

高等学校教材

水电站自动化

华中工学院
武汉水利电力学院 合编

电力工业出版社

高等学校教材

水电站自动化

华中工学院
武汉水利电力学院 合编

电力工业出版社

内 容 提 要

本书系统地讲述水电站自动化的基础理论知识及大中型水电站的自动化技术。内容包括：水电站自动化概述，机组自动化元件及辅机自动控制，机组自动操作，机组励磁、频率和有功功率的自动控制及最佳控制等。本书取材以反映我国目前大中型水电站的自动化技术为主，并适当地介绍国外有关的先进技术及水电站自动化的发展方向。

本书可作为高等学校“水电站自动化”专业教材，也可作为“水电站动力设备”等专业的选修教材，还可供有关工程技术人员参考。

高 等 学 校 教 材

水 电 站 自 动 化

华 中 工 学 院 合 编
武汉水利电力学院

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

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 16开本 16.25印张 371千字 1插页

1982年7月第一版 1982年7月北京第一次印刷

印数0001—5020册 定价1.75元

书号 15036·4286

前 言

我国水力资源十分丰富，蕴藏量占世界首位。这些水力资源可为我国电力工业提供廉价、无污染的良好能源。建国以来，我国兴建了许多水电站，其中有一批大中型水电站已具有一定的自动化水平。随着电力工业的发展和水电站容量的不断增大，对自动化技术也就提出了更高的要求。目前，国外有些水电站不仅实现了综合自动化，而且采用了计算机控制。为了提高我国水电站自动化水平，培养水电站自动化方面的专门人材，我们编写了本书，主要讲述水电站自动化的基础理论知识及大中型水电站自动化的应用技术。本书可作为高等院校“水电站自动化”，“水电站动力设备”等专业的教材，亦可供从事水电站设计、运行的人员参考。

参加本书编写的有：华中工学院王定一（第一、五、六章及第四章的1、2、8、9节）和周逸芳（第四章的第3～7节），武汉水利电力学院徐睦书（第二章）和范华秀（第三章），王定一担任主编。华东水利学院尹延凯、许世杰、黄宝南审阅了全书，并由尹延凯担任主审。本书在编写过程中，得到华中工学院和武汉水利电力学院“水电站自动化”、“水电站动力设备”专业教研室同志的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于我们水平有限，书中一定存在缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

编 者

1980年11月



目 录

前 言

第一章 水电站自动化概述	1
1-1 水电站在电力系统中的作用	1
1-2 水电站自动化的目的、意义和内容	2
1-3 水电站自动控制系统	5
1-4 水电站控制系统的典型结构及其发展	6
第二章 机组自动化元件及辅机自动控制	11
2-1 机组自动化元件	11
2-2 辅机自动控制系统	26
第三章 水轮发电机组的自动操作	40
3-1 概述	40
3-2 机组润滑系统、冷却系统、制动系统及调相压水系统的自动化	40
3-3 机组的自动操作	45
3-4 机组保护及信号	56
3-5 机组操作的弱电选线控制	63
3-6 同步发电机的自动并列	76
第四章 水轮发电机励磁的自动控制	97
4-1 对同步发电机励磁系统的基本要求	97
4-2 同步发电机的励磁方式	97
4-3 自动励磁调节器的任务、类型和组成	102
4-4 强励、强减和自动灭磁	105
4-5 复式励磁和电压校正器	108
4-6 相位复式励磁调节装置	117
4-7 可控硅励磁调节装置	127
4-8 电压和无功功率的成组调节	146
4-9 水轮发电机励磁调节系统的动态特性	154
第五章 频率和有功功率的自动控制	160
5-1 概述	160
5-2 频率和有功功率自动调节的主要方法	162
5-3 频率和有功功率调节装置的测量元件	173
5-4 频率和有功功率成组调节装置	186
5-5 最佳运行机组数的自动选择(自动操作器)	198
第六章 励磁和频率的最佳控制	206
6-1 最佳控制理论简介	206
6-2 水电站控制系统的数学模型	230
6-3 发电机励磁的最佳控制	242
6-4 功率-频率的最佳控制	249
参考文献	255

第一章 水电站自动化概述

1-1 水电站在电力系统中的作用

电力系统中的发电站（厂）主要有以下三类：即烧煤和石油的火电站，水电站和核电站。在大多数国家中，火电站占的比重最大。某些水力资源特别丰富的国家，如挪威、巴西、瑞典等国，水电站占的比重最大。核电站目前在电力系统中所占比重较小，但有广阔的发展前途。

目前全世界生产的电能中大约有23%是由水电站生产的。我国一九七八年水电发电量，在整个发电量中的比重大约为25%。水电站在电力系统中除了提供电量以外，还有下列特殊作用：

1. 担任系统调峰、调频的任务

电力系统的负荷不是固定不变的，一年中随季节而变化，一昼夜间也有很大的变化，其变化的幅度和速度随各个电力系统的具体情况而不相同。即使在较短时间内，系统的负荷也因个别用户的投入和切除而经常发生变化。为了维持系统内部发电和负荷之间的平衡，使系统频率保持在一定范围之内，就需要电站随之改变自己的出力来适应这种负荷的变化，这就是所谓的调峰、调频。

