



普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 电气类

# 电气二次部分

主 编 祝 敏 毛幸远  
副主编 丁官元 陈小梅 王卫卫



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 电气类

# 电气二次部分

主 编 祝 敏 毛幸远

副主编 丁官元 陈小梅 王卫卫



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

《电气二次部分》共分 14 章, 主要讲述了发电厂、变配电所及企事业单位的电气二次部分的构成、作用及其工作原理。本教材主要内容包括: 二次回路的基本知识; 二次回路的操作电源; 测量、控制及信号回路; 继电保护概述; 继电保护的基础元件; 输电线路相间短路的电流电压保护; 输电线路相间短路的方向电流保护; 中性点非直接接地电网的接地保护; 输电线路的距离保护; 电力变压器的继电保护; 发电机的继电保护; 电动机的继电保护; 电力电容器的继电保护; 变配电所的自动装置。

本教材是高职电气工程及技术专业、供用电技术专业主干课程的教材, 也可供从事发电厂、变配电所及企事业单位从事电气二次运行和管理工作的技术人员参考。

### 图书在版编目 (C I P) 数据

电气二次部分 / 祝敏, 毛幸远主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 1  
普通高等教育高职高专“十二五”规划教材. 电气类  
ISBN 978-7-5170-2705-8

I. ①电… II. ①祝… ②毛… III. ①电气回路—二次系统—高等职业教育—教材 IV. ①TM645. 2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第281969号

书 名	普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 电气类 <b>电气二次部分</b>
作 者	主编 祝敏 毛幸远 副主编 丁官元 陈小梅 王卫卫
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 18.5印张 438千字
版 次	2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	<b>38.00元</b>

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言



本教材以培养应用型人才为目标，按照电气工程及技术和供用电技术等专业的教学计划，以最新的国家标准、规范、规程为依据，结合编者多年的教学实践进行编写的。在编写过程中注重基本知识、基本理论和基本技能，突出新设备、新原理和新技术，力求概念清楚，深入浅出，便于阅读。

本教材分为 14 章，由湖北水利水电职业技术学院祝敏任第一主编，福建水利电力职业技术学院毛幸运任第二主编，湖北水利水电职业技术学院丁官元、陈小梅及长江工程职业技术学院王卫卫任副主编。第 1 章、第 2 章、第 3 章由陈小梅编写，第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 12 章由祝敏编写，第 7 章、第 8 章、第 13 章由王卫卫编写，第 9 章、第 10 章、第 11 章由毛幸运编写，第 14 章由丁官元编写，全书由祝敏负责统稿。

由于编者水平有限，书中难免会出现错误和不妥之处，诚恳希望使用本教材的广大师生和读者批评指正。

**编著**

2014 年 8 月

# 目录



## 前言

<b>第 1 章 二次回路的基本知识</b> .....	1
1.1 二次回路的基本概念 .....	1
1.2 二次设备的表示方法 .....	4
1.3 二次回路的接线图 .....	5
1.4 互感器 .....	18
小结 .....	22
习题 .....	23
<b>第 2 章 二次回路的操作电源</b> .....	24
2.1 概述 .....	24
2.2 蓄电池组直流电源系统 .....	26
2.3 整流操作的直流电源系统 .....	30
2.4 高频开关电源系统 .....	34
2.5 直流电源系统绝缘监察装置 .....	39
2.6 事故照明切换装置 .....	42
小结 .....	43
习题 .....	44
<b>第 3 章 测量、控制及信号回路</b> .....	45
3.1 电气测量回路 .....	45
3.2 断路器的控制回路 .....	48
3.3 中央信号回路 .....	57
小结 .....	62
习题 .....	62
<b>第 4 章 继电保护概述</b> .....	63
4.1 继电保护的作用 .....	63
4.2 对继电保护装置的基本要求 .....	64
4.3 继电保护的基本原理及组成 .....	67
4.4 继电保护技术的发展简史 .....	69
小结 .....	71
习题 .....	71

