

怎样看110kV变电站

■ 郑新才 蒋剑 编著

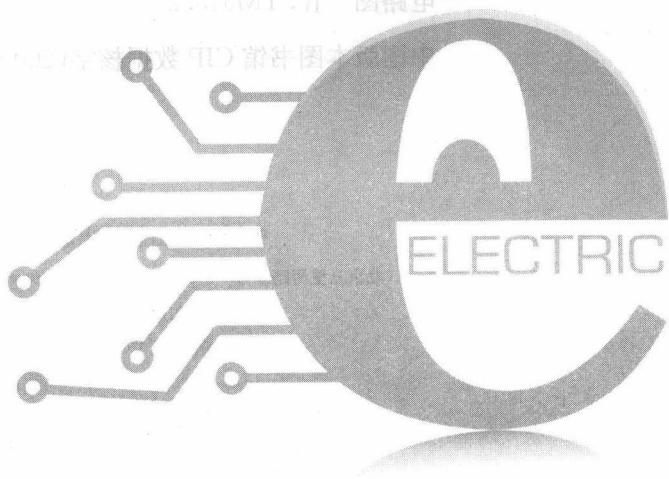
典型二次回路图



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

怎样看110kV变电站 典型二次回路图

■ 郑新才 蒋 剑 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书针对 110kV 变电站主要微机型二次设备的二次回路接线,以国内各大微机保护厂商设备为例,结合实际工程图纸讲解二次回路的工作方式,从电路学的角度来看二次回路,遵循“尽量抛开继电保护原理”的思路分析二次回路。

全书共分为 12 章,主要包括:110kV 变电站常见二次设备、微机型二次设备的工作方式,电流互感器和电压互感器,变电站的二次电压回路,如何看二次回路图纸,断路器的控制, RCS-941A 的操作箱,110kV 线路二次接线,110kV 主变压器二次接线,备自投装置二次接线,外桥与内桥二次接线的比较,10kV 线路二次接线。

本书主要面对电力系统刚参加工作的大中专学生编写,也可供初中继电保护专业技术人员及其他相关电气技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

怎样看 110kV 变电站典型二次回路图/郑新才, 蒋剑编著. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-9005-5

I. 怎… II. ①郑…②蒋… III. 变电所—二次系统—电路图 IV. TM645.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101359 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 10 月第一版 2009 年 10 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 7 印张 114 千字

印数 0001—3000 册 定价 20.00 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

目前,在针对电力系统职工和电力专业学生的培训教材中,对于二次接线仍然主要以电磁式继电器回路为例讲解。在微机型二次设备已经普遍应用的今天,这种模式在很大程度上已经脱离了电力生产的实际情况,造成了理论与实践的脱节,尤其不利于基层技术人员的培养。

形成这种局面的原因是多方面的。首先,在教学中,继电器回路具有接线简明、原理清晰的优点,便于学生理解,而微机型二次设备采用微型计算机作为核心,许多功能都由芯片运算完成,改进了保护原理的算法和实现方式,对高等数学及计算机等专业知识水平要求较高,不利于讲解和普及;其次,电磁式继电器保护装置的定型化程度很高,各项技术条件在电力系统内得到了高度的认同。微机保护则是由不同厂商根据继电保护的基本原理独立开发的,各套产品之间在配置原则、保护算法等方面存在较大差异,尽管经过一定时间的运行实践,我们总结出了许多的经验,但是仍然很难确定地将某一种产品作为范例进行推广,这也导致了在教学中对微机保护二次接线提及较少。

在微机型二次设备的二次接线方面,由于实际工作情况的不同,各供电公司的相关部门目前采用最多的仍然是师傅带徒弟式的言传身教和班组学习的模式。这种各自为战的模式不利于技术的交流与推广,也不利于电力系统人才的培养。鉴于这种情况,针对110kV变电站主要微机型二次设备的二次回路接线,本书以国内各大微机保护厂商设备为例,结合实际工程图纸讲解二次回路的工作方式,较少涉及继电保护原理,主要针对电力系统刚参加工作的大中专学

