

中国水力发电工程学会水电控制设备专委会学术会议

2009

中国水电控制设备 论文集

主编 孔昭年

长江出版社

中国水力发电工程学会水电控制设备专委会学术会议

2009

中国水电控制设备 论文集

主编 孔昭年

①
长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

2009 中国水电控制设备论文集/孔昭年主编. —武汉:
长江出版社, 2009.8

ISBN 978-7-80708-744-1

I. 2… II. 孔… III. 水力发电站—自动控制设备—中
国—2009—文集 IV. TV736-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 146949 号

2009 中国水电控制设备论文集

孔昭年 主编

责任编辑: 高伟

装帧设计: 刘斯佳

出版发行: 长江出版社

地 址: 武汉市解放大道 1863 号

邮 编: 430010

E-mail: cjpub@vip.sina.com

电 话: (027) 82927763 (总编室)

(027) 82926806 (市场营销部)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 湖北通山金地印务有限公司

规 格: 787mm×1092mm

1/16

37.25 印张

820 千字

版 次: 2009 年 8 月第 1 版

2009 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-80708-744-1/TV · 115

定 价: 70.00 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

2009 中国水电控制设备学术讨论会组织委员会

名誉主任委员 李菊根(中国水力发电工程学会常务副理事长、秘书长)

主任委员 杨晓东(中国水力发电工程学会水电控制设备专委会主任委员、中国水利水电科学研究院副院长)

执行委员 孔昭年(中国水力发电工程学会理事、水电控制设备专委会常务副主任)

委 员 秦汉军(中国电器科学研究院副院长)

贾宝良(长江科学院长江控制设备研究所所长)

邵宜祥(国电南京自动化研究院电气控制技术研究所总工程师)

王德宽(中国水利水电科学研究院自动化研究所所长)

杨远生(天津电气传动设计研究所水电分所所长)

秘 书 长 田忠禄(中国水利水电科学研究院总公司经营开发部主任)

2004 中国水电控制设备学术讨论会论文集编委会

主任委员 孔昭年(中国水利水电科学研究院)

委 员 李 晃(天津电气传动设计研究所)

曾继伦(国电南京自动化研究院)

吴应文(长江科学院长江控制设备研究所)

黄景湖(天津水利电力机电研究所)

聂光启(中国水利水电科学研究院)

序

为庆祝中华人民共和国成立六十周年,用自己的丰硕成果讴歌改革开放三十周年,中国大陆的水电站控制设备行业的科技人员满怀豪情地举行学术交流会议,特意编辑了本论文集。中国大陆的水电站控制设备行业在紧密跟随改革开放的大潮前进。1950年至1960年间,我国的水电站控制设备基本套用原苏联的相关技术,在此基础上于20世纪60年代后期陆续独立开发了XT、TT、YTT型机械液压型水轮机控制设备,满足了中小型水电站建设及配套出口的需求。20世纪70年代,水轮机晶体管电液调速器和可控硅励磁装置已在中小型水电站小批量投入运行。

进入20世纪80年代,我国水电站控制设备领域紧密跟踪国际计算机硬件技术等先进科技的发展,呈现出不断尝试、不断创新的百花齐放的繁荣局面:集成电路、单板(片)机、STD-总线、PLC、IPC、PCC等各种硬件平台得到广泛应用,水轮机控制设备工作油压普遍提高,已广泛采用4.0MPa和6.3MPa,成功采用步进电机、交流伺服电机和直流伺服电机作为调速器的电/机转换部件,有中国特色的冗余技术的提出和实施,自并激励磁系统被广泛采用,氧化锌非线性电阻在灭磁开关中的应用,大功率柜的成功研发,PSS技术的应用,以及自然冷却型大功率整流装置,水轮机控制设备试验用实时仿真系统等,取得了一大批具有自主知识产权的骄人科技成果。我国的水电站控制设备从无到有发展至今,已可满足我国各类大中型水电建设的配套需求,并可配套出口。我国水电控制技术及设备已达到国际先进水平。我国水电站控制设备发展的另一个标志是,制定(或按计划修订)了10余种有关水轮发电机控制设备的国家标准、行业标准、企业标准,其内容涉及名词术语、型谱、技术规程及试验方法。在技术标准上较好地实现了国际接轨,有力地指导和推动了全行业的技术发展与进步。

