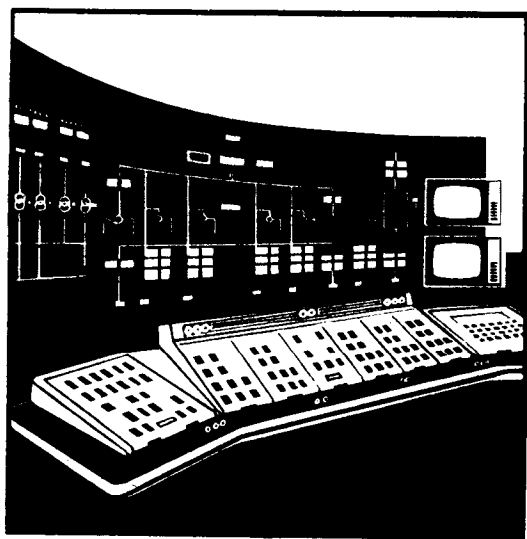


第十八分册

水电站集中控制、 继电保护和自动化

贺至刚 徐恭禄



水利电力出版社

水力发电技术知识丛书

第 十 八 分 册

水电站集中控制、 继电保护和自动化

贺至刚 徐恭禄

水利电力出版社

内 容 提 要

本分册介绍水电站有关电气二次专业方面的基本概念和基础知识,同时对这些专业的技术现状和发展作了简要说明。全书共分七章,包括控制和信号、直流电源、电气测量、继电保护、水电站自动化、远动和通信、控制屏(保护屏)和自动屏布置等。为了便于自学者复习,在书后列出了一些思考题。

本书可供具有中学文化程度的各级管理干部和初级技术工人阅读。

水力发电技术知识丛书

第十八分册

水电站集中控制、继电保护和自动化

贺至刚 徐恭禄

*

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

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.75印张 104千字

1984年7月第一版 1984年7月北京第一次印刷

印数 00001—10740册 定价 0.52元

书号 15143·5413

关于编写《水力发电技术 知识丛书》的说明

为了水力发电战线广大职工学习科学技术，适应现代化水电建设和生产的需要，中国水力发电工程学会组织编写了一套《水力发电技术知识丛书》。丛书是从普及水力发电科学技术知识的角度出发，着重介绍水力发电的基本概念和基础知识，对我国在实践中取得的经验和国外水平以及发展前景也作适当介绍。

读者对象以具有中等学校文化程度以上的各级管理干部为主。使他们能系统地了解水力发电的科技知识，不断提高业务能力和管理水平。对于中等学校文化程度的技术工人，也可通过学习本丛书为学习专业技术打下初步基础，并在工作中不断提高技术水平。对于有某种专业的技术干部，也可了解其他相邻专业的一般知识。

本丛书共分二十五个分册：

- 第一分册 水力发电概况
- 第二分册 水能规划和综合利用
- 第三分册 水能经济
- 第四分册 水电工程地质
- 第五分册 水电工程勘测
- 第六分册 水文测验和水文计算
- 第七分册 泄洪和进水建筑物
- 第八分册 引水工程及发电厂房
- 第九分册 过船过鱼过木建筑物

前 言

本分册着重介绍水电站有关电气二次专业方面的基本概念和基础知识，同时对这些专业的技术现状和发展作了简要说明，包括水电站的继电保护、自动化、远动化、通信、控制测量信号系统等专业的内容。

本分册第一、六章由徐恭禄编写；其余各章由贺至刚编写。全书由贺至刚修改定稿。

在编写过程中，杨德晔同志参加了编写提纲的讨论，并提出了很多宝贵意见。张德平同志审阅了书稿，在此一并表示感谢。

由于水平所限，有不妥之处，请读者批评指正。

编 者

1982.4

《水力发电技术知识丛书》

编辑委员会

主 任 施嘉炆

副主任 陆钦侃、舒扬荣、刘颂尧

编 委 (按姓氏笔划为序)

