

中等专业学校教材



发电厂及变电站二次接线

北京电力专科学校 陈景惠 主编



中等专业学校教材

发电厂及变电站二次接线

北京电力专科学校 陈景惠 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

全书共分九章,主要讲述:发电厂及变电站二次接线的基础理论知识;二次设备的结构、工作原理;典型二次回路的构成及分析方法;二次回路安装接线图设计基础知识。每章的后面还附有复习思考题。

本书是中等专业学校电力系统继电保护与自动装置专业的教材,也可供从事继电保护工作和二次接线设计、安装等工作的工程技术人员及技术工人参考。

中等专业学校教材

发电厂及变电站二次接线

北京电力专科学校 陈景惠 主编

*

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

*

787×1092毫米 16开本 8.25印张 182千字

1992年11月第一版 1992年11月北京第一次印刷

印数00001—15600 册

ISBN 7-120-01548-6/TM·426

定价2.05元

前 言

发电厂及变电站二次接线是中等专业学校电力系统继电保护与自动装置专业的一门专业课程。

本书是根据1989年全国电力中等专业学校教材规划会议，关于电力工程类教材编审、出版规划，及电力系统继电保护与自动装置专业的发电厂、变电站二次接线教学大纲的要求编写的。

全书分为九章，分别讲述互感器、测量回路、操作电源、高压断路器的控制回路、信号回路、同期回路、隔离开关的控制与误操作闭锁回路、二次接线设计基础知识等。为适应中等专业学校教学的特点，全面达到教学大纲要求，本书取材从我国电网实际出发，着重于基本专业理论知识的论述，紧密联系生产实际，文字通俗易懂，以提高学生独立分析问题与解决问题的能力为目的。

本书第一、三、五、八、九章由北京电力专科学校陈景惠编写；第二、四、六、七章由重庆电力学校喻绍本编写。陈景惠为本书主编。

本书初稿完成后由沈阳电力专科学校陈迪祥高级工程师进行了审阅。

本书的编写提纲和初稿，经过中专电力教学研究会继电保护专业组会议讨论审阅，并听取了华北电管局、重庆电业局、西南电力设计院等单位的意见。西安电力学校高永昌副教授、陈念云讲师，重庆电力学校陈继森副教授，杭州电力学校熊为群高级讲师，南京电力专科学校金建源副教授，重庆电业局黄白云高级工程师、陈远鹏工程师，西南电力设计院覃昌荣工程师等，对本书的编写工作也提出了宝贵意见。在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中谬误之处在所难免，诚恳希望各校师生和读者批评指正。

编 者

1991年2月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
一、二次接线的内容；二、二次接线图的分类；三、二次接线技术的发展	
第二章 互感器	6
第一节 电流互感器	6
一、概述；二、基本工作原理、分类和结构；三、极性与一、二次电流的正方向；四、工作误差和准确度等级；五、电流互感器的接线方式；六、电流互感器二次负载阻抗的计算	
第二节 电压互感器	12
一、概述；二、基本工作原理、分类和结构；三、极性与一、二次电压正方向；四、工作误差和准确度等级；五、电压互感器的接线方式；六、电压互感器的二次接线图实例；七、电压互感器的选择	
第三章 测量回路	23
第一节 概述	23
第二节 电测量仪表的配置原则	23
第三节 测量回路实例	25
第四节 测量仪表的选择	26
一、测量仪表类型的选择；二、仪表准确度等级和量限的选择	
第五节 弱电选线测量技术简介	28
一、选线测量技术的应用；二、弱电有触点选线测量装置举例	
第四章 操作电源	30
第一节 概述	30
一、对操作电源的基本要求；二、操作电源的种类；三、直流负载的分类	
第二节 蓄电池组直流操作电源	31
一、蓄电池的类型与工作原理；二、蓄电池组的运行方式；三、蓄电池数量的选择	
第三节 直流供电网络	36
一、直流网络供电原则；二、直流供电网络	
第四节 直流系统的监察与闪光装置	39
一、绝缘监察装置；二、电压监察装置；三、直流闪光电源装置	
第五章 高压断路器的控制回路	44
第一节 概述	44
一、断路器的控制方式；二、对断路器控制回路的基本要求；三、断路器控制与信号回路的构成	
第二节 控制开关	48
一、LW2型转换开关的结构与操作特点；二、LW2型转换开关的主要技术性能；三、LW2型转换开关触点表	
第三节 灯光监察电磁操作机构断路器的控制回路	50
一、基本电路；二、电路工作状态分析	
第四节 灯光监察液压操作机构断路器的控制回路	52