2009年,中国水电站控制设备学术交流会议的有关事宜,得到中国水力发电工程学会秘书处领导的大力支持。用举行学术交流会议的方式庆祝中华人民共和国成立六十周年,讴歌改革开放三十周年取得的成就,获得科研、制造部门的普遍响应并达成共识。征文通知发出后,作者热情回应。编委会从中筛选出71篇论文,总体上反映了近期我国水电控制设备及其他水电自动化设备技术方面的巨大进展。

受中国长江三峡工程开发总公司委托,中国水力发电工程学会水电控制设备专委会出面组织水电控制设备专业的资深专家,就三峡地下电站水轮机控制设备实现

国产化问题开展研究,并于2006年4月至12月对我国19座大型骨干水力发电厂的水轮机控制设备运行情况进行了较全面的调研,调研组的专家以承担三峡电厂水轮机控制设备实现国产化的基础工作为荣,大家超脱于本单位、本部门的局限,站在国家利益的高度,客观公正地进行调研并提出调研报告。该调研报告曾在2007年中国水电控制设备论坛会议上内部印发了100份。可以预计,该调研报告对大型骨干水电站控制设备实现国产化将起着积极的推动和指导作用,经稍加整理修订后,以附录的形式编入本论文集。

本论文集还编入有水电控制设备专委会资深专家简介。这批热心学术活动的资深专家,有的陆续淡出科技工作第一线,有的桃李满天下,有的领办的科技企业已成为当今水电控制设备的重要供货方,他们的成果及著述至今还有着重要的参考和借鉴价值。本次入选的具有教授职称的资深专家人数几乎是2004年时的一倍,稍许浏览一下,就可欣慰地发现,通过两代科技人员的艰辛努力,已消除了“文革”动乱造成的人才断层,这也是本行业另一个了不起的成就。入选资深专家仍按年龄排序。本书的出版得到相关水电控制设备制造厂商的支持,企业支持学会的活动,而专家学者们的成果又为企业新产品的开发开拓思路,这是一个双赢的平台。同时,要感谢贺恭先生为本书题写书名。

编者希望本书既具有较高的学术性,又有实用的手册性,望读者反馈宝贵意见。

孔昭年 2009年6月2日于北京

目 录

新观点、新成果

应引起调速器行业思考的几个问题	程远楚(2)
李家峡水电厂4号调速器改造的成功实践	曹维福等(6)
李家峡水电厂4号调速器现场试验	曹维福等(15)

水轮机调速系统

潮汐能发电站水轮机调速设备若干问题的探讨	王丽娟等(24)
龙滩700MW水轮发电机组调速器	曹维福等(32)
16MPa调速器的蓄能器、继电器和油泵参数选择	李晃(41)
插装式液压技术在水轮机调速器开发中的应用	张建明等(46)
ZFST-100-6.3型数字阀PCC调速器的应用	周健等(54)
用于转桨式水轮机的高油压调速器	郭建业等(62)
冲击式水轮机调速器的并联调节结构与小网控制	王党生等(66)
云南澜沧江小湾水电站水轮机调速系统设计	蔡卫江等(70)
1000MW水轮机调速系统SWT-1000技术方案	邵宜祥等(76)
触摸屏和PCC数据交换的研究	张中亚等(85)
伺服电机控制插装阀电液转换系统的新应用	周松萍(90)
PCC控制器在水轮机调速器中的应用	张友江(94)
水轮机调速系统的发热与散热计算	葛鸿康等(99)
特大型冲击式水轮机微机调速器的应用	向家安等(102)
单片式水轮机微机调速器研制	田炜等(111)
水轮机圆筒阀控制系统	王国清(115)
贯流式机组调速系统的设计与应用	李建华等(119)