于开泉、王伊复、王圣培、伍正诚、冯尚友、
李毓芬、刘颂尧、沈 晋、谷云青、陈叔康、
张勇传、汪景琦、施嘉炆、陆钦侃、唐集尹、
舒扬荣、董毓新、程学敏、杨德晔

- 第十分册 水工机械设备
- 第十一分册 水工建筑物的运行维护和观测
- 第十二分册 水电工程的施工组织和管理
- 第十三分册 水工混凝土工程施工
- 第十四分册 土石工程及地下工程施工
- 第十五分册 施工导流工程
- 第十六分册 水轮机和辅助设备
- 第十七分册 发电机和电气设备
- 第十八分册 水电站集中控制、继电保护和自动化
- 第十九分册 机电设备的安装
- 第二十分册 机电设备的运行维护
- 第二十一分册 水电站水库调度
- 第二十二分册 水电站经济运行
- 第二十三分册 小型水电站
- 第二十四分册 抽水蓄能电站
- 第二十五分册 潮汐电站

本丛书各分册承蒙从事水电事业的有关单位和院校的专家教授大力支持，花了大量时间和精力进行编写和审校，特此一并致谢。

《水力发电技术知识丛书》编辑委员会

1982年8月

目 录

关于编写《水力发电技术知识丛书》的说明

前 言

概 述 1

第一章 控制和信号 3

第一节 控制方式 3

第二节 断路器及隔离开关的控制 6

第三节 信号系统 9

第二章 直流电源 13

第一节 直流电源及其电压的选择 13

第二节 直流电源系统及其运行方式 15

第三章 电气测量 25

第一节 电力设备和线路电气测量的内容和要求 25

第二节 常用的控制屏（配电屏）指示仪表分类 28

第三节 测量系统 30

第四章 继电保护 39

第一节 电力系统电力设备及线路的故障和不正常运行
状态，故障的危害性 39

第二节 继电保护的功用以及对继电保护性能的基本要
求 45

第三节 继电保护装置分类及其基本工作原理 49

第四节 发电机、变压器及线路保护的配置 73

第五章 水电站自动化 90

第一节 水电站自动化内容 90

第二节	发电机的励磁系统	91
第三节	机组自动操作及机组自动化元件	109
第四节	同步（同期）并列	114
第六章	远动和通信	124
第一节	远动系统	125
第二节	通信	127
第七章	控制屏、保护屏和自动屏布置	131
第一节	各种屏分类及其布置	131
第二节	中央控制室布置	136

思考题

概 述

水电站的水轮发电机、变压器、高压母线等电力设备和输电线路，是电站得以发电并向电力系统输送电力的主要设备。为了提高电站的操作运行水平，做到安全经济发电，与之相适应地必须配备整套的继电保护、自动化、控制测量信号系统、远动化、通信等设备，一般统称为电气专业的二次部分。这些二次专业的设备不仅是电站赖以运行必不可少的部分，而且在某种意义上来说，近代新技术在电站中的使用还往往首先从这些方面表现出来，例如电子技术、计算机技术等。

发电机、变压器等电力设备和输电线路在运行中，不可避免地会由于设备本身的损坏或自然和人为的因素等各种原因，而出现不正常运行状态或故障，特别是短路故障会导致这些设备本身的损坏和破坏电力系统的运行，因此必须在每台电力设备和每条线路上装设一套自动装置，当电力设备或线路发生故障时，该装置能自动按规定要求将故障设备从电力系统中切除，并迅速恢复电力系统的正常运行，这种自动装置称为继电保护装置。继电保护装置由常用的机电式发展为晶体管式，保护性能不断提高，计算机保护也正在研究之中。

电站的自动化，标志着电站的科学技术水平，为了调整发电机的电压，必须有自动励磁装置，现在的自动励磁装置已由电磁式发展到半导体可控硅式；为了调整发电机的转速，

必须有调速器，现在的调速器已由机械式到电子管电气液压式，发展到集成电路式。就全厂自动化来说，流域梯级水电站群的集中调度管理、计算机在水电站的经济运行和控制等方面的应用，国外已有投入运行，国内也在试点。

