

任务 1 二次回路的分析与监测

教案头：

项目	项目四 二次系统的调试与运行维护		
任务	任务 1 二次回路的分析与监测	学时	2
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	1. 能分析断路器控制回路和中央信号系统的工作原理； 2. 学会对二次回路进行接线和检测； 3. 能手动控制断路器。	1. 能分析断路器控制回路和中央信号系统的工作原理； 2. 学会对二次回路进行接线和检测； 3. 能手动控制断路器。	1. 养成良好的电气安全保护习惯，培养认真细致的工作作风； 2. 提升家国情怀，树立正确的人生观和良好的职业素养。
工作任务	1. 二次回路的接线和检查 2. 断路器的手动控制		
教学重点 教学难点	重点：手动控制断路器跳、合闸 难点：二次回路的接线和检查		
教学策略	1. 示范教学法（教-学） 2. 任务驱动法（做-练）		
教学条件	1. 教师分析并做操作示范 2. 学生分组练习		
作业	1. 分析检查报告 2. 做课后练习题		
备注			

教学内容：

一、任务概述

供配电系统中，对一次设备进行监测、控制、调节和保护电气回路称为二次回路或二次接线系统。供配电系统的二次回路是实现供配电系统安全、经济、稳定运行的重要保障。随着变配电所的自动化水平的提高，二次回路将起到越来越大的作用。供配电系统中的二次回路是以二次回路接线图形式绘制出来的，它为现场技术工作人员对电气设备的安装、调试、检修、试验、查线等提供重要的技术资料。

二、知识准备

（1）供配电系统的二次回路

二次回路又称二次系统，用来反映一次系统的工作状态和控制、调整一次设备。当一次系统发生事故时，能够立即动作，使故障部分退出运行。二次回路按功能分，可分为断路器控制回路、信号回路、保护回路、监测回路和自动化回路，为保证二次回路的用电，还有相应的操作电源回路等。图 4.1 所示为供配电系统的二次回路功能示意图。

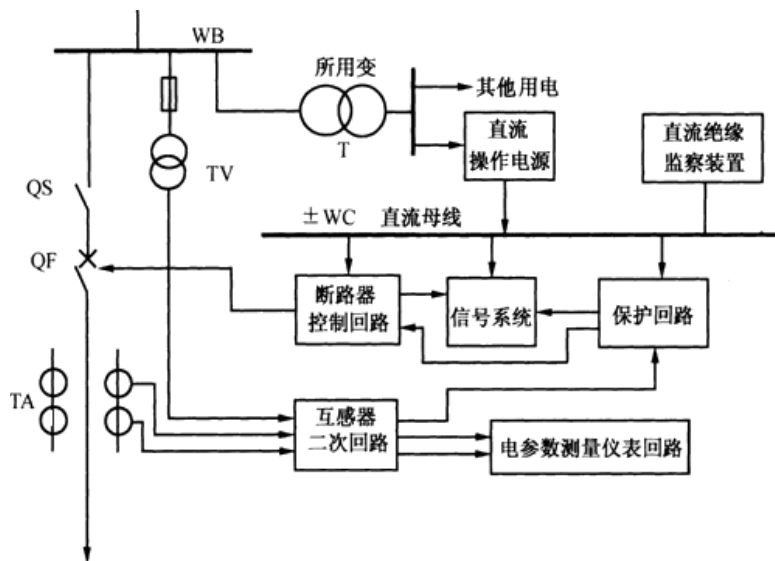


图 4.1 供电系统的二次回路功能示意图

(2) 二次回路的操作电源

1) 直流操作电源

蓄电池组供电的直流操作电源是一种与电力系统运行方式无关的独立电源系统。即使在变电所完全停电的情况下，仍能在 2 小时内可靠供电，具有很高的供电可靠性。蓄电池直流操作电源类型主要有铅酸蓄电池和镉镍蓄电池两种。

2) 交流操作电源

交流操作电源可取自所用电主变压器，这是一种较为普遍应用方式。当交流操作电源取自电压互感器的二次侧时，其容量较小，一般只作为油浸式变压器瓦斯保护的交流操作电源；当取自于电流互感器时，主要供电给继电保护和跳闸回路。电流互感器对于短路故障和过负荷都非常灵敏，能有效实现交流操作电源的过电流保护。

(3) 电测量仪表与绝缘监视装置

1) 测量仪表配置

在电力系统和供电系统中，进行电气测量的目的有三个：一是计费测量，主要计量用电单位的用电量，如有功电度表、无功电度表；二是对供电系统中运行状态、技术经济分析所进行的测量，如电压、电流、有功功率、无功功率、及有功电能、无功电能测量等。这些参数通常都需要定时记录；三是对交、直流系统的安全状况如绝缘电阻、三相电压是否平衡等进行监测。由于目的不同，对测量仪表的要求也不一样。

2) 直流绝缘监察装置

① 两点接地的危害

在直流系统中，正、负母线对地是悬空的，当发生一点接地时，并不会引起任何危害，但必须及时消除，否则当另一点接地时，会引起信号回路、控制回路、继电保护回路和自动装置回路的误动作，如图 4.2 所示，A、B 两点接地会造成误跳闸情况。

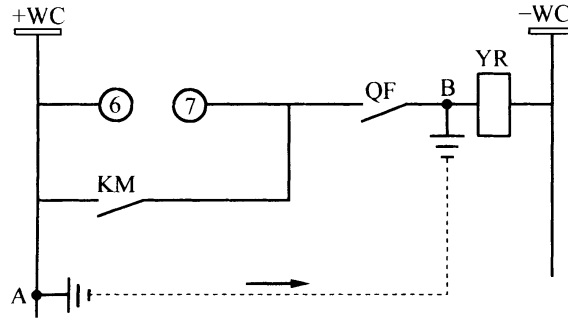


图 4.2 两点接地情况示意图

③直流绝缘监察装置的原理

图 3.6.2 所示为直流绝缘监察装置原理接线图。它是利用电桥原理进行监测的，正负母线对地绝缘电阻作电桥的两个臂，如图 4.3 (a) 等效电路所示。

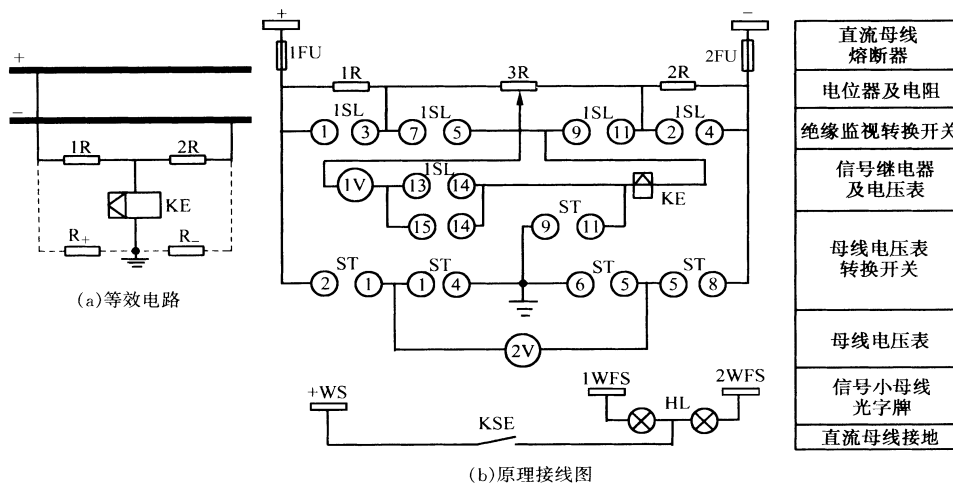


图 4.3 直流绝缘监察装置原理接线图

正常状态下，直流母线正极和负极的对地绝缘良好，电阻 R_+ 和 R_- 相等，继电器 KE 线圈中只有微小的不平衡电流通过，继电器不动作。当某一极的对地绝缘电阻 (R_+ 、 R_-) 下降时，电桥失去平衡，流过继电器 KE 线圈中的电流增大。当绝缘电阻下降到一定值时，流过继电器 KE 线圈中的电流增大，继电器 KE 动作，其常开触点闭合，发出预告信号。

(3) 中央信号装置

变配电所的进出线、变压器和母线等均应配置继电保护装置或监测装置，保护装置或监测装置动作后都要通过信号系统发出相应的信号提示运行人员。

信号有以下几种类型：

①事故信号：断路器发生事故跳闸时，启动蜂鸣器（或电笛）发出声响，同时断路器的位置指示灯发出闪光，事故类型光字牌亮，指示故障的位置和类型。

②预告信号：当电气设备出现不正常运行状态时，启动警铃发出声响信号，同时标有故障性质的光字牌点亮，指示不正常运行状态的类型，如变压器过负荷、控制回路断线等。

③位置信号：位置信号包括断路器位置（如灯光指示或操动机构分合闸位置指示器）和隔离开关位置信号等。

④指挥信号和联系信号：用于主控制室向其它控制室发出操作命令和控制室之间的联系。

中央信号回路有事故信号回路和预告信号回路。

1) 中央事故信号回路

图 4.9 所示是重复动作的中央复归式事故音响信号回路，该信号装置采用信号冲击继电器（或信号脉冲继电器）KI，型号为 ZC-23 型（或按电流积分原理工作的 BC-4（S）型），虚线框内为 ZC-23 型冲击继电器的内部接线图。

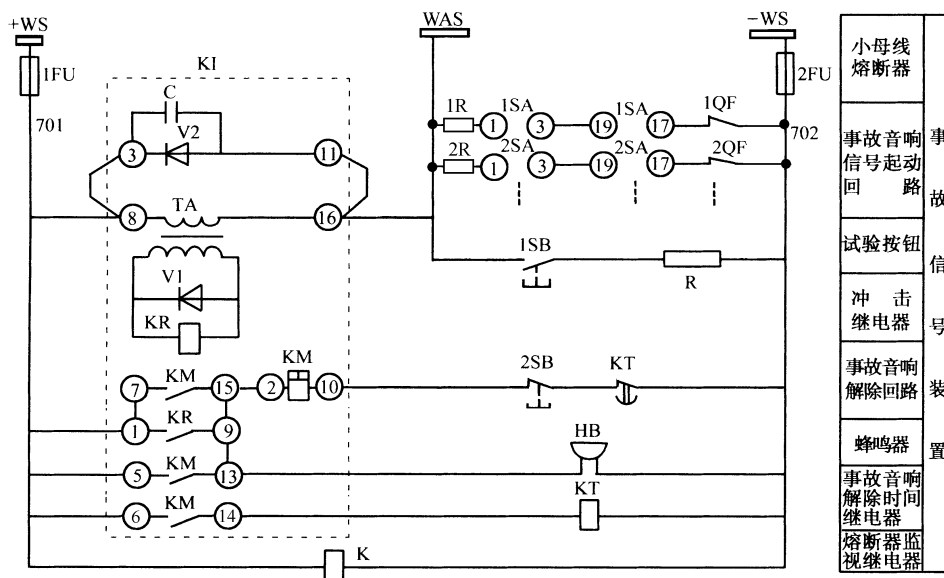


图 4.4 中央复归重复动作的事故信号回路示意图

2) 中央预告事故信号回路

图 4.4 所示为重复动作的中央复归式预告信号回路，其电路结构与中央复归重复动作的事故信号回路基本相似。音响信号用电铃发出。图中预告信号小母线分为 1WFS 和 2WFS，转换开关 SA 有三个位置，中间为工作位置，左右（ $\pm 45^\circ$ ）为试验位置，SA 在工作位置时 13 和 14、15 和 16 通，其它断开，试验位置（左或右旋转 45° ）则相反，13 和 14、15 和 16 不通，其它通。当 SA 在工作位置时，若系统发生不正常工作状态，如过负荷动作 1K 闭合，+WS 经 1K、HL₁（两灯并联）、SA 的 13 和 14、KI 到 -WS，使冲击继电器 KI 的脉冲变流器一次绕组通电，发出音响信号，同时光字牌 HL₁ 亮。