生编写，力求浅显易懂又不失专业性，使他们能尽快完成理论与实践的结合，投入到工作中去。

二次接线与继电保护作为两个专业虽然有着千丝万缕的联系，但是在教学上必须予以区分。如同笔者编写本书的目的：进行二次接线的学习，或者说尽快的学会看二次图纸，不涉及较深的继电保护原理。针对二次回路分析的书籍有很多，从各个角度对绘图、识图等方面进行了阐述。但是，作为一种入门的学习途径，最为简单的方法是从纯粹电路学的角度来看二次回路。二次回路的本质就是一个电压为 220V 的直流回路，从电路学的角度来看二次回路，也正符合了“尽量抛开继电保护原理学习二次回路”的思路。

二次回路注重的是动作逻辑，采用简单明了的文字准确地描述动作逻辑是不现实的，所以本书某些段落的叙述有些像绕口令，重复多变，希望读者能够理解。

全书由张道乾主审，张道乾对本书初稿作了仔细审阅，并提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心地感谢。在本书编写过程中，得到了专家们多次审改才最终定稿，在本书即将出版之时，谨对所有参与和支持本书编写、出版的专家、同行们表示衷心地感谢！

编者

2009 年 5 月

前言

第1章 110kV 变电站常见二次设备	1
第2章 微机型二次设备的工作方式	2
2.1 微机保护与微机测控的工作方式	2
2.2 微机操作箱的工作方式	4
2.3 自动装置的工作方式	4
2.4 微机保护、测控与操作箱的联系	5
第3章 电流互感器和电压互感器	7
3.1 电流互感器的选择	7
3.2 电压互感器的选择	10
第4章 变电站的二次电压回路	13
4.1 电压重动与并列	13
4.2 电压重动的意义	17
4.3 电压切换	17
第5章 如何看二次回路图纸	20
5.1 二次回路的分类	20
5.2 二次图纸的分类及看图顺序	21
第6章 断路器的控制	23
6.1 断路器的控制回路	23
6.2 断路器操作的闭锁回路	24
6.3 110kV 六氟化硫 (SF ₆) 断路器	25
6.4 辅助回路	34

第 7 章	RCS-941A 的操作箱	35
7.1	合闸回路	35
7.2	跳闸回路	39
7.3	防跳回路的配合	40
第 8 章	110kV 线路二次接线	43
8.1	RCS-941A 微机保护装置	43
8.2	CSI-200E 综合测控装置	50
8.3	完整的断路器控制回路	54
第 9 章	110kV 主变压器二次接线	57
9.1	RCS-9671 微机型变压器差动保护装置	57
9.2	RCS-9681 和 RCS-9682 高、低压侧后备保护及测控装置	61
9.3	RCS-9661 微机型变压器非电量保护装置	67
9.4	RCS-9603 测控装置	69
9.5	主变压器保护出口	71
第 10 章	备自投装置二次接线	78
10.1	备自投装置的主要使用原则	79
10.2	RCS-9652 备自投装置	79
10.3	低压侧分段备自投和变压器备自投	88
第 11 章	外桥与内桥二次接线的比较	90
11.1	两种桥型接线的特点	90
11.2	外桥的保护配置	92
11.3	两台保护装置与一台断路器的配合	92
第 12 章	10kV 线路二次接线	96
12.1	10kV 中置柜	96
12.2	RCS-9611A 微机型馈线保护及测控一体化装置	98
12.3	VD4 断路器	102

110kV 变电站常见二次设备

随着主网电压等级的升高, 110kV 变电站的重要性较之从前下降了很多。对于一般规模的市区 110kV 变电站, 多使用 110/10kV 两绕组变压器, 无 35kV 电压等级。110kV 配电装置采用 GIS 或 PASS, 配置 SF₆ 绝缘弹簧机构断路器, 一次主接线形式多为桥型接线, 部分重要变电站为单母线分段接线; 10kV 配电装置采用中置柜, 配置真空绝缘弹簧机构断路器, 一次主接线形式为单母线分段接线。

以 110kV 侧一次主接线为内桥的 110/10kV 变电站为例, 其站内主要二次设备包括: 110kV 主变压器保护测控屏 (主变压器保护、测控、操作箱)、综合测控屏 (公共测控、110kV 电压重动/并列)、110kV 备自投屏 (备自投、内桥充电保护)、远动屏、电能表屏 (主变压器高低压侧计量、内桥计量)、10kV 线路保护测控装置 (安装在开关柜上, 类似的还有电容器保护装置、接地变保护装置、10kV 电压重动/并列装置)。

