

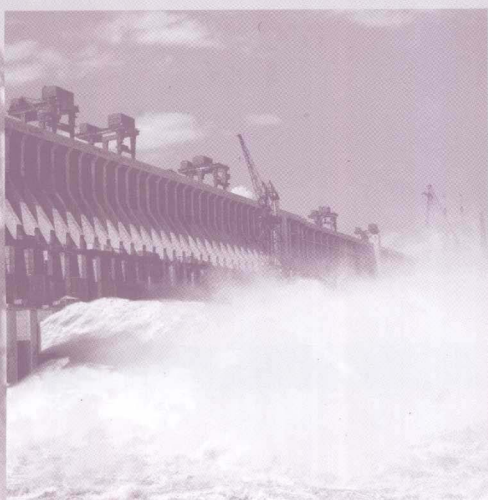
水轮机控制工程

SHUILUNJI
KONGZHI
GONGCHENG

魏守平 著

华中科技大学出版社

水轮机控制工程



**SHUILUNJI
KONGZHI
GONGCHENG**

魏守平 著

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水轮机控制工程/魏守平 著

武汉:华中科技大学出版社,2005年7月

ISBN 7-5609-3384-X

I. 水…

II. 魏…

III. 水轮机-控制-技术

IV. TK73

水轮机控制工程

魏守平 著

责任编辑:谢燕群

封面设计:潘群

责任校对:朱霞

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

印刷:武汉中远印务有限公司

开本:787×1092 1/16

印张:23 插页:2

字数:529 000

版次:2005年7月第1版

印次:2005年7月第1次印刷

定价:58.00元

ISBN 7-5609-3384-X/TK·45

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书对现代水轮机调节技术和水轮机控制系统的基本原理进行了简要的分析,对水轮机数字式(微机)电液调速器的结构体系、硬件构成、软件设计、机械液压系统、油压装置、水轮机控制系统的试验及故障对策做了详细的论证和叙述,分析了已经在电站成功应用的不同型号水轮机、数字式微机电液调速器实例;研究了电网一次调频、二次调频及区域电网交换功率控制中对水轮机调速器的要求,给出了电网负荷频率控制的试验及仿真结果;此外还收录了从事水轮机控制系统动态分析工作的成果。

本书可供从事水轮机调速器、水轮机控制技术及电网调度等方面工作的设计院、研究所、高等院校、发电公司、水电厂、水轮机调速器生产企业、安装公司的工程技术人员阅读和参考,也可作为水利水电工程等专业的本科生及研究生的教学参考书。

前 言

在水轮机数字式(微机)电液调速器出现以前,水轮机调速器的主要作用是根据偏离机组频率(转速)额定值的偏差,调节水轮机导叶和轮叶机构,维持机组水力功率与电力功率平衡,使机组频率(转速)保持在额定频率(转速)附近的允许范围之内。这时的水轮机调速器主要是一个机组频率(转速)调节器。

现代水电厂和电力系统,对水轮机调速器的性能及功能提出了新的和更严格的要求。在数字式微机电液调速器发展、完善和广泛应用的同时,水电厂自动发电控制(AGC)系统、电网能量管理系统(EMS)也日趋成熟并进入实用化的阶段;现代电力系统中,区域电网容量迅速加大,区域电网间联网并要求进行交换功率控制;大中型和多数小型水轮发电机组均并入大的区域电网运行。在这种运行方式下,电网的负荷频率控制(LFC)是通过电网AGC系统和电厂AGC系统来控制水电机组的水轮机调速器及火电机组的调速系统实现的。当机组并入大电网运行时,水轮机调速器主要作为电网一次调频/负荷控制器、电网二次调频和电网负荷频率控制的功率控制器使用。因而,现代水轮机调速器承担的任务已不能仅仅用“水轮机调节”来描述了,它除了具有调节水轮发电机组频率(转速)的功能之外,还可以具有功率控制、水位控制、流量控制、电网一次调频、二次调频和区域电网间交换功率控制(TBC)等附加的控制功能。IEC关于水轮机调速器的技术规范导则(IEC61362(1998))和试验(IEC60308(2005))中对水轮机调速器都是用“水轮机控制系统”来命名的;我国的水轮机调速器与油压装置的国家标准(技术条件和试验规程)正在修订,也将主题词“水轮机调速器与油压装置”改为“水轮机控制系统”。综上所述原因,作者采用了“水轮机控制工程”作为书名。