为了监视机组的运行状态和调节各电量（如功率、电压等）以及监视变压器、线路等输送的功率，每个电力设备和每条线路，都应装设测量器具和指示仪表。为了了解各设备的运行状态，必须设置各种信号设备如位置信号、运行方式信号、故障或不正常运行信号等。为了集中对各机组和断路器进行控制和调节，要设置全厂中央控制室，并在中央控制室内进行远方测量、监视、控制和调节。

通信是电站运行的联络系统。厂内的调度通信是厂内指挥生产的联络工具。与电力系统调度部门联络的系统通信（例如载波通信）是系统调度部门指挥电厂生产的联络工具。为了行政和生活的需要，电站还应装设人工电话交换机或自动电话交换机。

远动化即通常所说的遥控、遥调、遥测、遥信。是指上级调度部门对本电站进行直接控制、调节、测量以及信号显示，因为调度部门与电站之间的距离均较远，有的甚至达几百公里，故这些控制等称为远程控制、遥远调节、遥远测量、遥远信号。为了实现这些要求，必须通过专用的远动设备才能完成。

以上几方面的内容，涉及面较广，在这个分册中不可能详细讨论，所以以下各章，将主要在基本概念方面进行叙述。

第一章 控制和信号

第一节 控制方式

水电站一般都设有中央控制室。电站内主要设备的操作以及运行各部位的调度指挥，都集中在中央控制室进行，因此中央控制室是电站操作指挥中心。中央控制室值班人员接受并按照电网调度所调度员的命令，进行机组的开停、负荷的增减、主要断路器的跳合闸等操作。为了让中央控制室值班人员能够正确地管理和操作那些主要设备，并随时监视运行设备的工作状态，在中央控制室必须配备适当的控制屏（台）以及相应的控制和信号器具。根据所采用的设备和接线方案的不同，有不同的控制方式，目前国内采用的有下列几种。

一、强电大开关控制及强电信号的方式

这种方式的特点是采用 220 伏直流操作电源（个别的也有采用 110 伏的），操作和信号器具的尺寸较大。

早期建成的水电站大多采用这种方式，根据电站的复杂程度及运行习惯，在中央控制室布置了控制屏台、直立控制屏或直立控制屏加独立的控制台。每一块屏、台上相应地布置电站中某一个或几个主要设备（如发电机、变压器、高压输电线等）的操作和信号器具。

二、强电小开关控制及弱电信号的方式

这种方式采用的是强电小型系列的操作开关（电源仍为

220伏或110伏，但尺寸较小）和弱电系列的信号器具（48伏，尺寸较小，信号器具模拟性强），此时中央控制室的控制设备分成供运行监视和运行操作两部分。供运行监视的部分，布置有电站的主接线模拟，主要设备的测量监视仪表和弱电的位置信号器具（如发电机模拟信号器、断路器模拟信号器等）则布置在主接线模拟的相应部位中，由于这部分主要是测量监视及信号指示，故称为信号返回屏。指示故障性质的弱电的光字信号器具尺寸比较小，有的布置在信号返回屏上和各设备模拟相对应的位置，有的则集中布置在控制台上。各种操作用的强电小开关布置在控制台上，由于强电小开关的外形尺寸较小，在控制台上可以布置得比较紧凑，占用的台面面积比较小，可以将它们集中布置在一个控制台上，这是中央控制室的运行操作部分，称为集中控制台。这样运行人员可以坐着进行操作，不象第一种方式那样，因为控制台比较多，需要站着来回走动。加上信号返回屏的布置模拟性强，比较直观，运行比较方便。这种方式，又称强电小型集中控制方式。

三、弱电控制和弱电信号的方式

采用这一控制信号方式的屏台和器具布置与强电小型开关控制和弱电信号方式相似，器具的外形尺寸完全一样。采用这种控制方式在采用弱电电缆方面等可以得到一定的好处，器具间隔也会小些，但在有些情况下，需要增加一个转换环节，这是它的不足。