对于 110kV 侧一次主接线为外桥的 110/10kV 变电站, 其二次设备与内桥变电站相比, 增加了 110kV 线路保护测控屏 (线路保护、测控、操作箱), 减去了 110kV 备自投屏。

在 110kV 侧一次主接线为内桥的变电站中, 110kV 电压等级有穿越功率时 (这种情况较少), 变电站也会配置 110kV 线路保护测控屏 (线路保护、测控、操作箱)。

第2章

微机型二次设备的工作方式

一般来说,将变电站内所有的微机型二次设备统称为“微机保护”,实际上这个叫法是很不确切的。从功能上讲,可以将变电站自动化系统中的微机型二次设备分为微机保护、微机测控、操作箱(目前一般与微机保护整合为一台装置,以往多为独立装置)、自动装置、远动设备等。按照这种分类方法,对二次回路的分析可以更加详细,易于理解。在本书中,对微机型二次设备将一直沿用这种分类方法。现简单介绍各类二次设备的主要功能如下。

微机保护采集电流量、电压量及相关状态量数据,按照不同的算法实现对不同电力设备的保护功能,根据计算结果对目前状况做出判断并发出针对断路器的相应操作指令。

微机测控的主要功能是测量及控制,可以采集电流量、电压量和状态量并能发出针对断路器及其他电动机构的操作指令,取代的是常规变电站中的测量仪表(电流表、电压表、功率表)、就地及远动信号系统和控制回路。

操作箱用于执行各种针对断路器的操作指令,这类指令分为合闸、分闸、闭锁三种,可能来自多个方面,例如本间隔微机保护、微机测控、强电手操装置、外部微机保护、自动装置、本间隔断路器机构等。

自动装置与微机保护的区别在于,自动装置虽然也采集电流、电压量,但只进行简单的数值比较以做“有”、“无”的判断,然后按照相对简单的固定逻辑动作发出针对断路器的相应操作指令。这个工作过程相对于微机保护而言是非常简单的。

2.1 微机保护与微机测控的工作方式

微机保护是根据所需功能配置的。也就是说,不同的电力设备配置的微机保护是不同的,但各种微机保护的工作方式是类似的。一般可概括为开入与开出两个过程。事实上,整个变电站自动化系统的所有二次设备几乎都是以这两种模式工作的,只是开入与开出的信息类别不同而已。

微机测控与微机保护的配置原则完全不同,它是对应于断路器配置的,所

以，几乎所有的微机测控的功能都是一样的，区别仅在于其容量的大小而已。如上所述，微机测控的工作方式也可以概括为开入与开出两个过程。

2.1.1 开入

微机保护和微机测控的开入量都分为两种：模拟量和数字量。

2.1.1.1 模拟量的开入

微机保护需要采集电流和电压两种模拟量进行运算，以判断其保护对象是否发生故障。变电站配电装置中的大电流和高电压必须分别经电流互感器和电压互感器变换成小电流、低电压，才能供微型二次设备使用。

微机测控开入的模拟量除了电流、电压外，有时还包括温度量（主变压器测温）、直流量（直流电压测量）等。微机测控开入模拟量的目的是获得数值，同时进行简单的计算以获得功率等其他电气量数值。

2.1.1.2 数字量的开入

数字量也称为开关量，它是由各种设备的辅助触点通过开/闭转换提供的，只有两种状态。对于 110kV 及以下电压等级的微机保护而言，微机保护对外部数字量的采集一般只有闭锁条件一种，这个回路一般是电压为直流 24V 的弱电回路。对于 220kV 电压等级变电设备的微机保护，由于配置了双套保护装置，两套保护装置之间的联系较为复杂。

微机测控对数字量的采集主要包括断路器机构信号、隔离开关及接地开关状态信号等。这类信号的触发装置（即辅助开关）一般在距离主控室较远的地方，为了减少电信号在传输过程中的损失，通常采用电压为直流 220V 的强电回路进行传输。同时，为了避免强电系统对弱电系统的干扰，在进入微机测控单元前，需要使用光耦单元对强电信号进行隔离、转换而变成弱电信号。