一、对液压操作机构的特殊要求；二、基本电路及工作状态分析	
第五节 灯光监察弹簧储能操作断路器的控制回路	54
一、对弹簧储能操作的特殊要求；二、基本电路及工作状态分析	
第六节 音响监察断路器的控制与信号回路	55
一、基本电路；二、电路工作状态分析	
第七节 压缩空气操作断路器的控制回路	57
一、基本电路；二、电路工作状态分析	
第八节 断路器的弱电选线控制简介	59
一、对弱电选线控制的基本要求；二、弱电选线控制回路举例	
第六章 信号回路	62
第一节 概述	62
一、信号回路的作用；二、信号回路的种类	
第二节 位置信号	63
一、隔离开关位置信号；二、有载调压变压器调压分接头位置信号	
第三节 指挥信号	66
一、指挥信号的作用；二、指挥信号电路；三、指挥信号使用方法	
第四节 中央信号	67
一、中央信号的构成；二、冲击继电器；三、中央事故信号典型电路；四、中央预告信号典型电路	
第七章 同期回路	76
第一节 概述	76
一、同期方法；二、同期方式的选择；三、同期点的设置	
第二节 同期系统的交流电压回路	78
一、手动准同期装置的同期测量元件；二、同期点电压抽取；三、同期系统中的闭锁措施	
第三节 发电厂的同期系统接线	83
一、对手动准同期系统接线的要求；二、分散手动准同期装置的接线；三、集中手动准同期装置的接线；四、单元控制同期点的设置及同期接线；五、单相同期系统及同相制、混相制同期系统简介	
第八章 隔离开关的控制与误操作闭锁回路	90
第一节 概述	90
第二节 隔离开关的控制回路	90
第三节 隔离开关的电气闭锁回路	91
一、电锁和电钥匙；二、单母线系统的电气闭锁回路；三、双母线系统的电气闭锁回路；四、发电机——双绕组变压器组电气闭锁回路	
第九章 二次接线设计基础知识	96
第一节 常用二次设备及其选择	96
一、控制与信号回路辅助中间继电器的选择；二、信号继电器及其附加电阻的选择；三、断路器位置信号灯及附加电阻的选择；四、二次回路保护设备的配置与选择；五、小母线的布置	
第二节 一个安装单位的二次接线图	102
一、安装单位的划分；二、一个安装单位的二次接线图	
第三节 二次回路编号	104
一、直流回路编号；二、交流回路编号；三、小母线编号	
第四节 控制与继电器屏的屏面布置图设计	105

一、控制屏的屏面布置；二、继电器屏的屏面布置

第五节 端子排设计	107
-----------------	-----

一、端子排的种类与用途；二、端子排的表示方法；三、端子排的设计原则

第六节 控制与继电器屏背面接线图设计	110
--------------------------	-----

一、相对标号法；二、设计背面接线图的一般程序；三、屏内设备之间的接线；四、屏内设备与端子排的接线

附录	115
----------	-----

附表1 继电器、接触器线圈图形符号	115
-------------------------	-----

附表2 触点图形符号	116
------------------	-----

附表3 测量仪表和信号器件图形符号	118
-------------------------	-----

附表4 常用文字符号	120
------------------	-----

附表5 小母线文字符号和回路编号	122
------------------------	-----

附表6 直流回路编号	124
------------------	-----

附表7 交流回路编号	125
------------------	-----

第一章 绪 论

一、二次接线的内容

发电厂及变电站的电气设备，按其作用的不同一般分为一次设备和二次设备。一次设备是直接生产、输送和分配电能的设备，如同步发电机、电力变压器、电力母线、高压输电线路、高压断路器等。一次设备及其相互间的连接电路称为一次接线或主接线，是构成电力系统的主体。对一次设备起控制、保护、调节、测量等作用的设备称为二次设备，如控制与信号器具、继电保护及安全自动装置、电气测量仪表、操作电源等。二次设备及其相互间的连接电路称为二次接线或二次回路。二次接线是电力系统安全、经济、稳定运行的重要保障，是发电厂及变电站电气系统的重要组成部分。

二次接线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。

(1) 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电站的开关设备进行远方跳、合闸操作，以满足改变主系统运行方式及处理故障的要求。控制系统按自动化程度的不同分为手动控制、半自动控制和自动控制；按控制方式的不同分为分散控制和集中控制；按控制距离的不同分为就地控制和远方控制；按操作电源的不同分为直流控制、交流控制、强电控制和弱电控制等。

(2) 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的不同分为事故信号、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；按信号的显示方式不同分为灯光信号、音响信号和其他显示信号；按信号的响应时间不同分为瞬时动作信号和延时动作信号；按信号的复归方式不同分为手动复归信号和自动复归信号。

