图通常表示在屏后接线图上。安装接线图在第五章再详细介绍。

1-3 如何读二次回路图

在发电厂和变电所中从事电气部分的运行和检修工作，必须熟悉二次回路的工作原理并能熟练地进行操作。这就要求能读懂二次回路图。但是，在现代的发电厂中，二次回路图往往十分复杂，一时难以读懂。为此，就首先需要学习理论知识、提高技术水平；其次还要掌握识图的方法。由上述可知，二次回路图在结构方面有许多特点，只要了解这些特点就能获得识图的要领。

一、熟悉和掌握二次回路图的符号和标号系统

随着生产技术不断的发展，二次回路日益复杂起来，一个装置或一个设备的二次回路往往包含了数十个至数百个元件，而这些元件又由若干个线圈和若干对触点所组成，如果不采取符号和标号系统，就会对二次回路的设计、安装、运行和检修等造成极大的困难。另外，为了成为“共同语言”，符号和标号系统必须统一制订并取得设计、生产、运行、科研各个部门的共同承认。

我国颁布的符号和标号系统包括三部分内容，即文字符号、图形符号和回路标号。

1. 文字符号

文字符号用来表示设备和器具的名称、用途和特征。不同类型的设备和器具应标以不同的文字符号，同一电路图中同型的设备和器具应加注数字序号以示区别。除了规定采用国际通用符号外，所有文字符号均采用表征该器具名称的主要汉字的第一个拼音字母，数字则采用阿拉伯数字。例如，一号发电机1F，二号变压器2B，三号断路器3DL。

常用电工设备文字符号见附录一。

2. 图形符号

图形符号用来形象地代表设备、器具及其线圈和触点。

在二次回路图中，继电器和其它电器触点的状态，是用动合触点和动断触点来表示的。所谓动合触点，是指继电器线圈通电使继电器动作时接通，而不动作时断开的触点。所谓动断触点，是指继电器动作时断开，而不动作时接通的触点。此外，还有所谓延时触点，即继电器动作时其触点要经过一定的时限才动作。延时触点又分为延时闭合的动合触点和延时闭合的动断触点两种。前者表示继电器不动作时，其触点是断开的，而当继电器动作时，它要经过一定的时限才闭合；后者表示继电器不动作时，其触点是闭合的，而当继电器动作时，它瞬时断开但返回闭合状态则带有一定的时限。

过去在二次回路图中用常开触点和常闭触点来表示触点的状态。前者是指正常状态时断开。而在外力作用下闭合的触点；后者则与之相反。所谓正常状态，对于继电器和接触器，是指其线圈无电压失磁的状态；对于断路器则是指分闸时的状态。

常用电工设备图形符号见附录二。

3. 回路标号

在二次回路图中，为了区别不同的回路和连接线段，所有设备和器具间的连线都必须进行标号，即用一定的数字或数字和文字的组合作来代表这些连线。

二次回路的标号系按用途分组，每组包括一定的数字范围。回路的标号一般由三位或三位以下的数字组成。

回路标号系按“等电位”原则进行，即在回路中连于一点上的所有导线，须标以相同的回路标号。设备和器具的线圈、触点、电阻、电容等元（部）件所间隔的线段，应标以不同的回路标号。

在交流回路中为了标明相别，在直流回路中为了表示某些主要特征，常在数字标号的前面加注文字标号。

直流和交流回路的标号见附录三。

二、了解和熟悉二次回路常用设备、器具的结构、用途和工作原理

用于二次回路中的继电器、控制开关、按钮和其它器具的类型是很多的，它们的结构和工作原理也是各不相同的。有的只有一个线圈、有的则有两个或多个线圈；有的由电流起动，有的则由电压起动；有的具有瞬时或延时动作的终端触点，有的则具有在动作过程中短暂闭合的滑动触点。了解这些，对于读懂二次回路图十分必要。

关于常用继电器的结构和工作原理将在第八章介绍，这里仅介绍控制开关的情况。

控制开关作为二次回路中的主令电器，它的任务是发布命令使回路或装置按预定的要求动作。常用的控制开关有LW₂系列和LW₃系列两类。这类开关由把手、面板、触点盒组成。触点盒的数目可以是一个或多个，根据需要而定。触点盒内装的动触点和静触点有几种不同的型式。当把手处于不同位置时，各型触点就有不同的状态，从而就决定了回路或装置的不同动作情况。一般设计图纸中附有控制开关的动作图表，要读懂二次回路图就必须配合读开关动作图表。

LW₂系列控制开关的结构、类型及动作图表见附录四。

三、了解与二次回路有关的一次回路或设备的结构概况和工作原理

二次回路总是属于某一次回路并为该一次回路服务的。一次回路的结构、工况必然要对二次回路产生影响。例如，断路器的