第一章叙述了水轮机调节的任务、水轮机调速器和水轮机控制系统静态动态特性。

第二章分析了水轮机数字式微机电液调速器的现状及发展趋势、工作原理、体系结构、静态特性、动态特性和控制功能。

第三章分析了数字式电液调速器微机调节器的控制器选型、硬件结构,介绍了典型的CPU、开关量输入/输出、模拟量输入/输出、高速计数、中断、通信等模块和伺服电机驱动器的工作原理和特性,给出了数字式电液调速器人机界面和监控系统的实例。

第四章就水轮机数字式电液调速器的机组转速(频率)适应式变参数PID调节规律、机组功率适应式变参数PI控制规律、应用软件结构和主要子程序功能等进行了描述。

第五章分析了先进的、已经在电站成功应用的、有代表性的机械液压系统结构和电/机转换器、主配压阀、机械液压开度限制机构、分段关闭机构、事故配压阀、油压装置等主要机械液压部件,分析了它们的工作原理、技术特性,给出了主配压阀和油压装置选型的工程计算方法。

第六章结合作者近年来参与的实际工程,对用于混流式、轴流转桨式、贯流式、抽水蓄能式和冲击式等型式的水轮机数字式微机电液调速器产品的系统框图、电气原理图、机械液压系统图、简要工作原理和特殊问题进行了介绍和分析。

第七章简述了数字式电液调速器的试验及故障处理的一般方法。

第八章采用传递函数和状态空间的方法,对水轮机调节系统的稳定性和动态特性进行了

分析。

第九章基于水轮机调速器的静态和动态特性,分析了与电网负荷频率控制有关的电网一次调频、二次调频、自动发电控制(AGC)和区域电网交换功率控制(TBC)等问题,给出了在工程实际中得到成功应用的研究、试验和仿真结果。

感谢武汉事达电气股份有限公司的领导和全体员工,本人与他们一起研究、开发、生产了数百台水轮机数字式微机电液调速器,并已在国内外大型、中型及小型水电站得到成功的应用。特别要感谢高级工程师龚飙、张富强、胡梦蛟、向家安、李红、何清华、胡乙进、张新华、赵海波、黄永强等同志,他们在本书所介绍的产品开发中做了重要的工作。

感谢二滩、公伯峡、乐滩、白山、铜街子、彭水、小峡、田湾河、洪江、大化、新安江、乌江渡、三板溪、棉花滩、水口、沙溪口、安砂、天堂等水电站和福州华能、华阳后石、湄洲湾、嵩屿等火电厂对本书中有关技术工作的大力支持。

本书第九章的内容是华中科技大学与福建电力有限公司共同开展的有关电网负荷频率控制科研课题所取得的初步成果。感谢福建电力有限公司调度通信中心张建平、黄文英、张永树、林静怀等同志的合作与支持。

高级工程师(教授级)李晃和葛鸿康为本书提供了一些极有见地的观点和有价值的计算分析材料,对此表示衷心的感谢。

感谢从事水轮机控制系统研究的硕士研究生罗萍、梁方、唐涛南、吴浩洋、杨志荣、何飞跃、余岚、邓显文、胡斌奇和李明,他(她)们在数字式微机电液调速器或电网负荷频率控制的研究、设计和生产工作中做出了重要的贡献。

