

船电技术增刊

ISSN1003 - 4862

CAVD'99

PROCEEDINGS OF 6TH CHINESE ACADEMIC
CONFERENCE ON VARIABLE SPEED AC DRIVES

中国交流电机 调速传动学术会议 论文集

第六届

中国

宜昌

1999 · 10 YICHANG CHINA

463002

H-26
6
CAVD'99

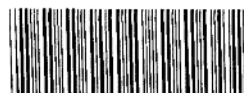
第六届

中国交流电机调速传动学术会议

论文集

中国自动化学会自动化专业委员会 中国金属学会冶金自动化专业委员会
中国铁道学会铁道自动化委员会 中国造船工程学会船舶轮机学术委员会
中国电工技术学会电力电子学会 中国电工技术学会电控系统与装置委员会

机械工业电气自动化情报网



00463002

CAVD'99

第六届中国交流电机调速传动学术会议 论文集

(《船电技术》增刊)

主管部门 中国船舶重工集团公司
主办单位 中国造船工程学会船舶轮机学术委员会
第七研究院第七一二研究所
主 编 黄友朋
副 主 编 陈亚昕 易少梅
印刷单位 第七〇一研究所印刷厂
出版日期 1999 年 10 月
编辑出版 《船电技术》编辑部
通讯地址 武汉市 64311 信箱 25 分箱

ISSN1003—4862

CN42—1157/U

定价：60 元

第六届中国交流电机调速传动学术会议

举办单位

中国自动化学会自动化专业委员会 中国金属学会冶金自动化专业委员会
中国铁道学会铁道自动化委员会 中国造船工程学会船舶轮机学术委员会
中国电工技术学会电力电子学会 中国电工技术学会电控系统与装置委员会
机械工业电气自动化情报网

学术委员会

主任委员 陈敏逊
付主任委员 陈伯时 陈 坚 王兆安
委 员 刘宗富 王 炎 马小亮 陈伯时 戴先中 李永东 许广锡
叶家金 陶生桂 张志刚 袁维慈 王兆安 李崇坚 刘长玉
张永惠 陈 坚 熊长福 王天序 陈敏逊 孟 辉 李鹤轩

组织委员会

委 员 赵相宾 朱稚清 徐庆标 陈守良 张振华 黄友朋 李力更

本届学术会议主办单位

中国造船工程学会船舶轮机学术委员会
中国船舶重工集团公司第七研究院第七一二研究所承办

中国交流电机调速传动学术会议联络处设在中国自动化学会电气专业委员会
秘书处通讯地址:天津塘路 174 号, 邮编: 300180 电话: (022) 24391406

賀中國第六屆交調會

推動技術進步
振興祖國經濟

一九九九年十月

李峻峰



中国造船工程学会船舶轮机学术委员会副主任委员 李峻峰同志为本届学术会议的题词
中国船舶重工集团公司第七研究院第七一二研究所所长

序

中国第六届交流电机调速传动学术会议 (CAVD'99) 于今年十月在湖北省宜昌市召开。这是我国从事交流电机调速传动科研人员的一次盛会, 同时也是我国交流电机调速传动科研成果的一次检阅。

十年前, 我国一批著名专家学者, 针对国外交流电机调速传动技术取得飞速发展的趋势, 提出我们国家要不甘落后, 奋起直追, 用每隔一年举办一次专题学术研讨会的方法, 来促进我国交流电机调速传动技术的进步。事实证明, 这项措施已取得良好的效果, 我国的交流电机调速传动技术已有了较快的发展和提高, 数字控制技术正在得到发展和应用, IGBT 和 GTO 等新型器件与系统开始得到应用, 交流电机调速传动装置的功率正在不断提高, 应用范围越来越广泛。