火电机组，特别是核电站机组都不适宜于在负荷剧烈变化的工况下运行，而要求在效率最高的固定负荷下运行，这样不仅经济，而且设备也比较安全。水电机组却适宜于在这种负荷剧烈变化的工况下运行，一方面对设备的安全不致有大的问题，另一方面水轮机在较大的负荷变化范围内仍能保持较高的效率。水电机组的开、停比较方便，能在很短时间内（通常不超过一分钟），起动机组，并入系统，带上负荷。而火电机组往往需要一、两个小时才能起动。所以，水电机组特别适宜于担任系统的调峰、调频任务，这是它的一大优点。当然，如果水电站没有调节水库，靠径流发电，或者有水库而处于洪水季节，为了不弃水，水电机组往往需要转入带基荷，即固定不变的负荷工作。

2. 承担系统的事故备用和旋转备用

当系统发生事故时，频率急剧下降，使电力系统的安全运行遭受严重威胁。此时，需要立即起动一些备用机组，迅速向用户补充新的能源，这就是所谓事故备用。由于水电机组起动快，所以经常将事故备用容量安排于水电站内。

系统为了调频的需要，希望系统中有一部分机组是不带满负荷运行的，也就是说，要有一部分旋转备用容量。系统的旋转备用通常也是由水电站承担。

有时，如果系统缺乏无功功率，还可以利用水电站的闲散机组作调相机运行，即吸收小量有功功率而发出大量无功功率。

3. 蓄能电站的作用

近年来，在一些水力资源开发殆尽的国家里大量兴建蓄能电站。它是利用系统低谷负

荷时的剩余功率将水从下游抽到上游水库（水池）储存起来，等系统高峰负荷来临时又将上游水库（水池）的水用来发电。虽然这样做从能量消耗观点来说，总能量有所消耗，通常只有百分之七十多的效率，但由于高峰负荷时每度电的价值（价格）要比低谷时高得多（通常为三至四倍），因此这样做还是经济的。特别是将来核电站在电力系统中占主导地位时，蓄能电站的作用将更为显著。在一些工业比较发达的国家里，如美国、日本、西德等，蓄能电站已经得到蓬勃发展，容量日益增大，有的容量达几百万千瓦。

1-2 水电站自动化的目的、意义和内容

水电站为了完成在电力系统中所承担的上述任务，要求机组能迅速开停、改变运行工况、调节其出力，这需要电站采用自动化操作才能实现。另一方面，水电站比火电站生产过程简单，设备也简单，操作量小，实现自动化相对来说比较容易。所以，水电站的自动化程度一般要比火电站高一些，有不少水电站已实现了少人值班或无人值班。

一、水电站自动化的目的和意义

水电站实现自动化的目的和意义归纳起来有以下几点，实际上也就是实现水电站自动化的优越性：

1. 提高设备工作的可靠性

电力工业的基本任务是安全经济地发供电。自动装置能准确而迅速地反应设备运行参数的变化，当设备出现不正常状况时，能及时发出相应的信号或紧急停机，并自动投入备用机组，这样就可使设备免遭损坏。自动装置也可以代替运行人员直接参与设备的各项操作和调节，因此可以大大减少运行人员误操作的可能性。在机组容量越大，设备越复杂的情况下，采用自动装置来监视和控制设备的要求也就越加迫切。

2. 可以提高电能质量指标和系统工作的可靠性

现代化的电力系统对频率和电压的质量都有较高的要求，允许的偏差都是很小的，特别是对频率的要求就更高，如果靠人工调节来维持频率恒定是难以达到的，只能依靠自动调频装置来完成。例如在系统发生事故时，自动装置就可以迅速起动水电站的备用机组，投入系统，增加出力，从而很快恢复用电和发电之间的平衡，使系统频率维持在一定范围之内。发电机的自动励磁调节装置除了可以维持电压恒定以外，还可以提高电力系统的稳定，在线路短路故障切除以后能迅速恢复电网的电压。

3. 大大加快控制、操作过程

水电站的一大优点是能迅速改变工况以适应电力系统的要求。实现自动化以后，可以使机组操作过程（如开停机、发电转调相等）按预定的顺序不间断地进行，并可不断监视其过程的完成情况，从而免去了人工操作时各个操作步骤之间的“空闲”时间和检查机组工作情况需要的时间。这样就可以大大加快控制、操作过程。以开机为例，如果采用手动开机，大约需要10~15分钟才能并入系统，而采取自动开机，通常只要1分钟就能完成开机、并网并带上负荷。这样做还可以节约一部分用水。

4.能更有效地利用水能

实现水电站自动化以后,我们就可使机组经常处于最佳工况下运行,也就是处于高效率区运行,可以选择对该工况来说最佳的运行机组数,在机组之间实现最经济的负荷分配。国外的一些资料表明,这方面的措施可以提高水能利用的效率约4~5%。