本书主要反映了作者的一些成果和观点,难免有片面甚至错漏之处,欢迎批评指正。

魏守平

于湖北,武汉,华中科技大学

2005年3月28日

目 录

第一章 水轮机调节和水轮机控制系统	(1)
第一节 水轮机调节的任务	(1)
第二节 水轮机控制系统	(2)
第三节 水轮机调速器	(5)
第四节 水轮机调速器和水轮机控制系统的静态和动态特性	(8)
第二章 数字式电液调速器	(20)
第一节 概述	(20)
第二节 数字式电液调速器的结构	(29)
第三节 数字式电液调速器的自动调节分析	(40)
第四节 数字式电液调速器的静态特性	(45)
第五节 数字式电液调速器的动态特性	(56)
第六节 数字式电液调速器的控制功能	(60)
第三章 数字式电液调速器微机调节器的硬件分析	(65)
第一节 概述	(65)
第二节 频率测量装置	(70)
第三节 开关量输出模块	(77)
第四节 开关量输入模块	(80)
第五节 模拟量接口	(81)
第六节 电/机转换接口及驱动装置	(83)
第七节 图形显示终端和调速器监控系统	(91)
第八节 电源	(106)
第九节 微机调节器框图	(108)
第十节 基于现场总线的全数字式电液调速器	(110)
第四章 数字式电液调速器软件设计	(115)
第一节 水轮机调速器的调节规律	(115)
第二节 水轮机控制系统的适应式变参数控制	(119)
第三节 数字式电液调速器的功率调节	(123)
第四节 水轮机数字式电液调速器程序	(128)
第五节 特殊模块输入/输出程序	(132)
第六节 PID 调节程序	(136)

第七节	调节模式和工作状态转换程序·····	(140)
第八节	给定值增加/减少程序·····	(144)
第九节	检错和故障诊断程序·····	(146)
第十节	编制数字式电液调速器程序应该注意的问题·····	(148)
第十一节	水轮机控制系统的仿真研究·····	(150)
第五章	数字式电液调速器的机械液压系统·····	(157)
第一节	概述·····	(157)
第二节	电液调速器的电/机转换装置·····	(159)
第三节	电液调速器的主配压阀·····	(172)
第四节	机械开度限制机构·····	(181)
第五节	紧急停机阀·····	(184)
第六节	导叶分段关闭装置·····	(185)
第七节	事故配压阀·····	(187)
第八节	油压装置·····	(189)
第六章	数字式电液调速器应用实例·····	(208)
第一节	交叉冗余双微机调节器·····	(208)
第二节	混流式机组数字式电液调速器·····	(214)
第三节	特大型混流式机组自动主/辅通道数字式电液调速器·····	(220)
第四节	双微机调节器/比例阀数字式电液调速器·····	(226)
第五节	贯流式机组数字式电液调速器·····	(230)
第六节	轴流转桨式机组数字式电液调速器·····	(233)
第七节	冲击式机组数字式电液调速器·····	(236)
第八节	大型轴流转桨式机组数字式电液调速器·····	(240)
第九节	轴流转桨式机组数字式电液调速器·····	(245)
第十节	抽水蓄能式机组数字式电液调速器·····	(250)
第十一节	中小型机组数字阀式电液调速器·····	(254)
第七章	数字式调速器的试验及故障处理·····	(258)
第一节	数字式电液调速器的主要试验·····	(258)
第二节	水轮机调节系统试验数据的回归分析·····	(260)
第三节	正交试验方法与调节参数选择·····	(263)
第四节	微机调速器试验仪器·····	(268)
第五节	微机调速器故障分析及对策·····	(281)
第八章	水轮机控制系统的动态分析·····	(286)
第一节	水轮机控制系统的动态特性·····	(286)
第二节	调节对象的动态特性·····	(288)
第三节	刚性水锤下水轮机控制系统的状态方程·····	(292)

第四节	水轮机控制系统的综合主导极点配置·····	(299)
第五节	水轮机控制系统的相对稳定性分析·····	(308)
第六节	水轮机控制系统的描述函数分析·····	(312)
第九章	电网负荷频率控制 ·····	(319)
第一节	电网负荷频率控制与水轮机调速器·····	(319)
第二节	水轮机控制系统一次/二次调频仿真模型·····	(326)
第三节	一次调频试验及仿真结果·····	(329)
第四节	二次调频仿真结果·····	(340)
第五节	电力系统区域电网交换功率控制·····	(343)
参考文献	·····	(358)