<b>第 5 章 继电保护的基础元件</b> .....	72
5.1 测量变换器 .....	72
5.2 常用电磁型继电器 .....	74
5.3 微机继电保护的硬件组成 .....	79
5.4 微机继电保护软件组成原理 .....	88
小结 .....	99
习题 .....	100
<b>第 6 章 输电线路相间短路的电流电压保护</b> .....	102
6.1 无时限电流速断保护 .....	102
6.2 带时限电流速断保护 .....	105
6.3 定时限过电流保护 .....	107
6.4 电流保护的接线方式 .....	111
6.5 阶段式电流保护 .....	116
6.6 电流电压联锁保护 .....	120
小结 .....	123
习题 .....	124
<b>第 7 章 输电线路相间短路的方向电流保护</b> .....	126
7.1 方向电流保护的工作原理 .....	126
7.2 功率方向继电器 .....	129
7.3 功率方向继电器的接线方式 .....	131
7.4 非故障相电流的影响与按相启动 .....	134
7.5 方向电流保护的整定计算 .....	136
小结 .....	138
习题 .....	138
<b>第 8 章 中性点非直接接地电网的接地保护</b> .....	140
8.1 中性点不接地电网的接地保护 .....	140
8.2 中性点经消弧线圈接地电网的接地保护 .....	145
小结 .....	148
习题 .....	149
<b>第 9 章 输电线路的距离保护</b> .....	150
9.1 距离保护概述 .....	150
9.2 阻抗继电器 .....	152
9.3 阻抗继电器的接线方式 .....	156
9.4 距离保护的启动元件 .....	160
9.5 距离保护振荡闭锁装置 .....	161
9.6 断线闭锁装置 .....	167
9.7 影响距离保护正确工作的因素 .....	170

9.8 相间距离保护整定计算原则 .....	173
小结 .....	176
习题 .....	177
<b>第 10 章 电力变压器的继电保护 .....</b>	<b>179</b>
10.1 电力变压器的故障类型及保护配置 .....	179
10.2 电力变压器的瓦斯保护 .....	180
10.3 电力变压器电流速断保护 .....	182
10.4 电力变压器的纵差保护 .....	183
10.5 电力变压器相间短路的后备保护 .....	192
10.6 电力变压器的接地故障保护 .....	196
10.7 电力变压器微机保护举例 .....	198
小结 .....	200
习题 .....	201
<b>第 11 章 发电机的继电保护 .....</b>	<b>202</b>
11.1 发电机故障类型及其保护配置 .....	202
11.2 发电机的纵联差动保护 .....	205
11.3 发电机的匝间短路保护 .....	208
11.4 发电机定子绕组单相接地保护 .....	211
11.5 发电机励磁回路接地保护 .....	214
11.6 发电机的失磁保护 .....	215
11.7 发电机负序电流保护 .....	219
小结 .....	222
习题 .....	222
<b>第 12 章 电动机的继电保护 .....</b>	<b>224</b>
12.1 电动机的故障类型及保护配置 .....	224
12.2 电动机的电流速断保护和过负荷保护 .....	226
12.3 电动机的纵联差动保护 .....	228
12.4 电动机的单相接地保护 .....	229
12.5 电动机的低电压保护 .....	230
12.6 同步电动机的失步保护 .....	231
小结 .....	232
习题 .....	232
<b>第 13 章 电力电容器的继电保护 .....</b>	<b>234</b>
13.1 电力电容器的故障及保护配置 .....	234
13.2 由熔断器构成的电力电容器的保护 .....	236
13.3 电力电容器组的过电流保护 .....	237
13.4 电力电容器组的横联差动保护 .....	238

13.5 电力电容器组的中性点电流平衡保护.....	240
13.6 电力电容器组的过电压保护.....	240
小结.....	241
习题.....	242
<b>第 14 章 变配电所的自动装置</b> .....	<b>243</b>
14.1 备用电源自动投入装置.....	243
14.2 自动重合闸装置.....	251
14.3 按频率自动减负荷装置.....	269
小结.....	276
习题.....	277
附表 .....	279
参考文献 .....	286



# 第 1 章 二次回路的基本知识

**【教学要求】** 了解二次回路的作用及内容，弄清二次回路图形符号中的触点状态，了解二次设备的表示方法，了解二次回路接线图的分类，掌握二次回路接线图的基本读图方法。掌握互感器的极性、10%的误差曲线及常用的接线方式。

## 1.1 二次回路的基本概念

### 1.1.1 二次回路的内容

二次回路是发电厂及变配电所的重要组成部分，是电力系统安全、经济、稳定运行的重要保障。二次回路对于实现发电厂及变配电所安全、优质和经济地生产以及电能的输配，都具有极为重要的作用。随着发电机容量的增大，电气控制正向自动化、弱电化、微机化和综合化方面发展，使二次回路显得越来越重要。