(3) 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主系统的运行情况，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。其作用是监视主系统的运行状况，一旦出现故障或异常便自动进行处理，并发出信号。由于继电保护及自动装置已形成独立的专业技术，设有专门课程进行系统的讲授，因此，本教材只对其外部接线作简要论述。

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

(6) 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。发电厂及大型变电站主要采用蓄电池组操作电源；中小型变电站广泛采用整流型操作电源。

二、二次接线图的分类

图纸是工程的语言。二次接线图是发电厂及变电站的重要技术资料。为了使图纸简洁清晰，满足订货、安装、运行的要求，绘制二次接线图必须使用国家标准规定的图形符号，并遵守一定的绘图规则。二次接线常用的图形符号见附表1、附表2、附表3；常用的文字符号见附表四。

发电厂及变电站的二次接线图数量很多，为了便于利用和管理，按用途和绘制方法的不同，一般分为原理图、布置图、安装图 and 解释性图四类。

1. 原理接线图

原理接线图是二次接线的原始图纸，用以表述二次回路的构成、相互动作顺序和工作原理。在我国，习惯上把原理图分为归总式和展开式两种形式。

(1) 归总式原理图，是一种将二次回路与有关一次设备画在一起，以整体图形符号表示二次设备，按电路实际连接关系绘制的图纸。由于这种图能清楚的表达回路的构成和工作原理，在二次接线初步设计阶段广泛采用。

35kV输电线路电流保护的归总式原理图，如图1-1所示。

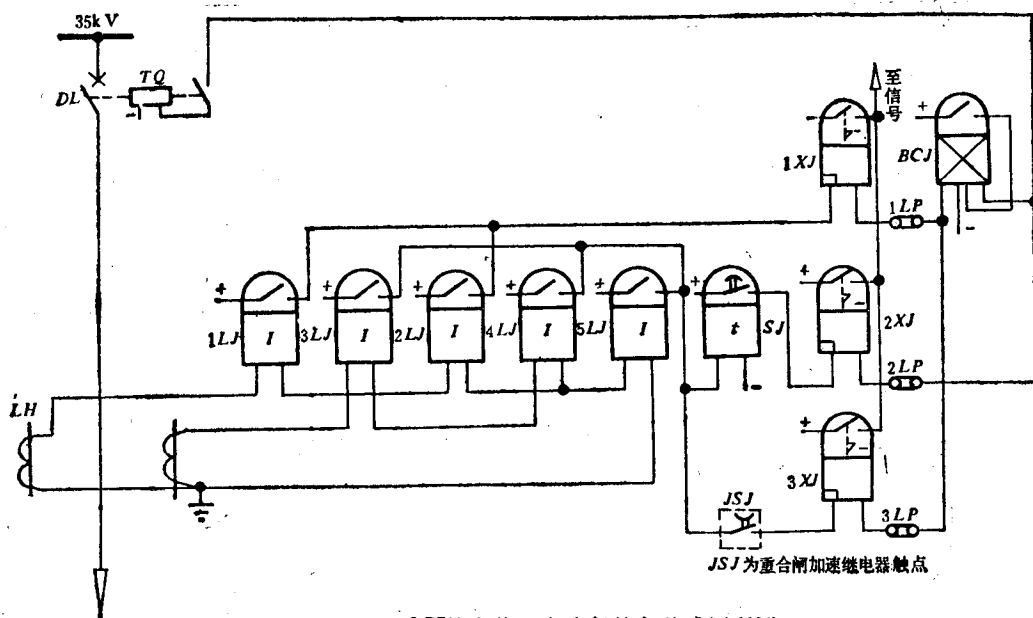


图 1-1 35kV输电线路电流保护归总式原理图

(2) 展开式原理图，是将二次设备的线圈与触点分别用图形符号表示，按回路性质的不同分为几部分（如交流电流回路、交流电压回路、直流操作回路、信号回路等）绘制的图纸。展开式原理图与归总式原理图所表达的内容完全是一样的，但展开图能更清晰地表明设备间的连接关系，更便于复杂电路图的绘制，是二次接线使用最广泛的图。