第一章 水轮机调节和水轮机控制系统

现代水电厂和电力系统对水轮机调速器的性能及功能提出了新的和更严格的要求。在数字式(微机)电液调速器发展、完善和广泛应用的同时,水电厂自动发电控制(AGC)系统、电网能量管理系统(EMS)也日趋成熟并进入实用化的阶段;现代电力系统中,区域电网容量越来越大,区域电网间连接成网并要求进行交换功率控制;大中型和多数小型水轮发电机组均并入大的区域电网运行。在这种运行方式下,电网的负荷频率控制(LFC)是通过电网AGC系统和电厂AGC系统来控制水电机组的水轮机调速器及火电机组的调速系统实现的。

当机组并入大电网运行时,水轮机调速器主要作为电网一次调频/负荷控制器、电网二次调频和电网负荷频率控制的功率控制器使用。所以,现代水轮机调速器承担的任务已不能仅仅用“水轮机调节”来描述了,原来所说的水轮机调节系统的功能有了增加和扩展:在完成水轮机频率(转速)的调节任务的同时,具有功率控制、流量控制和水位控制等功能;与电网AGC系统和电厂AGC系统相接口;还具有一些与电网控制有关的附加功能。因此,现代的水轮机调节系统可以称为“水轮机控制系统”。水轮机控制系统的工作范围除包含原来的水轮机调节的内容之外,还要完成电网AGC系统和电厂AGC系统下达的一次调频、二次调频和区域电网间交换功率控制等任务。

IEC关于水轮机调速器的技术规范导则(IEC61362(1998))和试验(IEC60308(2005))中对水轮机调速系统都是用“水轮机控制系统”来命名的;我国的水轮机调速器与油压装置的国家标准(技术条件和试验规程)正在修订,也将主题词“水轮机调速器与油压装置”改为“水轮机控制系统”。

第一节 水轮机调节的任务

水轮机是靠自然水能进行工作的动力机械。与其他动力机械相比,它具有效率高、成本低、能源可再生、不污染环境和便于综合利用等优点。绝大多数水轮机都用来带动交流发电机,构成水轮发电机组。这里所讨论的“水轮机调节”是指对构成水轮发电机组的水轮机的调节。

水轮发电机组把水能转变为电能供工业、农业、商业及人民生活等使用。用户在用电过程中除要求供电安全可靠外,对电网电能质量也有十分严格的要求。按我国电力部门规定,电网的额定频率为50Hz(赫兹),大电网允许的频率偏差为 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。对我国的中小电网来说,系统负荷波动有时 would 达到其总容量的5%~10%,而且即使是大的电力系统,其负荷波动也往往会达到其总容量的2%~3%。电力系统负荷的变化,导致了系统频率的波动。因此,不断地调节水轮发电机组的输出功率,维持机组的转速(频率)在额定转速(频率)的规定范围内,就是水轮机调节的基本任务。

水轮发电机组转动部分的运动方程为:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_t - M_g \quad (1-1)$$

式中:

J ——机组转动部分的惯性矩($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

$\omega = \frac{\pi n}{30}$ ——机组转动角速度(rad/s);

n ——机组转动速度(r/min);

M_t ——水轮机转矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

M_g ——发电机负荷阻力矩(负载转矩)($\text{N} \cdot \text{m}$)。

式(1-1)清楚地表明,机组转速(频率)保持恒值的条件是 $\frac{d\omega}{dt} = 0$,即要求 $M_t = M_g$,否则就会导致机组转速(频率)相对于额定值升高或降低,从而出现转速(频率)偏差。

水轮机转矩

$$M_t = \frac{\rho Q H \eta_t}{\omega} \quad (1-2)$$

式中:

Q ——通过水轮机的流量(m^3/s);

H ——水轮机净水头(m);

η_t ——水轮机效率;

