

The Application and Analysis of Fuzzy-PID Control in Power System

Zhang Da-qing, Chen Xin-liang

(Pingdingshan Power supply Company, Pingdingshan Henan Province 467001)

pdszdq@qq.com

Abstract: This paper briefly analyzed the principle of compensation action and control of Var Compensator, and introduced fuzzy control to PID control system. It possesses not only the flexibility of fuzzy control, good adaptability and quickness, but also high accuracy of PID control system. The simulation test verified that the method can significantly speed up the pace of voltage regulation, and speed up the process of voltage stability of the system.

Key words: Var Compensator, fuzzy control, voltage regulator, power system stability

模糊控制在电力系统中的应用分析

张大庆, 陈新亮

(平顶山供电公司,河南平顶山 467001) pdszdq@qq.com

摘要: 简要分析了动态无功补偿器的控制原理,将模糊控制引入到无功补偿 PID 控制系统,该方法既具有模糊控制灵活、适应性强、快速性好的优点,又具有 PID 控制精度高的特点。仿真建模实验表明该方法可以明显加快动态无功补偿设备调节电压的速度,加速系统电压稳定过程。

关键词: 动态无功补偿器; 模糊控制; 电压调节; 电力系统稳定性

1.引言

对于电力系统有效和可靠运行,电压和无功功率控制相当重要。要保证电压在所要求的范围内运行的问题也是很复杂的问题,由于无功功率不能长距离传输,电压只能通过遍布整个系统的具体装置来进行有效控制。补偿装置主要用来提供和吸收无功功率,以此来控制无功功率平衡达到所需的水平。静止无功补偿器(SVC)作为实际电力系统中采用最多的灵活交流输电系统(FACTS)装置之一,因具有良好的动、静态调节特性使其得到了广泛地应用.本文在基于常规 SVC 控制分析的基础上,提出了一种新型 Mamdani 型模糊控制方法,理论分析及仿真实例验证该方法可行。

2.TSC-TCR型SVC基本控制原理

静止无功补偿器(SVC)由电容器和晶闸管等部件组合而成,能够以机械部件提供无功出力。 SVC采用晶闸管来取代有触点开关,从而使无功出 力能平滑、连续、快速地得以调节控制。

TSC-TCR型SVC基本控制原理如下图1所示,总体包括以下三个功能:根据所需要的补偿无功电流值决定需要投入的TSC或TCR支路的数目,同时计算出抵消过补偿的感性电流值;控制投入的TSC暂态过渡过程最小;通过触发延迟角控制TCR输出电流^{[3]-[5]}。

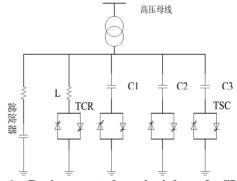


Figure 1 Basic control principle of SVC in TSC-TCR Mode

图 1 TSC—TCR 型 SVC 的基本控制原理



3 模糊控制

在自动控制原理中,控制器的分析与综合依赖于精确的数学模型。由于被控对象过程的非线性、参数间的强烈耦合、较大的随机干扰、过程机理错综复杂以及现场测量仪表条件的不足,或者测试仪表无法进入被测区,以致不可能建立起被控对象的数学模型,对于那些不能直接获得数学模型描述的系统,传统的控制方法难以取得令人满意的控制效果,然而这类被控对象在手工控制下却能够正常运行,达到一定的预期效果[6]。

在手工控制中,操作人员在长期观察、实践中积累许多经验,这些经验常用定性的、不精确的语言规则等形式加以描述,系统在运行过程中,人们将观察到的过程输出与设定值比较,得到过程输出偏离设定值程度的模糊语言描述或过程输出偏离设定值变化快慢的模糊语义描述,经逻辑推理得出控制量的模糊量,再经反模糊化且转化为一精确的控制量,实现整个控制过程。