水轮机微机调速器测频方式与测频方法探讨	潘熙和 等(124)
适用于巨型贯流式机组的国产化调速系统在桥巩水电厂的应用	蔡卫江 等(133)
调速器电/液转换元件使用浅释	张振中 等(140)
水轮机调速系统建模与参数测试	刘昌玉(145)
纯机械手动液压控制在三峡水电站水轮发电机组调速器上的实现、应用及分析	余志强 等(150)
复合控制型调速器在水轮机控制中的应用	卢自富(160)
伺服比例阀与数字阀双冗余控制在水轮机调速器的应用	姚宏刚 等(170)
伺服比例阀型水轮机调速器的原理及应用	张辉(178)
大型贯流式机组调速器在长洲水电站的应用	严国强 等(184)
双冗余调速器在丹江口水电站的应用	黄业华 等(192)
调速器在单带地区负荷时的运行监护和设置	乔宇 等(197)
冲击式水电机组的喷嘴控制	刘安平 等(200)
乌溪江水力发电厂一次调频	刘安平 等(205)
应用于调速器上的脉宽调制技术	徐家荣 等(215)
囊式蓄能器在水电站的运用推广	蒋耀庭(218)
我国大型水轮机调速器主配压阀	吴应文 等(222)
水轮机桨叶的电—机操作机构简介	周泰经 等(232)
集成调压阀控制的调速器改造	陈启明 等(234)
一种新型叠加冲击式水轮机微机调速器的研制	王华军 等(239)
基于 PAC 的水轮机微机调速器	陈效 等(243)

水轮发电机励磁系统

励磁功率柜动态均流技术	许敬涛 等(250)
励磁功率柜散热设计	许敬涛 等(259)
基于单片机的发电机残压测试系统的设计及实现	吴琳君 等(267)
可恢复型跨接器的原理与应用	熊巍 等(273)
一种新的抽水蓄能电站静止变频器控制策略研究	吕宏水 等(278)
大型发电机灭磁方案的研究	许其品 等(286)

1000MW 机组 FWL/B-1000 型自并励励磁系统技术方案	朱晓东 等(293)
CPLD 在微机励磁中的应用	胡清波(303)
励磁系统控制模型的辨识测试	余翔 等(309)
大型励磁系统的可控硅整流装置的设计	李国良 等(316)
励磁功率单元检修技巧	孙莉平 等(322)
发电机励磁系统网络化研究及应用	梅玉林 等(327)
发电机灭磁过程分析及检测方法探讨	申明 等(331)
大功率自冷型可控硅励磁整流	安平(336)
一种极具推广价值的高智能经济型微机励磁调节器	霍合兴(341)
发电机 PLC 型励磁装置的研制与应用	程远楚 等(345)
双微机可控硅励磁装置在中小型水电站中的推广和应用	张志华 (350)
励磁系统晶闸管整流柜智能反馈均流的实现	李福龙 等(354)
整流柜集中阻断式阻容保护电路的改型研究	周尚军 等(359)

自动化控制系统

抽水蓄能电站过速试验导叶关闭速度影响的研究	邓磊 等(365)
响蓄电厂黑启动条件的具备及黑启动试验	孙全忠 等(372)
数字化变电站与水电站自动化系统	张亚楠 等(380)
采用举手表决算法的转速信号装置	刘淑芬(401)
巨型事故配压阀	周泰经(404)
发电机空气间隙在线监测技术在三峡右岸电站的应用	张润时 等(408)
局部放电在线监测技术在水轮发电机上的应用	郑松远 等(417)
状态监测系统在灯泡贯流式机组的应用	刘春波(425)
水电厂基础自动化的应用和发展	郭江(431)
光声光谱技术在变压器油中气体分析中的应用	贾彦博 (439)
半开式梯级串联电站联合运行控制系统数值模拟	樊红刚 等(445)
ZM2100 闸门计算机控制系统在大顶子山航电枢纽工程的应用	王学洲 等(453)