ρ ——水的密度(kg/m^3)。

所以,在一定的机组工况下,只有调节流量 Q 和效率 η_t 才能调节水轮机转矩 M_t ,达到 $M_t = M_g$ 的目的。从最终效果来看,水轮机调节的任务是维持水轮发电机组转速(频率)处在额定值附近的允许范围内。然而,从实质上讲,只有当水轮机调速器相应地调节水轮机导水机构开度和水轮机轮叶的角度(调节水轮机流量 Q 和调节水轮机效率 η_t),使 $M_t = M_g$,才能使机组在一个允许的稳定转速(频率)下运行。从这个意义上讲,水轮机调节的实质就是:根据偏离额定值的转速(频率)偏差信号,调节水轮机的导水机构和轮叶机构,维持水轮发电机组功率与负荷功率的平衡。

水轮机调速器是水电站水轮发电机组的重要辅助设备,它与电站二次回路或微机监控系统相配合,完成水轮发电机组的开机、停机、增减负荷、紧急停机等任务。水轮机调速器还可以与其他装置一起完成自动发电控制、成组控制、按水位调节等任务。

第二节 水轮机控制系统

一、水轮机控制系统的结构

水轮机控制系统是由水轮机控制设备(系统)和被控制系统组成的闭环系统。水轮机、引水和泄水系统、装有电液调节器的水轮发电机组及其所并入的电网称为水轮机控制系统中的被控制系统;用来检测被控参量(转速、功率、水位、流量等)与给定量的偏差,并将其按一定特性转换成主接力器行程偏差的一些装置组合,称为水轮机控制设备(系统)。水轮机调速器则是由实现水轮机调节及相应控制的机构和指示仪表等组成的一个或几个装置的总称。

水轮机控制系统的结构如图 1-1 所示。其工作过程为:测量元件把机组转速 n (频率 f)、功率 P_g 、水头 H 、流量 Q 等参量测量出来,与给定信号和反馈信号综合后,经放大校正元件控制执行机构,执行机构操纵水轮机导水机构和轮叶机构,同时经反馈元件送回反馈信号至信号综合点。给定元件可以接收电网 AGC 和电厂 AGC 下达的机组功率控制指令。不包括电网 AGC 和电厂 AGC 的部分就是原来所说的水轮机调节系统。

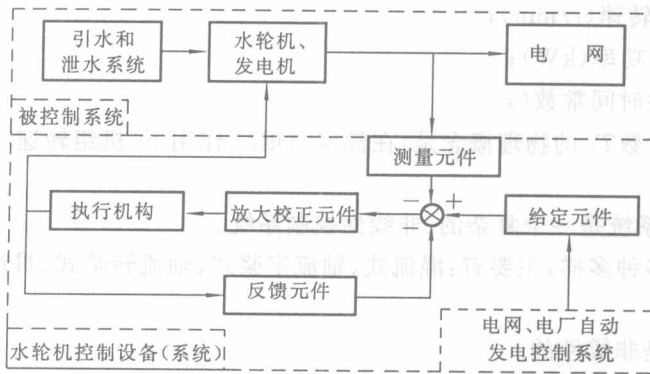


图 1-1 水轮机控制系统的结构图

二、水轮机控制系统的特点

水轮机控制系统是一个自动调节系统,它除了具有一般闭环控制系统的共性外,还有一些值得注意的特点。

① 水轮机控制设备是通过水轮机导水机构和轮叶机构来调节水轮机流量及其流态的。这种调节需要很大的动力,因此,即使是中小型调速器也大多要采用机械液压执行机构,且采用的常常是有一级或二级液压放大的液压执行机构。

② 水轮机过水管道存在着水流惯性。通常用水流惯性时间常数 T_w 来表述水流惯性,即

$$T_w = \frac{Q_r}{gH_r} \sum \frac{L}{A} = \sum \frac{Lv}{gH_r} \quad (1-3)$$

式中:

A ——每段过水管道的截面积(m^2);

L ——相应每段过水管道的长度(m);

v ——相应每段过水管道内的流速(m/s);

g ——重力加速度(m/s^2);

T_w ——水流惯性时间常数(s);

Q_r ——过水管道额定流量(m^3/s);