发电厂及变配电所的电气设备通常分为一次设备和二次设备，其控制接线又可分为一次接线和二次接线。

一次设备是指直接生产、输送和分配电能的高电压、大电流的设备，如发电机、变压器、断路器、隔离开关、电力电缆、母线、输电线、电抗器、避雷器、高压熔断器、电流互感器、电压互感器等。

二次设备是指对一次设备起监察、控制、保护、调节、测量等作用的设备，如继电保护装置、测量仪表、控制与信号元件、操作电源等设备。

一次接线又称主接线，是将一次设备相互连接而成的电路。

二次接线又称二次回路，是将二次设备相互连接而成的电路。

二次回路是一个具有多种功能的复杂网络，其内容包括高压电气设备和输电线路的控制、调节、信号、测量与监察、继电保护与自动装置、操作电源等系统，各系统分述如下。

#### 1. 控制系统

控制系统由各种控制器具、控制对象和控制网络构成。其主要作用是对发电厂及变配电所的开关设备进行远方跳、合闸操作，以满足改变电力系统运行方式及处理故障的要求。控制系统按自动化程度分为手动控制、半自动控制 and 自动控制；按控制方式分为分散控制和集中控制；按控制距离分为就地控制和远方控制；按操作电源分为直流控制、交流控制、强电控制和弱电控制等。强电控制采用直流 110V 或 220V，交流 100V、5A；弱电控制采用直流 60V 以下，交流 50V、1A 以下。

#### 2. 信号系统

信号系统由信号发送机构、接收显示元件及其网络构成。其作用是准确、及时地显示出相应一次设备的工作状态，为运行人员提供操作、调节和处理故障的可靠依据。信号系



统按信号性质分为事故信号、预告信号、指挥信号、位置信号、继电保护及自动装置动作信号等；按信号的显示方式分为灯光信号、音响信号和其他显示信号；按信号的响应时间分为瞬时动作信号和延时动作信号；按信号复归方式分为手动复归信号和自动复归信号。

### 3. 测量与监察系统

测量与监察系统由各种电气测量仪表、监测装置、切换开关及其网络构成。其作用是指示或记录主要电气设备和输电线路的运行参数，作为生产调度和值班人员掌握电气一次系统的运行情况，进行经济核算和故障处理的主要依据。

### 4. 继电保护与自动装置系统

继电保护与自动装置系统由互感器、变换器、各种继电保护及自动装置、选择开关及其网络构成。其作用是监视电气一次系统的运行状况，一旦出现故障或不正常状态，系统自动进行处理并发出信号。

### 5. 调节系统

调节系统由测量机构、传送设备、执行元件及其网络构成。其作用是调节某些一次设备的工作参数，以保证一次设备和电力系统的安全、经济、稳定运行。调节方式分为手动、半自动和自动三种。

### 6. 操作电源系统

操作电源系统由直流电源设备和供电网络构成。其作用是供给上述各二次系统的工作电源，高压断路器的跳、合闸电源及其他重要设备的事故电源。大型变电所主要采用蓄电池组操作电源；中小型变配电所广泛采用整流型操作电源。

## 1.1.2 二次回路接线图的分类

二次回路接线图是采用国家规定的图形符号和文字符号（见附表），表示二次设备间连接关系的重要图纸。工程上通常采用三种形式的图，即原理接线图、展开接线图和安装接线图。二次接线图要求简明、准确地表示系统的运行状况，便于施工和调试，并符合国际电工委员会（IEC）标准。

### 1. 原理接线图

原理接线图是用来表示二次元件（继电保护与自动装置、测量仪表、控制开关等）的电气联系和工作原理的接线图。

### 2. 展开接线图

展开接线图又称为展开式原理接线图，简称展开图。它是根据原理接线图绘制的，将原理接线图按交流电流回路、交流电压回路和直流回路画成几个彼此独立的回路。展开接线图是安装、调试和检修的重要技术图纸，也是绘制安装接线图的主要依据。