在展开图中，对同一个二次设备的线圈和触点要标以相同的文字符号，小母线和每一个回路也都要按等电位原则给以回路编号。小母线和回路编号的规定见附表五、附表六、附表七。

35kV输电线路电流保护的展开式原理图，如图1-2所示。

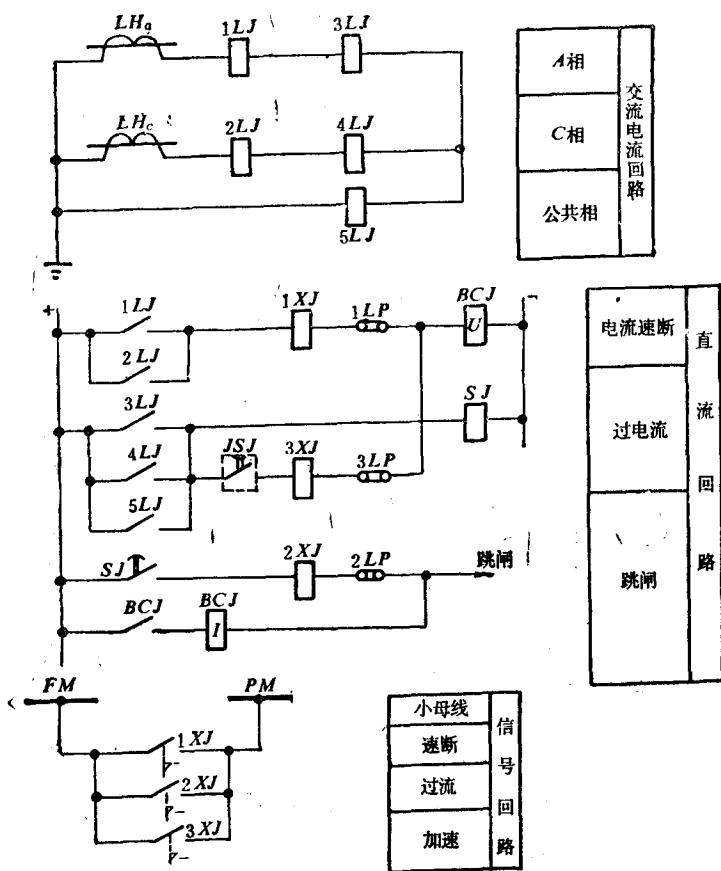


图 1-2 35kV输电线路电流保护的展开式原理图

2. 布置图

二次接线的布置图有控制室的平面布置图，控制与继电器屏的屏面布置图，控制室、配电装置的小母线布置图等数种。这些都是二次接线施工设计不可缺少的内容。绘制布置图要以发电厂、变电站的整体规划和有关原理图为依据，并要满足二次接线设计有关技术规定。

火力发电厂主控制室的平面布置图，如图1-3所示。

3. 安装接线图

二次安装接线图是以原理图和布置图为依据，按照安装图设计的有关具体要求绘制，供二次屏的配线及二次设备安装使用的图纸。最常用的安装接线图是控制与继电器屏的背面接线图和单元二次安装接线图。

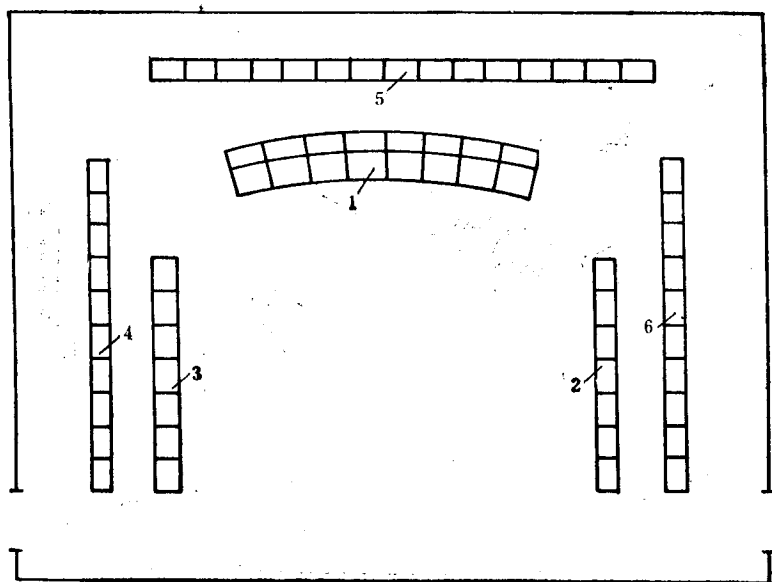


图 1-3 主控制室平面布置图

1—主设备控制屏台；2—厂用电控制屏与直流屏；3—线路控制屏；4~6—继电保护、自动与远动装置、电度表与记录仪表等屏

（1）背面接线图。背面接线图是以屏面布置图、原理图、端子排图等为依据，按照一定的规则绘制的供屏内设备的安装、布线用图。屏内安装的设备用轮廓线示出。屏后的侧面安装端子排，作为连接屏内外设备的元件。屏内的连接线用对面标号法表示。这样，不仅大大减少了绘图工作量，而且使图纸更加清楚，使用更方便。