H_r ——水轮机额定水头(m)。

从自动控制理论的观点来看,过水管道水流惯性使得水轮机控制系统成为一个非最小相位系统,对系统的动态稳定和响应特性会带来十分不利的影响。通常所说的水锤效应(或水击效应)就是这种水流惯性的一种形象的表述。

水流惯性时间常数 T_w 的物理概念是:在额定水头 H_r 作用下,过水管道内的流量 Q 由0加大至额定流量 Q_r 所需要的时间。

③ 水轮发电机组存在着机械惯性,可用机组惯性时间常数 T_a 来表述。

$$T_a = \frac{GD^2 \cdot n_r^2}{3580P_r} \quad (1-4)$$

式中:

GD^2 ——机组飞轮力矩($\text{kN} \cdot \text{m}^2$);

n_r ——机组额定转速(r/min);

P_r ——机组额定功率(kW);

T_a ——机组惯性时间常数(s)。

机组惯性时间常数 T_a 的物理概念是:在额定力矩 M_r 作用下,机组转速 n 由0上升至额定转速 n_r 所需要的时间。

④ 水轮机控制系统是一个复杂的、非线性控制系统。

● 水轮机型式多种多样,主要有:混流式、轴流定桨式、轴流转桨式、贯流式、冲击式、水泵/水轮机式等等。

● 水轮机特性是非线性的。

● 水轮发电机组有多种工作状态,如:机组开机、机组停机、同期并网前和从电网解列后的空载运行、孤立电网运行、以转速控制和功率控制等控制模式并列于大电网运行、水位和/或流量控制等。

三、手动水轮机调节

水电站值班人员手动控制水轮机导水机构时,必须监视被控制的水轮发电机组的转速(频率)或电网的频率。当频率大于或小于 50Hz 时,要相应地关闭或开启水轮机导水机构,使频率恢复到 50Hz 左右的一个允许的范围。

由于水轮机过水管道具有水流惯性,而水轮发电机组具有机械惯性,因此在手动调节时运行人员必须掌握下列操作原则。

1. 比例操作原则

操作导水机构的幅度和速度应近似比例于机组转速(频率)对额定转速(50Hz)的偏差。例如:机组频率若为 51Hz 和 54Hz ,虽然它们均大于 50Hz ,但针对前者,关闭导水机构的幅度可小一点、速度可慢一点;而对于后者,则幅度要大一点、速度要快一点。

2. 超前操作原则

操作中不仅要密切观察机组转速(频率)偏离额定值的情况,而且要注意机组转速(频率)变化的速度。例如:当机组频率由 54Hz 以较快的速度下降到 51Hz 时,虽然它仍然大于 50Hz ,但此时不应继续关闭导水机构,而应使导水机构稍开启一点。只有这样才有可能使机组转速(频率)较快地恢复到额定值附近。这种针对水流惯性和机组惯性而采取的超前操作原则被形象地称为“提前刹车”。

上述操作原则,可以通俗地理解为自动调节时的“比例”和“微分”调节规律。自动调节中的“积分”调节规律,则起着消除或减小静态偏差、形成水轮机调速器和水轮机控制系统静态特性的作用。可以称积分规律起到“精细”调节的作用。

第三节 水轮机调速器

水轮机调速器是由实现水轮机调节及相应控制的机构和指示仪表等组成的一个或几个装置的总称。它是水轮机控制设备(系统)的主体,可分为机械液压调速器、电气液压调速器和数字式电液调速器等几种。数字式电液调速器又常称为微机调速器。

一、机械液压调速器

1. 机械液压调速器的定义

测速、稳定及反馈信号用机械液压的方法产生,经机械液压综合后通过液压放大部分驱动水轮机接力器的调速器,称为机械液压调速器。

最早的水轮机调速器都是机械液压调速器,它是随着水电站机电设备的发展而在20世纪初发展起来的。它能满足带独立负荷和中小型电网中运行的水轮发电机组调节的需要,有较好的静态特性和动态品质,可靠性较高。但是,面临大机组、大电网提出的高灵敏度、高性能和便于实现水电站自动化等要求,机械液压调速器固有的采用机械液压方法进行测量、信号综合和稳定调节的功能就显露出明显的缺陷。现在,新建的大型水轮发电机组已不采用机械液压调速器,只有中小型机组特别是小型机组中的一部分采用机械液压调速器。