这次会议的筹备过程得到了各联办单位的大力支持和协助, 许多作者以自己的实际行动响应了会议征文, 撰写了不少有价值的论文, 在此, 请接受我们最诚挚的谢意。

按照惯例, 本论文集收录了经学术委员会评审录用的 87 篇论文, 《船电技术》编委会的同志承担了论文集的编务工作。由于时间仓促, 经验不足, 错讹之处恳请读者批评指正。

编 者

1999 年 10 月

于七院七一二所 (武昌)

目 次

第一部分 综述

- 1 交流传动系统的控制策略 陈伯时 谢鸿鸣 (1)
- 2 国外舰船电力推进的新进展 云峻峰 黄友朋 李亚旭 (8)
- 3 有源电力滤波器发展动态及其应用 卓放 杨君 王兆安 (18)
- 4 无轴承交流电动机的基本理论和研究现状 邓智泉 严仰光 (23)
- 5 定子磁链的自适应观测方法在直接转矩控制系统中的应用
..... 夏超英 田力 (31)
- 6 国外大力生产 GTO 交流传动内燃机车发展概况 许广锡 陈报生 (36)
- 7 交流传动内燃机车主传动系统的计算机仿真 蒋发标 沈祥林 (43)
- 8 核潜艇推进系统研究 尹斌传 (50)
- 9 世纪更迭中的电力电子器件 王正元 (57)
- 10 再论我国开发研制生产 GTO 交流传动内燃机车重要意义
..... 许广锡 陈报生 崔俊 (69)
- 11 21 世纪是交流调速时代 吴忠智 吴加林 (76)

第二部分 交流电动机传动与控制技术

- 12 高速客车空调逆变电源电压矢量轨迹脉宽调制控制
..... 叶家金 刘文生 卢利虹 (84)
- 13 内燃交流传动机车控制系统方案探讨
..... 谢维达 徐国卿 沈祥林 陶生桂 (89)
- 14 异步电机按定子磁链定向的转矩连续控制 谢鸿鸣 阮毅 陈伯时 (95)
- 15 无环流 3Y/3Y 变极转化为不断电切换 $2\Delta/3\Delta$ 变极的原理 钱罗奋 (101)
- 16 交流变频调速系统中的几种特殊功能设计 何礼高 (108)
- 17 同步电机直接高压变频调速技术 张永惠 陈祖安 (114)
- 18 异步机的自适应无源控制 陈峰 徐文立 (121)
- 19 高性能同步电动机调速系统的研究 李志民 华风雷 (127)
- 20 单相电容分相式电机变频调速器的设计 冯焱生 张森 (132)
- 21 数字控制交交变频——同步电动机矢量控制系统仿真
..... 马小亮 许镇琳 许勇 蔡昆 (136)
- 22 带整流负载的同步发电机的运行稳定性 王志华 解锦辉 (142)
- 23 斩波式内反馈调速及其功率控制原理 屈维谦 (159)

- 24 交流异步电动机矢量控制系统的研究 朱莉 陶生桂 (166)
- 25 交流传动机车异步机并联运行的仿真研究
..... 陈汝义 叶家金 赵永生 朱绍庐 (173)

第三部分 永磁与开关磁阻电机传动及控制技术

- 26 N 相大功率永磁同步电动机数学模型及矢量变换控制 刘大勇 肖先辉 (178)
- 27 永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统的研制 ... 袁泽剑 杨耕 钟彦儒 (186)
- 28 国外船用永磁电动机的研制概况 翁存海 (192)
- 29 神经元控制器及其在调速系统中的应用 项世军 谢宗安 吴军 (198)
- 30 稀土永磁同步电机和永磁无刷方波直流电机的数字式调速系统
..... 徐彬 冀路明 廖自立 张永谦 李长兵 (202)
- 31 无位置传感器直流无刷电机控制系统 黄松清 戴先中 (210)
- 32 潜艇电力推进技术的发展 石艳 郭国才 梅端经 (216)
- 33 基于 MATLAB 的开关磁阻电动机模糊控制系统仿真研究
..... 孙丹 王宏华 杨锦堂 王治平 (223)
- 34 横向磁通开关磁阻电动机及其控制 王坚强 (227)
- 35 基于 c-dump 变换器的无刷直流电机的无传感器位置检测方法
..... 魏佳 穆新华 周波 (231)
- 36 在无位置传感器无刷直流永磁同步电动机中消除换相转矩脉动的一种新方法
..... 张相军 陈伯时 朱平平 雷准刚 (237)
- 37 开关磁阻电动机调速系统产品开发与工业应用的新发展
..... 高超 闫志平 步勇兵 (242)
- 38 风机、水泵变频调速节能原理及实际效果 吴忠智 吴加林 (246)