（2）单元二次安装接线图。单元二次安装接线图是在配电装置内，以每个一次设备为单元绘制的二次接线安装图。单元二次安装接线图的内容与配电装置的类型有关。采用成套设备（如成套开关柜）时，现场安装接线图就比较简单；采用装配式结构，就必须有详细、完善的安装图才能满足施工的要求。

我国35kV及以上电压的配电装置，多采用装配式结构，高压断路器、互感器、电力变压器以及同步发电机等都要绘制单元二次安装接线图。

4. 解释性图

解释性图是除了原理图、布置图和安装图以外根据实际需要绘制的图。常用的解释性图有表示生产工艺流程的示意图；表示操作及动作过程的逻辑框图；继电保护、自动装置及测量仪表的配置图；二次电缆联系图以及二次系统图等。

三、二次接线技术的发展

发电厂及变电站二次接线技术的发展和电力系统的发展一样，经历过从简单到复杂，从低级到高级的发展过程。近三四十年来，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，大大推动了二次接线技术的发展。

二次接线技术水平的高低是发电厂及变电站生产自动化程度的重要标志。发电厂及变电站的控制方式是二次接线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，经历了以下四个发展阶段。

1. 就地分散控制

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，但不便于各机组、设备间的协调配合，适用于小型发电厂及变电站。在中、大型发电厂及变电站中，只在6~10kV用户线路、互为备用的厂用低压变压器和车间辅助变压器上采用。

2. 集中控制

集中控制是在发电厂或变电站内设置一个中央控制室（又称主控制室），对全厂（站）的主要电气设备（如同步发电机、主变压器、高压厂用变压器、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的不同，分为一对一控制和一对N选线控制；按采用的电压、电流额定值大小的不同，分为强电控制和弱电控制。通常：强电控制采用直流110V或220V，交流100V、5A；弱电控制采用直流60V或以下，交流50V、1A或以下。在我国单机容量为100MW及以下的发电厂和35kV以上的变电站，广泛采用中央控制室控制。

3. 单元控制

单元控制是单机容量在200MW及以上发电厂采用的控制方式。按单元制控制时，炉、机、电按单元制运行，设置数个单元控制室和一个网络控制室。每个单元控制室集中控制两台机组的设备，电气部分包括：发电机或发电机——双绕组变压器组，高压厂用工作及备用变压器和其他需要集中控制的设备。在网络控制室控制三绕组及自耦变压器、高压母线设备和110kV及以上高压输电线路。继电保护、自动装置和仪表安装在相应的单元和网络控制室，或与其相毗邻的房间内。

运行实践表明，采用单元控制有利于运行人员的协调配合，尤其是便于炉、机、电的统一指挥调度和事故处理，并可大大改善炉、机值班人员的工作条件，是当前我国大型发电厂主要采用的控制方式。

4. 综合控制

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站的控制、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，我国正在积极地进行这方面的技术研究和开发工作，并已取得成果。

复习思考题

1. 什么是二次接线？二次接线主要包括哪些系统？

2. 二次接线图分为几类？简要说明其特点和用途？

3. 发电厂及变电站的控制方式有几种？发电厂的中央控制室、单元控制室和网络控制室分别控制哪些设备？

第二章 互 感 器

第一节 电 流 互 感 器

一、概 述

电流互感器是一次电气回路和二次电气回路之间的连接设备。其基本作用是进行交流电流的变换,即将高压电流及低压大电流变换成适合继电保护装置、自动装置及测量仪表等工作的小电流(一般额定值为5A或1A),并实现一次高压电路和二次低压电路间的电气隔离。由于电流互感器的应用,大大提高了二次设备工作的准确度和可靠性,并实现了标准化,降低了费用,使二次设备和工作人员的安全也得到了保证。

二、基本工作原理、分类和结构

电流互感器的原理性结构,如图2-1所示。在硅钢片(或镍合金片)叠成的铁芯1上绕有一次绕组(又称原绕组)2和二次绕组(又称副绕组)3。一次绕组的匝数很少,使用时直接串接在一次电路中;二次绕组的匝数很多,与二次负载(即继电器、测量仪表的电流线圈)连接。电流互感器的基本工作原理与一般变压器工作原理相同,

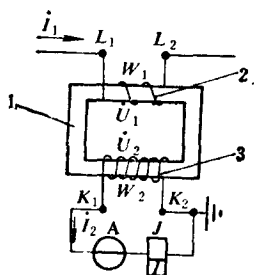


图 2-1 电流互感器原理结构
1—铁芯; 2—一次绕组; 3—二次绕组

当一次绕组通过电流 $\dot{I}_1$ 时,铁芯中出现交变主磁通,二次绕组上便感应出电势 $\dot{E}_2$,在二次绕组和负载构成的闭合回路内产生二次电流 $\dot{I}_2$,一次电流与二次电流的比值称为变流比。二次电流的存在会使铁芯中的磁通密度大大降低,这是因为二次电流产生的磁通对一次电流建立的主磁通是起去磁作用的。