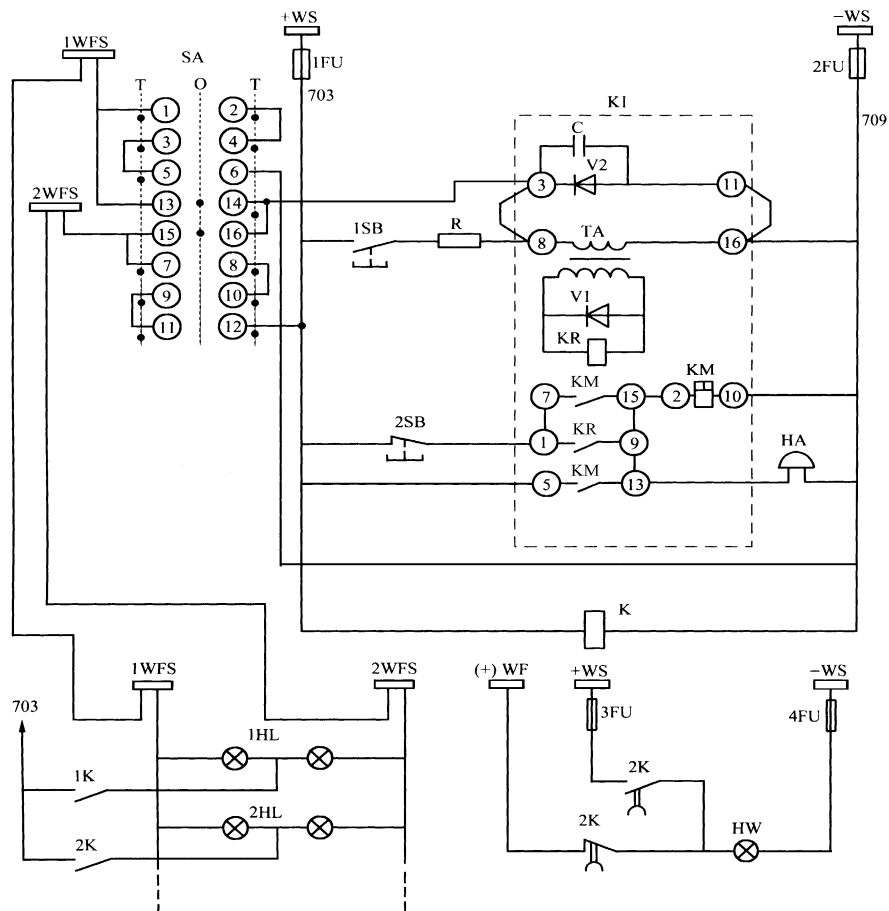


图 4.5 重复动作的中央复归式预告信号回路示意图

(4) 高压断路器控制及信号回路

断路器的控制方式，可分为远端控制和现场控制。远端控制就是操作人员在变电所主控室或单元控制室内通过控制屏上的控制开关对几十至几百米以外的断路器进行跳、合闸控制。现场控制是在断路器附近对断路器进行跳、合闸控制。

1) 高压断路器控制回路的要求

断路器控制回路的直接控制对象为断路器的操动（作）机构。操动机构主要有电磁操动机构（CD）、弹簧操动机构（CT）和液压操动机构（CY）等。本章中我们仅对电磁操动机构的断路器控制回路进行介绍。对断路器控制回路的基本要求如下：

- ①能手动和自动合闸与跳闸。
- ②能监视控制回路操作电源及跳、合闸回路的完好性；应对二次回路短路或过负荷进行保护。
- ③断路器操动机构中的合、跳闸线圈是按短时通电设计的，在合闸或跳闸完成后，应能自动解除命令脉冲，切断合闸或跳闸电源。
- ④应有反应断路器手动和自动跳、合闸的位置信号。
- ⑤应具有防止断路器多次合、跳闸的“防跳”措施。
- ⑥断路器的事事故跳闸回路，应按“不对应原理”接线。
- ⑦对于采用气压、液压和弹簧操动机构的断路器，应有压力是否正常、弹簧是否拉紧到

位的监视和闭锁回路。

2) 电磁操动机构的断路器控制回路

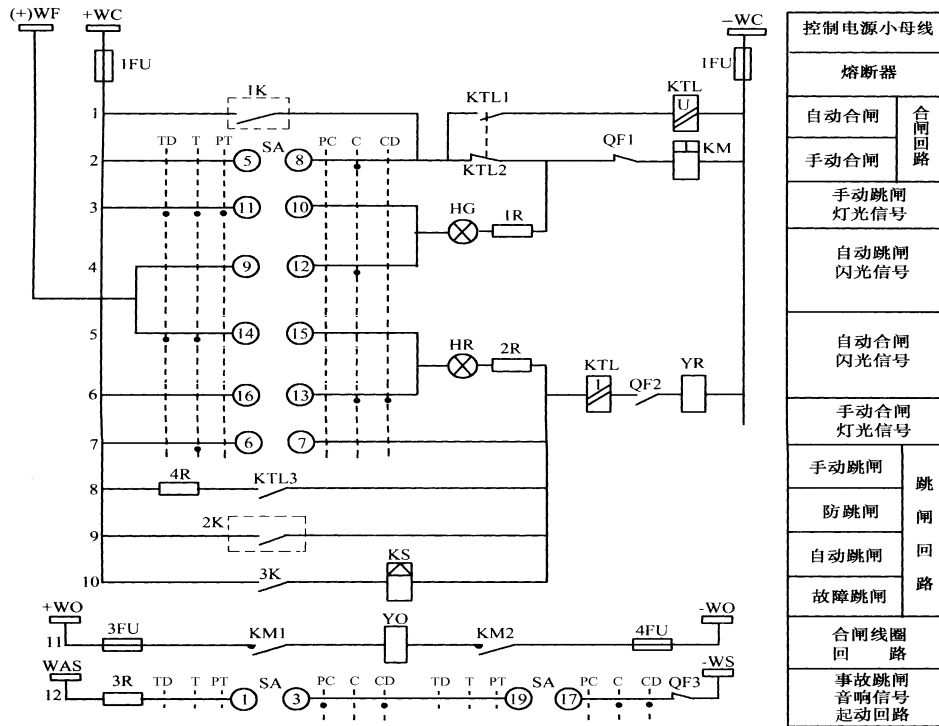


图 4.6 电磁操动机构的断路器控制回路示意图

图 4.6 所示为电磁操动机构的断路器控制回路。图中虚线上打黑点 (•) 的触点, 表示在此位置时该触点通。其工作原理如下:

1) 断路器的手动控制

①手动合闸: 设断路器处于跳闸状态, 此时控制开关 SA 处于“跳闸后”(TD) 位置, 其触点 10 和 11 接通, QF₁ 闭合, HG 绿灯亮, 表明断路器是断开状态, 又表明控制回路的熔断器 1FU 和 2FU 完好回路。因电阻 1R 存在, 流过合闸接触器线圈 KM 的电流很小, 不足以使其动作。

将控制开关 SA 顺时针旋转 90°, 至“预备合闸”位置 (PC), 9 和 12 接通, 将信号灯接于闪光小母线 (+) WF 上, 绿灯 HG 闪光, 表明控制开关的位置与“合闸后”位置相同, 但断路器仍处于跳闸后状态, 这是利用“不对应原理”接线, 同时提醒运行人员核对操作对象是否有误, 如无误后, 再将 SA 置于“合闸”位置 (C) (继续顺时针旋转 45°)。SA 的 5 的 8 通, 使合闸接触器 KM 接通于+WC 和-WC 之间, KM 动作, 其触点 KM₁ 和 KM₂ 闭合, 合闸线圈 YO 通电, 断路器合闸。断路器合闸后, QF₁ 断开使绿灯熄灭, QF₂ 闭合, 由于 13 和 16 通, 红灯亮。当松开 SA 后, 在弹簧作用下, SA 自动回到“合闸后”位置, 13 和 16 通, 使红灯发出平光, 表明断路器手动合闸, 同时表明跳闸回路完好及控制回路的熔断器 1FU 和 2FU 完好。在此通路中, 因电阻 2R 存在, 流过跳闸线圈 YR 的电流很小, 不足以使其动作。

②手动跳闸: 将控制开关 SA 逆时针旋转 90°置于“预备跳闸”位置 (PT), 13 和 16 断开, 而 13 和 14 接通闪光母线, 使红灯 HR 发出闪光, 表明 SA 的位置与跳闸后的位置相同, 但断路器仍处于合闸状态。将 SA 继续旋转 45°而置于“跳闸”位置 (T), 6 和 7 通, 使跳闸

线圈 YR 接通，此回路中的（KTL 线圈为防跳继电器 KTL 的电流线圈）YR 通电跳闸，QF₁ 合上，QF₂ 断开，红灯熄灭。当松开 SA 后，SA 自动回到“跳闸后”位置，10 和 11 通，绿灯发出平光，表明断路器手动跳闸，合闸回路完好。

2) 断路器的自动控制

断路器的自动控制通过自动装置的继电器触点，如图中 1K 和 2K（分别与 5 和 8、6 和 7 并联）的闭合分别实现合、跳闸控制。自动控制完成后，信号灯 HR 或 HG 将出现闪光，表示断路器自动合闸或跳闸，又表示跳闸回路或合闸回路完好，运行人员须将 SA 旋转到相应的位置上，相应的信号灯发平光。

当断路器因故障跳闸时，保护出口继电器触点 3K 闭合，SA 的 6 和 7 触点被短接，YR 通电，断路器跳闸，HG 发出闪光，表明断路器因故障跳闸。与 3K 串联的 KS 为信号继电器电流型线圈，电阻很小。KS 通电后将发出信号。同时由于 QF₃ 闭合（12 支路）而 SA 是置“合闸后”（CD）位置，1 和 3、17 和 19 通，事故音响小母线 WAS 与信号回路中负电源接通（成为负电源），则起动事故音响装置，发出事故音响信号，如电笛或蜂鸣器发出声响。

三、任务实施

1. 技能训练一 二次回路识读图训练

1) 二次回路图

二次回路图主要有二次回路原理图、二次回路原理展开图、二次回路安装接线图。

(1) 原理接线图

二次回路原理图主要是用来表示继电保护、断路器控制、信号等回路的工作原理，以原件的整体形式表示二次设备间的电气连接关系，原理接线图通常还画出了相应的一次设备，便于了解各设备间的相互联系。