4 SVC的模糊PID控制

SVC的控制系统引入PID调节简单、有效,而 且一般都能够得到比较满意的控制效果。但针对某

些复杂情况, 尤其是非线性负载, 如果使用常规的

PID控制,由于其不具有在线调整参数的功能,致使其不能满足偏差e及偏差变化△e对PID参数的自整定要求,从而不能满足要求的性能指标或影响了其控制效果的进一步提高。模糊控制器的优点是不需要知道被控对象的数学模型而能够利用已有的知识和经验。当系统为非线性系统时,模糊控制器还可以产生非线性控制作用。因此,将其与传统的PID控制方式相结合,运用到SVC控制单元,正好解决了复杂情况下SVC难以建立精确数学模型、非线性、大滞后和时变的等复杂问题[7]-[9]。利用模糊控制规则在线对PID参数进行修改,构成模糊PID控制器,通过应用模糊规则实现对三个增益参数的调整,将模糊控制和PID控制两者结合起来,既具有模糊控制灵活、适应性强、快速性好的优点,又具有PID控制精度高的特点。

5 实验仿真分析

以[E]和[EC]作为输入语言变量, E为误差e的模糊语言变量,EC为误差变化率de/dt的模糊语言变量。以 K_P 、 K_I 、 K_D 作为输出语言变量的两输入三输出的模糊控制器,控制规则是对参数 K_P 、 K_I 、 K_D 的调节规则 $[^{10]-[11]}$ 。 先把误差和误差变化模糊化,通过量化把实际的物理量转化到E和EC输入论域上,然后查询控制规则表,将得到的输出论域上的点反模糊化得到实际物理量。

[1] $E \times EC$ 和 $K_P \times K_I \times K_D$ 的隶属函数图形分别由图 2、图 3 所示。模糊控制规则如表 1 所示。

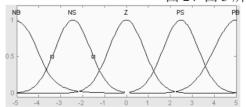


Figure 2 The fuzzy membership functions of E and EC 图 2 E与EC的隶属度函数

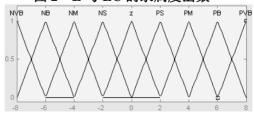


Figure 3 The fuzzy membership functions of K_P 、 K_I and K_D 图 3 K_P 、 K_I 、 K_D 的隶属度函数

E和EC的模糊集为{NM,NS,Z,PS,PM} K_P、K_I、K_D的模糊集为 {NVB,NB,NM,NS,Z,PS,PM,PB,PVB} E和EC的论域为{-5,5}



K_P、K_I、K_D的论域为{-8,8}

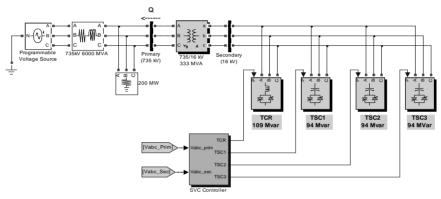
Table 1 Fuzzy inference rules 表 1 模糊控制规则

EC E	NM	NS	Z	PS	PM
NM	PVB	PB	PM	PS	Z
NS	PB	PM	PS	Z	NS
Z	PM	PS	Z	NS	NM
PS	PS	Z	NS	NM	NB

PM	Z	NS	NM	NB	NVB

对控制量变化选取的原则是:调节 K_P 加快系统响应速度,提高系统的调节精度的同时要防止产生超调导致系统不稳定;调节 K_I 加快消除系统的静态误差的同时要防止 K_I 过大引起的响应过程初期产生积分饱和现象而引起的响应过程较大超调;调节 K_D 改善系统动态特性的同时防止 K_D 过大导致延长调节时间,降低系统的抗干扰能力。因此,模糊控制关键是建立合适的模糊规则对参数 K_P 、 K_I 、 K_D 进行调整。