在同一条河流上的各梯级水电站如果实现所谓自动同步运行(即同时增加负荷或减少负荷)以后,就可以避免不必要的弃水,充分利用水能。具有较大水库(如年调节水库,多年调节水库)的水电站,在采用电子计算机控制以后,可以对来水进行预报计算,根据电力系统的负荷情况确定最合理使用水库的运行方式,从而提高水电站的经济效益。

5.提高劳动生产率,减少运行人员

水电站实现综合自动化以后,运行人员的职责从过去的直接参与操作、调节和检查设备,改变为通过自动装置监视设备的工作和电站的工况,劳动强度大大降低,运行人员亦可大大减少,甚至可以实现无人值班。现在国外已有不少水电站实现了少人值班或无人值班。只是在多机组的大型水电站内,主厂房和中央控制室均有值班人员,而在大多数大型水电站内只有中央控制室才有值班人员。由于运行人员的减少,可相应地减少生活建筑设施,从而降低水电站的造价。

二、水电站自动化的内容

总的来说,水电站自动化应包括以下五个方面的内容,当然随着电站和机组型式以及对自动化要求不同,内容也可以有所不同:

- 1) 改变机组运行工况的各项操作,如开机,停机,发电转调相,调相转发电等;
- 2) 监视水电站机电设备的状况,及时发现缺陷并采取必要的措施;
- 3) 维持、调节机组和电站的各种工况,如参加调频、调压和调功(按给定功率调节机组或电站的功率)等,使电站经常处于最佳运行工况下工作;
- 4) 控制有关水工建筑物的设备,监视它们的状况和工作;
- 5) 当电力系统工况被破坏时能采取反事故措施,如在系统缺少功率时自动投入备用机组,而输电线过载和频率升高时又自动切除机组等。

水电站基本上可分坝后式和引水式两大类。下面分别叙述不同型式水电站自动化的具体内容。

1.坝后式水电站的自动化内容

坝后式水电站的特点是水头全靠筑坝形成。其中低水头和部分中水头水电站,有时厂房也成为水工建筑物挡水结构的一部分,这种水电站亦称作河床式水电站;高水头和部分中水头水电站,厂房位于坝的后面即下游侧,这就是典型的坝后式水电站。图1-1为中水头坝后式(河床式)水电站的一个例子。

水工建筑物部分有溢流坝1,厂房2,船闸3,渔道4。还有升压站5,水库6。水库具有季节性调节性能,可以允许电站根据电力系统的要求调节它的工况。

在枯水季节的正常情况下,溢流坝段的溢流闸门是关闭的,水流完全用来发电(除去船闸用水和渗漏水)。洪水季节时多余的水经坝的溢流孔泄至下游。坝顶闸门由运行人员通过启闭机构进行操作。由于水库是季节性调节的,有足够的库容,即使在洪水季节,上

游水位也不可能急剧上升,因而运行人员有足够时间进行操作,不必设置其它自动装置。

厂房内设有立式水轮发电机组7,水轮机是中水头转桨式的,配有调速器。水轮机的

进水来自取水口8。取水口前安设有平板闸门和拦污栅。控制室布置在厂房内。

这种水电站的自动化内容应包括以下各点:

(1)以一个脉冲自动完成下列操作:开机并并入系统,停机,发电转调相,调相转发电等;

(2)监视机组及其辅助设备的机械部分和电气部分的工况,及时发现设备的不正常情况,如:1)发电机定子和转子绝缘击穿或短路;2)定子和转子绕组电流过载;3)发电机失磁;4)发电机定子绕组和铁芯过热,各部轴承的过热,水内冷机组的冷却水温度过热;5)监视机组润滑系统和冷却系统的工作是否正常;6)机组超速;7)调速系统工作是否正常,油压和油位的监视等;

(3)监视电站电气设备(如主变压器,厂用变压器和母线等)的工况;

不过,通常将机组和其它电气设备的电气保护列入电站继电保护范围,在本书内不作介绍。

(4)监视水工建筑物的工作情况,包括拦污栅是否堵塞,上、下游水位测量等;

(5)当设备的安全受到威胁时采取以下反事故措施:1)停机;2)断开断路器;3)当机组超速时关闭闸门;4)切除有故障的辅助设备(如油泵,水泵,压气机等),投入备用设备;

(6)当系统频率下降到一定程度时自动起动备用机组;

(7)根据电力系统的要求自动调节机组的励磁和有功功率,有时还根据运行工况自动选择最佳运行机组数,实现机组间负荷的最经济分配等。

当水电站的水库容量较小时(例如日调节池),流量的改变可能引起上游水位的急剧变化,此时就有必要能根据上游水位自动启闭溢洪闸门。

2. 引水式水电站的自动化内容

引水式水电站的自动化要比坝后式水电站复杂一些。这类水电站的特点是:它们的厂房远离坝和其它首部枢纽的水工建筑物,首部枢纽的坝只造就水电站水头的一部分,而其它部分是靠引水渠道或引水隧洞和管道获得的。由于首部枢纽远离厂房,这就要求对首部枢纽的控制可以采取独立的方式,即就地控制方式,或者从厂房进行遥控。当首部枢