四、弱电选线的控制及信号方式

当中央控制室需要控制的设备很多，为了使控制器具能够集中布置在一个控制台上，有的电站采用弱电选线的控制方式。对于布置比较分散，开关站离厂房距离很远的电站，

采用弱电选线还能够节省控制电缆。当采用弱电控制接线时，若采用每台电力设备和线路单独设置信号的接线而在布置有困难时，也可以采用选信（即选择信号）。采用弱电选线的控制及信号方式时，屏台及控制信号器具布置和前面两种方式相似。

选线控制的操作一般分两步进行。第一步选择对象，在核实所选对象无误后（通常在信号返回屏上被选对象模拟的旁边设有表明被选中的光字信号牌，选中时点亮），再进行第二步的开停机或跳合闸操作，选控接线中应有防止选重的闭锁，选控操作完成后可以自动复归或手动复归。

选调（选择调节）的操作也分两步进行，并有两种选择方式：选择性质和选择对象。前者是指选择某种调节性质后，几台设备可以同时进行调节（如调几台发电机的有功功率等）。选择对象是指选中某一对象后（如选中一号发电机），即可按选择性质，例如有功、无功功率，同时进行调节。由于电站中的调节操作比较频繁，选调方式不很方便，所以在这种情况下一般考虑设置成组调节装置。

五、半导体逻辑控制方式

半导体逻辑控制是以半导体器件构成逻辑回路来代替部分电磁型继电器，并以弱电控制代替强电控制为基础的。由于半导体元件具有体积小，动作电压低、功耗小、动作速度快和无机械转动部件等优点，可以很容易地构成具有复杂逻辑功能的设备和完成一些由电磁型元件所难于完成的工作。特别是在动作频繁和程序复杂的控制系统中，使用半导体逻辑控制具有明显的优点。采用半导体逻辑控制后，控制信号的功率很小，因而可以采用小截面的控制电缆，它也有利于和计算机及其他自动装置的配合。但是，由于半导体元件动

作速度快、控制功率小，容许功耗小，因而易于受电气干扰而误动作或损坏。对半导体元件的质量以及焊接工艺等的要求也比较高，否则容易造成误动或拒动。因此，在控制系统中必须考虑适当的抗干扰措施和保护措施。强、弱电系统间需增加转换环节，而且电源电压等级较多，要求也较高，使电站的控制系统和电源系统复杂化。采用这一控制方式时的屏台及控制器具布置和弱电选线方式相似。

第二节 断路器及隔离开关的控制

一、断路器的控制

断路器的种类很多，它的操动机构也有许多种，如电动操动机构、弹簧操动机构、液压操动机构、压缩空气操动机构等，其控制回路也随不同的操动机构而异。此外，还有三相联动和三相分相操作的区别。但总的来说，控制回路应满足下列要求：

(1) 能监视电源及跳闸和合闸回路的完整性。根据断路器重要性的不同，跳合闸回路的监视分为灯光监视和音响监视两种，一般较重要的断路器都采用音响监视。图 1-1 中采用的就是音响监视，当回路发生故障时，合闸位置继电器 HWJ 和跳闸位置继电器 TWJ 使红、绿灯同时熄灭外，并发出音响信号。如用灯光监视，则把 HWJ 和 TWJ 换成红、绿灯，如果两个灯都熄灭，意味着回路出了故障。

(2) 能指示断路器的合闸和跳闸的位置状态。图中红灯 HD 表示合闸状态，绿灯 LD 表示跳闸状态。在因故自动跳闸时，为了使信号更加明显，通常在断路器故障跳闸时，把它的灯光回路自动地换接至闪光电源上(图中没有画出来)，