### 3. 安装接线图

安装接线图是用来表明二次接线的实际情况，是控制屏（台）制造厂生产加工和现场安装施工用图，也是用户检修、实验等的主要参考图。安装接线图是根据展开接线图绘制的，包括屏面布置图、屏背面接线图和端子排图。

（1）屏面布置图（从屏正面看）。屏面布置图是将各种安装设备和仪表的实际位置按比例画出，它是屏背面接线图的依据，屏面布置图是主视图。

（2）屏背面接线图（从屏背后看）。屏背面接线图是表明屏内各设备之间的连接情况，



以及和端子排的连接情况，屏背面接线图是背视图。

(3) 端子排图（从屏背后看）。端子排图是表明屏内设备与屏外设备连接情况，以及屏上需要装设的端子类型、数目和排列顺序的图。

安装接线图是最具体的施工图，除典型的成套装置外，订货单位向制造厂家订购控制屏（台）时，必须提供展开接线图、屏面布置图和端子排图，作为厂家制造产品的依据。一般屏背面接线图由制造厂绘制，并随产品一起提供给订货单位。为了便于施工和查找，安装接线图中所有设备的端子和导线都注有走向标志和编号，将在后续内容中详细介绍。

### 1.1.3 二次回路图形符号中的触点状态

在二次回路中，继电器及其他电器元件触点位置均以一定的状态表示。电器元件通常有以下几种工作状态。

#### 1. 失势状态

失势状态是指电器元件的线圈尚未通电的状态。

#### 2. 原始状态

原始状态是指电器元件的线圈已投入工作，但尚未使电器动作的状态。例如，电流互感器回路中的电流继电器在正常工作时属于此状态。

#### 3. 工作状态

工作状态是指电器元件动作时的状态。例如，电气一次系统发生短路时电流继电器动作。

二次回路图中表示设备是按失势状态作为继电器与电器的正常状态。例如，继电器线圈内没有通电时作为正常状态，电气设备断开（如断路器跳闸）时作为正常状态。

通常继电器线圈在没有输入量的状态下，处于断开状态的触点称为动合触点（或常开触点）。当继电器线圈的输入量达到整定值时，其触点闭合。反之，继电器线圈在没有输入量的状态下，处于闭合状态的触点称为动断触点（或常闭触点）。当继电器线圈的输入量达到整定值时，其触点断开。

### 1.1.4 二次回路技术的发展

近几十年来，由于大型电力系统的形成，机组容量的增大，电子、微机、光纤等新技术的应用，大大推动了二次回路技术的发展。

二次回路技术水平的高低是发电厂及变配电站生产自动化程度的重要标志。发电厂及变配电站的控制方式是二次回路技术发展的重要体现。它从简单的就地分散控制，到现代化的综合控制，经历了以下三个发展阶段。

#### 1. 就地分散控制阶段

就地分散控制是对每一个被控制对象设置独立的控制回路，实行一对一的控制。这种控制方式简便易行，但不便于各设备间的协调配合，适用于小型变配电站。在中、大型变配电站中，只在 6~10kV 用户线路、互为备用的所用低压变压器和车间辅助变压器上采用。

#### 2. 集中控制阶段

集中控制是在发电厂及变配电站内设置一个中央控制室（又称主控制室），对发电厂及变配电站的主要电气设备（如主变压器、高压所用变压器、35kV 及以上电压的输电线路等）实行远方集中控制。采用集中控制时，相应的继电保护、自动装置也安装在中央控



制室内，不但可以节省操作电缆、便于调试维护，而且会提高运行的安全性。集中控制按选择控制对象方式分为一对一控制和一对 N 选线控制；按采用的电压、电流额定值大小分为强电控制和弱电控制。通常在我国 35kV 及以上的变电所，广泛采用集中控制。

### 3. 综合控制阶段

综合控制就是以电子计算机为核心，同时完成发电厂及变电所的控制、监察、保护、测量、调节、分析计算、计划决策等功能，实现最优化运行。综合控制是电力生产过程自动化水平高度发展的重要标志。