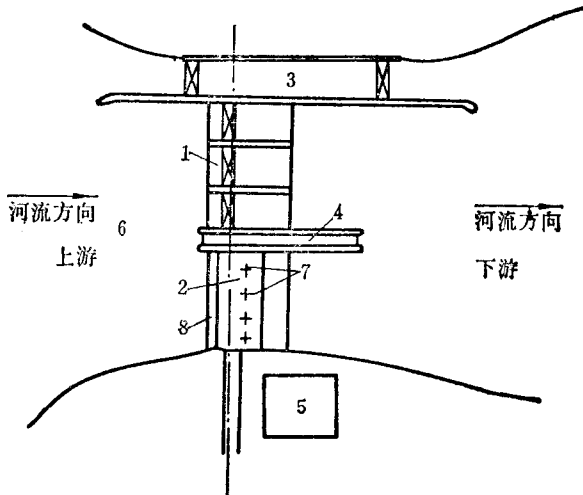


图 1-1 坝后式（河床式）水电站平面布置图

1—溢流坝；2—厂房；3—船闸；4—渔道；5—升压站；6—水库；
7—水轮发电机组；8—取水口

组的工作特别复杂时，还需设控制室，室中安设各种设备和仪表。平时可实行“在家”值班，定期巡视设备，在得到预警信号或电站值班人员命令时，及时对首部枢纽进行巡视和处理。只有在洪水季节才需要在首部枢纽经常值班。

图1-2为具有压力隧洞的引水式水电站的平面布置图。

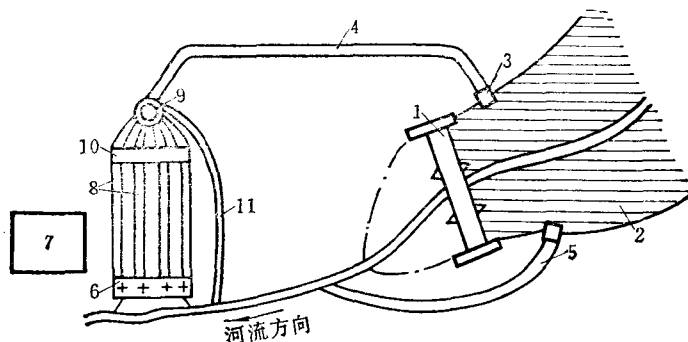


图 1-2 具有压力隧洞的引水式水电站平面布置图

1—坝；2—水库；3—取水口；4—压力隧洞；5—自由式溢流道；6—厂房；7—升压站；
8—压力管道；9—调压井；10—阀门室；11—旁通道

首部枢纽包括：带溢洪闸门的坝1，水库2，取水口3，压力隧洞4。在取水口设有拦污栅及闸门。取水口闸门是快速的，在引水道出现事故或机组发生飞逸转速时可以紧急关闭。为了减少溢洪闸门的操作次数，有时还设有自由式溢流道5。当坝上的溢洪闸门关闭时可以通过自由式溢流道泄放不大的水量，使上游水位不致过高，它并不需要什么操作。

厂房枢纽的组成部分有：厂房及其设备和控制室6，升压站7，压力管道8，调压井9，压力管道上游侧阀门室10，旁通道11。当水头较高时，压力管道的下游侧也设有阀门，机组停机时这些阀门也随着关闭，这样可以减少机组漏水。上游侧阀门只在发生事故或压力管道需要检修时才关闭，通常是快速关闭的。如果压力管道较短，也可以不设。

引水式水电站自动化内容除了与坝后式相同的以外，尚需增加以下内容：

- （1）机组自动操作回路应包括压力管道下游侧阀门的控制，随机组的开停而启闭；
- （2）压力管道需设专门的保护，当管道发生事故时能自动关闭上游侧阀门和首部枢纽的快速闸门；
- （3）要考虑首部枢纽的控制问题。

关于其它型式的引水式水电站的自动化内容，这里不再介绍了，请参阅文献[2]。

1-3 水电站自动控制系统

水电站的发电过程是一种工业生产过程。现代水电站的生产过程是靠许多自动装置进行控制的，因而是自动进行的。这些种类繁多的自动装置和被控对象（即水轮机、发电机和其它各种附属设备），组成了一个复杂的、多层的自动控制系统。

水电站内装有多台机组，每台机组配有自己的控制器（调节器），如维持机组转速的

调速器, 维持发电机机端或电力系统中某点电压于一定范围内的励磁调节器, 负责机组自动开、停和运行工况转换的自动操作回路等。这些自动装置与机组, 组成了机组自动控制系统, 它是整个水电站自动控制系统中最基础的一层, 也就是最低层。此外, 电站还安装有一些全站性的自动装置, 它们负责整个电站的自动控制, 如频率和有功功率的成组调节装置、无功功率成组调节装置以及自动选择电站最佳运行机组数的自动操作器等。这些全站性的自动装置与整个电站又组成全站性自动控制系统。它是属于比机组层高一层的自动控制系统, 它通过机组层的自动控制系统去控制机组。而整个电站的自动控制系统又是更高一层的电力系统自动控制系统中的一个组成部分, 也就是它的一个子系统, 受电力系统自动控制系统的控制。这样就组成了一个多层的、复杂的自动控制系统。