第四部分 交流电机调速传动的交流技术

- 39 中压交流电动机的节能调速 马小亮 (255)
- 40 副边钳位的 FB—ZVZCS PWM 电路研究 姜桂宾 谢力华 苏彦民 (260)
- 41 移相全桥零电压开关 PWM 变换器的应用 李剑 康勇 刘平 陈坚 (265)
- 42 牵引逆变器 SHEPWM 控制技术的研 究 谭新元 (271)
- 43 电压型逆变电源并联运行控制技术 段善旭 康勇 孟宇 陈坚 (279)
- 44 城市轨道交通辅助系统用 IGBT 三点式逆变器的研制 康劲松 陶生桂 (285)
- 45 电力电子装置强制风冷散热方式的研究 杨旭 王兆安 (291)
- 46 含负载电流重复预测的无差拍控制逆变器 张凯 康勇 熊健 陈坚 (296)

- 47 采用空间电压矢量 PWM 方法的三电平逆变器的研究 钟彦儒 高永军 曾光 (303)
- 48 高压大功率三点式逆变器抑制中点电位偏移方法的仿真分析 崔俊国 陶生桂 (311)
- 49 无电流传感器的三相 PWM 整流器动态解耦控制 熊健 康勇 张凯 陈坚 (319)
- 50 300kW 以上交流机的变频调速 刘宗富 (326)
- 51 关于采用普通变频装置实现高压绕线电机制动和低频拖动方法的探讨 左智勇 詹益清 谢允 赵清平 王恒兴 (330)

第五部分 有源滤波器及其它

- 52 实用化并联型有源电力滤波器装置的研制 卓放 杨君 胡军飞 王兆安 (335)
- 53 并联交流调速系统负载均衡模糊控制的研究 陈汝义 叶家金 赵永生 朱绍庐 (340)
- 54 基于 2 自由度 PID 控制的伺服系统的仿真研究 董玮 秦忆 (346)
- 55 串联型和并联型有源电力滤波器的补偿特性 姚为正 王群 刘进军 王兆安 (353)
- 56 面向用户的实用推进电机 CAD 系统 谌瑾 陈恒峰 (357)
- 57 采用综合检测法的串联电力有源滤波器 李玉梅 马伟明 (364)
- 58 三相四线制系统有源电力滤波器的研究 卓放 杨君 胡军飞 王兆安 (369)
- 59 舰用调速逆变器研究 徐正喜 陈涛 (374)
- 60 变流机组的计算机仿真研究 郭镇明 刘勇 唐嘉亨 张敬南 巩冰 刘宏达 李一丹 (383)
- 61 有源滤波和可控电抗器复合结构的数学模型及仿真 陈柏超 刘涤尘 (390)

第六部分 交流传动用控制、检测单元与部件

- 62 逆变器供电下异步电机的参数辨识 孙旭东 曾毅 李永东 (395)
- 63 用于交流调速的嵌入式 DSP 控制器 胡军飞 卓放 王兆安 (400)
- 64 交流同步发电机的常用保护 李春功 姚立元 (405)
- 65 在专用控制器中时序编程的研究与应用 郭亚泰 韩桂萍 朱齐丹 (410)
- 66 整流发电机中的均衡电抗器 王化福 (414)
- 67 电流控制型单端反激式开关电源的研究 彭力 李剑 康勇 陈坚 (421)