2. 机械液压调速器的结构方块图

机械液压调速器的结构种类甚多,下面有选择地给出了两种典型的机械液压调速器结构方块图。

① 主接力器反馈、取速度信号、有暂态反馈的PI(比例-积分)调速器(见图1-2),常称为缓冲型调速器。

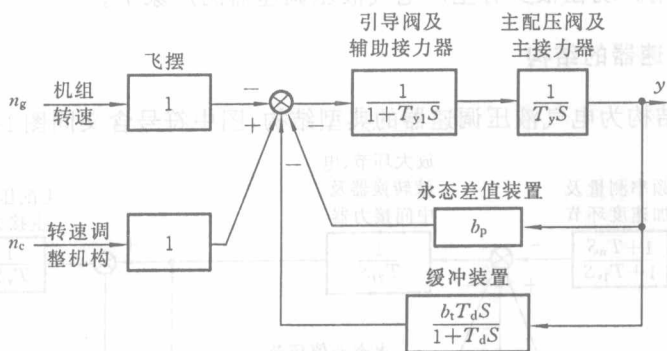


图1-2 机械液压调速器结构方块图一

② 中间接力器反馈、取速度信号、有暂态反馈的PI(比例-积分)调速器(见图1-3)。

图1-2和图1-3中参数的含义:

T_{y1} ——辅助接力器或中间接力器反应时间常数(s);

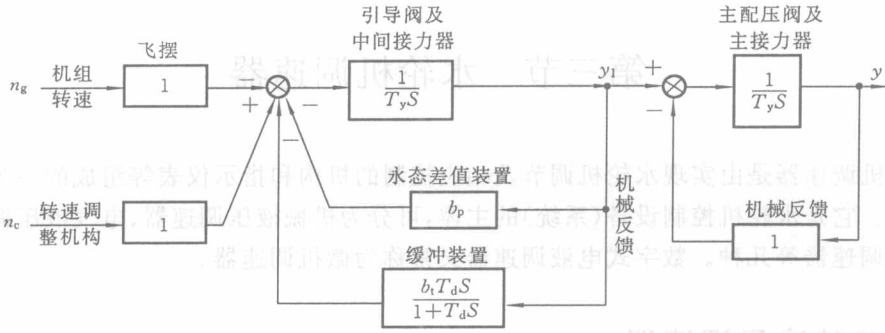


图 1-3 机械液压调速器结构方块图二

T_y ——主接力器反应时间常数(s)；

b_p ——永态差值系数；

b_t ——暂态差值系数；

T_d ——缓冲装置时间常数(s)；

S ——拉普拉斯算子。

其定义及概念将在有关章节中介绍。

二、电气液压调速器

1. 电气液压调速器定义

测速、稳定及反馈信号用电气方法产生，经电气综合、放大后通过电气液压放大部分驱动水轮机接力器的调速器，称为电气液压调速器。

20 世纪 50 年代以后，电气液压调速器获得了较广泛的应用。从采用的元件来看，它经历了电子管、磁放大器、晶体管、集成电路等几个发展阶段。20 世纪 80 年代末期，出现了水轮机微机调速器并被广泛采用。现在很少有生产电气液压调速器的厂家了。