2.1.2 开出

对微机保护而言，开出指的是微机保护对自身采集的信息加以运算后对被保护设备目前状况作出的判断以及针对此状况作出的反应，主要包括操作指令、信号输出等反馈行为。反馈行为是指微机保护的动作永远都是被动的，即受设备故障状态激发而按照预先设定好的程序自动执行的。

对微机测控而言，开出指的是对断路器及各类电动机构（隔离开关、接地开关）发出的操作指令。与微机保护不同的是，微机测控本身不会产生信号，而且其开出的操作指令也是手动行为，即人为发出的。

2.1.2.1 操作指令

一般来讲，微机保护只针对断路器发出操作指令。对线路保护而言，这类

指令只有两种，跳闸或者重合闸；对主变压器保护、母线差动保护而言，这类指令只有一种，跳闸。

在某些情况下，微机保护也会对一些电动设备发出指令，如“主变压器过负荷启动风机”会对主变风冷控制箱内的风机控制回路发出启动命令；对其他微机保护或自动装置发出指令，如“母线差动保护动作闭锁线路保护重合闸”、“主变压器保护动作闭锁内桥备自投”等。微机保护发出的操作指令属于自动范畴。

微机测控发出的操作指令可以针对断路器和各类电动机构，这类指令也只有两种，对应断路器的跳闸、合闸或者对应电动机构的分、合。微机测控发出的操作指令属于手动范畴，也就是说，微机测控发出的操作指令必然是人为作业的结果。

2.1.2.2 信号输出

微机保护输出的信号只有两种，保护动作和重合闸动作。线路保护同时具备这两种信号，主变压器保护只输出保护动作一种信号。至于“装置断电”之类的信号属于装置自身故障，严格意义上讲不属于保护范畴。

微机测控不产生信号，但微机测控输出信号，它会将自已采集的开关量信号进行模式转换后通过网络传输给监控系统，起到单纯的转接作用。这里所说的不产生信号，是相对于微机保护的信号产生原理而言的。

2.2 微机操作箱的工作方式

微机操作箱内安装的是针对断路器的操作回路，用于执行微机保护、微机测控对断路器发出的操作指令。操作箱的配置原则与微机测控是一致的，即对应于断路器，一台断路器配置且仅配置一台操作箱。一般来说，在同一电压等级中，所有类型的微机保护配套的操作箱都是一样的。在 110kV 及以下电压等级的二次设备中，由于断路器的操作回路相对简单，目前已不再设置独立的操作箱，而是将操作回路与微机保护整合在一台装置中。需要明确的是，尽管安装在一台装置中且有一定的电气联系，操作回路与微机保护回路在功能上仍然是完全独立的。

2.3 自动装置的工作方式

变电站内最常见的自动装置是备自投装置和低频减载装置。自动装置的功能

能是为了维护整个变电站的运行，而不是像微机保护一样仅针对某一个带电间隔。例如备自投装置是为了防止全站失压而在变电站失去工作电源后自动接入备用电源，低频减载是为了防止因负荷大于电厂功率造成频率下降而导致的电网崩溃，按照事先设定的顺序自动切除某些负荷。自动装置的具体工作过程将在相关章节中专门介绍。

2.4 微机保护、测控与操作箱的联系

对于一个含断路器的设备间隔，其二次设备系统均由三个独立部分组成：微机保护、微机测控、操作箱。这个系统的工作方式有三种，如下所述。

(1) 在后台机上使用监控软件对断路器进行操作时，操作指令通过**网络**触发微机测控里的控制回路，控制回路发出的对应指令通过**控制电缆**到达微机保护里的操作箱，操作箱对这些指令进行处理后通过**控制电缆**发送到断路器机构箱内的控制回路，最终完成操作。动作流程为：微机测控—操作箱—断路器。