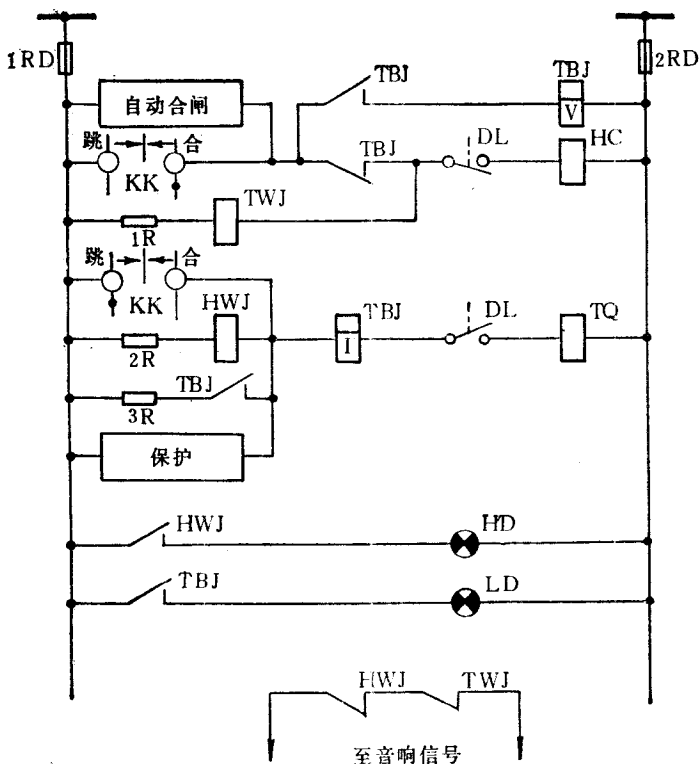


图 1-1 断路器控制接线

1~2RD—熔断器；HWJ—合闸位置继电器；TWJ—跳闸位置继电器；
TBJ—跳跃闭锁继电器；DL—断路器辅助触点；HC—断路器合闸接
触器；TQ—断路器跳闸线圈；1R~3R—电阻；KK—操作开关

让灯光闪烁，促使运行人员注意。

(3) 有防止断路器多次重合的“跳跃”闭锁装置。所谓“跳跃”，是指断路器在手动或自动装置动作合闸后，如果操作开关的触点或自动装置的触点卡住，而此时又遇到保

护动作使断路器跳闸，将发生多次“跳—合”现象。除6~10千伏断路器中有一种操动机构自身带有机 械“防跳”装置，不需另设措施外，其他断路器均需增加“防跳”措施。图中TBJ跳跃闭锁继电器及相应的接线就起这一作用。

(4)自动合闸或跳闸完成后，应使命令脉冲自动解除。图中“自动合闸”和“保护”的动作于合闸及跳闸的继电器触点均串有自保持线圈，其作用是在跳合闸未完成前让该触点保持住，跳合闸完成后，回路的断开由断路器本身的辅助触点来完成。因为跳合闸线圈的容量比较大，如果靠继电器触点来切断它的回路，容易把触点烧坏。

(5)除了图1-1中所表示的以外，对于不同的操动机构，还有其他一些要求，例如：

具有单相操动机构的断路器，如果三相位置不一致时，应发出信号，必要时动作于跳闸。

液压操动机构应有液压不正常时的闭锁；弹簧操动机构应有弹簧拉紧与否的闭锁；空气断路器应有压缩空气气压不正常的闭锁。

二、隔离开关的控制

隔离开关的操动机构有手动的、电动的和气动的三种。由于隔离开关不能切断负载电流，只能空载操作，因此为了防止隔离开关的误操作，隔离开关和其相应的断路器之间应设联锁装置。对于手动操动机构的隔离开关，在它的操动机构上设有电磁锁，并配以相应的联锁接线。当满足隔离开关操作的条件时，可以借助电钥匙把这电磁锁拔出，运行值班人员才能够进行操作。对于电动或气动操动的隔离开关，则在隔离开关的控制接线中加以适当的闭锁条件，只有在满足这一条件时，隔离开关才能操作。