附录一 大型骨干水电站水轮机控制设备实现国产化的专项研究及建议

国产大型水轮机水电控制设备调研报告	吴应文(461)
-------------------------	----------

近年进口大型水轮机控制设备的技术特点	李晃(470)
大型水电控制设备研发单位厂内试验	孔昭年(487)
国产高油压大流量三螺杆泵的调研与试验	李晃(493)
大型水电控制设备设计及招标中的重要建议	孔劲 等(496)
液压伺服阀、比例阀、数字阀在水轮机调节行业中的应用	张建民(499)
步进式调速器接力器不动时间分析	南海鹏(507)
国产大型主配压阀工艺设计体会	姚景友(510)
主配压阀、油压装置压力罐及泵的选择计算和系统	李晃(515)
关于微机水轮机调速器的数字测频	张建民(519)
PLC 调速器的频率测量	李晃(521)
不同运行水头条件下机组空载开度 $Y_0 = f(H)$ 的确定	孔昭年(523)
水电控制设备液压系统惯性时间的试验及校正	孔昭年(524)
大型骨干水电站水轮机控制设备实现国产化的建议	孔昭年 等(526)

附录二 资深专家简介

叶鲁卿	(535)
陈仲华	(536)
周泰经	(537)
刘炳文	(538)
沈祖诒	(538)
魏守平	(540)
吴应文	(541)
李晃	(542)
刘保华	(542)
郭建业	(542)
孔昭年	(544)
黄秉铨	(544)
陈叔霖	(545)
曾继伦	(545)

雷践仁	(546)
葛鸿康	(546)
陈乃祥	(547)
孙全忠	(548)
顾宏进	(549)
刘文斌	(549)
杨远生	(550)
王德宽	(550)
刘昌玉	(551)
刘卫亚	(552)
程远楚	(552)
贾宝良	(554)
南海鹏	(555)
李志军	(556)
潘熙和	(556)
张建明	(558)
田忠禄	(559)
秦汉军	(559)

附录三 水电站控制设备制造厂商及其主要产品简介

中国水利水电科学研究院及北京中水科工程总公司	(561)
北京中水科水电科技发展有限公司	(561)
天津水利电力机电研究所及北京中水科工程总公司控制技术部	(562)
国网电力科学研究院电气控制技术研究所/南京南瑞集团公司电气控制分公司	(563)
中国电器科学研究院	(564)
天津电气传动设计研究所	(565)
武汉长江控制设备研究所	(567)
哈尔滨电机厂有限责任公司控制设备事业部	(568)
东方电机控制设备有限公司	(569)

长江三峡能事达电气股份有限公司	(570)
北京华科同安监控技术有限公司	(571)
北京四方吉思电气有限公司	(571)
武汉三联水电控制设备有限公司	(572)
武汉市汉诺优电控有限责任公司	(573)
河北工业大学电工厂	(574)
天津市天骄水电成套设备有限公司	(575)
南京申瑞电力电子有限公司	(575)
长沙华能自控集团有限公司	(576)
佛山安德里茨技术有限公司	(577)
长沙星特自控设备实业有限公司	(577)
武汉四创自动控制技术有限公司	(578)
天津市科音自控设备有限公司	(579)
北京奥技异电气技术研究所	(580)
天津市顶佳工业泵制造厂	(580)
武汉江能自控设备有限公司	(581)
武汉星联控制系统工程有限公司	(582)
武汉洪山电工科技有限公司	(583)

新观点、新成果



应引起调速器行业思考的几个问题

程远楚

(武汉大学动力与机械学院)

1 引言

自1984年我国第一台微机调速器研制成功以来的20多年里,经过水电控制行业科研与工程技术人员的不懈努力和积极进取,我国水轮机调速器行业得到了快速的发展,调速器的综合性能和可靠性得到了大幅度提高,微机调速器在生产中得到了广泛的应用,为水电厂和电力系统的安全稳定运行作出了积极的贡献。同时,在水轮机控制技术方面也取得了长足的进步,在调速器的实施手段、结构模式、系统功能、实现方法和控制算法方面走在了世界的前列。但在大量的应用实践中,也暴露出了一些共性的问题,如带线路突甩负荷时机组过速、合空载变压器或变压器冲击合闸时机组转速不稳定以及接力器不动时间过长等。