(2) 在微机测控屏上使用操作把手对断路器进行操作时，操作把手的控制接点与微机测控里的控制回路是并联的关系，操作把手发出的操作指令通过**控制电缆**到达微机保护里的操作箱，操作箱对这些指令进行处理后通过**控制电缆**发送到断路器机构箱内的控制回路，最终完成操作。使用操作把手操作也称为强电手操，它的作用是防止监控系统发生故障（如后台机死机）时无法操作断路器。所谓强电，是指断路器操作的启动回路在直流 220V 电压下完成，而使用后台机操作时，启动回路在后台机的弱电回路中。动作流程为：操作把手—操作箱—断路器。

(3) 微机保护在保护对象发生故障时，根据相应电气量计算的结果做出判断并发出相应的操作指令。操作指令通过**装置内部接线**到达操作箱，操作箱对这些指令进行处理后通过**控制电缆**发送到断路器机构箱内的控制回路，最终完成操作。动作流程为：微机保护—操作箱—断路器。

微机测控与操作把手的动作都是需要人为操作的，属于手动操作；微机保护的动作是自动进行的，属于自动操作。操作类型的区别对于某些自动装置、联锁回路的动作逻辑是重要的判断条件，将在相关的章节再做专门介绍。

2.4.1 110kV 电压等级二次设备的分布模式

针对 110kV 电压等级设备，目前国内各大厂商已将微机保护与操作箱整合为一台装置，即操作箱不再以独立装置的形式配置。以 110kV 线路为例，

各大厂商二次设备配置如表 2-1 所示。

表 2-1 110kV 线路二次设备配置表

公司名称	微机测控	微机保护	操作箱
原许继四方	CSI200E	CSL163B	ZSZ-11S
许继电气	FCK-801	WXH-811	
南瑞继保	RCS-9607	RCS-941A	

从组屏方案上来看，微机保护和信号复归按钮安装在 110kV 线路保护屏上，微机测控、操作把手及切换把手安装在 110kV 线路测控屏上。

2.4.2 35/10kV 电压等级二次设备的分布模式

针对 35/10kV 电压等级设备，各大厂商均已将其二次设备系统整合为一台装置，推荐就地安装模式（即一次设备为开关柜时，二次设备全部安装在开关柜上）以节省控制电缆。例如，对于 10kV 线路，许继电气股份有限公司（简称为许继电气）配置的设备型号是 WXH-821，南京南瑞继保电气有限公司（简称为南瑞继保）配置的设备型号是 RCS-9611，它们都是保护、测控和操作箱一体化的装置。一般来讲，35kV 线路与 10kV 线路使用的二次设备型号是相同的，这是因为其继电保护配置相同。

电流互感器和电压互感器

关于电流互感器和电压互感器的具体工作原理,限于篇幅就不再详细介绍了。本章主要以常见的几个问题为例对这两种设备的选择进行一下简单地介绍。

3.1 电流互感器的选择

电流互感器(TA)的作用是将一次设备中的大电流转换成供二次设备使用的小电流,其工作原理相当于一个阻抗很小的变压器。电流互感器一次绕组与主电路串联,二次绕组接负荷。

3.1.1 5A 还是 1A

电流互感器的变比一般为 $X:5A$ 。它的含义是:首先, X 不小于该设备可能出现的最大长期负荷电流,如此即可保证一般情况下 TA 二次侧电流不大于 5A;其次,被保护设备发生短路故障时,在短路电流不使 TA 饱和的情况下,TA 二次侧电流依然可以按照此变比从一次电流进行折算。

在超高压电厂和变电站中,一次配电装置距离控制室较远,为了增加电流互感器的二次允许负荷,减小连接电缆的导线截面及提高精确等级,多选用二次侧额定电流为 1A 的电流互感器。相应的,微机型二次设备也应选用额定交流电流为 1A 的产品。

根据目前新建 110kV 变电站的规模及布局,绝大多数都是选用二次侧额定电流为 5A 的电流互感器。

3.1.2 10P10、0.5 还是 0.2

在变电站中,电流互感器用于三种回路:保护回路、测量回路和计量回路,而这三种回路对电流互感器的准确级要求是不同的。最常见的三种准确级就是我们上面所列的用于保护回路的 10P10 级、用于测量回路的 0.5 级和用于计量回路的 0.2 级。简单地讲,测量、计量级二次绕组着重于精度,即误差要小;保护级二次绕组着重于抗饱和能力,即在发生短路故障时,短路电流超过一次额定电流许多倍的情况下,电流互感器一次侧电流与二次侧电流的比值仍