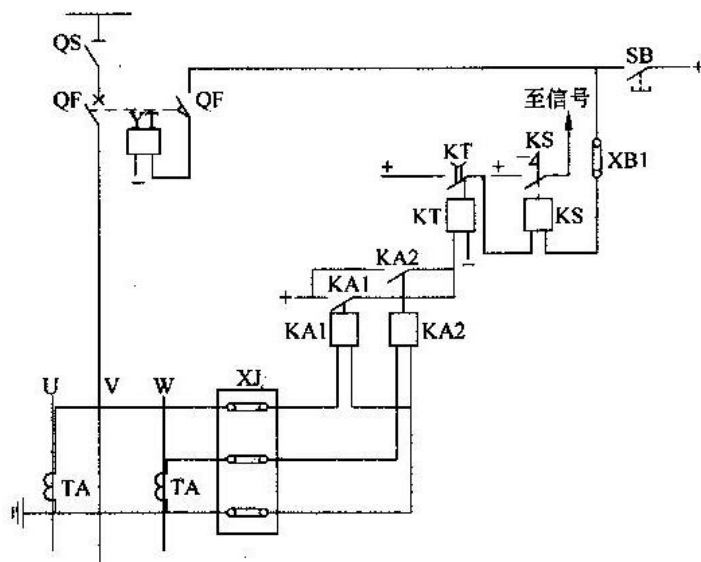


图 4.7 某 10kV 线路的过电流保护原理接线图

图 4.7 所示为某 10kV 线路的过电流保护原理接线图，其工作原理和动作顺序为：当线路过负荷或发生故障时，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，电流继电器 KA1、KA2 动作，其常开触点接通时间继电器 KT，时间继电器 KT 线圈通电，经过预定的时限，KT 的触点闭合发出

跳闸脉冲信号，使断路器跳闸线圈 YT 带电，断路器 QF 跳闸，同时跳闸脉冲电流流经信号继电器 KS 的线圈，其触点闭合发出信号。

(2) 原理展开图

原理展开图将二次回路中的交流回路与直流回路分开来画。交流回路又分为电流回路和电压回路，直流回路又有直流操作回路与信号回路。在展开图中继电器线圈和触点分别画在相应的回路，用规定的图形和文字符号表示。在展开图的右侧，有回路文字说明，方便阅读。二次回路安装接线图画出了二次回路中各设备的安装位置及控制电缆和二次回路的连接方式，是现场施工安装、维护必不可少的图纸。图 4.8 所示为与图 4.7 对应的展开接线图。

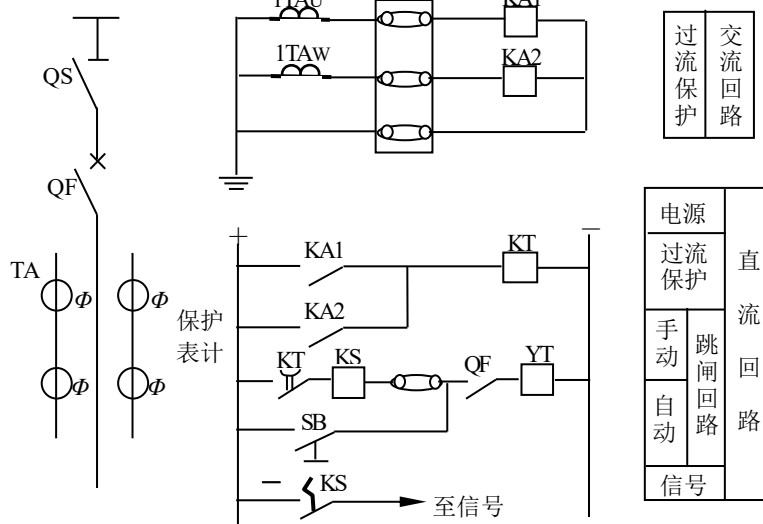


图 4.8 10kV 线路过电流保护展开接线图（右侧为一次电路）

绘制展开接线图有如下规律：

- ① 直流母线或交流电压母线用粗线条表示，以示区别于其他回路的联络线。
- ② 继电器和各种电气元件的文字符号与相应原理接线图中的文字符号一致。
- ③ 继电器作用和每一个小的逻辑回路的作用都在展开接线图的右侧注明。
- ④ 继电器触点和电气元件之间的连接线段都有回路标号。
- ⑤ 同一个继电器的线圈与触点采用相同的文字符号表示。
- ⑥ 各种小母线和辅助小母线都有标号。
- ⑦ 对于个别继电器或触点在另一张图中表示，或在其他安装单位中有表示，都应在图纸中说明去向，对任何引进触点或回路也说明出处。
- ⑧ 直流“+”极按奇数顺序标号，“-”极按偶数标号。回路经过电气元件，如线圈、电阻、电容等后，其标号性质随之改变。
- ⑨ 常用的回路都有固定的标号，如断路器 QF 的跳闸回路用 33 表示，合闸回路用 3 表示等。
- ⑩ 交流回路的标号表示除用三位数字外，前面还加注文字符号。交流电流回路标号的数字范围为 400~599，电压回路为 600~799。其中个位数表示不同回路；十位数表示互感器组数。回路使用的标号组，要与互感器文字后的“序号”相对应。如：电流互感器 TA1 的 U 相回路标号可以是 U411~U419；电压互感器 TV2 的 U 相回路标号可以是 U621~U629。

(3) 安装接线图

原理图或原理展开图通常是按功能电路如控制回路、保护回路、信号回路来绘制的，而安装接线图是按设备如开关柜、继电器屏、信号屏为对象绘制的。

安装接线图是用来表示屏内或设备中各元器件之间连接关系的一种图形，在设备安装、维护时提供导线连接位置。图中设备的布局与屏上设备布置后的视图是一致的，设备、元件的端子和导线，电缆的走向均用符号、标号加以标记。

安装接线图包括：屏面布置图，它表示设备和器件在屏面的安装位置，屏和屏上的设备、器件及其布置均按比例绘制；屏后接线图，用来表示屏内的设备、器件之间和与屏外设备之间的电气连接关系；端子排图用来表示屏内与屏外设备间的连接端子、同一屏内不同安装单位设备间的连接端子以及屏面设备与安装于屏后顶部设备间的连接端子的组合。

2. 看端子排的要领

端子排图是一系列的数字和文字符号的集合，把它与展开图结合起来看就可清楚地了解它的连接回路。

三列式端子排图如图 4.9 所示。

图中左列的是标号，表示连接电缆的去向和电缆所连接设备接线柱的标号。如 U411、V411、W411 是由 10kV 电流互感器引入的，并用编号为 1 的二次电缆将 10kV 电流互感器和端子排 I 连接起来的。

端子排图中间列的编号 1~20 是端子排中端子的顺序号。

端子排图右列的标号是表示到屏内各设备的编号。

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“相对标号法”。“相对标号法”是指每一条连接导线的任一端标以对侧所接设备的标号或代号，故同一导线两端的标号是不同的，并与展开图上的回路标号无关。利用这种方法很容易查找导线的走向，由已知的一端便可知另一端接到何处。如 I4-1 表示连接到屏内安装单位为 I，设备序号为 4 的第 1 号接线端子。按照“相对标号法”，屏内设备 I4 的第 1 号接线端子侧应标 I-5，即端子排 I 中顺序号为 5 的端子。

看端子排图的要领如下：

①屏内与屏外二次回路的连接，同一屏上各安装单位的连接以及过渡回路等均应经过端子排。

②屏内设备与接于小母线上的设备，如熔断器、电阻、小开关等的连接一般应经过端子排。

③各安装单位的“+”电源一般经过端子排，保护装置的“-”电源应在屏内设备之间接成环形。环的两端再分别接至端子排。

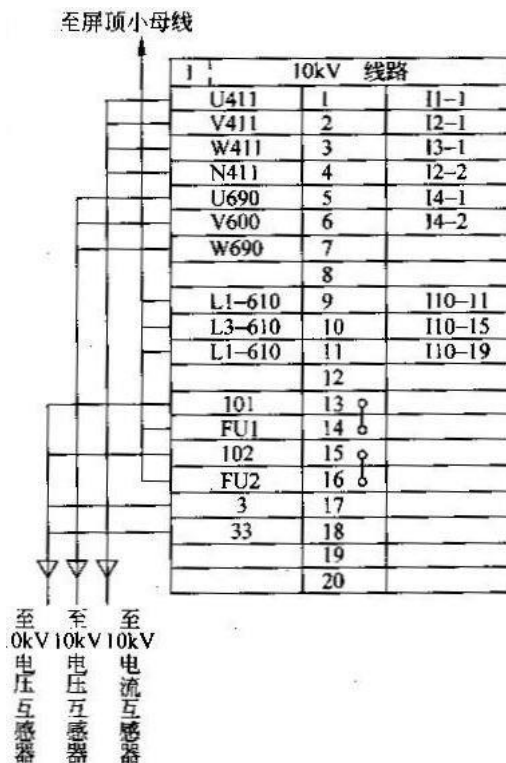


图 4.9 某 10kV 线路三列式端子排图

④交流电流回路、信号回路及其他需要断开的回路，一般需用试验端子。

⑤屏内设备与屏顶较重要的控制、信号、电压等小母线，或者在运行中、调试中需要拆卸的接至小母线的设备，均需经过端子排连接。

⑥同一屏上的各安装单位均应有独立的端子排，各端子排的排列应与屏面设备的布置相配合。一般按照下列回路的顺序排列：交流电流回路，交流电压回路，信号回路，控制回路、其他回路，转接回路。

⑦每一安装单位的端子排应在最后留 2~5 个端子作备用。正、负电源之间，经常带电的正电源与跳闸或合闸回路之间的端子排应不相邻或者以一个空端子隔开。

⑧一个端子的每一端一般只接一根导线，在特殊情况下 B1 型端子最多接两根。连接导线的截面积，对 B1 型和 D1-20 型的端子不应大于 6mm^2 ；对 D1-10 型的端子不应大于 2.5mm^2 。

技能训练二 检查电气二次回路的接线和电缆走向

1. 技能掌握要求

通过学习应会检查电气二次回路的接线和判断控制电缆的走向。

2. 工作程序

(1) 二次回路接线的检查

检查二次接线的主要内容有：

1) 检查接线是否松动。防止发生电流互感器开路运行而将电流互感器烧掉。

2) 检查控制按钮、控制开关等的触点及其连接，应与设计要求一致，辅助开关触点的转换应与一次设备或机械部件的动作相对应。

3) 检查盘内接线是否绑扎并固定完好，检查其绝缘是否良好。

4) 室外潮湿污秽的场所，还应检查其防雨、防潮、防污、防尘和防腐等措施是否完备。

(2) 控制电缆的检查

变电所中的电缆特别是控制电缆的数量较大，容量大的变配电所可能多达几十公里，所以要将电缆编号，以防弄错。检查控制电缆的内容主要有：

1) 检查控制电缆的固定是否牢固。

2) 检查电缆标示牌字迹是否清楚。

3) 检查电缆有无发热现象。

4) 检查电缆进入沟道，隧道等构筑物 and 屏、柜内以及穿入管子时，出口密封是否良好。

3. 注意事项

控制电缆的编号由安装单位或安装设备符号及数字组成。数字编号为三位数字，以不同的用途分组。

任务2 二次回路的分析与监测

教案头：

项目	项目四 二次系统的调试与运行维护		
任务	任务2 继电保护的调试与维护	学时	6
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	1. 理解线路过电流保护的工作原理； 2. 掌握继电保护的 动作电流与动作时 间的整定。	能对线路保护进行检 验、调试、操作电气控制 柜。	1. 培养认真细致、精益求 精的工作态度； 塑造热爱劳动的道德风 尚。
工作任务	1. 继电器性能的测试 2. 继电保护的检测与调试		
教学重点 教学难点	重点、难点：继电保护的检测与调试		
教学策略	1.示范教学法（教-学） 2.任务驱动法（做-练）		
教学条件	多媒体设备、电气工具、继电保护的原理图		
作 业	1.分析检查报告 2.做课后练习题		
备 注			