电流互感器正常工作时二次负载阻抗很小,二次绕组接近于短路状态,二次电流的大小由一次电流决定,几乎不受二次负载变化的影响,这是电流互感器的显著特点。

电流互感器的种类和分类方法很多。按工作电压不同分为高压电流互感器和低压电流互感器;按使用环境和安装地点不同分为户内式、户外式和套管式;按绝缘形式不同分为干式、油浸式和浇注式;按铁芯结构不同分为单铁芯式、多铁芯式;按准确度等级不同分为0.2、0.5、1、3、10五个等级。

为了适应不同用途、不同电压等级和不同安装使用条件的要求,电流互感器制造有多种结构型式。下面以220kV电容式绝缘电流互感器(见图2-2)为例,说明电流互感器的结构情况。

该电容式绝缘电流互感的一次绕组制成U形,包扎上主绝缘。为了提高主绝缘强度,在绝缘中放置一定数量的同心圆筒形电容屏,并将最外层电容屏接地。这样,各电容屏就形成了一个串联电容器组。铁芯3上缠绕二次绕组。一次绕组端子10对地的绝缘靠瓷套管6起作用。瓷套管的下部是圆筒形油箱1。油箱的正面装有二次接线盒2。瓷套管的上部

表 2-1

电流互感器的额定一次电压和额定一次电流等级

额定一次电压等级 (kV)	0.5; 3; 6; 10; 15; 20; 35; 63; 110; 220; 330; 500
额定一次电流等级 (A)	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 15000; 20000

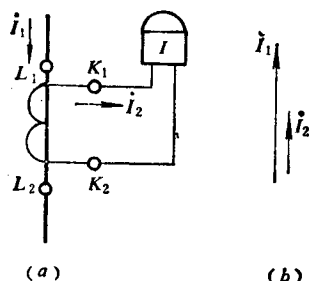


图 2-3 电流互感器的极性和一、二次电流相量
(a)极性标注方法; (b)一、二次电流相量图

是用不导磁的铝合金铸造的储油柜 8 和金属膨胀器（图中未表示）。瓷套管、油箱与储油柜之间的连接用压圈式卡接。本电流互感器制造有四个二次绕组，其中一个供测量仪表用，另外三个供继电保护装置用。

电流互感器的主要技术参数有：额定电压、额定变流比、准确度等级、额定二次负载、1s 热稳定倍数及动稳定倍数等。在选用电流互感器时，需查阅有关资料。

电流互感器的额定一次电压和额定一次电流等级，如表 2-1 所示。

三、极性与一、二次电流的正方向

电流互感器的一、二次绕组必须标注极性，以便保证其二次回路接线的正确。

极性的标注方法如图 2-3(a) 所示。用 L_1 、 L_2 表示一次绕组的两个端头， K_1 、 K_2 表示二次绕组的两个端头， L_1 与 K_1 为一、二次绕组的同极性端（简称同名端）。当一次电流从 L_1 流入一次绕组时，二次电流即从 K_1 流出。其一、二次电流的相位关系如图 2-3(b) 所示。以上标注极性的方法是遵循了所谓“减极性原则”，即一、二次电流产生的磁通在

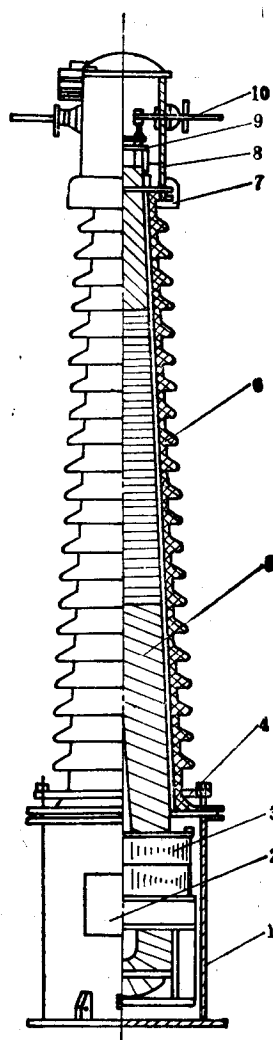


图 2-2 220kV 电容式绝缘电流互感器结构

1—油箱；2—二次接线盒；3—铁芯及绕组；4—压圈式卡接装置；5—U形绕组；6—瓷套管；7—均压护罩；8—储油柜；9—一次绕组换接装置；10—一次出线端子

磁路中相减的原则。电流互感器采用减极性原则标注极性，使电路分析计算工作变得简单、清楚，在电力系统继电保护、自动装置和二次接线技术中被采用。

四、工作误差和准确度级

(一) 等值电路和相量图

由于多方面的原因，电流互感器在工作时总是存在有一定的误差。为了使电流互感器满足测量仪表、继电保护及自动装置等对测量准确度的要求，必须研究误差产生的原因和提高工作准确度的方法。利用等值电路和相量图分析电流互感器的误差，方法简便，容易掌握，得到广泛应用。