本文根据微机调速器在应用过程中所反映的一些现象,提出几个问题供调速器行业的同仁参考,特别是应引起微机调速器的研制单位认真思考。

2 调速器测频环节的反应速度与分辨率问题

水轮机微机调速器要求频率测量环节稳定性、测量精度高,测频分辨率满足对调节精度的要求。国家标准中对大型水轮机调速器的转速死区要求不大于0.02%,这就要求调速器的频率测量分辨率至少应高于0.01% (0.005Hz),一般情况下频率测量分辨率不低于0.004% (0.002Hz)才能满足0.02%转速死区的要求。在现有的部分PLC型调速器中,为追求PLC本体测频,由于PLC高速计数器计数频率的限制,其测频分辨率远低于上述要求。然而厂家提供的采用静特性试验法测得的转速死区却满足国家标准的要求,这与我们目前采用的静特性试验方法有很大的关系。

做静特性试验时,一般采用数字式频率信号发生器,其重复性非常好。在试验的过程中,为简化试验与分析,设定的信号上升过程和下降过程的频率值往往为同一值。如设频率分辨率为 Δf ,信号上升过程中的频率设定值为 f_u ,测量值为 f_{mu} ,信号下降过程中的频率设定值为 f_d ,测量值为 f_{md} ,则有:

$$f_{mu} = f_0 \quad f_0 - \Delta f < f_u < f_0 + \Delta f \quad (1)$$

$$f_{md} = f_0 \quad f_0 - \Delta f < f_d < f_0 + \Delta f \quad (2)$$

当 $f_u = f_d$ 时,无论测频分辨率是多少,总有 $f_{mu} = f_{md}$,根据调速器的稳态平衡条件计算出的导叶开度值总是要相同的。

因此,按照上述方法测出的调速器转速死区 i_{x1} 实质上是随动系统的死区,未包含测频环节的死区。事实上,根据式(1)和式(2),当 f_u 升至接近 $f_0 + \Delta f$, 或 f_d 降至接近 $f_0 - \Delta f$ 时,调速器测得的频率值仍然相同,测得的接力器位置差与 $f_u = f_d$ 时相同,此时的转速死区可能是 $i_x = i_{x1} + 2\Delta f$ 。

因此,在调速器设计时,应保证足够的测频分辨率,以满足现代水轮机微机调速器对频率调节精度的要求。

对测频回路的另一要求是保证一定的响应速度。为保证调速器的速动性,要求测频环节的测量时间常数小。传统的衡量测频环节的时间常数为测频单元的惯性时间常数。新报批的国家标准《电工术语——水轮机控制系统中》根据微机调速器的特点,采用了两个术语来衡量测频环节的时间常数:一是测频单元响应时间 T_{rxn} ,其定义为:从测频单元输入量发生阶跃变化时刻起,至输出量达到变化量 95% 的时间间隔;另一个是测频单元的响应延滞时间 T_{hxn} ,其定义为:从测频单元输入量发生阶跃变化时刻起,至输出量达到变化量 5% 的时间间隔。

在水轮机微机调速器中,均采用测周期法,测量延滞时间与所用测量方法有关,当采用具有捕陷功能的单片机或专用计数芯片时,其测量延滞时间为一个信号周期,当测量中引入二分频电路时,测量延滞时间为两个信号周期。对于采用动态测频和静态测频的 PLC 型调速器,测量延滞时间与分频次数相关,分频次数越多,测量延滞时间越长。若考虑测频时的软件滤波和容错计算,某些调速器的测频单元的响应延滞时间达 80ms,测频单元响应时间达 140ms 以上,从而导致调速器的响应滞后,使接力器的不动时间增大。在机组突甩负荷时,为加快响应,往往引入发电机出口断路器的辅助接点快速关闭接力器。而在线路对端断路器跳闸时,发电机出口断路器不跳,接力器不能快速关闭,可能引起带线路突甩负荷时机组过速。