68	潜艇蓄电池密度传感器	房德智 (427)
69	变频调速专用控制集成芯片综述	马伟 候振义 (431)
70	基于 DSP 的电机控制器设计中的几个问题	顾毅康 陈宏 胡育文 (435)
71	交-交变频全数字控制器中的几个专用功能块	杨树春 张松春 伍丰林 马小亮 沈淑敏 (439)

第七部分 工业应用及引进技术的消化吸收

72	昆钢高炉鼓风机 2X3MW 同步机静止变频起动装置	朱春毅 王松 路尚书 黄勇 许海涛 刘连城 陈二华等 (445)
73	变频变压调速系统电动机起动特性的研究	杨喜军 张相军 龚幼民 (451)
74	ABB 高压大功率变频器的最新技术发展	张宗桐 (457)
75	MELVECV—3000 变频调速装置	黄志刚 荣希亢 (464)
76	三电平 PWM 变频调速装置	钟述文 (470)
77	高压变频器及其在大型风机泵调速节能中的应用	刘亮喜 (477)
78	轧机电气主传动各类方案的综合分析	王保罗 (482)
79	疏水泵变频调速水位控制系统	刘星桥 (490)
80	交流电机调速节能的研究	邱佑存 李辉 杨非凡 马葆庆 (496)
81	变频调速技术在连续式轧钢中的应用	周芝峰 李铭 (500)
82	门子 SIMOVERT A 变频调速装置的应用	苏建丰 (506)
83	使用高压变频器应该注意的问题之一	竺伟 (510)
84	使用高压变频器应该注意的问题之二	竺伟 (517)
85	直接转矩控制的原理及其在宝钢高速线材的应用	钟述文 (524)
86	6SE70 系列变频器在连轧线上的应用	邹明冈 (534)
87	关于大功率变频调速节能技术的几点看法	张侃瑜 胡慎敏 (538)

交流传动系统的控制策略

上海大学

陈伯时 谢鸿鸣

摘 要: 本文从控制原理和电机数学模型出发, 结合实用的系统, 论述交流传动系统控制策略的发展, 并展望其前景。

关键词: 交流传动系统 控制策略 转差功率 智能控制

1 前言

随着电力电子技术和数字控制技术的发展, 交流传动取代直流传动已成为不可逆转的趋势, 各种通用的和高性能的交流传动控制系统已在国际上相继诞生, 而且也引入国内。与此同时, 由于交流电机的非线性多变量耦合性质, 研究其控制策略正引起控制理论专家和学人的很大兴趣。理论和实践的结合将推动新的高性能控制系统不断涌现。在我国, 这方面的研究工作并不落后, 只要尽快实现体制改革, 实现产学研密切结合, 由我们首创的交流传动控制系统指日可待, 并有望为振兴中华做出贡献。

2 异步电机交流传动系统的控制策略

异步电动机的调速方法有多种, 理论和实践都表明, 效率最高、性能最好的是笼型转子电机变压变频调速。随着电力电子技术和微电子技术的发展, 通用的变压变频器已经成为非常普及的产品, 变频器—异步电机已经是自动化设备的基本装置。

为了适应生产工艺的进步、自动化的需要和节约能源, 笼型转子异步电机变压变频调速系统的控制策略不断地得到发展, 至今仍为学者瞩目的研究热点, 下面沿着其发展脉络予以论述。

2.1 转速开环恒压频比控制^[1, 2]

这是从变压变频基本控制方式出发的最简单的控制策略, 为普通型通用变频器所采用, 适用于没有高动态性能要求的一般的交流调速场合, 例如风机、水泵等。由于它不含电流控制, 起动时必须具有给定积分环节(算法), 以抑制电流冲击, 积分时间常数可视具体要求来调整。控制软件中还须备有多条电压(转矩)补偿特性, 以供不同负载需要。