## 1.2 二次设备的表示方法

二次回路图中的图形符号、文字符号及回路标号应符合国家标准和国际 IEC 标准，标志的原则是简单易懂。

### 1.2.1 二次设备的图形符号

图形符号可以形象地表示设备、器具及其线圈和触点的类型，见附表 1 所示。它包括以下内容。

(1) 基本符号。基本符号一般不代表独立的设备和器具，它标注于设备和器具符号之旁（或之中），以说明某些特征或绕组的接线方式等。

(2) 一般符号。一般符号用以表示设备或元件类别，或用于与其他图形符号、物理符号、文字符号相结合派生出明细符号。

(3) 明细符号。明细符号用以代表具体器具和设备。

### 1.2.2 二次设备的文字符号

文字符号用以表示设备的名称、用途和特征。在二次接线图中二次设备除以一定图形表示外，为了更好地表达和传递图纸信息，还在图形上增注文字符号，见附表 2 所示。

#### 1. 在原理接线图上的文字符号

文字符号用以表示电工设备的名称、用途和特征。不同的设备和器具应标以不同的文字符号。同一电路图中相同型号的设备 and 器具也应在其文字符号前标以数字符号以示区别。它包括以下内容。

(1) 基本符号。基本符号用以标志电工设备及电路的基本名称。例如：断路器用 QF 表示，熔断器用 FU 表示。

(2) 辅助符号。辅助符号用以标志电工设备及线路的用途和主要特征。例如：电流用 A 表示，电压用 V 表示。

(3) 数字符号。数字符号用以区分出现在同一电路图上的几个相同设备或线路的顺序编号。

(4) 附加符号。附加符号用以标志同一电工设备或线路某些元件的附加特征或区分特征相同，但出现在不同电工设备或线路上的元件。例如 A 相用 A 表示。

例如：2TA<sub>C</sub>——表示 2 号电流互感器的 C 相。

#### 2. 屏面布置图上的文字符号

在屏面布置图上，为便于看出各设备安装单位及型号规格，还增加了安装单位编号及



设备表的顺序号。

例如：



其中 I——设备安装单位编号（如变压器保护）；

3——设备表的顺序号；

4KA——设备数字符号，它和原理图一致，此编号写于设备图内。

### 3. 安装接线图上的设备文字标号

在安装接线图上的设备标号必须与原理图和展开图一致，如图 1-1 所示。

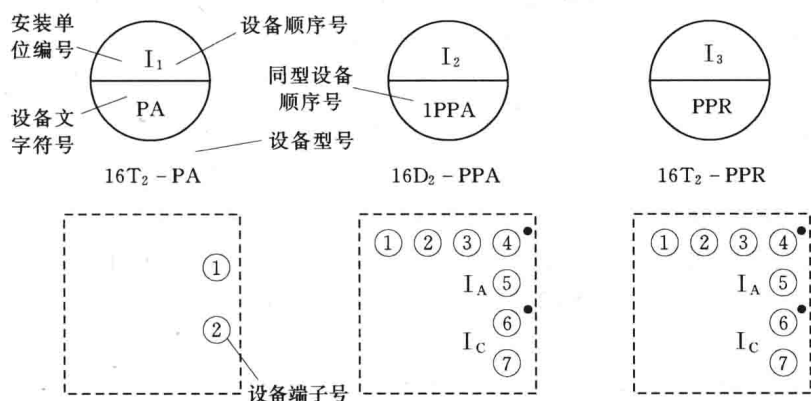


图 1-1 屏背面接线图中设备标志法

(1) 安装单位编号。安装单位编号是为了区别装在同一屏上不同一次设备所对应的二次设备而设置的。安装单位编号以罗马字符 I、II、III 等来表示。属于同一路馈线的有关二次设备，均标以相同的罗马字符。

(2) 设备顺序号。根据同一安装单位所用设备在屏上位置，自左而右，自上而下，用数字编号。如图 1-1 中，从左至右设备顺序号依次为 1、2、3。

(3) 设备文字符号。表示的是安装在屏上设备的符号。如图 1-1 中 PA 表示电流表，PPA 表示有功功率表，PPR 表示无功功率表。

(4) 同型设备顺序号。为区别同一安装单位中的几个相同的设备，故在设备文字编号前加上数字编号，如 1KA、2KA 等或 1KC、2KC 等。

此外，还规定了设备型号及设备端子号等。

## 1.3 二次回路的接线图

### 1.3.1 二次回路的标号

为了便于安装接线、运行和维护，在二次回路接线图中必须进行回路标号。所谓回路标号是指二次设备之间直接连接导线的编号。这些编号能表示该回路的性质和作用，在安装过程中能保证将导线或电缆芯线接到二次设备或端子排中相应的端子上，在检修或试验时能较为迅速地确定导线或电缆芯线所连接的设备。