程序控制是一种经常采用的过程控制系统, 它是根据预先制订的程序进行控制的。水电站机组的自动开停就属于这种程序控制系统。机组满足一定开机条件后由全站性自动装置或值班人员发出开机命令, 起动各种附属设备, 通过调速器打开机组导水叶, 机组起动, 转速徐徐上升, 上升到一定程度后, 调速器进行正常调速, 使转速维持在一定范围内, 自动准同期装置投入工作, 在适当时刻投入断路器将发电机并入系统, 开机过程就此结束。这一程序是预先制定的。

程序控制系统又可分固定程序控制系统和可变程序控制系统两种。前者的程序在过程控制中是固定不变的, 后者的程序可以根据过程控制中出现的情况进行改变的。水电站通常采用固定程序控制系统。随着计算机, 特别是微处理机和最佳控制理论的应用, 人们已经开始研究采用计算机或微处理机, 按最佳控制理论的要求来控制机组的自动开停和实现其它功能, 这样就可以获得更好的性能指标, 提高经济性, 这是今后发展的一个重要方向。

自动控制系统又可分开环控制系统和闭环控制系统两种。凡是控制系统的输出信号对其控制作用能有直接影响的系统称作闭环控制系统, 闭环控制系统也就是反馈控制系统。反馈控制系统是一种能对输出量和输入量进行比较, 并力图保持两者之间的既定关系的系统, 它利用输出量与参考输入量的偏差来进行控制。反馈信号可以是输出信号本身, 也可以是输出信号的函数或导数。“闭环”这个术语的涵义就是应用反馈作用来减少系统的误差。水电站内不少自动控制系统属于闭环控制系统, 例如机组调速系统和励磁调节系统都属于这种闭环控制系统。若控制系统的输出量对系统的控制作用没有直接影响, 则叫做开环控制系统, 在开环系统中, 既不需要对输出量进行测量, 也不需要将输出量反馈到系统输入端与输入量进行比较。上述机组的开停是属于开环控制系统的。

1-4 水电站控制系统的典型结构及其发展

一、水电站控制系统的典型结构

图1-3是容量为10~20万千瓦, 机组合数不多的坝后式水电站的典型自动控制系统示意图。由于这种水电站水工建筑物比较集中可以在中央控制室对水电站的设备和水工建筑物进行集中控制和监视, 即在中央控制室内, 设置所有操作、调整和监视所需的设备和仪表。

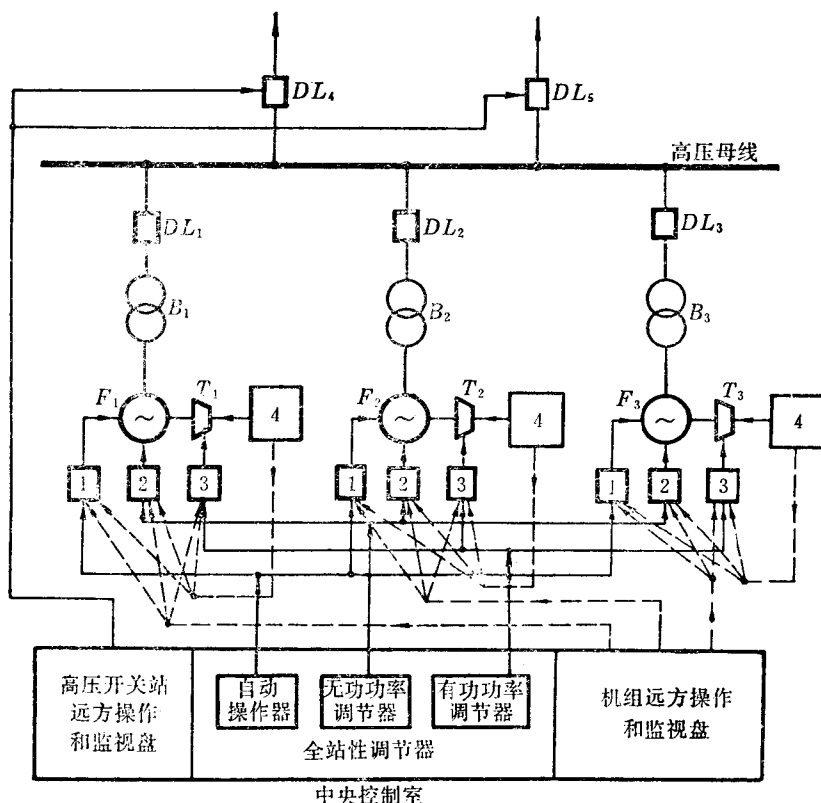


图 1-3 中型水电站自动控制系统示意图

1—机组自动操作回路；2—自动励磁调节器；3—调速器；4—机旁控制盘；
F—发电机；B—变压器；DL—断路器；T—水轮机

这种水电站的电气一次接线比较简单。在中央控制室安设有：有功功率调节器，无功功率调节器，自动操作器等全站性调节器；机组远方操作和监视盘；高压开关站远方操作和监视盘等。有功功率调节器作用于水轮机的调速器借改变导叶的开度以调节机组的有功功率。无功功率调节器作用于发电机的励磁调节器以改变机组的励磁电流来调节机组的无功功率。自动操作器是用来选择在给定的电站总功率和当时水头的条件下最佳的运行机组数，它是通过机组的自动操作回路来实现机组自动开、停或转调相等操作的。机组自动操作回路还附有自动监视设备运行情况的装置，如果机组或其附属设备出现不正常状况时，能发出预警信号或作用于停机。