2. 电气液压调速器的结构

图 1-4 所示的结构为电气液压调速器的典型结构，图中符号含义同图 1-2 和图 1-3 的。

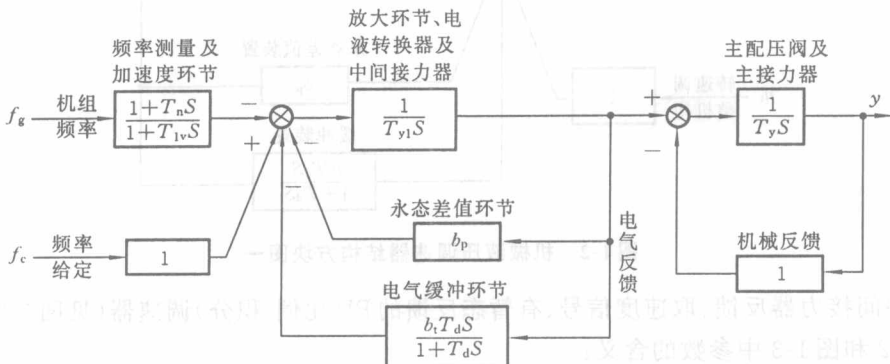


图 1-4 电气液压调速器(PID)结构图

比较图1-3和图1-4不难看出,它们具有相同的系统结构。在图1-4所示的系统中仅仅用了下列电气环节取代图1-3所示的相应机械液压环节。

- ① 电气频率测量环节取代飞摆测速装置;
- ② 电气频率给定环节取代转速调整机构;
- ③ 放大环节和电液转换器取代引导阀并完成电气信号至机械液压信号的转换;
- ④ 电气永态差值环节取代机械永态差值装置;
- ⑤ 电气缓冲环节取代机械液压缓冲装置;
- ⑥ 由中间继电器引出的电气反馈取代由中间继电器引出的机械反馈。

三、数字式电液调速器

随着1971年微处理机的问世,世界各国在20世纪80年代初都开始研制微机(液压)调速器。华中科技大学(原华中工学院)在国内率先研制成功了适应式变参数微机调速器,于1984年11月在湖南欧阳海水电站进行了试验并投入运行。其后又与有关单位合作,开发生产了双微机单调节微机调速器和双微机双调节微机调速器。据不完全统计,已有100多台产品在水电站运行。

针对自行研制开发的微机系统存在着由非计算机专业人员设计和生产、批量过少而导致可靠性不高的问题,华中科技大学又与有关单位合作,于1993年率先提出并完成了可编程控制器(液压)调速器的开发和生产。至2003年底,据不完全统计已有近1500台可编程控制器(液压)调速器在国内外水电站运行,成为我国当前水轮机微机调速器的微机调节器主导产品。

从2000年下半年开始,华中科技大学已开始研制新一代的水轮机微机调速器的微机调节器——基于现场总线的全数字调节器。显然,随着微机技术、网络技术、总线技术的发展,水轮机微机调速器的微机调节器将会得到不断的完善和发展。

与微机调节器的迅速发展和应用同步,水轮机微机调速器的电机转换装置也由原来单一的电液转换器和电液伺服阀构成的电液转换装置发展成为由步进电机/伺服电机构成的电液转换装置。同时,还成功研制了三态/多态阀式的机械液压系统。

图1-5所示的为一种微机调速器的结构图。

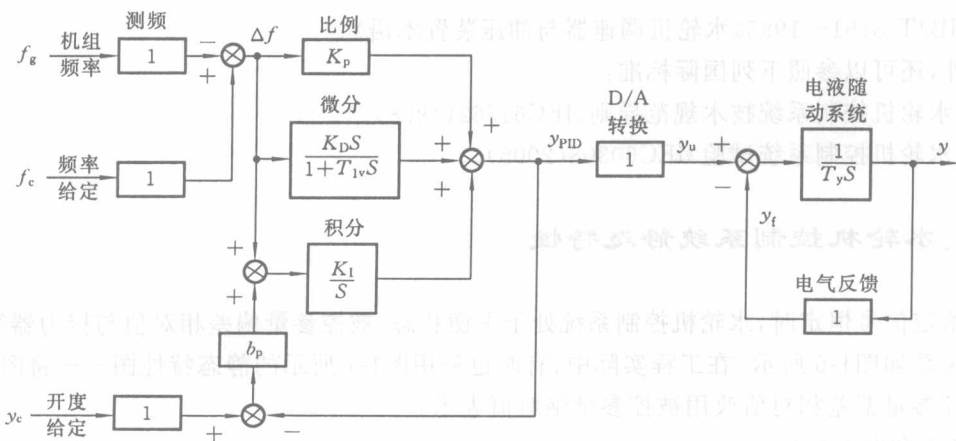


图1-5 数字式调速器结构图