任务 4-2 继电保护的调试与维护

一、任务概述

在工厂的供配电系统中，由于电气设备内部绝缘的老化、损坏或雷击、外力破坏以及工作人员的误操作等，可能使运行中的供配电系统发生故障和不正常运行情况。最常见的故障是各种形式的短路。很大的短路电流及短路点燃起的电弧，会损坏设备的绝缘甚至烧毁设备，同时引起电力系统的供电电压下降，引发严重后果。如果在供配电系统中装设一定数量和不同类型的继电保护设备，可将故障部分迅速地从系统中切除，以保证供配电系统的安全运行。本次任务是在理解继电保护工作原理的基础上掌握继电保护的
动作电流与动作时间的整定，学会检验和调试继电保护装置，能对继电保护进行运行管理。

二、知识准备

（1）供配电系统继电保护的任 务、要求及基本原理

1) 继电保护的任 务

①当被保护线路或设备发生故障时，能自动迅速且有选择性地
将故障元件从供配电系统中切除，保证其他非故障线路迅速恢
复正常运行，并且避免故障元件继续遭到破坏。

②当供配电系统出现不正常运行状态时，根据保护装置的性能和运行维护条件，有的作用于信号，如变压器的继电保护、轻瓦斯保护等；有的经过一段时间不正常状态不能自行消除时，作用于开关跳闸，将电路切断，如断路器、自动空气开关保护等。

2) 继电保护的要求

①选择性

当供配电系统发生短路故障时，继电保护装置动作，只切除故障元件，并使停电范围最小，以减小故障停电造成的损失。保护装置这种能挑选故障元件的能力称为保护的选择性。

②速动性

为了减小由于故障引起的损失，减少用户在故障时低电压下的工作时间，以及提高供配电系统运行的稳定性，要求继电保护在发生故障时尽快动作将故障切除。快速地切除故障部分可以防止故障扩大，减轻故障电流对电气设备的损坏程度，加快供配电系统电压的恢复，提高供配电系统运行的可靠性。

③灵敏性

灵敏性是指在保护范围内发生故障或不正常工作状态时，保护装置的反应能力。即在保护范围内故障时，不论短路点的位置以及短路的类型如何，保护装置都能敏锐且正确地作出反应。继电保护的灵敏性是用灵敏度来衡量的。

④可靠性

可靠性是指继电保护装置在其所规定的保护范围内发生故障或不正常工作时，一定要准确动作，即不能拒动；而不属其保护范围的故障或不正常工作时，一定不要动作，即不能误动。

(2) 常见的继电保护及其接线方式

1) 常用的保护继电器名称及符号

根据工厂供配电系统继电保护装置保护内容的不同，继电保护可分为过电流保护、低电压保护、差动保护、瓦斯保护、距离保护等；按操作电源的性质不同可分为直流操作和交流操作两种；按动作时限可分为定时限保护和反时限保护两种。供配电系统的继电保护装置由各种保护用继电器构成，其种类繁多。按继电器的结构原理分有电磁式、感应式、数字式、微机式等继电器；按继电器在保护装置中的功能分有起动继电器、时间继电器、信号继电器和中间继电器等。

2) 继电保护装置的接线方式

①三相三继电器式接线

接线方式如图 4.11 所示。

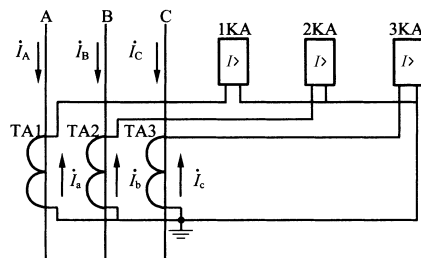


图 4.11 三只继电器三相完全星形接线方式

在被保护线路的每一相上都装有电流互感器和电流继电器，分别反映每相电流的变化。这种接线方式，对各种形式的短路故障都有反映。当发生任何形式的相间短路时，最少有两个电流互感器二次侧的继电器中流过故障相对应的二次故障电流，故至少有两个继电器动作。

②两相两继电器接线

其接线方式如图 4.12 所示。

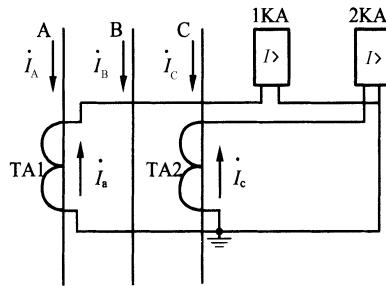


图 4.12 两只电流互感器不完全星形接线方式

两相两继电器接线方式将两只电流继电器分别与装设在 A、C 两相的电流互感器连接，因此又称为不完全星形接线。由于 B 相没有装设电流互感器和电流继电器，因此，它不能反应单相短路，只能反应相间短路，其接线系数在各种相间短路时均为 1。

③两相一继电器接线

其接线方式如图 4.13 (a) 所示。

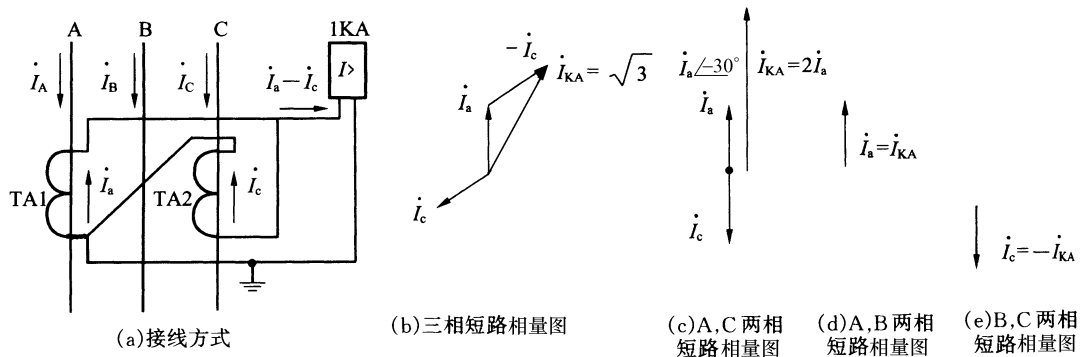


图 4.13 两只单相电流互感器电流差式接线示意图

这种接线方式中，电流互感器通常接在 A 相和 C 相，继电器中流过的电流为两相电流的相量之差，即 $\dot{I}_{KA} = \dot{I}_a - \dot{I}_c$ ，因此又称为两相电流差式接线。

④接线系数

不同的接线方式在不同的短路类型下，实际流过继电器的电流与电流互感器的二次电流不一定相同。为了表明流过继电器电流 I_{KA} 与电流互感器二次电流 I_2 之间的关系，引入一个接线系数的参量，其表达式为

$$K_w = I_{KA} / I_2$$

在三相三继电器接线方式和两相两继电器接线方式中， $K_w = 1$ ；对于两相一继电器接线方式中，当三相短路时， $K_w = \sqrt{3}$ ；只有一相装电流互感器的两相短路时， $K_w = 1$ ；

对于两相都装有电流互感器的两相短路时， $K_w = 2$ 。

(3) 定时限过电流保护装置的接线和工作原理

图 4.14 所示为定时限过电流保护的原理图和展开图。图 4.14 (a) 中，所有元件的组成部分都集中表示，称为原理图；图 4.14 (b) 中，所有元件的组成部分按所属回路分开表示，称为展开图。展开图简明清晰，广泛应用于二次回路图。

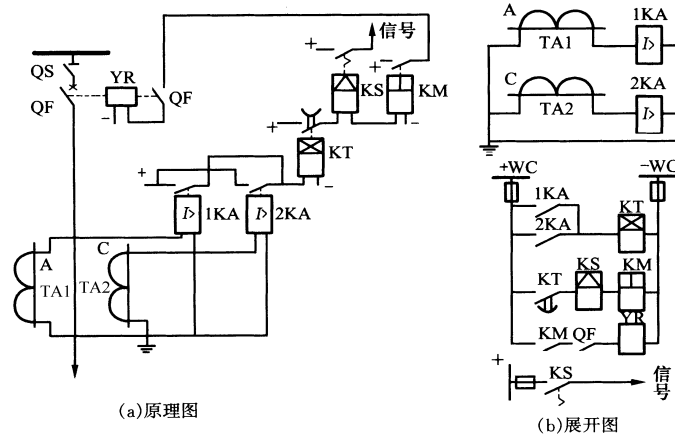


图 4.14 定时限过电流保护的接线图

其中：QF—断路器 TA—电流互感器 KA—电流继电器 KT—时间继电器
KS—信号继电器 KM—中间继电器 YR—跳闸线圈

当一次线路发生短路时，通过线路的短路电流使流经继电器的电流大于继电器的动作电流，电流继电器 KA 瞬时动作，其常开触点闭合，时间继电器 KT 线圈得电，其触点经一定延时后闭合，使中间继电器 KM 和信号继电器 KS 动作。KM 的常开触点闭合，接通断路器跳闸线圈 YR 回路，断路器 QF 跳闸，切除短路故障线路。KS 动作，其指示牌掉下，同时其常开触点闭合，起动信号回路，发出灯光和音响信号。

(4) 过电流保护的動作电流整定及保护灵敏度校验

1) 動作电流整定

带时限过电流保护，包括定时限和反时限两种的動作电流 I_{op} ，是指继电器動作的最小电流。过电流保护的動作电流整定，必须满足下面两个条件。

① 为避免在最大负荷通过时保护装置误动作，过电流保护的動作电流整定应该躲过线路的最大负荷电流（包括正常过负荷电流和尖峰电流） I_{lmax} 。

② 为保证保护装置在外部故障切除后，能可靠地返回到原始位置，防止发生误动作，保护装置的返回电流 I_{re} 也应该躲过线路的最大负荷电流 I_{lmax} 。线路的最大负荷电流 I_{lmax} 应根据线路实际的过负荷情况来定，特别是尖峰电流，包括电动机的自起动电流。

过电流保护動作电流整定公式

$$I_{op} = \frac{K_{rel} K_w}{K_{re} K_i} I_{lmax} \quad (4-3)$$

式中： K_{rel} —保护装置的可靠系数，对 DL 型继电器可取 1.2；对 GL 型继电器可取 1.3。

K_w —保护装置的接线系数，按三相短路来考虑，对两相两继电器接线为 1；对两相一继电器接线或两相电流差式接线均为 $\sqrt{3}$ 。

I_{lmax} —含尖峰电流的线路最大负荷电流，可取 1.5~3 倍的 I_{30} ， I_{30} 为线路计算电流。

2) 保护灵敏度校验

过电流保护的灵敏度用系统最小运行方式下线路末端的两相短路电流 $I_{k.min}^{(2)}$ 进行校验。

灵敏系数 $S_p = I_{k.min}^{(2)} / I_{opl}$ 。

(5) 速断保护的组成和原理

在带时限的过电流保护装置中,为了保证动作的配合性,其整定时限必须逐级增加,因而越靠近电源处,短路电流越大,而动作时限越长。这种情况对于切除靠近电源处的故障是不允许的。因此一般规定,当过电流保护的動作时限超过 1s 时,应该装设电流速断保护。

1) 电流速断保护的组成及速断电流的整定

通过提高过电流保护的整定值来限制保护动作范围,从而使靠近电源侧的保护可以不加时限瞬时动作的保护称为速断过电流保护。图 4.15 所示为定时限过电流保护和电流速断保护接线图。其中定时限过电流保护和电流速断保护共用一套电流互感器和中间继电器,电流速断保护还单独使用电流继电器 3KA 和 4KA,信号继电器 2KS。