MATLAB7.0 提供的 SVC 详细模型 power_svc_1tcr3tsc 如图 4 所示。



+300 Mvar/-100 Mvar Static Var Compensator (SVC) ; 1 TCR - 3 TSCs

Figure 4 Detailed model of SVC 图 4 SVC 详细模型

图 4 中由三相可编程电压源接三相输电线路, 经变压器将735KV三相电压降压转换为16KV相电 压。在 16KV 交流母线上接入 TSC—TCR 型 SVC, 由 SVC 控制器对其实施控制。其中三相可编程电 压源电压幅值、相位、频率为[1.004*735e3 0 60], 在时间[0 0.1 0.4 0.7]时刻分别输出电压幅值为[1.0 1.025 0.93 1]。三相输电线路的电阻参数为 [735e3^2/6000e6/10] , 电 感 参 数 [735e3^2/6000e6/(2*pi*60)]。变压器额定功率及频 率 为 [333e6,60] , 绕组参数分别为 [735e3,0.15/30/2,0.15*0.7] 和 [16e3 , 0.15/30/2, 0.15*0.3]。TCR 电感为[18.7e-3],品质因素为 50, 电阻及电容为[500 250e-9]。TSC 电感为[308.4e-6], 电阻及电容为[500 250e-9]。SVC 控制器的参考电压 为 1.0, K_P、K_I调节增益为[0 800]。

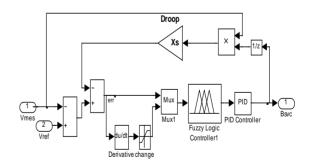


Figure 6 Voltage adjust unit of fuzzy PID control of SVC

图 6 SVC 模糊 PID 控制电压调节单元

利用 matlab fuzzy logical toolbox 按表 1 建立模糊 PID 控制器运用到 svc 电压调节单元如图 6, 仿真分析结果如图 7 所示。



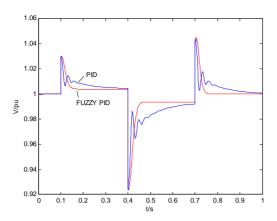


Figure 7 Voltage adjustment comparison between fuzzy PID and PID control

图 7 模糊 PID 与 PID 控制电压调节对比

power_svc_1tcr3tsc 系统在时间[0 0.1 0.4 0.7]时刻分别输出电压幅值为[1.0 1.025 0.93 1](标幺值),以向系统提供一个随时间波动的电压。运行仿真,对比仿真结果可见引入传统 PID 控制的 SVC 虽然在产生振荡的一瞬间电压恢复的速度较快,但最终回到稳定值的时间较长,并且振荡会导致系统的不稳定。而引入模糊 PID 控制的 SVC,后者明显比前者更加快速的调节电压,达到维持系统电压稳定的目的。

6 结论

本文提出了用于 SVC 的模糊 PID 控制方法,通过对 SVC 和模糊控制原理及 MATLAB 模型的介绍,并对仿真结果进行分析,模糊 PID 控制方法比

常规 PID 控制的 SVC 更为合理及迅速的投切无功容量,即向系统吸收和注入无功,从而灵活快速的调节电压,维持系统电压稳定。

References (参考文献)

- RABHA KUNDUR. Power System Stability and Contor [M]. China Electric Power Press. 2001. p635-660
- [2] ZENG Guang, KE Minqing. Research on Fuzzy-PID Controlling Method Used In Static Var Compensator, Power Electronics, pp.112~114. October 2005. 曾光 柯敏倩等 用于静止无功补偿器的模糊 PID 控制方法研究[J].电力电子技术,2005,10:112-114
- [3] Wang Zhao an, Yang jun, Liu jinjun. Harmonic Elimination and Reactive Compensation[M].Beijing: Machinery Industry Press,1998.

 王兆安,杨君,刘进军.谐波抑制和无功补偿[M].北京:机械工业出版社,1998
- [4] The MathWorks, Inc. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide..http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/fuzzy/fuzzy.pdf.March 2007.
- [5] Goodw in G C,Evans R J. Design of Nonlinear PID Controllers for Nonlinear Plants. The 12th Conference of the International Federation of Automatic Control. Triennial(UK).1994.p125~138.
- [6] Xie Xiaorong, Jiang Qirong. Flexible AC Transmission System Theory and Application[M]. Beijing: Tsinghua Press,2006,9:177-178 谢小荣,姜齐荣 柔性交流输电系统的原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2006,9:177-178
- [7] Liu jinkun, MATLAB simulation of advanced PID control [M], Beijing: Electronic Industry Press, 2004,9:104-105

刘金琨 先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M].北京:电子工业出版社,2004,9:104-105