在一定允许误差范围内接近理论变比。

对于 0.5、0.2 级二次绕组而言，0.5 或 0.2 就是其比值误差，计算公式为

$$(I_A - I_B)/I_B$$

式中： I_A 为二次侧实测电流； I_B 为根据一次侧实测电流和理论变比折算出的理论二次电流。

比值差的最小值分别为 $\pm 0.5\%$ 和 $\pm 0.2\%$ 。需要注意的是，此类电流互感器不保证在短路条件下满足此比值差。

对于保护级（P）的电流互感器而言，准确级分为 5P 和 10P 两种，其额定一次电流下的比值误差是固定的，分别为 $\pm 1\%$ 和 $\pm 3\%$ ，复合误差分别为 5% 和 10%。5P20 级的电流互感器的含义可以简单理解为：电流互感器一次电流为 20 倍额定电流时，其二次电流误差为 5%。一般来说，10P 级二次绕组已经能够满足 110kV 变电站内设备的继电保护需要，至于是 10 倍还是 20 倍过流，需要根据实际的潮流及短路电流计算而确定。

3.1.3 星形还是三角形

电流互感器二次绕组的接线方式常用的有三种：完全星形接线、不完全星形接线和三角形接线，其接线形式及电流方向如图 3-1 所示。

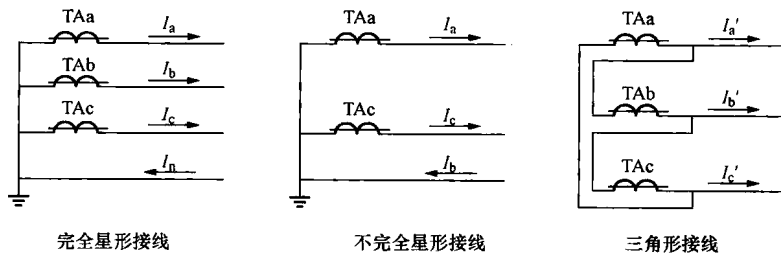


图 3-1 电流互感器二次绕组接线类别图

完全星形接线：三相均配置电流互感器，可以反映单相接地故障、相间短路及三相短路故障。目前，110kV 线路及变压器、10kV 电容器等设备配置的电流互感器均采用此接线方式。

不完全星形接线：仅在 A、C 两相配置电流互感器，反映相间短路及 A、C 相接地故障。目前，10kV 架空线路在不考虑小电流接地选线功能（以下简称选线）的情况下多采用此接线方式，以节省一组电流互感器；否则，必须在三相均配置电流互感器，以获得零序电流实现选线功能。10kV 线路采用电缆

出线方式时，由于配置了专用的零序电流互感器实现选线功能，电流互感器均按不完全星形接线方式配置。

三角形接线：三相均配置电流互感器。在电磁式继电器保护时代，这种接线用于 Yd11 接线的变压器的差动保护的高压侧（即星形侧），使变压器星形侧二次电流相位超前一次电流 30° ，从而和变压器低压侧（电流互感器接成完全星形，二次电流与一次电流相位相同）二次电流相位相同。目前，微机型主变差动保护装置本身可以实现因主变压器接线组别造成的相位角差的校正，所以主变压器星形侧和三角形侧电流互感器均采用完全星形接线。电流互感器的三角形接线方式在变电站中已经不再使用。