当线路发生短路,流经继电器的电流大于电流速断的動作电流时,电流继电器动作,其常开触点闭合,接通信号继电器 2KS 和中间继电器 KM 回路, KM 动作使断路器跳闸, 2KS 动作表示电流速断保护动作,并起动信号回路发出灯光和音响信号。

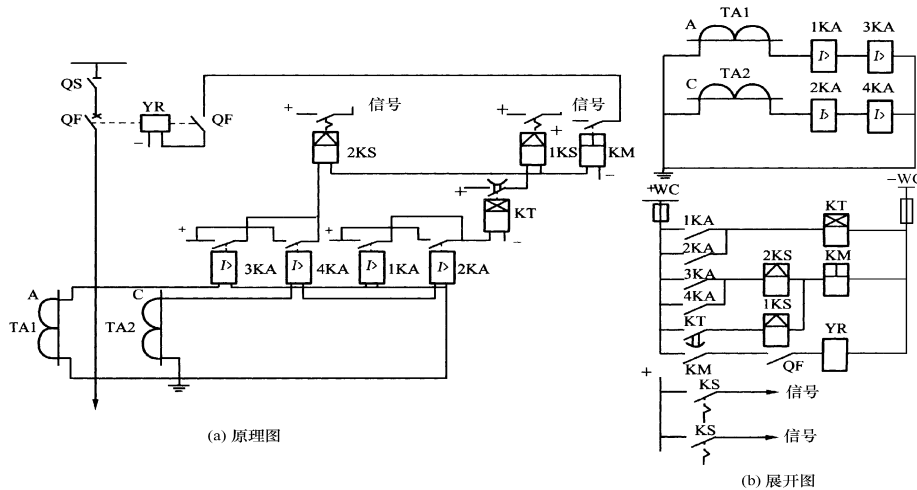


图 4.15 定时限过电流保护和电流速断保护接线图

由于电流速断保护动作不带时限,为了保证速断保护动作的选择性,在下一级线路首端发生最大短路电流时电流速断保护不应动作,即速断保护动作电流 $I_{op1} > I_{k.max}$,从而,速断保护继电器的动作电流整定值为

$$I_{op.kA} = \frac{K_{rel} K_w}{K_i} I_{kmax}$$

式中, $I_{k.max}$ 为线路末端最大三相短路电流; K_{rel} 为可靠系数, DL 型继电器取 1.3, GL 型继电器取 1.5; K_w 为接线系数; K_i 为电流互感器变比。

显然，电流速断保护的動作電流大於線路末端的最大三相短路電流，所以電流速繼保護不能保護線路全長，只能保護線路的一部分，線路不能被保護的部分稱為保護死區，線路能被保護的部分稱為保護區。

由於電流速斷的動作電流是按躲過線路末端的最大短路電流來整定的，因此在靠近線路末端的一段線路上發生的不一定是最大的短路電流，例如為兩相短路電流時，電流速斷保護裝置就不可能動作，也就是說，電流速斷保護實際上不能保護線路的全長。這種速斷保護裝置不能保護的區域稱為“死區”，如圖 4.16 中所示。

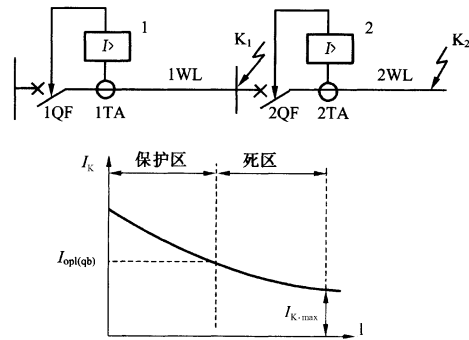


圖 4.16 電流速斷保護區說明

在速斷保護區內，速斷作為主保護，過電流保護作為後備保護；而在電流速斷的死區內，則過電流保護為基本保護。

3. 任務實施

技能訓練

各種繼電器的認識和實驗

1. 技能掌握要求

觀察各種繼電器的結構，掌握電磁型電流繼電器的動作值和返回值的檢驗方法。

2. 實驗儀器儀表

各種電磁型電流繼電器、電壓繼電器、時間繼電器、中間繼電器、信號繼電器及 GL-10 型繼電器；萬用表、電壓表、401 型秒表；滑線變阻器、刀開關等。

3. 實驗內容

(1) 觀察以上各種繼電器的結構。

(2) 電磁型電流繼電器動作值、返回值的檢驗與調整。

1) 實驗電路

如圖 4.17 所示。

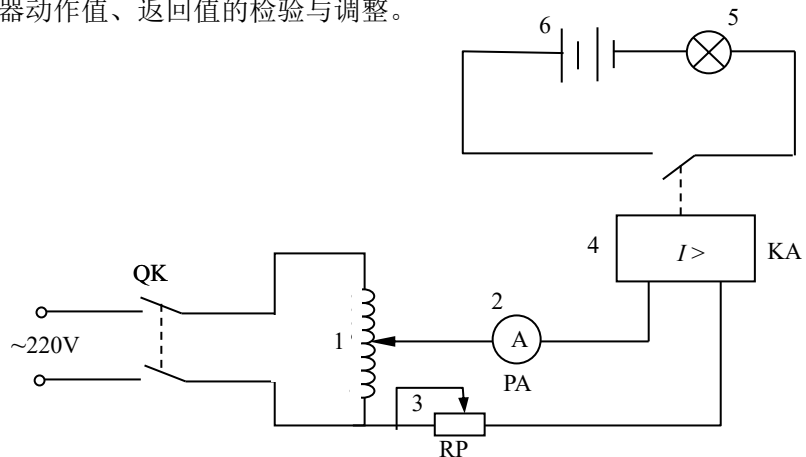


圖 4.17 電磁型電流繼電器實驗電路圖

1-自耦調壓器 2-電流表 3-限流電阻器 4-電流繼電器 5-指示燈 6-電池

2) 實驗步驟與方法

①按實驗電路接線，將調壓器指在零位，限流電阻器調到阻值最大位置。

②將繼電器線圈串聯，整定值調整把手置於最小刻度，根據整定電流選擇好電流表的量程。

③動作電流的測定

先经老师查线无问题后，再合上刀开关 QK，调节调压器及滑线变阻器使回路中的电流逐渐增加，直至动合触点刚好闭合灯亮为止，此时电流表的指示值即为继电器在该整定值下的动作电流值，记录电流的指示值于表 4-2 中。动作值与整定值之间的误差 $\Delta I\%$ 不应超过继电器规定的允许值。

④返回电流的测定

先使继电器处于动作状态，然后缓慢平滑地降低通入继电器线圈的电流，使动合触点刚好打开，此时灯熄灭，电流表的读数即为继电器在该整定值下的返回电流值，记录电流表的指示值于表中。

⑤每一整定值其动作电流，返回电流应重复测定 3 次取其平均值，作为该整定点的动作电流的返回电流，

⑥将继电器调整把手放在其他刻度上，重复③、④、⑤步骤，测得继电器在不同整定值时的动作电流和返回电流值，将实验数据填入表中。

⑦将继电器线圈改为并联，重复③、④、⑤步骤，检测在其他整定值时的动作电流和返回电流值。

3) 实验记录

实验记录表

序号	线圈 连接	动作电流/A					返回电流/A					返回 系数
		1	2	3	平均	$\Delta I\%$	1	2	3	平均	$\Delta I\%$	
1	串联											
2												
3												
4												
5	并联											
6												

4. 注意事项

(1) 继电器线圈有串联及并联两种连接方法，刻度盘所标刻度值为线圈串联时的动作整定值，并联使用时，其动作整定值=刻度值 \times 2。

(2) 读取数据要准确，动作电流是使继电器动作的最小电流值。返回电流是使继电器返回连接点打开的最大电流值。

(3) 在检测动作电流或返回电流时，要平滑单方向调整电流数值。

(4) 每次实验完毕应将调压器调至零位，然后打开电源刀开关

任务3 二次回路的分析与监测

教案头：

项目	项目四 二次系统的调试与运行维护		
任务	任务3 微机保护装置的安装和调试	学时	6
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	了解微机保护系统的结构、功能和特点。	能安装和调试微机保护装置。	培养具有安全意识、一丝不苟、精益求精的工作作风。
工作任务	1. 微机保护装置的安装 2. 微机保护的调试		
教学重点 教学难点	重点：微机保护装置的安装 难点：微机保护装置的调试		
教学策略	1. 示范教学法 2. 案例分析法 3. 任务驱动法 4. 小组讨论法		
教学条件	多媒体设备、电气安装工具、微机保护原理图		
作业	1. 撰写微机保护装置的安装和调试报告 2. 做课后练习题		
备注			

任务3 微机保护装置的安装和调试

一、任务概述

本次任务通过学习微机保护的原理与结构特点，了解微机保护的功能，熟悉硬件组成和软件流程，学会安装和调试微机保护自动装置。

二、知识准备

(1) 微机保护的现状和发展

配电系统电压等级低，结构简单，主要是单端供电或双端供电，因而其保护也简单，除采用熔断器保护外，主要采用由电磁式或感应式继电器构成的电流保护。这种常规的模拟式继电保护难以满足系统可靠性对保护的要求，主要表现在：

- 1) 没有自诊断功能，元件损坏不能及时发现，易造成严重后果。
- 2) 动作速度慢，一般超过 0.02s。
- 3) 定值整定和修改不便，准确度不高。
- 4) 难以实现新的保护原理或算法。
- 5) 体积大、元件多、维护工作量大。

微机保护充分利用和发挥微型控制器的存储记忆、逻辑判断和数值运算等信息处理功能，克服模拟式继电保护的不足，获得更好的保护特性和更高的技术指标。微机保护的发展还是近三十年的事，六十年代末，七十年代初美国、澳大利亚等国学者开始研究微机保护，其后微机保护得到迅速发展，八十年代末配电系统微机保护开始得到工业应用，以后配电系统微机保护由初期的微机继电器发展到以保护为核心的具有多种综合功能的微机保护和测控装置。目前国外和国内不少厂商生产此类产品。如通用电气公司生产的数字配电继电保护系统、BBC 公司生产的微机配电保护系统、ABB 公司生产的微机配电保护系统、南京自动化研究院生产的 ISA-1 微机保护装置、许继电气公司生产的 WBK-1 型微机保护装置，等等。这类配电系统微机保护装置一般都具有测量、保护、重合闸、事件记录、通讯等功能。

(2) 微机保护的功能

1) 保护功能

微机保护装置的保护有定时限过电流保护、反时限过电流保护、带时限电流速断保护、瞬时电流速断保护。反时限过电流保护还有标准反时限、强反时限和极强反时限保护等几类。以上各种保护方式可供用户自由选择，并进行数字设定。

2) 测量功能

配电系统正常运行时，微机保护装置不断测量三相电流，并在 LCD 液晶显示器显示。

3) 自动重合闸功能

当上述的保护功能动作，断路器跳闸后，该装置能自动发出合闸信号，即自动重合闸功能，以提高供电可靠性。自动重合闸功能为用户提供自动重合闸的重合次数、延时时间以及自动重合闸是否投入运行的选择和设定。