为避免此类问题的出现,应对调速器测频环节的时间常数进行测试,调速器制造厂家在进行调速器设计时应预留相应的测试接口。

3 调速器测频环节的抗干扰问题

机组频率信号源可能来自于齿盘的磁头,也可能来自机端电压互感器(TV),信号波形可能是正弦波、方波或梯形波。此外,当测频信号来自机端电压互感器,而发电机不加励磁时,残压值在额定转速时通常只有 0.3 ~ 1V,并且可能含有较高的三次谐波,低转速时则更低;正常并网运行时,机端电压为 100V 左右;当机组突甩负荷时,机端电压最大可能上升至 150V。因此,要求测频环节在各种信号波形和信号电压为 0.2 ~ 150(V)(RMS)时均能稳定可靠工作,且短时可承受 200V 电压。

当用发电机对变压器进行冲击合闸试验时,在变压器一次侧会产生励磁涌流,励磁涌流存在间断角,会产生二次谐波,从而使测频信号源的波形产生畸变,测频环节可能测得异常的频率值导致调节系统不稳定。

当机组达额定转速后,合空变压器准备带变压器零起升压时,同样存在上述问题,且因信号幅值小,引入的干扰可能更强。

因此,要求测频环节抗干扰能力强,调速器的测频单元应能滤除测频信号源中的谐波分量和电气投切引入的瞬间干扰信号,在各种强干扰情况下均能准确可靠工作。

无论是 PLC(PCC) 本体测频, 还是单片机测频, 均需将测量变压器引入的信号变换为方波后进行测量, 一味地强调 PLC 本体测频, 强调软件容错和滤波, 只能提高调速器的制造成本, 加长测频环节的时间常数, 并不能达到提高抗干扰的能力。因此, 必须重视整形电路与滤波电路的设计, 注重细节。

此外, 在测频容错设计时, 有些调速器以发电机出口断路器合上为标志区别发电机是空载运行还是并网运行而采取不同的容错或控制策略。显然, 变压器冲击合闸、带变压器零起升压和前述的线路对端断路器跳闸均非发电机并网运行方式。因此, 在容错和控制策略设计时应仔细分析各种情况, 并采取合理的应对措施。

4 数液随动系统的响应速度问题

近 10 年来, 水轮机调速器的随动系统发展很快。随着交流伺服电机、步进电机和电磁换向阀在水轮机调速系统的应用, 出现了采用数学综合、数字控制的数字—液压随动系统。对采用交流伺服电机、直流伺服电机的随动系统, 文献[1]、[2]进行了相关试验, 证明了其与采用电液转换器的随动系统有相近的频率特性, 其转折频率在 3Hz 左右。但上述试验是采用的模拟综合、模拟控制的方式, 在该种情况下, 伺服电机处于速度控制模式, 伺服电机的速度是可变的, 当综合后的误差大时, 电机的速度快, 从而可通过调速综合环节的增益来改变随动系统的响应速度。而在数字—液压随动系统中, 交流伺服电机和步进电机均采用位置控制模式, 此时, 电机的速度是固定的, 无论综合后的误差如何变化, 电机的速度不变, 当误差大时, 电机偏离平衡位置远, 所需时间就较长。该类电/机转换器的频率特性与文献[1]、[2]中所述系统应有较大差异, 应引起重视并加以研究。

对于采用电磁换向阀的数字液压随动系统, 由电磁换向阀只有开、关两个位置, 通常采用 PWM 方式进行控制, 如图 1 所示。

图中 T 为脉宽调制周期, t_{on} 为阀的动作时间, t_{off} 为阀关闭时间。则占空比为:

$$k = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} \quad (3)$$

k 代表了接力器运行的速度, $k=1$, 接力器以最快速度运行; $k=0$, 则接力器处于平衡位置。 t_{on} 的控制精度取决于所用的 PLC(PCC), 其分辨率为 $(10 \sim 20) \mu s \sim 10 ms$ 。实际上, 脉宽调制式电磁换向阀存在开启/关闭延时, 流量从零到最大也需要时间(见图 2)。

设阀的开启延时为 D_0 , 关闭延时为 D_c 。当通电脉冲宽度 $t_{on} < D_0$ 时, 阀不能打开, 其通油时间 $t=0$, 多路阀主阀阀芯的位移为零, 即为控制的死区。