2.2 基于稳态模型的转速闭环转差频率控制

从异步电机稳态模型可以证明, 当稳态气隙磁通恒定时, 电磁转矩近似与转差频率 ω_s 成正比, 如果能保持稳态转子全磁链恒定, 则转矩准确地与 ω_s 成正比, 因此, 控制 ω_s 就相当于控制转矩。采用转速闭环的 ω_s 控制, 使定子频率信号 $\omega_1 = \omega_r + \omega_s$, 则 ω_1 随着实际转速 ω_r 增长或降落, 有如水涨而船高, 得到平滑而稳定的调速, 保证了较高的调速范围。然而, 这种方法只是依据稳态模型的, 还得不到很理想的动态控制性能。

2.3 基于动态模型按转子磁链定向的矢量控制

采用由转子磁链 $\bar{\psi}_r$ 决定 d -轴方向的 dq 同步旋转坐标系时, $\psi_{rd} \equiv \psi_r$, $\psi_{rq} \equiv 0$, 定子电流被分解为励磁分量 i_{sd} 和转矩分量 i_{sq} , 得到类似于直流电机的转矩模型

$$T_e = \frac{n_p L_m}{L_r} \psi_r i_{sq} \quad (1)$$

而转子磁链和转差频率分别为

$$\psi_r = \frac{L_m}{T_r s + 1} i_{sd} \quad (2)$$

和

$$\omega_s = \frac{L_m i_{sq}}{T_r \psi_r} \quad (3)$$

式中 $T_r = L_r / R_r$, 为转子励磁时间常数。须注意, 这里只是对定子电流的分解, 从而实现控制磁链和转矩的电流分量之间的解耦, 若要获得电机输出转速和磁链解耦, 尚须采取进一步的措施。

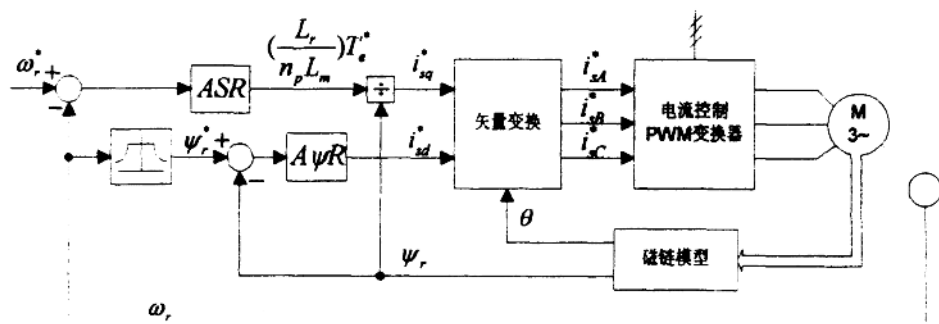


图1 采用电流控制型 PWM 变换器的矢量控制交流调速系统

参照直流电机弱磁控制系统构成采用电流控制型 PWM 变频器的矢量控制交流调速系统, 如图1所示。ASR 和 $A\psi R$ 分别为转速调节器和磁链调节器, 在 ASR 后面引入除法环节用来近似地实现 ω_r 和 ψ_r 的解耦。为了取得转子磁链的幅值和相位信号, 须利用被控电机的转子磁链模型。

从矢量控制算法求得的控制信号是定子电流两个分量的给定值 i_{sd}^* 和 i_{sq}^* , 用来控制电流控制型变换器显然比较方便。但通用变频器是电压控制型的, 由电流控制信号转换成电压控制信号有两种方法: (1) 设置两个电流分量的电流调节器, 以输出电压控制信号 u_{sd}^* 和 u_{sq}^* ; (2) 利用 $i-u$ 模型构成前馈环节。