电流互感器的等值电路和相量图，如图2-4所示。等值电路中的 $\dot{I}_1'$ （一次电流）、 $\dot{U}_1'$ （一次电压）、 Z_1' （一次绕组阻抗）、 $\dot{I}_{1c}$ （励磁电流）、 Z_{1c} （励磁阻抗）为归算至二次侧的一次绕组参数。 $\dot{I}_2$ （二次电流）、 $\dot{U}_2$ （二次电压）、 $\dot{E}_2$ （二次电势）、 Z_2 （二次绕组阻抗）为二次绕组参数。 Z_{fh} 为负载阻抗。

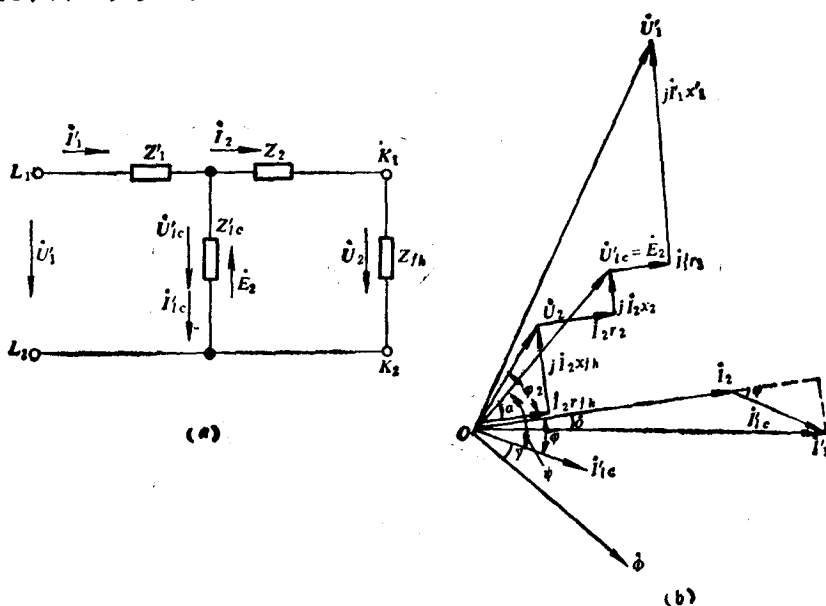


图 2-4 电流互感器的等值电路和相量图

(a)等值电路；(b)相量图

据等值电路可列出方程式

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_2 &= \dot{I}_2 Z_{fh} = \dot{I}_2 (r_{fh} + jx_{fh}) \\ \dot{U}_{1c} &= \dot{U}_1 + \dot{I}_2 Z_2 = \dot{U}_1 + \dot{I}_2 (r_2 + jx_2) \\ \dot{I}_{1c} &= \frac{\dot{U}_{1c}}{Z_{1c}} \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 + \dot{I}_{1c} \\ \dot{U}_1 &= \dot{U}_{1c} + \dot{I}_1 Z_1' = \dot{U}_{1c} + \dot{I}_1 (r_1' + jx_1') \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$

再依据上列方程式并以 $\dot{I}_2$ 为基准相量，即可画出相量图。从图2-4(b)相量图可见，电流互感器的一次电流 $\dot{I}_1$ 和二次电流 $\dot{I}_2$ 的大小和相位并不完全相同，也就是存在有数值误差

和角度误差；同时也可看出，产生误差的根本原因是励磁电流的存在。

（二）变比误差与角度误差

电流互感器数值大小的误差称为变比误差；相位误差称为角度误差。

1. 变比误差

电流互感器的变比误差，用二次电流乘以额定变比与一次电流的算术差，对一次电流的百分数表示，即

$$f_i = \frac{n_n I_2 - I_1}{I_1} \times 100\% \quad (2-2)$$

式中 n_n ——电流互感器额定变比，为一次额定电流与二次额定电流的比值。

从理论讲，变比误差为没有量纲的量，并永远为负值，但由于电流互感器在制造时采取了补偿措施，也可能出现正的变比误差。

2. 角度误差

电流互感器的角度误差就是一次电流 $\dot{I}_1$ 与二次电流 $\dot{I}_2$ 之间的相位差角。通常，规定当 $\dot{I}_2$ 超前 $\dot{I}_1$ 时角误差为正值，否则为负值。角度误差符号用 δ 表示，以分为单位。