4) 人机对话功能

通过 LCD 液晶显示器和简洁的键盘提供良好的人机对话界面：

5) 自检功能

为了保证装置可靠工作，微机保护装置具有自检功能，对装置的有关硬件和软件进行开机自检和运行中的动态自检。

6) 事件记录功能

发生事件的所有数据如日期、时间、电流有效值、保护动作类型等都存在存储器中，事件包括事故跳闸事件、自动重合闸事件、保护定值设定事件等，可保存多达 30 个事件，并不断更新。

7) 报警功能

报警功能包括自检报警、故障报警等。

8) 断路器控制功能

各种保护动作和自动重合闸的开关量输出，控制断路器的跳闸和合闸。

9) 通信功能

微机保护装置能与中央控制室的监控微机进行通信，接受命令和发送有关数据。

10) 实时时钟功能

实时时钟功能能自动生成年月日和时分秒，最小分辨率毫秒，有对时功能。

(3) 微机保护装置的硬件结构

根据配电系统微机保护的功能要求，微机保护装置的硬件结构框图如图所示。它由数据采集系统、微型控制器、存储器、显示器、键盘、时钟、通信、控制和信号等部分组成。

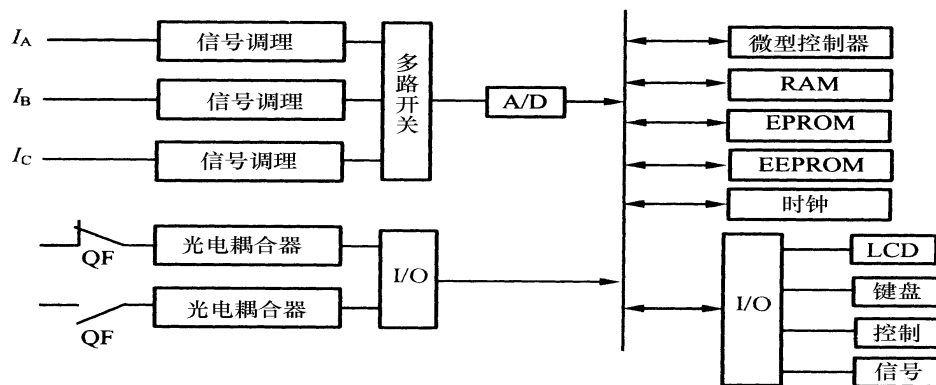


图 4.18 配电系统微机保护装置结构框图

数据采集系统主要对模拟量三相电流和开关量断路器辅助触点等采样。模拟量经信号调理、多路开关、AD 转换器送入微控制器，开关量经光电隔离、I/O 口送入微控制器。A/D 变换器一般采用 10~12 位 A/D 变换器。

微型控制器国内习惯称单片机，通常采用 16 位微型控制器，如 80196 系列。

存储器包括 EPROM、RAM、EEPROM。EPROM 存放程序、表格、常数；RAM 存放采样数据、中间计算数据等，EEPROM 存放定值、事件数据等。

时钟目前均采用硬件时钟，如 DS1302 时钟芯片。它能自动产生年、月、日和时、分、秒，并可对时。

显示器可采用点阵字符型和点阵图形型 LCD 显示器，目前常采用后者，用于设定显示、正常显示、事故显示等。

键盘已由早期的矩阵式键盘改用独立式键盘，通常设左移、右移、增加、减小、进入等键。

开关量输出主要包括控制信号、指示信号和报警信号。

(4) 微机保护装置的软件系统

微机保护装置的软件系统一般包括设定程序、运行程序和中断微机保护功能程序三部分。程序原理框图见图 4.19.

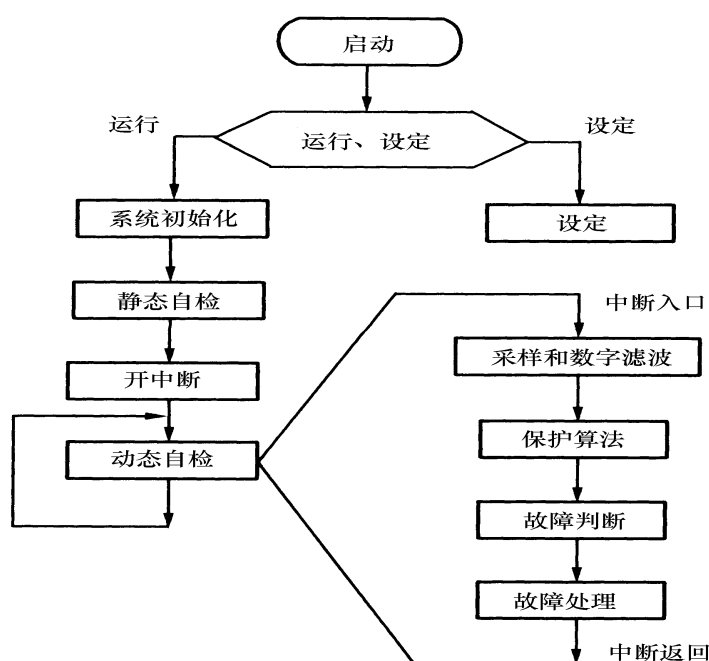


图 4.19 微机保护装置程序原理框图

设定程序主要用于功能选择和保护定值设定。运行程序对系统进行初始化，静态自检，打开中断，不断重复动态自检，若自检出错，转向有关程序处理。自检包括存储器自检、数据采集系统自检、显示器自检等。中断打开后，每当采样周期到，向微控制器申请中断，响应中断后，转入微机保护程序，微机保护程序主要由采样和数字滤波、保护算法、故障判断和故障处理等子程序组成。

保护算法是微机保护的核心，也是正在开发的领域，可以采用常规保护的动作原理，但更重要的是要充分发挥微机的优越性，寻求新的保护原理和算法，要求运算工作量小，计算精度高，以提高微机保护的灵敏性和可靠性。因此，不仅各种微机保护有不同的算法，而且同一种保护也可用不同的算法实现。配电系统微机保护算法比较简单，主要是如何实现反时限过电流保护的算法，这里介绍三种反时限过电流保护的数学模型，它们由双曲线项、比例项和常数项三部分组成。

标准反时限过电流保护算法的数学模型为

$$t = \frac{0.5D}{K-1} + 0.2D + 0.02$$

强反时限过电流保护算法的数学模型为

$$t = \frac{0.5D}{K^2-1} + 0.1D + 0.02$$

超强反时限过电流保护算法的数学模型为

$$t = \frac{8D}{K^2-1} + 0.02$$

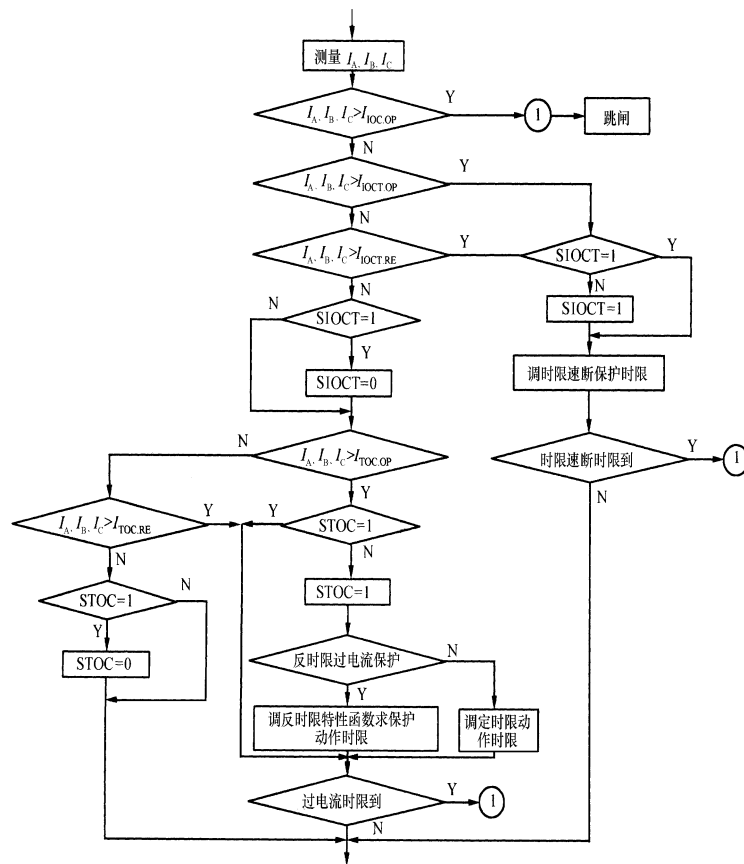


图 4.20 微机过流保护的程序原理图

在保护装置投入运行前，通过键盘选择所采用的保护，并输入各保护的整定数据，过电流保护程序原理框图如图 4.20 所示。图中 $I_{IOC.op}$ 、 $I_{IOCT.op}$ 和 $I_{TOC.op}$ 分别为瞬时速断、时限速断和过电流保护动作电流整定值； $I_{IOCT.re}$ 和 $I_{TOC.re}$ 分别为时限速断和过电流保护动作返回电流，它们由保护装置根据整定值自动产生；SIOCT 和 STOC 分别为时限速断和过电流保护动作起动标志字，动作起动置 1，未动作或返回置零；保护时限到标志字由定时中断程序产生。

三、任务实施

(1) 工作准备

1) 学生分组，5 位学生为一组，分工明确，并推荐出本组组长

2) 教师布置具体任务，并提出工作要求和安全注意事项

(2) 工作实施

1) 学生根据任务要求，进行微机保护装置的安装和调试。

2) 安装完成后由教师检查接线是否有错误，确认无误后示意学生进行设备的检验和调试。

3) 启动安装完毕的保护装置，记录每次保护装置的起动电流。若出现问题，分析故障原因，采取正确的解决措施

4) 任务完成后，学生示意老师。老师检查学生完成结果，给出本次课成绩。

四、 检查评价

(1) 教师对各组学生的设备进行逐个检查，对出现问题的设备，要求其成员自己分析可能出现的故障。

(2) 课程结束后各组组长对本组的项目成功的地方和出现的问题进行自我评价。

(3) 最后由老师对整个课程做总评，指出课程中学生所出现的各种问题并提出相应的、有效的解决办法。

五、 总结

通过本次任务的实施，了解了微机保护的功能和特点，熟悉微机保护的硬件结构，掌握了微机保护装置的安装、调试方法。

任务4 自动装置的检验与调试

教案头：

项目	项目四 二次系统的调试与运行维护		
任务	任务4 自动装置的检验与调试	学时	6
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	掌握自动装置的工作原理。	能检测、调试和操作自动投入装置。	养严肃认真的工作作风和团结高效的工作精神。
工作任务	1. 自动装置的工作原理 2. 备用电源自投装置的检测与调试		
教学重点 教学难点	重点：备用电源自投装置的检测与调试 难点：备用电源自投装置的检测与调试		
教学策略	1. 示范教学法 2. 任务驱动法		
教学条件	1. 教师提供相关资料和工具、学生明确任务内容。 2. 学生分组，每五个人一组展开讨论，分工并确定工作步骤。 3. 对整个工作过程进行设计，确定工作步骤。 4. 教师讲解自动装置的检测和调试步骤并做演示操作。 5. 学生分组训练。 6. 检查与评价。		
作业	多媒体设备、电气安装工具、自动装置的原理图。。		
备注			

任务4 自动装置的检测与调试

一、任务概述

本次任务主要是介绍自动装置的结构和工作原理，让学生掌握自动重合闸装置、备用电源自动投入装置的工作过程，并能够实地进行正确的自动装置的安装调试和运行维护，对一些简单的故障进行分析和维修，

