

文章编号: 1005-0523(2004)01-0081-03

带直流电机负载的变换器混沌现象研究

齐 群¹, 张 波²

(1. 广东交通职业技术学院 电子信息系, 广东 广州 510800; 2. 华南理工大学, 广东 广州 510800)

摘要:建立了带直流电动机负载的 PWM Buck 变换器系统连续模式下的状态方程;应用计算机仿真证实了该系统中混沌行为的存在.

关键词:混沌;直流电动机;PWM Buck 变换器

中图分类号:TU991.35

文献标识码:A

1 引言

DC-DC 变换器实际运行中奇异或不规则现象由来已久,它们表现为运行状态的突然崩溃、不明的电磁噪声、控制系统的不稳定、系统无法按设计要求运行等等.20 世纪 90 年代以来,DC-DC 功率变换器混沌现象的研究逐渐成为国际上电力电子技术研究的前沿课题[1-3].

Buck 变换器是 DC-DC 变换器的一种基本形式,而直流电动机可以被认为是一种最复杂的直流负载,因此 Buck 变换器带直流电动机负载时会出现非常丰富的非线性现象,甚至出现混沌现象.目前国际上对电机传动系统混沌现象的研究尚处于现象探讨的起步阶段,本文对带直流电动机负载的 PWM Buck 变换器系统进行了仿真研究,以期证实系统中混沌现象的存在.

2 系统工作原理

设 Buck 变换器处于连续工作模式,带直流电动机负载的 PWM Buck 变换器系统电路如图 1(a)所示,图 1(b)是图 1(a)所示系统的等效电路.

转速 ω 的采样值与基准转速 ω_{ref} 输入反馈系数为 A 的比较放大器,输出误差信号为 $V_c = A(\omega_{ref} - \omega_L)$,将 v_c 与锯齿波信号 v_r 输入比较器 A 进行比较,输出信号调整占空比 D 的大小,即调整开关的通断时间,进而稳定电机转速 ω .为分析方便,功率开关管等效为开关 S .

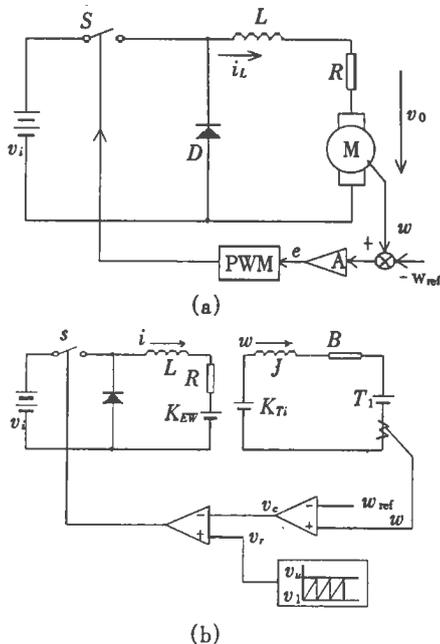


图 1 Buck 直流驱动系统电路图

收稿日期: 2003-10-12

作者简介: 齐 群(1972-),男,讲师,主要研究方向:电力电子技术及电气传动.

3 系统离散数学模型

系统的等效电路如图 1(b)所示, 跟据此等效电路, 利用 KVL 定律可以很方便的得到系统在开关断开和闭合时的状态方程. 设 buck 变换器工作于连续模态.

$v_c \geq v_r$ 时, 开关 S 断开, 二极管 VD 导通续流, 采用回路法可以得到系统的方程为

$$\begin{cases} J \frac{d\omega}{dt} = -B\omega + K_T i - T_1 \\ L \frac{di}{dt} = -K_E \omega + R i \end{cases} \quad (1)$$

$v_c < v_r$ 时, 开关 S 闭合, 二极管 VD 截止, 同理可得系统的微分方程为

$$\begin{cases} J \frac{d\omega}{dt} = -B\omega + K_T i - T_1 \\ L \frac{di}{dt} = -K_E \omega - R i + V_i \end{cases} \quad (2)$$

对上两式进行整理可得系统状态方程如下

当时 $v_c \geq v_r$ 时

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{dt} = -\frac{B}{J}\omega(t) + \frac{K_T}{J}i(t) - \frac{T_1}{J} \\ \frac{di}{dt} = -\frac{K_E}{L}\omega(t) - \frac{R}{L}i(t) \end{cases} \quad (3)$$

当 $v_c < v_r$ 时

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{dt} = -\frac{B}{J}\omega(t) + \frac{K_T}{J}i(t) - \frac{T_1}{J} \\ \frac{di}{dt} = -\frac{K_E}{L}\omega(t) - \frac{R}{L}i(t) + \frac{V_i}{L} \end{cases} \quad (4)$$

其中 J 为转动惯量, T_1 是负载转矩, K_T 为转矩常数, B 为滑动摩擦系数, ω 为直流电机角速度.