死区范围为 $0 \leq t_{on} \leq D_0$; 当 $t_{on} > T - D_c$ 时, 阀在本周期内还未关闭, 下一个通电脉冲又到, 故在 $T - D_c$ 到 T 段, 阀的开度一直最大, 并不随 t_{on} 的变化而变化, 这是开关阀控制速度的饱和区。设对应于 D_0 的最小流量为 Q_{min} , 对应于 $T - D_c$ 的最大流量为 Q_{max} , 对于定周期这脉宽的 PWM 方式, 其调节精度为 $\frac{D_0}{T - D_c}$, 由此可知, 在阀和脉宽周期不变的情况下, 即使调节脉宽, 调节精度也不变。在该调节方式下, 当 D_0 一定时, 若要提高控制精度, 必须加大控制周期 T 。如电磁球阀动作一般在 $4 \sim 15 ms$ 之间,

电磁滑阀的动作时间更长,为保证调节精度,在某些调速器中,取 $T=300\sim 400\text{ms}$,根据图 1,液压随动系统的响应滞后最大可达一个周期 T ,这样一来,必然会使调速器的响应速度减慢,引起接力器不动时间超标,带线路甩负荷过速。

对采用电磁换向阀的调速器,应研究采用合理的 PWM 控制方式,减小随动系统响应滞后时间。

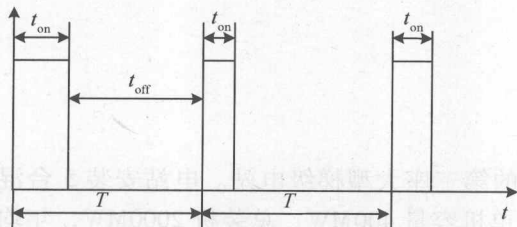


图 1 PWM 控制示意图

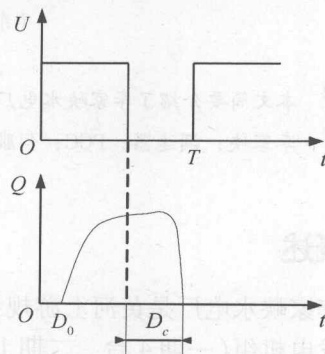


图 2 电磁换向阀的实际特性

5 调速器硬件平台的研究开发问题

国外的微机调速器的种类很多,但基本上都采用了外购的 PLC 或 PCC 控制平台。应该说,PLC 或 PCC 型调速器的开发应用对提高我国微机调速器的可靠性,推动我国调速器制造厂家的成长起到了很大的作用。但应该清醒地看到,PLC 或 PCC 型调速器应用也阻碍了我国具有自主知识产权的调速器硬件平台的研究开发。随着微机调速器在中小型水轮机中的推广应用,各调速器制造厂家都感受到了压力。随着 MCU 技术的飞速发展,开发低成本单芯片式调速器硬件平台的时机已经成熟。事实上,励磁调节器和继电保护装置多年来一直坚持采用自主研发的硬件平台,可靠性同样得到了保证。而我们所采用的 PLC 或 PCC 其本质也是一个单片机系统。

希望调速器制造厂家不宜过度宣传单片机调速器或单片机测频的不可靠性,在自主研发上应及时投入力量,推出具有特色的调速器硬件平台,推动调速器行业新的技术进步。

6 结束语

本文就水轮机微机调速器中的几个共性问题作了简单的叙述,未展开分析。希望本文能起到抛砖引玉的作用,引起大家的重视,对本文所述问题开展深入细致的分析研究工作。欢迎各位同仁与笔者联系,就水轮机调速器中出现的相关问题进行商讨。

参考文献

- [1] 吴应文,吴浩洋. 水轮机电液调速器及电/机转换器的频率特性. 见:孔昭年主编. 2004 中国水电控制设备论文集. 郑州:黄河水利出版社,2004:169-174.
- [2] 王丽娟. 几种常用电液转换元件的特点对比及其应用. 见:孔昭年主编. 2004 中国水电控制设备论文集. 郑州:黄河水利出版社,2004:163-168.