电流互感器的制造工艺、铁芯结构与质量、工作电流倍数及二次负载大小等都与工作误差有关，但从电流互感器的使用出发，一次电流倍数和二次负载阻抗是影响误差的最主要因素。

另外，近年来全误差概念开始在继电保护专业技术中应用。电流互感器的全误差，是指一、二次电流瞬时值之差的有效值与一次电流有效值的比值，以百分数表示。

（三）额定容量与准确度级

1. 额定容量

电流互感器是进行电流变换的设备。其额定容量是指在保证一定的变换准确度的条件下允许输出的最大功率，这一点与一般电力设备容量的概念是不同的。电流互感器的额定容量 S_n ，以二次额定电流 I_{2n} 与二次额定负载 Z_{2n} 的乘积表示，即

$$S_n = I_{2n} Z_{2n} \quad (2-3)$$

因为 I_{2n} 为常量（5A或1A），所以通常以 Z_{2n} 间接表示额定容量。当然，电流互感器并非一定在额定参数下运行，其实际输出功率也主要由当时的二次负载 Z_2 决定。因此，计算二次负载阻抗是一项不可缺少的工作。

2. 准确度等级

为了便于电流互感器的选用，按其额定变比误差的不同，分为若干准确度等级，如表2-2所示。比如0.2级的电流互感器，在1~1.2倍一次额定电流范围内，二次负载在0.25~1倍额定值以内，即能保证变比误差不超过±0.2%，角度误差不超过10'。必须指出，表2-2列出的准确度等级，只有在规定的使用条件下才能达到。表2-2适用于测量仪表用电流互感器的选择。

（四）10%误差曲线

继电保护装置与电气测量仪表对电流互感器准确度的要求是不同的。继电保护要求电流互感器在故障状态下保证必要的准确度（一般要求变比误差不大于10%）。为了便于继

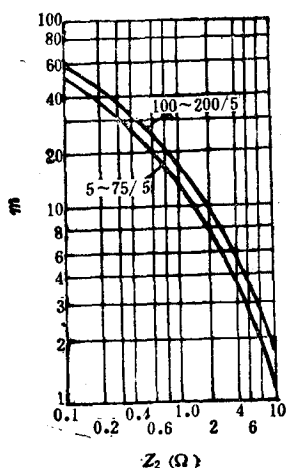
表 2-2

电流互感器的准确度等级

准确度等级	一次电流为额定电流 的百分数 (%)	最大容许误差		二次负载变化范围
		变比误差 (±%)	角度误差 (±′)	
0.2	10	0.5	20	(0.25~1)S。
	20	0.35	15	
	100~120	0.2	10	
0.5	10	1.0	60	
	20	0.75	50	
	100~120	0.5	40	
1	10	2.0	120	
	20	1.5	100	
	100~120	1.0	80	

电保护用电流互感器的选择和准确度校验，生产厂家专门制作了10%误差曲线。

LGC型电流互感器的10%误差曲线，如图2-5所示。这是一组纵坐标以一次电流倍数 m 表示、横坐标以二次负载 Z_2 表示、变比误差 f_1 为10%的曲线。曲线以下为误差小于10%的范围，曲线以上为大于10%的范围。利用10%误差曲线可对已知的一次电流和二次负载，检查其电流互感器是否满足10%误差的要求；或在已知一次电流的条件下，计算二次允许最大负载，进而选择二次连接导线截面；也可以在已确定的二次负载阻抗条件下，选择电流互感器的变比。



应用10%误差曲线，首先要进行一次电流倍数和二次负载的计算。一次电流倍数原则上要取用可能的最大值，并充分考虑继电保护装置的具体要求。一次电流倍数的计算值

$$m_j = \frac{KI_j}{I_{1n}} \quad (2-4)$$

图 2-5 LGC型电流互感器10% 误差曲线

式中 I_{1n} ——电流互感器的一次额定电流；
 I_j ——一次计算电流；
 K ——可靠系数。

必须注意，一次计算电流 I_j 与保护方式有关。比如，对纵差动保护应取可能的最大穿越短路电流，对过电流及电流速断保护应取保护装置的一次动作电流，都要根据实际情况确定。引入可靠系数 K 是为了考虑短路暂态过程对电流互感器的影响。可靠系数与保护的性质有关，一般纵差动保护取1.3，过电流及电流速断保护取1.1，其他保护也要根据具体情况确定。

二次负载的计算是比较复杂的，在后面专题讲述。