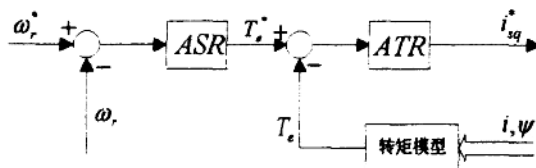


图2 带转矩内环的矢量控制系统（部分控制环节）

调节器和旋转坐标变换, 控制结构大为简化。其缺点是, 输出转矩有脉动, 限制了系统的调速范围。

2.5 非线性控制

上述几种控制策略都已经获得成熟的应用, 然而所有这些控制方法都只是从物理关系上构成转矩与磁链的近似解耦控制, 没有或较少地应用控制理论。从本质上看, 交流电机是一个非线性多变量系统, 应该非线性控制理论的基础上研究其控制策略, 才能真正揭示问题的本质。近年来, 由于电力电子变频器性能的改善, 更由于微处理器能力的增强, 实现较复杂的控制算法已不成问题, 因此交流电机的各种非线性控制策略已成为科研工作者的热门课题。在这方面, 已经取得的成果有: 非线性反馈解耦与精确线性化控制, 基于无源性 (Passivity) 的能量成型 (Energy shaping) 非线性控制, 基于逐步后推 (Backstepping) 设计方法的非线性控制, 等等。虽然在理论上成果累累, 但由于它们的共同基础是已知参数的电机模型, 参数的变化仍不可避免地要影响控制系统的鲁棒性, 因而至今尚未形成能够取代已有控制系统的实用的新型系统。不过, 理论研究还是有助于认清控制系统的本质的, 例如, 通过非线性反馈解耦控制的研究, 有助于理解矢量控制和直接转矩控制的本质, 并澄清其解耦性质。与此同时, 通过深入的研究, 结构更简单的控制系统也有可能诞生。

2.6 自适应控制

既然电机参数变化是影响控制系统鲁棒性的主要因素, 能够克服参数变化影响的各种自适应控制便成为研究工作的重要课题。主要的自适应方法有模型参考自适应控制和参数辨识自校正控制, 以及各种非线性自适应控制。但是, 不论哪一种方法, 辨识和校正本身都要有一个过程。对于因温度变化影响电阻变化这类较慢的参数变化来说, 还能够起校正作用; 对于因集肤效应引起的电阻变化、因饱和和作用产生的电感变化等等, 就不一定来得及产生很好的动态效能了。

2.7 滑模变结构控制

滑模变结构控制也是一种自适应的非线性控制, 其主要特点是, 根据被调量的偏差及其导数, 有目的地使系统沿着设计好的“滑动模态”的轨迹运动, 与被控对象的参数和扰动无关, 因而使系统具有很强的鲁棒性。这种控制策略不需要任何在线辨识, 所以很容易实现。但是它本质上是一种开关控制, 在系统中不可避免地带来“抖动”问题, 只能设法削弱抖动, 却不能消除它, 这就限制了它的实际应用。

2.8 智能控制

在经典的和各种近代的控制理论基础上提出的控制策略都有一个共同的问题, 即控制算法依赖于电机的模型, 当模型受到参数变化和扰动作用的影响时, 如何进行有效的控制, 使系统仍能保持优良的动静态性能, 便是困扰设计者的一大课题。上述的自适应控制和滑模变结构控制曾是人们企图用来解决这个课题的几剂良药, 却又发现它们各有其不足之处。近年来受到控制界十分重视的智能控制, 由于它能摆脱对控制对象模型的依赖, 便自然成为众所瞩目的妙方了。

已经在不同场合获得实际应用的智能控制方法有: 专家系统、模糊控制、神经网络、遗传算法等等。开始研究传动控制系统的智能控制时, 人们往往把已有一定应用经验的方法移植过来, 虽然能够解决一些问题, 却又发现新的矛盾, 或者因算法太复杂而不能实用。

在这里,有一个观点必须予以注意,对于以电机为控制对象的传动控制系统来说,其模型基本上是确定的,只是由于参数变化和扰动作用而受到一些影响,因此没有必要完全甩掉经典控制方法而采用纯粹的智能控制,这样做必然是事倍功半。应该在按模型控制的基础上,增加一定的智能控制手段,以消除参数变化和扰动的影响,这是在传动控制系统中引入智能控制的合理途径。