中央控制室只设置机组远方操作和监视所必需的最低限度的设备，如开停机把手、改变有功和无功的操作把手以及相应的测量仪表和信号装置等。平时水电站处于自动控制工况下运行，由全站性调节器对整个电站进行控制，并实现机组间负荷的最经济分配。只是在全站性调节器退出运行时，才由运行人员通过机组远方操作和监视盘进行控制，后者只是备用性的。在机旁还设有机旁操作盘，主要是为设备检修后进行试验和操作而设的。

在无人值班的小型水电站内，有的也将全站性控制盘安设在主厂房内，因而取消了中央控制室。

在机组台数不多的大、中型水电站内，运行人员通常只在中央控制室值班，他们的职责是：定期巡视设备，监督各自动装置的运行情况。只是在设备出现不正常状况时，运行人员才进行干预，以消除这些不正常状况，或者起动备用机组来替代有故障的机组。在中央控制室只给出哪台机组电气部分或水力机械部分出现故障的概括性信号，至于故障的具体性质和情况只在机旁盘上给出，这样可以节约大量电缆。

当水电站参加系统调节（调节频率、有功或无功）时，位于中心调度所的全系统性自动装置通过远动通道控制电站的全站性调节器，改变其整定值。当远动通道退出运行时，由系统调度员命令电站运行人员改变相应的整定值以进行控制。如果电站是无人值班的，可将全站性调节器给定机构的控制部分移到系统调度所，直接由调度员进行控制。

对于电力系统有重要意义的大型水电站，不管它有无值班人员，水电站运行工况的主要参数和电气一次接线情况都需要传送到系统调度所，调度员可以随时掌握电站的情况。这些参数可以是：电站总有功功率，总无功功率，高压母线电压，上、下游水位等。近年来，有的采用所谓“屏幕显示”的方法来完成这一任务，此时不仅在调度所，而且在有人值班的中央控制室都要安设屏幕显示装置，使运行人员随时能直观地掌握电站的运行情况。

多机组大型水电站的控制系统，与图 1-3 所示系统可能有所不同。例如电站的高压母线可能是分段的，高压侧也可能有两种及以上电压，在特殊情况下电站还可能分别向两个不同步的系统供电等情况，这些都增加了电站控制的复杂性。由于机组台数多，中央控制室的值班人员就不大可能经常对设备进行巡视，因此要借助于数据巡回检测装置来自动完成这一任务，而且巡检装置还可以自动的定时抄表，从而减轻了值班人员的劳动，使他们更加集中精力来搞好电站的安全经济运行。这类电站需要设置分组的有功功率调节器，以便电站分别向两个不同步系统供电时进行调节；同时也需要设置分组的无功功率调节器，以便对接至各级高压母线机组的无功功率进行调节。图 1-4 是这种电站的自动控制系统示意图。

二、水电站控制系统的发展

第二次世界大战以后，数字式电子计算机得到了蓬勃的发展。它具有计算速度快、精度高、记忆能力强、存贮量大、逻辑功能强等一系列优点，因而在电力部门也逐渐广泛应用。初期只用于电力潮流、系统稳定、水文预报等计算，后来应用于对电站进行所谓“实时”控制。“实时”控制是一种在线的直接控制，“实时”是指信息的输入、计算和输出都是在一定时间（一般都较短）范围内完成的。也就是说，计算机对外来信息以足够快的速度进行处理，并在一定时间内作出反映或进行控制。