比较放大器输出的误差信号用 v_c 表示:

$$v_c = A(\omega(t) - \omega_{ref}) \quad (5)$$

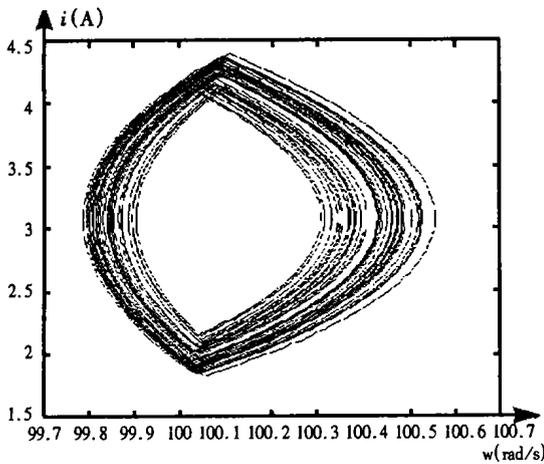
锯齿波信号用 v_r 表示:

$$v_r = v_1 + \frac{(v_u - v_1)t}{T} \quad (6)$$

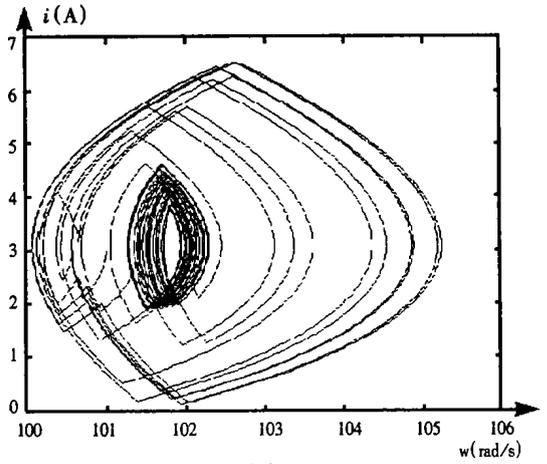
其中 v_u 和 v_1 分别表示锯齿波信号的最大值和最小值.

4 系统中的混沌现象

取电机参数为: $K_T = 0.1324 \text{ NmA}^{-1}$, $B = 0.000275 \text{ Nm (rads}^{-1})^{-1}$, $T_1 = 0.38 \text{ Nm}$, $J = 0.000557 \text{ Nm (rads}^{-2})^{-1}$, $v_u = 2.2 \text{ V}$, $v_1 = 0$, buck 变换器的参数选取与第三章相同.



(a)



(b)

图 2 Buck 变换器直流驱动系统相图

当反馈系数 $A = 0.25$ 时, 利用龙格库塔法对系统数学模型进行数值计算, 得到如图 2(a) 所示相图, 其中横坐标是直流电动机的转速 ω , 纵坐标是电流 i . 图中显示此时系统的电流在 1.8 A 到 4.5 A 之间, 转速在 99.75 rad/s 到 100.7 rad/s 之间振荡, 系统具有无穷多个周期, 因此可以认为此时系统出

现了混沌. 由于混沌现象的存在, 使电机转速始终在振荡, 无法实现转速的平稳. 电流的振荡则会产生电磁干扰和电磁噪声.

当 $A = 0.008$ 时, 利用龙格库塔法对系统数学模型进行数值计算, 得到的相图如图 2(b) 所示. 相图反映系统起初是不稳定的, 随着时间的增加, 系统

逐渐趋于一个范围内;电流在 1.8A 至 4.5A,转速在 101.3 rad/s 至 102.3 rad/s 之间振荡,系统有无穷多个周期,因此系统也处于混沌状态.混沌是系统固有的,改变 A 的大小不能使系统脱离混沌状态,必须改变其它参数消除有害混沌.

5 结论

通过计算机仿真绘出了带直流电动机负载的 PWM Buck 变换器系统连续模态下的关系图,证实给定参数条件下,系统存在混沌现象.混沌现象的存在将使系统出现转矩和转速的间歇振荡,控制性能不稳定和系统不规则噪声等不规则运动,影响系统的运行质量和可靠性.

由于电机传动系统是非常复杂的系统,对它的研究非常困难,但相信随着混沌理论的发展和实验手段的进步,电机传动系统的混沌运动和控制在研究将不断深入.

参考文献:

- [1] Nagy I. Improved current controller for PWM inverter drives with the background of chaotic dynamics [C]. IEEE IECON '94, 1994;561—566.
- [2] Hemail N. Strange attractors in brushless DC motor [J]. IEEE Trans Circuit and system—1: fundamental Theory and Application, 1994, 41(1);40—45.
- [3] Chau. K. T., Chen. J. H., Chan. C. C., et al. Model of subharmonics and chaos in DC motor drives [C]. IECON '1997;523—528.

Study on Chaos Phenomena of the System of PWM Buck Converter with DC Motor Load

QI Qun¹, ZHANG Bo²

(1. Guangdong Community Polytechnic, Guangzhou, 510800; 2. South China University of Technology, Guangzhou, 510800, China)

Abstract: The paper establishes state equations of CCM of PWM Buck converter with DC motor load system. The chaos phenomena of the system are analyzed by computer simulation.

Key words: PWM Buck converter; DC motor; chaos

(上接第 70 页)

应对媒体素材的使用,演示平台的开发、CAI 开发原则给予充分考虑.

参考文献:

- [1] 张邦明,熊李艳,周美玲. Visual Basic 程序设计多媒体课

件的研制[J]. 华东交通大学学报, 20(4);53~55.

- [2] 王忠,迟忠先. Delphi5 开发指南[M]. 北京:电子工业出版社,2000.

- [3] 林苇茗,任雨生,王登. Delphi5 实战与精通(精通篇)[M]. 北京:清华大学出版社,2000.

- [4] 刘啸,汪启伟,茹黎涛,等. Delphi 高级编程. 北京:人民邮电出版社,2002.

Methods and Skills on Design of CAI Courseware

YANG Chao, FAN Shi-juan

(School of Mechanical & Electronical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Usage of medium materials, selection of development tools and development of playing platform, and design principles in the course of design of CAI courseware are discussed in allusion to problems existed in development and application of current CAI courseware.

Key words: CAI; courseware; multimedia