### 1.3.1.1 二次回路标号的原则和方法

二次回路标号的基本原则和方法如下所述。

(1) 回路标号按“等电位”的原则进行，即在电气回路中，连接在同一点上的所有导线标以相同的回路标号。

(2) 电气设备的线圈、触点、电阻、电容等元件两端，一般给予不同的回路标号；对于在接线图中不经过端子而在屏内直接连接的回路，可不标号。

(3) 回路标号用三位或三位以下的数字组成。交流回路为区别相别，在数字前面加A、B、C、N、L等文字符号。

(4) 回路标号中的文字标号须用汉语拼音字母的大写印刷体，数字标号与文字标号并列，且大小相同。垂直回路中，回路标号的顺序采用自上而下或自上、下至中。水平回路中，回路标号的顺序采用自左至右或自左、右至中。标号一般标注于连接导线的上方。

(5) 直流回路先从正电源出发，以奇数顺序标号（如1、3、5、…），直至最后一个有压降的元件，则再从负极开始以按偶数顺序标号（如2、4、6、…），至已有编号的结点为止。交流回路不分奇数和偶数，从电源处开始按顺序编号。

(6) 不同功能的回路有相应的编号范围，如1~99由控制回路采用，101~199由保护回路采用，400~799为互感器回路采用等。

### 1.3.1.2 二次回路标号

二次回路标号的方法是将二次回路按用途分组，每组给以一定范围的数字编号。

#### 1. 交流回路标号的数字范围

二次交流回路数字标号范围如表1-1所示。二次交流回路标号的具体规定如下所述。

(1) 交流电流和电压回路的编号不分奇偶数，从电源处开始按顺序编号。

(2) 电流互感器与电压互感器二次回路的编号与其一次接线图对应分组。

(3) 小母线用粗线段表示，并注以文字标号。

(4) 在控制和信号回路中，一些辅助小母线和交流电压小母线，除文字符号外，还给予固定的数字编号。

表 1-1 二次交流回路数字标号组

回路名称	互感器的文字符号	回路标号组				
		A相	B相	C相	中线(N)	零序(L)
保护装置及测量表的电流回路	TA	A40~A409	B401~B409	C401~C409	N401~N409	L401~L409
	1TA	A41~A419	B411~B419	C411~C419	N411~N419	L411~L419
	2TA	A42~A429	B421~B429	C421~C429	N421~N429	L421~L429
保护装置及测量表的电压回路	TV	A60~A609	B601~B609	C601~C609	N601~N609	L601~L609
	1TV	A61~A619	B611~B619	C611~C619	N611~N619	L611~L619
	2TV	A62~A629	B621~B629	C621~C629	N621~N629	L621~L629
控制保护及信号回路		A1~A339	B1~B339	C1~C339	N1~N339	
绝缘监察电压表的公共回路		A700	B700	C700	N700	



## 2. 直流回路标号的数字范围

二次直流回路数字标号范围如表 1-2 所示。

表 1-2 二次直流回路数字标号组

回路名称	数字标号组			
	I	II	III	IV
正 (+) 电源回路	1	101	201	301
负 (-) 电源回路	2	102	202	302
合闸回路	3~31	103~131	203~231	303~331
绿灯或跳闸回路监视继电器回路	5	105	205	305
跳闸回路	33~49	133~149	233~249	333~349
红灯或合闸回路监视继电器回路	35	135	235	335
备用电源自动合闸回路	50~69	150~169	250~269	350~369
开关器具的信号回路	70~89	170~189	270~289	370~389
事故跳闸音响信号回路	90~99	190~199	290~299	390~399
保护及自动重合闸回路	01~099 (或 J1~J99)			
机组自动控制回路	401~599			
励磁控制回路	601~649			
发电机励磁回路	651~699			
信号及其他回路	701~999			

二次直流回路标号的具体规定如下所述。

(1) 表中几个数字标号组，每一组用于由一对熔断器引下的控制回路标号。如对于三绕组变压器，每一侧装一台断路器，其符号分别为 1QF、2QF 和 3QF，则控制回路标号相应取 101~199、201~299 和 301~399。