在水电站内使用计算机可以完成以下几方面的功能：

1. 自动巡回检测

计算机可以自动地不断对电站各种参数进行巡回检测；当它们超过限值时发出警报，并进行记录；定时进行制表；对操作、故障、事故进行登记。

2. 自动计算

根据雨量和水位等水文资料进行流量的短期和长期预报；在洪水季节进行洪水预报，

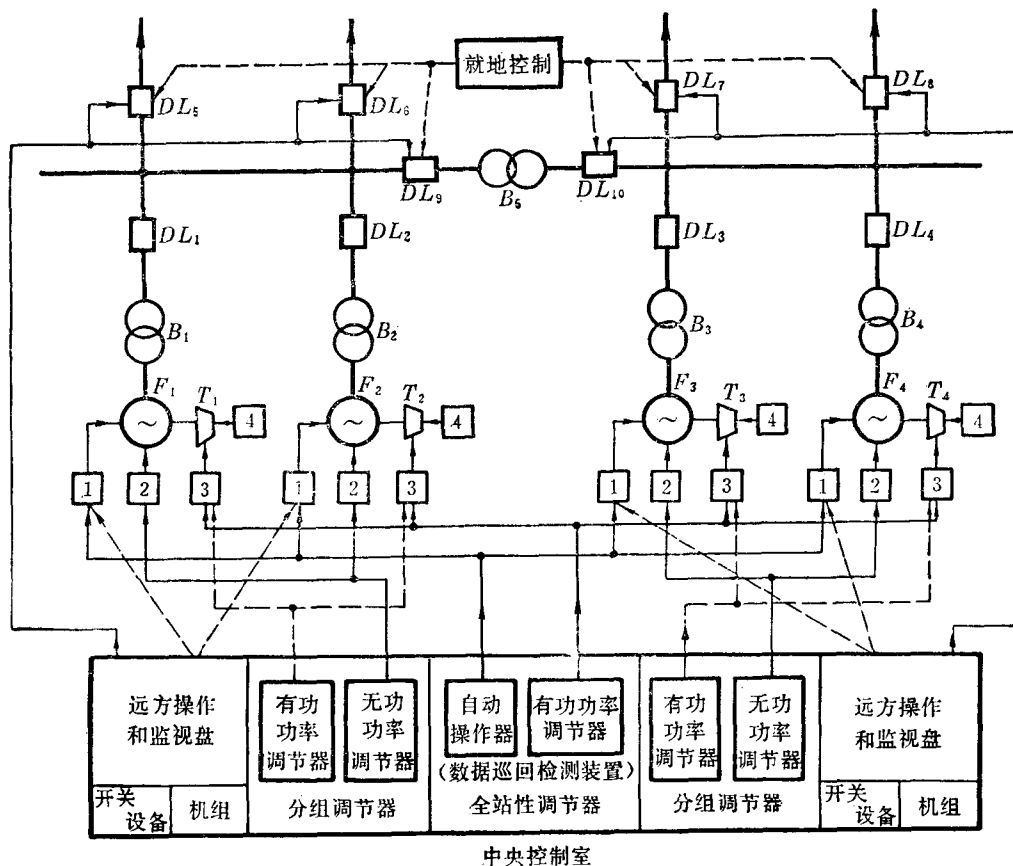


图 1-4 多机组大型水电站自动控制系统示意图

1—机组自动操作回路；2—自动励磁调节器；3—调速器；4—机旁控制盘；
F—发电机；B—变压器；DL—断路器

洪水调度计算，溢洪闸门启闭计算；水量平衡计算；机组最佳运行数计算；机组间有功、无功最经济分配计算；电量计算等。

3. 自动控制

机组的开、停，并入系统或解列；机组有功功率和无功功率的调节；闸门启闭和开度的调节；梯级电站的经济调度管理；接受上级计算机命令进行自动控制等。

4. 自动处理事故

对事故前后各主要参数变化过程进行记录和存贮；对事故时各装置的动作进行解析；根据预先制定的事故处理程序进行事故处理。

水电站采用计算机控制以后，前述各种自动装置的取消、保留和结合就成为一个新的问题，此问题正在研究探索之中。目前有两种处理的方式：

第一种方式是电子计算机对电站进行直接控制。直接控制机组的调速器、励磁调节器以及自动操作回路，其它全站性自动装置不再保留。例如美国的大苦力水电站就是这样做的。正在研究的用微处理机代替调速器和励磁调节器，是采用所谓数控单元的方法，而这

些微处理机又受全站性的一个较大的计算机控制，组成所谓计算机分层控制系统。这样，可以节约常规自动装置的投资，充分发挥各层计算机的特点和作用。这种方式对计算机可靠性要求较高，电站级通常采用双机工作。

第二种方式是计算机通过一些全站性调节器（如有功功率成组调节器、无功功率成组调节器），对水电站的基础自动装置（如调速器、励磁调节器、机组自动操作回路等）进行控制。这样可以取消一部分自动装置，如自动操作器，数据巡回检测装置等。这一方式对计算机可靠性的要求可以比前一种方式低一些，一旦计算机出故障，常规的自动装置仍可维持电站的正常运行，不致对电力系统产生很大影响。不过这一方式的投资要大一些。这是一种过渡性的方式。

总的来说，水电站的计算机控制是一个蓬勃发展的、前途无量的领域。特别是微处理机的问世和大量应用，给水电站的自动控制增添了新的动力。无疑地水电站的计算机控制将是今后水电站自动化的主要发展方向。尽管世界各国对此进行了大量的研究试验工作，也有不少水电站采用了计算机控制，但总的来说，水电站的计算机控制仍然处于探索、研究、试验阶段，经验还不够成熟，还需要不断进行完善。

第二章 机组自动化元件及辅机自动控制

2-1 机组自动化元件

机组自动控制系统，是由各种不同结构和不同功能的元件所组成。利用自动控制系统，可以对主机和辅机进行自动控制、自动检测和自动调节。

自动化元件由于它所担负的任务不同，可分为信号元件、中间元件和执行元件三种。现将常用的信号元件和执行元件分述如下：

一、信号元件

1. 非电量信号的测量与转化

机组的辅助设备主要是根据位移、压力、流量、液位、温度、转速、液流等的变化来进行控制的，而上述这些量均是非电量，因此应将这些量转变成一种易于测量、放大、传送并便于对下一个元件作用的量。