二、知识准备

(1) 电力线路的自动重合闸装置

1) 概念

电力系统出会时常出现瞬时性故障，这些故障虽然会引起断路器跳闸，但短路故障后，故障点的绝缘一般都能自动恢复。此时断路器在合闸，便可恢复供电从而提高了供电可靠性。自动重合闸装置是当断路器跳闸后，能够自动地将断路器重合闸的装置。自动重合闸装置简称 ARD

2) 对自动重合闸装置的基本要求

①自动重合闸装置可按控制开关位置与断路器位置不对应的原理起动，对综合重合闸装置，尚宜实现由保护同时起动的方

②用控制开关或通过遥控装置将断路器断开，或将断路器投于故障线路上，而随即由保护将其断开时，自动重合闸装置均不应动作；

③在任何情况下(包括装置本身的元件损坏，以及继电器触点粘住或拒动)，自动重合闸装置的动作次数应符合预先的规定(如一次重合闸只应动作一次)；

④自动重合闸装置动作后，应自动复归；

⑤自动重合闸装置，应能在重合闸后加速继电保护的动

⑥自动重合闸装置应具有接收外来闭锁信号的功能。

3) 电气一次自动重合闸装置

分析电气一次自动重合闸装图原理图，掌握故障跳闸后的自动重合闸过程

(2) 备用电源自动投入装置

1) 概念

备用电源自动投入装置(简称 APD)就是但主电源线路中发生故障而断电时，能自动并且迅速将备用电源投入运行，以确保供电可靠性的装置。

2) 对备用电源自动投入装置的要求

①当工作电源不论何种原因消失时，APD 应动作；

②应保证在工作电源断开后备用电源电压正常，才投入备用电源；

③备用电源自动投入装置只允许动作一次；

④电压互感器二次回路断线时，APD 不应误动作；

⑤在采用 APD 的情况下，应检验备用电源的过负荷情况和电动机的自启动情况。如过负荷严重或不能保证电动机自启动，则应在 APD 动作前自动减负荷。

3) 备用电源自动投入装置的接线

①主电源与备用电源方式的 APD 接线

分析备用电源自动投入装置接线原理图，掌握其工作过程；

②互为备用电源的 APD 接线

分析互为备用电源的 APD 接线原理图，掌握其工作过程；

三、任务实施

(1) 工作准备

- 1) 学生分组，5位学生为一组，分工明确，推荐小组组长
- 2) 教师布置设计项目，并提出设计要求
- 3) 学生根据项目独立完成设备的选型，其中有问题可报告老师
- 4) 教师分发相关设备选型表

(2) 工作实施

- 1) 学生根据项目要求，进行设备的选型、校验。教师根据学生思路检查学生的计算有无错误，选型是否合适。
- 2) 分发设备仪器之后，分析设备原理图，对保护设备进行安装。安装后由教师检查接线是否有错误，确认无误后示意学生进行设备的检验和调试。
- 3) 观察自动装置的运行情况。若出现问题，检查线路是否有断路点。
- 4) 项目完成后，学生示意老师。老师检查学生完成结果，给出本次课成绩。

四、检查评价

教师对各组学生的设备进行逐个检查，对出现问题的设备，要求其成员自己分析可能出现的故障。课程结束后各组组长对本组的项目成功的地方和出现的问题进行自我评价。最后由老师对整个课程做总评，指出课程中学生所出现的各种问题并提出相应的、有效的解决办法。

五、总结

通过这次课程的学习，使学生对自动装置有了一定程度上的了解，内容包括两种自动装置概念，分类，使学生能够通过这次课的学习掌握电力线路的自动重合闸装置、备用电源自动投入装置的接线原理。最后通过自动装置原理图进行正确的安装和调试。最后对于一些小故障能正确地分析故障原因，有效地拿出排除故障的方法。

任务5 自动装置的检验与调试

教案头：

项目	项目四 二次系统的调试与运行维护		
任务	任务5 变电站综合自动化的运行管理	学时	6
教学目标	知识目标	技能目标	素质目标
	了解变电所综合自动化系统的构成及基本功能。	能运行和管理变电所综合自动化系统。	培养严肃认真的工作作风和团结高效的工作精神。
工作任务	变电站综合自动化系统运行管理		
教学重点	重点：变电站综合自动化系统运行管理		
教学难点	难点：变电站综合自动化系统的工作原理		
教学策略	1. 示范教学法（教-学） 2. 任务驱动法（做-练）		
教学条件	1. 教师提供相关资料、学生明确任务内容。 2. 教师介绍综合自动化系统的构成及基本功能和运行管理方法。 3. 学生分组讨论，模拟综合自动化系统的运行管理训练。 4. 总结与评价。		
作业	多媒体设备、模拟综合自动化系统。		
备注			

任务5 变电站综合自动化系统的运行管理

一、任务概述

变电站综合自动化就是利用微机技术将变电站的二次设备（包括控制、信号、测量、保护、自动装置、远动装置）进行功能的重新组合和结构的优化设计，对变电站进行自动监视、测量、控制和协调的一种综合性的自动化系统。本次任务是在了解介绍变配电站综合自动化系统的基本概念、组成结构、工作原理和通讯方式的基础上，熟悉无人值班变电所的运行特征和管理模式。

二、知识准备

（1）概述

变配电所综合自动化系统是利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信息处理技术等实现对变配电站二次设备（包括继电保护、控制、测量、信号、故障录波、自动装置及远动装置等）的功能进行重新组合、优化设计，对变配电站全部设备的运行情况执行监视、测量、控制和协调的一种综合性的自动化系统。通过变配电站综合自动化系统内各设备间相互交换信息，数据共享，完成变配电站运行监视和控制任务。变配电站综合自动化系统替代了常规二次设备，它将传统的变电站内各种分立的自动装置集成在一个综合系统内实现，并具有运行管理上的功能，包括：制表、分析统计、防误操作、生成实时和历史数据流、安全运行监视、事故顺序记录、事故追忆、实现就地及远方监控，简化了变配电站二次接线。变配电站综合自动化是提高变电站安全稳定运行水平、降低运行维护成本、提高经济效益、向用户提供高质量电能的一项重要技术措施。

变配电站综合自动化的优点如下：

- 1) 控制和调节由计算机完成，减少了劳动强度，避免了误操作。
- 2) 简化了二次接线，使整体布局紧凑，减少了占地面积，降低了编配电站建设投资。
- 3) 通过设备监视和自诊断，延长了设备检修周期，提高了运行可靠性。
- 4) 变电站综合自动化以计算机技术为核心，具有发展、扩充的余地。
- 5) 减少了人的干预，使人为事故大大减少。
- 6) 提高经济效益。减少占地面积，降低了二次建设投资和变电站运行维护成本；设备可靠性增加，维护方便；减轻和替代了值班人员的大量劳动；延长了供电时间，减少了供电故障。

(2) 变电站综合自动化系统的功能

变配电站综合自动化系统可以完成多种功能，它们的实现主要依靠以下三个子系统。

1) 监控子系统

监控子系统是完成模拟量输入、数字量输入、控制输出等功能的系统，一般应用测量和控制器件对站内线路和变压器的运行参数进行测量、监视；以及对断路器、隔离开关、变压器分接头等设备进行投切和调整。监控子系统可以实现的功能主要有：

①数据采集功能

定时采集全站模拟量、开关量和脉冲量等信号，经滤波，检出事故、故障、状态变位信号和模拟量参数变化，实时更新数据库，为监控系统提供运行状态的数据。

②控制操作功能

操作人员可通过 CRT 屏幕执行对断路器、隔离开关、电容器组投切、变压器

分接头进行远方操作。

③人机联系功能

CRT 能为运行人员提供人机交互界面，调用各种数据报表及运行状态图、参数图等。

④事件报警功能

在系统发生事故或运行设备工作异常时，进行音响、语言报警、推出事件画面，画面上相应的画块闪光报警，并给出事件的性质、异常参数，也可推出相应的事件处理指导。

⑤故障录波、测距功能

能把故障线路的电流、电压的参数和波形进行记录，也可以计算出测量点与故障点的阻抗、电阻、距离和故障性质。

⑥系统自诊断功能

系统具有在线自诊断功能，可以诊断出通信通道、计算机外围设备、I/O 模块、工作电源等故障，故障时立即报警、显示，以便及时处理，从而保证了系统运行的较高可靠性。

⑦数据处理和参数修改功能

对收集到的各种数据实时进行动态计算和处理，分析运行设备是否处于正常状态，并能根据需要通过 CRT 修改系统所设置的上、下限参数值。

⑧报表与打印功能

根据运行要求进行运行参数打印、运行日志打印、操作记录打印、事件顺序记录打印、越限打印等。

2) 保护子系统

在综合自动化系统中，继电保护由微机保护所替代，保护系统是变电站综合自动化系统最基本、最重要的系统。微机保护包括变电所的主要设备和输电线路的全套保护，具有高压线路、主变压器、无功综合补偿装置、母线和配电线路的成套微机保护及故障录波装置等。微机保护在被保护线路和设备故障下，动作于断路器跳闸；线路故障消除后则执行自动重合闸。微机保护与故障测距录波装置都挂在综合系统网络总线上，通过串口与监控主机通信，召唤传送线路和设备经处理运算后的输入模拟量，故障跳闸后传送故障参数与重合闸信息，保护动作信息等。

3) 电压和无功综合控制子系统

在电力系统中为维持供电电压在规定的范围内，保持电力系统稳定和无功功率的平衡，需要对电压进行调节，对无功功率进行补偿，以保证在电压合格的前提下电能损耗最小。在变电所中，对电压和无功的控制一般采用调节有载变压器分接头位置和自动控制无功补偿设备（如电容器组、电抗器组、调相机）的投

切或控制其运行工况。该功能可通过挂在网络总线上的电压无功控制装置实现。

(3) 变电站综合自动化系统的体系结构

该结构从逻辑上将变电站自动化系统划分为三层，即变电站层、通信层和间隔层（任务层），通过现场总线连接成一个整体，每层由不同设备或不同的子系统组成，完成不同的功能。

间隔层是指设备的继电保护和测控装置层，主要按照变电所所属元件和

1) 间隔层分任务进行设计。间隔任务通过数据采集模块实时采集

各设备的模拟量输入信号，并经离散化和模数转换成数字量；通过开关量采集模块采集断路器的开合、电流脉冲量等信息并经电平变换、隔离处理得到开关量信息。这些数字量和开关量将上传给通信层。