(2) 回路标号从正电源开始以奇数顺序标号，直至最后一个有压降的元件为止。如果最后一个有压降的元件通过连接片、开关或者继电器触点接到负极，接着应从负极开始以偶数顺序编号直至上述奇数编号的节点为止。

(3) 在具体工程接线中，并不是对展开接线图中的每一个节点都进行回路编号，而只对引至端子排上的回路加以编号。在同一屏内相连接的设备，在屏背面接线图中另有标志方法。

### 1.3.2 原理接线图

原理接线图也称为归总式原理接线图，它是用来表示二次设备间的电气联系和工作原理的接线图。在原理接线图中所有的仪表和电气元件都以整体的形式绘制在一张图上，相互联系的电压回路、电流回路和直流回路都绘制在一起，为了表明二次回路对一次回路的作用，应将一次回路有关部分也画在原理接线图内。通过原理接线图可以清楚了解到二次设备构成、数量以及接线情况。原理接线图是按动作顺序画出的，便于分析工作原理，同时它也是绘制展开接线图和其他工程图的原始依据。

用图 1-2 为例说明原理接线图的特点。

由图 1-2 可知，整套保护装置由四只继电器构成。电流继电器 1KA、2KA 的线圈分

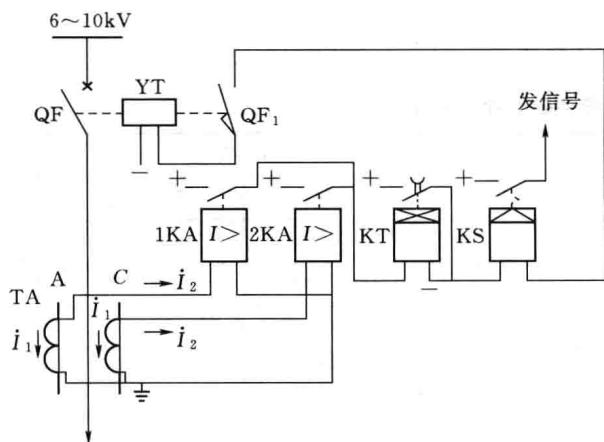


图 1-2 6~10kV 线路过流保护原理接线图

别接于 A、C 相上电流互感器的二次侧。当线路发生短路时（如三相短路），流过线路的短路电流增大，使流过 1KA、2KA 线圈的电流也增大，若短路电流大于保护装置的整定值时，1KA、2KA 动作，其动合触点闭合，接通时间继电器 KT 线圈回路，KT 起动，经过预定的时限，KT 延时闭合的动合触点闭合，正电源经其触点和信号继电器 KS 线圈以及断路器的常开辅助触点 QF1 和断路器跳闸线圈 YT 接至负电源。信号继电器 KS 线圈和断路器跳闸线圈 YT 同

时得电，两者同时动作，使断路器跳闸，并经信号继电器 KS 的动合触点闭合发出信号。

由于原理接线图上各元件之间的联系是整体连接表示的，没有画出它们内部的接线和引出端子的编号、回路的编号，信号部分仅标出“至信号”，并无具体接线。因此，只有原理接线图是不能进行二次回路施工的，还需要有其他图纸配合才可以，而展开接线图就是其中一种。

### 1.3.3 展开接线图

展开接线图又称为展开式原理接线图，简称展开图。它是根据原理接线图绘制的，将原理接线图分成交流电流回路、交流电压回路、信号回路和直流回路等几个彼此独立的回路，这样同一个元件的线圈和触点可能位于不同的回路中，为了避免混淆，属于同一元件的线圈和触点采用相同的文字符号。展开接线图是安装、调试和检修的重要技术图纸，也是绘制安装接线图的主要依据。

展开接线图中的交流电流回路和交流电压回路，都是按 A、B、C、N 相序分行排列的；直流回路分为测量回路、控制回路、合闸回路及保护回路等；直流母线或交流电压母线用粗线条表示，用来区别于其他回路的联络线。各回路的动作顺序是自上而下、自左而右排列的；各导线、端子都有统一规定的回路编号和标号，便于查线、施工和维修；图形的右侧应有对应的文字说明，如回路名称、用途等，便于读图和分析。