用于传动控制的比较好的一种智能控制方法是,采用单神经元作为速度调节器的传动系统,如图 5 所示。图中,用转速误差 e 的比例、积分、微分信号作为单神经元的 3 个输入量,3 个权重系数 $W_1 \sim W_3$ 则可依据实际状态(例如,输入量 $X_1 \sim X_3$, 控制信号 u)通过设计好的学习规则来自动调整。 θ 是神经元输出的阈值,无特殊要求时可取 $\theta = 0$, K_u 是比例因子, $f(\cdot)$ 为带有限幅值的非线性函数,一般取式(5)所示的 S 型函数(图 6)。

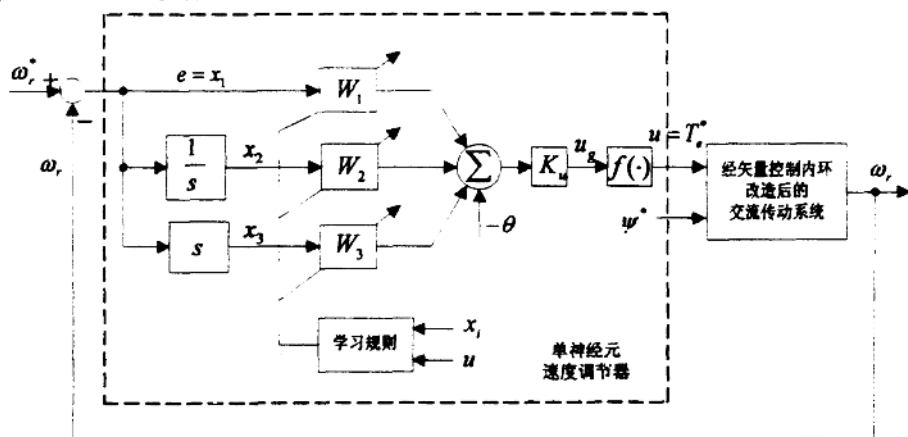


图 5 单神经元自适应 PID 控制的交流传动系统

单神经元的算法如下:

$$U_g(k) = \frac{K_u \left(\sum_{i=1}^3 w_i(k) x_i(k) - \theta \right)}{\|w\|} \quad (4)$$

$$u(k) = U_{\max} \frac{1 - e^{-u_g(k)}}{1 + e^{-u_g(k)}} \quad (5)$$

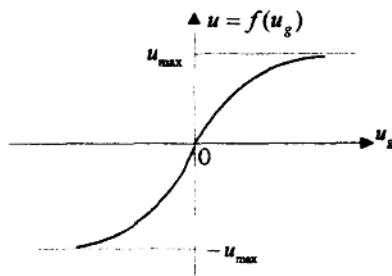


图6. 神经元采用的S型函数

很明显,上述的单神经元速度调节器相当于可变系数的PID调节器,权重系数 W_i 的初值可按传统的PID设计来选择,运行中用学习规则自动调整,使系统的动态性能只依赖于误差信号和控制信号,而不受或少受模型参数的影响。因此,这样的单神经元控制器可视为由神经元实现的自适应的PID控制器。

2.9 无速度传感器的高动态性能控制

综上所述,高动态性能的交流传动系统都需要转速闭环控制,所需要的转速反馈信号来自与电机同轴的速度传感器。为了获得准确而且可靠的转速信号,速度传感器必须经过精确的安装和妥善的维护,在条件不好的工业现场上常常不易做到。此外,在低速时要获得准确无干扰的转速信号也并非易事。因此,取消速度传感器而仍能获得良好的控制性能,便成为众所瞩目的研究与开发课题。目前,已有若干品种的无速度传感器矢量控制通用变频器问世,但研究工作仍在继续。