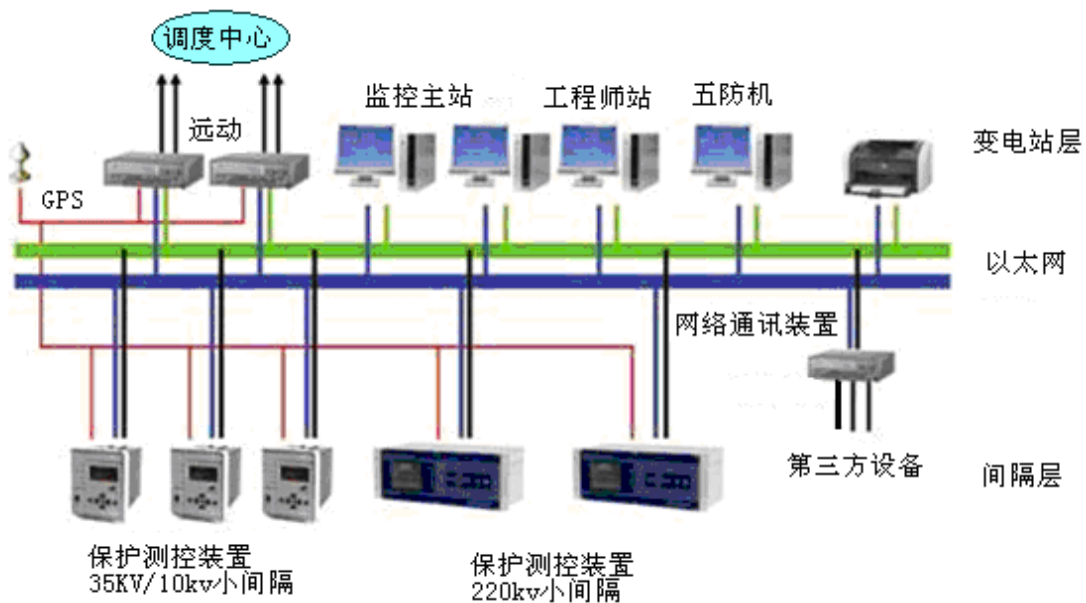


图 4.21 变电站综合自动化系统的体系结构图

2) 通信层主要由数据采集控制机和保护管理机组成，主要负责接受从间隔层发送上来的信息，并将信息通过以太网传送到变电站层的监控主机的存储器或数据库中以进一步处理。同时也将该信息传送到上级调度中心，使得上级调度中心实时掌握该变电站各设备的运行情况，也可由调度中心直接对设备进行远动终端控制和“四遥”功能。

(4) 综合自动化通讯系统

通信是变电站综合自动化系统非常重要的基础功能。借助于通信，各断路器间隔中保护测控任务、变电站计算机系统、电网控制中心自动化系统得以相互交换信息和信息共享，提高了变电站运行的可靠性，减少了连接电缆和设备数量，实现变电站远方监视和控制。变电站自动化系统通信主要涉及以下几个方面的内容。

1) 各保护测控任务与变电站计算机系统通信。

- 2) 各保护测控任务之间互通信。
- 3) 变电站自动化系统与电网自动化系统通信。
- 4) 变电站计算机系统内部计算机间相互通信。

实现变电站综合自动化的主要目的不仅仅是用以微机为核心的保护和控制装置来代替传统变电站的保护和控制装置，关键在于实现信息交换。通过控制和保护互连、相互协调，允许数据在各功能块之间相互交换，可以提高他们的性能。通过信息交换，互相通信，实现信息共享，提供常规的变电站二次设备不能提供的功能，减少变电站设备的重复配置，简化设备之间的互连，从整体上提高自动化系统的安全性和经济性，从而提高整个电网的自动化水平。因此，在综合自动化系统中，网络技术、通信协议标准、数据共享等问题是综合自动化系统的关键问题。

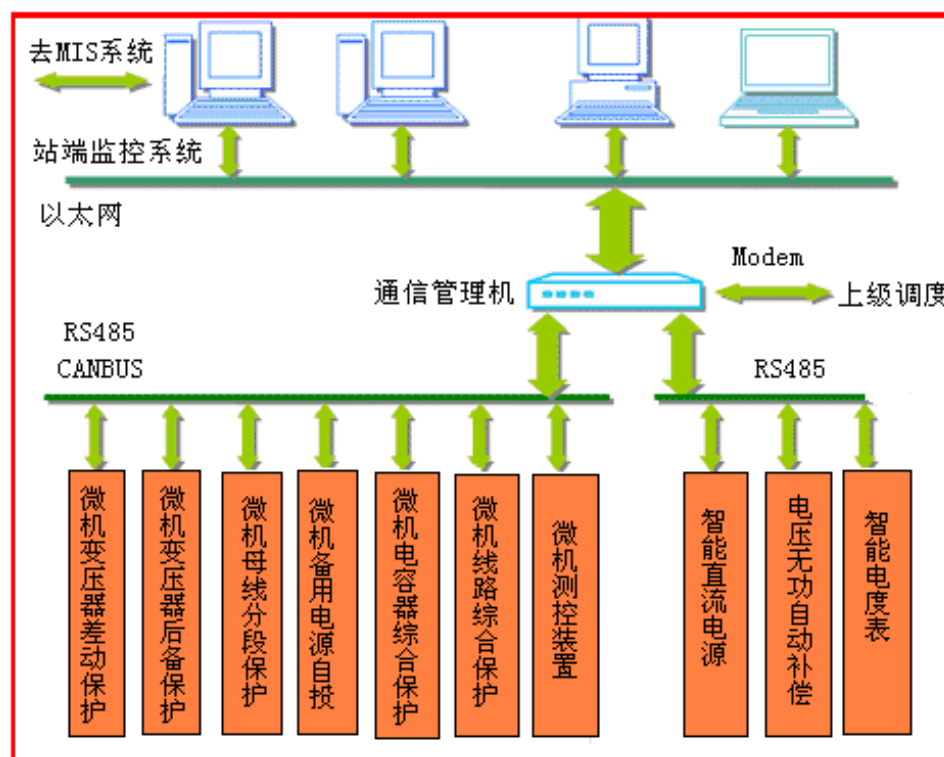


图 4.22 变电站综合自动化系统的信息流通图

DF3300 变电站自动化系统是一个综合的有机设备系统，它集电力系统、电子技术、自动化、继电保护之大成，以计算机和网络技术为依托，面对变电站通盘设计、优化功能和简化系统，用分散、分层、分布式结构实现面向对象的思想。它用简洁的、利用高性能单片机构成的数字智能电子设备 (IED) 和计算机主机替代了数量大、功能结构单一的继电器、仪表、信号灯、自动装置、控制屏。用计算机局域网 (LAN) 替代了大量复杂的连接电缆和二次电缆。它在遵循数据信息共享、减少硬件重复配置的原则下，做到继电保护相对独立并有一定的冗余，提高了变电站运行的可靠性，减小了维护工作量并提高维护管理水平。

DF3300 变电站自动化系统可满足国际大电网会议对变电站自动化所提出的 7 个功能要求，即：远动功能(四遥功能)；自动控制功能(电压无功综合控制、低周减载、静止无功补偿器控制等)；测量表计功能；继电保护功能；与继电保护相配套的功能(故障录波、测距、小电流接地选线等)；接口功能(与微机五防、电源、电能表计、全球定位装置等 IED 的接口)；系统功能(与主站通信、当地 SCADA 等)。

DF3300 变电站自动化系统的特点：

(1) 统一的新型结构工艺设计，采用嵌入式结构，可以集中组屏，也可以就地安装；

(2) 模块支持 IRIG-B 格式硬对钟；

(3) 交流采样插件采用 DSP 处理器，可实现高次谐波分析、自动准同期、故障录波等功能；

(4) 采用 14 位高性能 A/D 采集芯片，提高了数据采集的分辨率和测量精度；

(5) 各装置通讯接口采用插卡式，可以保证系统的平滑升级，不同的通信处理插板，可完成 FDKBUS、CANBUS、串行口等不同的接口形式，可适应双绞线、光纤等不同通信介质；

(6) 采用先进的工业级芯片，各装置的 CPU 均采用 MoTOROLA 的 32 位芯片，提高了数据采集的分辨率和测量精度；

(7) 采用的保护原理成熟可靠，并且已经有丰富的现场运行经验；

(8) 面向对象软件平台及开放式监控应用平台，内置完善的通信规约库，支持用户控制语言，提供 API 用户应用编程接口；

(9) 采用大屏幕液晶显示，汉化菜单操作，使用方便。

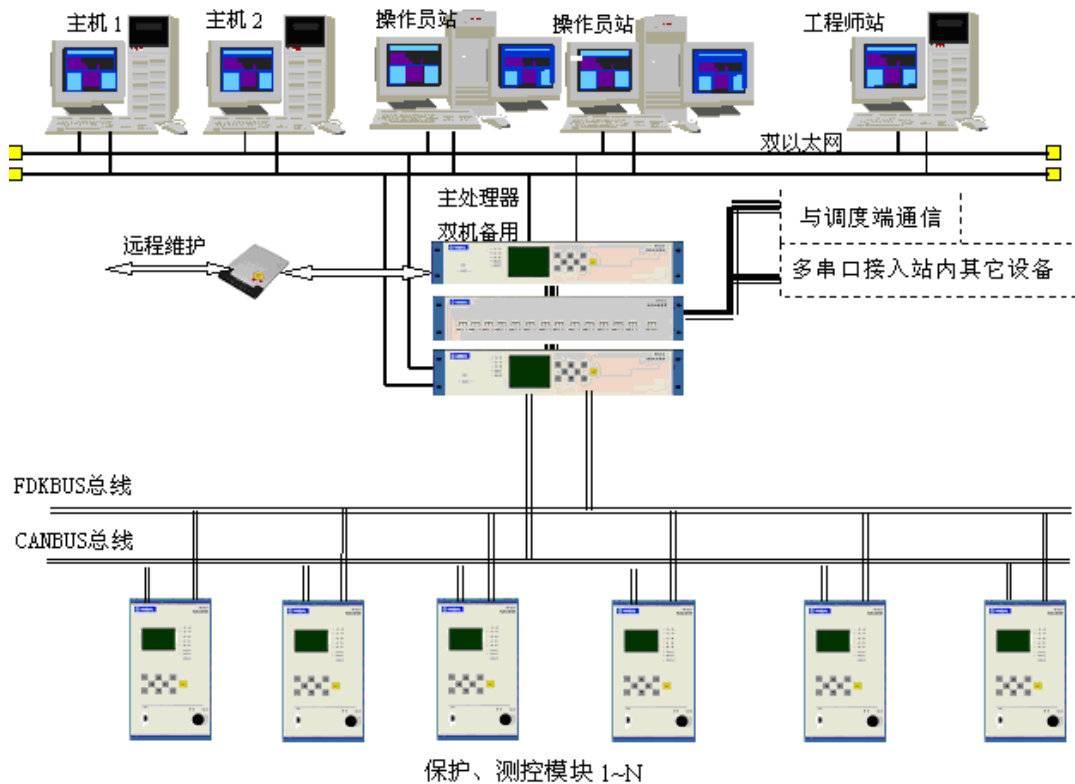


图 4.23 DF3300 变电站自动化系统配置图

DF3300 系统的配置结构如图 4.23 所示, 间隔级通讯网有两种通信方式: 一种采用 CANBUS 现场总线, 其最大通信速率为 1.5MB/S; 另一种采用 FDKBUS 现场总线, 其最大通信速率为 187.5KB/S, 最大通信距离为 1200 米(加中继可扩充到 5 公里), 最大连接接点数为 127 个, 通信介质为屏蔽双绞线或光纤。站级通讯网采用以太网, 速率为 10M/100M, 通讯媒介采用光纤, 通讯协议采用 TCP/IP 协议。

系统采用管理任务同保护、控制、测量模块构成最小任务的自动化系统, 并同远方调度主站通讯完成运行管理, 以满足中小型变电站自动化的需要。系统特别适用于 110KV 及以下无人值班变电站的需要, 也可兼容当地单设监控系统。后台机、维护工作站可通过以太网口与通信处理任务相连。

四、检查与评价

(1) 检查

学生分组自查, 教师抽查

(2) 评价

学生自评、互评、教师评价

五、总结

通过本次任务的实施, 使学生了解了变电站综合自动化系统的体系结构和功能, 掌握了变电站综合自动化系统的运行管理方法。