阅读展开接线图的方法可以归纳如下。

- (1) 先一次接线，后二次接线。
- (2) 由图上文字说明，先看交流回路，再看直流回路。
- (3) 对各种继电器和装置，先找到起动线圈，再找相应的触点。
- (4) 对同一回路，由上到下，对同一行，由左到右。
- (5) 对于事故设备分析，先找动作部分，再找相应的信号。

下面以 6~10kV 线路过电流保护为例加以分析说明。

图 1-3 是根据图 1-2 所示的原理接线图绘制的展开接线图。对其分析如下。

- (1) 根据原理接线图，展开接线图分为：①交流回路，见图 1-3 (b)；②保护回路，



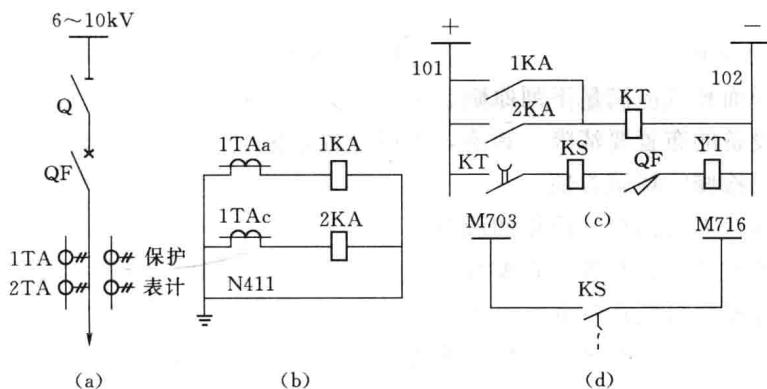


图 1-3 6~10kV 线路过流保护展开接线图

(a) 主接线图；(b) 交流回路；(c) 保护回路；(d) 信号回路

见图 1-3 (c)；③信号回路，见图 1-3 (d)。另外，还有与保护有关的输电线一次系统，见图 1-3 (a)。

(2) 在交流回路中，作为保护用的电流互感器 1TA，采用两相不完全星形接线，即在 A、C 相各接入一只电流继电器线圈 1KA、2KA，经公共线 N411 连成闭合回路。电流互感器 1TA 的二次绕组是交流回路的电源。

(3) 在直流回路中，正电源在左，负电源在右，其回路分别用 101 和 102 标出。该图第一行 1KA 和第二行 2KA 并联组成时间继电器 KT 的起动回路，第三行为断路器跳闸回路。

(4) 在信号回路中，M703、M716 为“掉牌未复归”光字牌小母线。

整套保护装置动作过程是当线路发生短路时（如三相短路），流过电流互感器 1TA 的一次侧电流增大，其二次侧绕组流过电流也相应增大，若大于电流继电器的动作值，则 1KA、2KA 动作。在直流回路中的电流继电器 1KA、2KA 的动合触点闭合，接通时间继电器 KT 的线圈回路，KT 延时闭合的动合触点经一定时限后闭合，接通断路器跳闸回路，断路器跳闸线圈 YT 和信号继电器 KS 线圈中有电流流过，使断路器跳闸，切断故障线路，同时信号继电器 KS 动作，发出信号并掉牌。在信号回路中的带自保持的动合触点闭合，光字牌点亮，显示“掉牌未复归”灯光信号。

比较图 1-2 和图 1-3 可知，展开接线图接线清晰、动作层次分明，更便于理解。

### 1.3.4 安装接线图

安装接线图是提供给厂家制造屏和柜的图纸，也是进行二次接线的主要施工图。安装接线图经过现场安装施工和试运行检验并修改后，成为对电气二次回路进行维护、试验和检修的基本图纸。安装接线图一般包括屏面布置图、端子排图和屏背面接线图。

#### 1.3.4.1 屏面布置图

屏面布置图是标明二次设备在控制屏（台）、保护屏上安装布置情况的图纸。屏面布置图应按比例画出屏上各设备的安装位置、外形尺寸及中心线的尺寸，并应附有设备表，列出屏上设备的名称、型号、技术数据及数量等，以便制造厂备料和安装加工。屏顶装设小母线，屏后两侧装端子排，屏背面的上方铁架上装设熔断器、小刀闸、警铃、蜂鸣