非电量的电测法是测量技术的新发展。目前之所以普遍采用电式测量仪器来测定非电量，这是由于电式测量仪器具有许多优点：能连续测量和记录所测参数，可实现远距离测量和控制，具有高度准确性及灵敏性，测量范围广。当使用电式仪器来测量非电量时，就必须将非电量变换为电量。在测量装置中完成这种变换作用的元件，即称为变换器。

以电的方法来测量非电量的原理方框图，如图2-1所示。变换器经过测量电路与电量测量仪器联系起来，测量仪器的标度以所测非电量的单位来表示。为了将电量测量（安培计、伏特计、检流计等）仪器的概念能够与整个测量仪器的概念区别开来，以下称电量测量仪器为测量器。

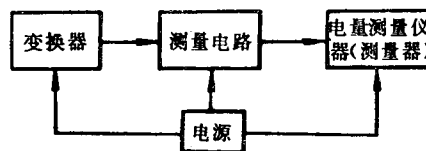


图 2-1 非电量测量的电式仪器的方框图

在一般的情况下，电源供电给仪器的三个基本部分；在个别场合下，电源只对测量电路供电就够了；而在许多场合，变换器本身就是测量电路和测量器的电源（如热电偶），因而不必再有供电电源了。

如果所测非电量在变换器里就被转变成为电阻、电感、电容之类的电参量，这些电参量的测量必须要有辅助电源，称这一类变换器为参量变换器。如果所测非电量在变换器里就被转变为电势，称这类变换器为发电变换器。

例如电感水位计，测量水位的电感变换器是一个有可动铁芯的感应线圈，铁芯在机械上与浮标相连，铁芯在线圈中随着水位上下移动而引起电感的变化，因而线圈的阻抗 Z 也发生变化。如图2-2所示。

通常测量器2的铁芯在机械上和一个沿标尺移动的指针相连接，测量器与变换器的各两段线圈接成电桥的四个臂。如果一对线圈的铁芯的位置是对称的，则电桥平衡。如果在被测水位的影响下变换器的铁芯1移动了，那末电路就不平衡。同时在测量器线圈中的电

流就有了变化,合成的磁场使测量器的铁芯2向着与变换器铁芯1运动相同的方向移动。测量器的铁芯一直移动到电桥重新得到平衡为止。所以,当变换器和测量器的线圈有着完全相同的参数时,铁芯2将与铁芯1产生相同的位移。铁芯2带动指针,在水位指示器上重现水位数值,可见电感水位计能实现非电量转变为电量的目的。测量器与变换器是通过电路连接的,因而它们之间的距离,可以相距很远。

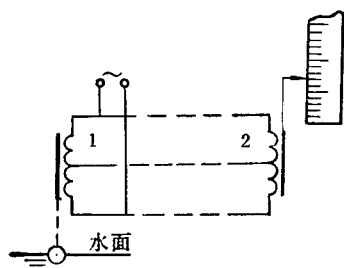


图 2-2 电感水位计原理图
1—变换器铁芯; 2—测量器铁芯

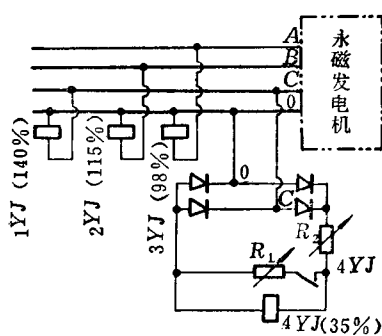


图 2-3 电压型转速信号器接线图

目前,所采用的转速信号器多为电压型的。它是利用永磁发电机发出的电压和转速成正比的关系而设计的,不同的转速值使相应整定值的电压继电器动作,其接线如图2-3所示。

图中1YJ、2YJ、3YJ和4YJ继电器,分别整定于140%, 115%, 98%和35%额定转速。4YJ的电源由永磁发电机经过整流而得,因为转速过低时,交流电压继电器的接点发生振动而不稳定。

根据机组的不同要求,还可装更多反映机组不同转速的电压型继电器。

为了防止当永磁发电机发生事故时机组失去过速保护,可同时采用机械型转速信号器,作为双重保护。对于没有永磁发电机的机组及农村小型机组,则采用机械型转速信号器作为过速保护信号器。图2-4为立式机械型过速信号器。

机械型转速信号器,是利用离心力作用原理制成。该信号器的轴5与机组主轴刚性相联,其转速与机组转速相同,当机组在额定转速运行时,信号器不动作;当机组转速为额定转速的140%时,过速信号器应能可靠地动作(其动作转速偏差不大于 ± 4 转/分),这时偏心轮4的离心力增大,克服弹簧力而飞出,于是使撞杆2通过摇板15使水银开关发出过速信号。调整时应注意:撞杆2和偏心轮之间的间隙调整为1~1.5毫米;摇板15应保证转动灵活,并无轴向位移;动作转速的整定,可调整调节螺栓10,改变其调节弹簧的预压力来达到。