3.1.4 A、C 还是 A、B、C

110kV 变电站主要设备的电流互感器配置情况如图 3-2 所示。

在图 3-2 中，针对不同设备保护、测控的需要，电流互感器的配置方式也是不同的。

(1) 变压器保护和电容器保护属于元件保护，必须在三相都配置电流互

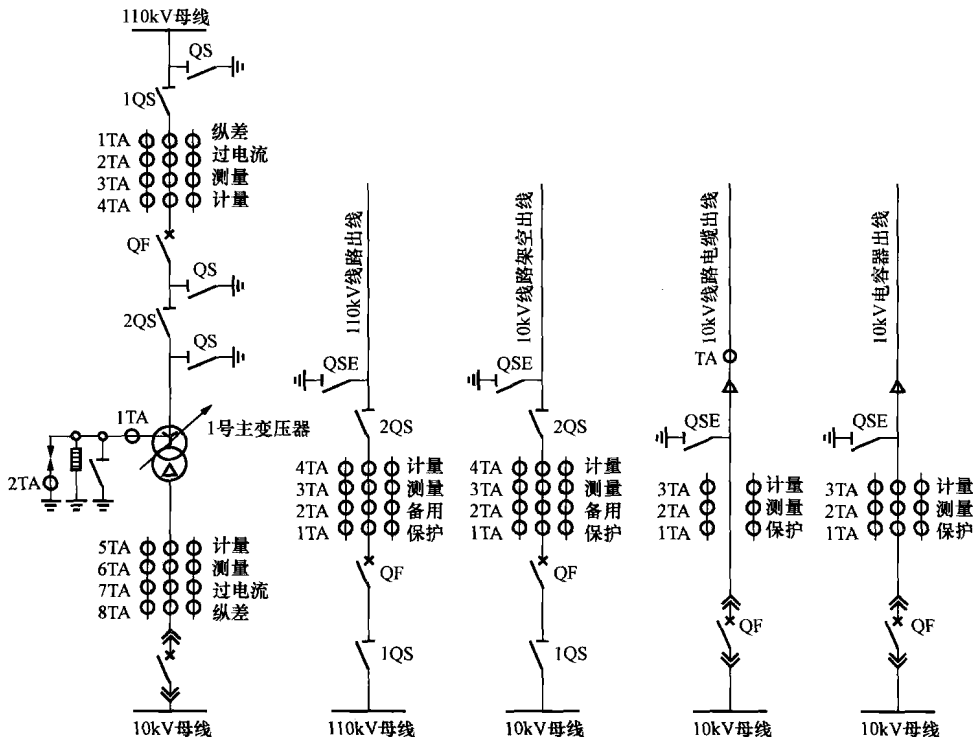


图 3-2 电力设备电流互感器配置图

感器。

(2) 110kV 线路属于大电流接地系统，配置有零序电流保护，而且发生单相接地故障时保护应动作跳闸，所以必须在三相都配置电流互感器。

(3) 10kV 线路属于小电流接地系统，发生单相接地故障后允许继续运行一段时间，为节省一组电流互感器，往往只在 A、C 两相配置电流互感器。同时，这种配置方式在同一母线上同时发生两条线路单相接地故障时，有 2/3 的机会只切断一条线路。由于两相 TA 无法计算出零序电流，所以在电缆出线中配置了专用的零序电流互感器，用于测量零序电流供选线装置使用。35kV 线路的电流互感器配置原则与 10kV 线路类似。

3.1.5 接地还是不接地

电流互感器的二次侧不允许开路，而且在星形接线中，电流互感器二次侧中性点必须接地，只是在不同情况下的接地点不同。在 110kV 变电站中，只有主变压器高、低压侧用于差动保护的电流互感器二次绕组是在主变压器保护屏一点接地，其他均是在电流互感器现场接地（按不配置 110kV 母线差动保护考虑）。具体的接地方法将在各章节里详细讲述。

用于元件差动保护的各电流互感器的二次侧必须在一点接地，例如主变压器差动保护、母线差动保护。高压线路差动保护是依靠光纤传输电流量（经过变换以后）进行比对实现的，不是直接由差电流启动保护元件，所以线路两端电流互感器二次侧各自单独接地。

3.2 电压互感器的选择

电压互感器的作用是将一次电压按一定的变比转换成二次电压供二次设备使用，其工作原理与变压器基本相同。电压互感器的一次绕组并连接在主电路上，二次绕组接负荷。

3.2.1 V_v 、星形还是开口三角

电压互感器的接线方式主要有 V_v 接线和星形/星形（开口三角）接线两种，如图 3-3 所示。

V_v 接线为不完全三角形接线，其一次绕组不能接地，二次绕组接地。 V_v 接线的特点是：只用两个单相电压互感器就可以获得三个对称的线电压，但是无法得到相对地的电压。 V_v 接线以前广泛地应用于各种电测仪表。目前，新建 110kV 变电站已经不再使用这种接线方式。