在无速度传感器控制系统中,可以通过容易测量的定子电压与电流等信号间接求得转速,常用的方法有:(1)利用电机模型推导出转速方程式,从而计算转速;(2)利用电机模型计算转差频率,进行补偿;(3)根据模型参考自适应控制理论,选择合适的参考模型和可调整模型,利用自适应算法辨识转速,或同时辨识 ψ_r 和 ω_r ;(4)利用其它辨识或估计的方法求得转速;(5)利用电机的齿谐波电势计算转速,等等。但是,无论哪一种方法,都难以保证很高的精度和很好的低速性能,要获得很准确的动态转速更加困难。目前实用的无速度传感器通用变频器只能实现一般的动态性能,调速范围不过1:10左右。

3 同步电机交流传动系统的控制策略

同步电机的特点就是转速与电源频率严格同步,也就是说,其转子的转速等于旋转磁场的转速,转差 ω_s 恒等于零,没有转差功率。因此,其调速方法只能属于转差功率不变型,即只能有变压变频调速。其控制策略也就是异步电机控制策略的一种特例。变压变频的原理、方法和装置都和异步电机的基本相同。在一般情况下,同步电机调速系统可用和异步电机调速系统一样的独立的变压变频装置供电,叫做他控式变频调速。但是,正因为同步电机运行时能保持严格的同步转速,可在电机轴上安装一个简单的机构,随时显示转子上磁极的位置,称做转子位置检测器,采用它发出的转子位置信号来控制变频器的换相,是为自控式变频调速。

常用的同步电机传动系统的控制策略有:(1)小容量同步电机群的恒压频比控制;(2)中、小容量的永磁同步电机自控式变频控制;(3)中、大容量的励磁同步电机的自控式变频控制(又称无换向器电机控制)和自然换流逆变器控制;(4)大容量同步电机按磁场定向矢量控制;(5)小容量永磁同步电机无位置传感器自控式变频控制(由电势波形产生控制信号,他控变频起动);(6)开关磁阻电机的控制;等等。应该看到,目前对同步电机控制策略的研究还不如对异步电机控制的研究那样深入和充分。

4 交流传动控制策略的研究展望

从上述分析可以看出,对于交流传动的控制策略,有许多问题尚待研究和开发,现列举如下:

- (1) 算法简单但有较高动态性能的新型控制策略;
- (2) 能抑制参数变化和扰动的新型非线性控制策略;

(3) 具有智能控制方法的新型传动控制策略及其分析与设计理论;

(4) 高动态性能的无速度传感器或位置传感器控制策略:

在控制策略的研究和开发中, 必须注意从实际出发, 在保证一定控制性能的条件下, 控制结构越简单越好, 应能克服参数变化对控制性能的影响, 这样的控制策略才有实用价值。

参 考 文 献

- 1 陈伯时主编. 电力拖动自动控制系统 第2版. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 2 陈伯时, 陈敏逊. 交流调速系统. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 3 Leonhard W. Control of Electrical Drives. 2nd ed. Springer, 1996
- 4 Depenbrock M. Direct Self Control(DSC) of Inverter-fed Induction Machines. IEEE Trans. on PE. 1988(4)
- 5 苏彦民编. 交流传动系统的控制策略. 西安: 西安交通大学, 1996
- 6 Taylor D.G. Nonlinear Control of Electric Machines: An Overview. IEEE Control System. 1994(12)
- 7 陈伯时, 徐荫定. 电流滞环控制PWM逆变器—异步电机的非线性解耦控制系统. 自动化学报. 1994(1)
- 8 陈伯时, 冯晓刚等. 电气传动系统的智能控制. 电气传动. 1997(1)
- 9 Ortega R., Espinosa G. Torque Regulation of Induction Motors. Automatica. 1993(3)
- 10 冯焱生, 曾岳南编著. 无速度传感器矢量控制原理与实践. 北京: 机械工业出版社, 1997