

模糊控制在无人电动车能量管理中的研究

张 杰, 谭宝成

(西安工业大学 电子信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 纯电池的无人电动车在行驶距离短的问题上是一直没有被解决的。为了合理运用车载能量, 必须对车载电池做合理的优化, 增加电池的使用寿命, 使电池的利用率达到最大。由于电池在大电流充放电的时候容易损害, 所以在蓄电池的两端并联上超级电容, 在电动车加速和启动的瞬间提供峰值电流和峰值功率, 并在制动时回收能量。根据不同的环境, 应用模糊控制合理地分配蓄电池-超级电容的输出功率, 从而延长蓄电池寿命和电动车的续程。通过模糊控制策略很好地解决了蓄电池大电流充放电的情况, 延长了蓄电池的使用寿命, 优化了车载能量, 使无人电动车的续程也得到了增加。

关键词: 无人电动车; 能量; 模糊控制; 超级电容

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)05-0206-03

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.053

Research on Fuzzy Control in Pure Electric Vehicle Energy Management

ZHANG Jie, TAN Bao-cheng

(College of Electronic and Information Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: The problem of driving distance is always not be solved in PEV. In order to use the energy in PEV reasonably, the battery must do reasonable optimization to make the battery of maximum efficiency. It is damage to the battery in large current charging and discharging, so parallel the super capacitor in the battery ends, when PEV accelerated and started it will provide peak current and peak power, and can recovery energy in the braking. According to different environment, apply fuzzy control to solve reasonably the situation of battery charging and discharging in big current, extending the battery life, optimizing the energy, and the driving distance of PEV has also been increased.

Key words: pure electric vehicle; energy; fuzzy control; super capacitor

0 引言

纯电动车使用电动机作为动力, 用蓄电池作为能量存储单元, 用其电力做能源。其特点是无污染, 无排放, 不需要汽油, 但是蓄电池与汽油相比能量密度和功率密度都低很多, 因此电动车的续程距离很短, 为了提高车辆能量利用率来延长续程, 迫切需要优化管理整车的有限能量。为了延长铅酸电池的使用寿命, 尽量要求电池工作在稳定的低电流下进行充放电。在城市工况中, 启动和刹车过于频繁, 这大大加深了电池的损耗和伤害。对于这个问题, 使用了超级电容^[1]与蓄电池并联使用的方案。超级电容具有高比功率、循环寿命长、充放电迅速、充放电效率高、环保无污染等突出

特点, 在电动车加速度和启动的瞬间提供峰值电流和峰值功率, 在制动时还能回收能量。因此超级电容可以克服蓄电池不能够大电流充电和放电的缺点, 并且弥补电池低比功率的不足。所以在吸收目前比较成熟的混合动力电动车的管理策略研究经验上, 研究蓄电池-超级电容双能量源存储系统是必不可少的。

1 双能量源纯电动车的工作方式

由蓄电池、超级电容、DC/DC 变换器、逆变器、电动机和变速器组成。结构如图 1 所示。

其中蓄电池和超级电容并联作为纯电动车的储能单元给电动车提供能量。DC/DC 变换器用来调节直流环节的电压, 逆变器用来将直流电机的直流电压转换成交流电压驱动电机, 变速器用来改变传动比。蓄电池和超级电容既能输出功率给驱动系统也能在能量回收时从驱动系统上吸收能量。

蓄电池—超级电容能量储存系统^[2]工作如下: 当

收稿日期: 2012-08-20; 修回日期: 2012-11-24

基金项目: 陕西省科技计划项目 (zxsm01-100120898)

作者简介: 张 杰 (1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为控制理论和控制工程; 谭宝成, 教授, 研究方向为计算机控制系统。

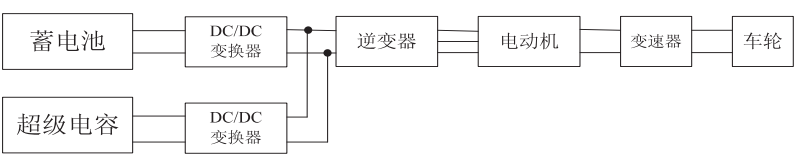


图1 双能量源纯电动车的驱动结构图

电动车启动时,超级电容优先大电流放电。当电动车以正常行驶速度行驶时,蓄电池优先放电。当电动车需要急启动时蓄电池和超级电容一起放电给电机提供高功率,同时控制器合理地分配蓄电池和超级电容的功率输出比例,如果此时的蓄电池的SOC 低于某个门限值则以超级电容输出功率为主,当超级电容的SOC^[3] 值低于某个门限值则以蓄电池输出功率为主,限制蓄电池大电流的输出和输入来增强电池的寿命。当电动车制动减速时,回收的能量根据控制策略^[4] 优先给超级电容充电,将剩余的部分给蓄电池充电。这样可以将工作模式分为以下4种:

- 1)当电动车在急加速和启动的时候需要很大的功率时,由于超级电容放出大电流的时间短并且与蓄电池相比效果更好,车辆的功率主要由超级电容工作而蓄电池不工作。若超级电容的SOC 值很低时,则由蓄电池放电。
- 2)当电动车以平稳的行驶速度行驶时功率需求不是很大,这种情况下蓄电池提供主要的功率,超级电容不工作。在需求功率较小的加速时也可以采取此模式。
- 3)当电动车在加速或爬坡的时候需求的功率比较高时,这时就需要超级电容和蓄电池一起工作。蓄电池以较小的电流放电,超级电容提供峰值功率。有时超级电容的SOC 值会下降到下限仍不能满足需求功率的要求,由蓄电池提供所需功率。
- 4)当电动车处于下坡、滑行和制动时,电动机处于发电状态,则优先给超级电容充电,若超级电容SOC 比较大时,则根据蓄电池和超级电容各自的SOC 值分配充电。

2 模糊控制结构与仿真

常见的蓄电池-超级电容能量存储系统的控制策略有逻辑门限控制策略和模糊逻辑控制策略。逻辑门限控制策略主要根据蓄电池和超级电容的SOC 值划分成许多区域,在不同的区域选择不同的控制策略。而模糊逻辑控制策略和逻辑门限策略的区别在于模糊逻辑控制将门限模糊化了,由于各个控制阶段存在过

渡区,门限值的模糊化能够很好地体现这一点。模糊控制策略^[5] 就是将电机的需求功率、蓄电池和超级电容的状态模糊化,然后经过模糊系统将

电机需求功率分配给蓄电池^[6] 和超级电容。

模糊控制器^[7] 采用的是三输入单输出的结构,输入为电机需求功率 P_{re} 、蓄电池 SOC_{bat}、超级电容 SOC_e,输出是蓄电池功率分配因子 K_{bat} ,如图2所示。

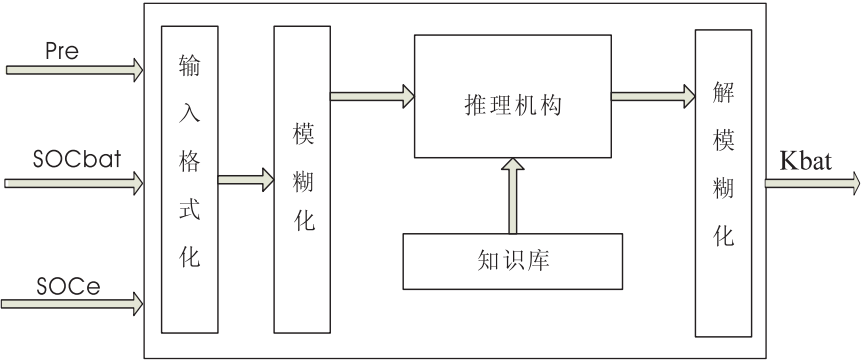


图2 能量管理模糊控制器结构图

根据双能量源纯电动车的4种工作方式,可以得到以下优化控制思路^[8]:

- 1)当蓄电池-超级电容处于放电状态,即输出功率时,如果超级电容的SOC 值较大且需求功率比较大时, K_{bat} 较小,而 K_e 比较大;如果超级电容的SOC 值比较小时,则 K_e 较小, K_{bat} 比较大。
- 2)当蓄电池-超级电容处于充电状态,即处于再生制动吸收能量时,如果该功率较小优先给超级电容充电,因为驱动过程中超级电容的SOC 下降较快,则 K_{bat} 较小, K_e 较大;如果功率很大,因为超级电容储存能量较小,则 K_{bat} 较大, K_e 较小。

控制器^[9] 各输入、输出的模糊子集和隶属度函数:输入量的论域分别为 $[-3,3]$ 、 $[1,3]$ 和 $[1,3]$,输出变量的论域为 $[1,5]$ 。对于 P_{re} , ‘-3’代表反馈的功率最大值, ‘3’代表输出功率最大值。蓄电池的SOC 的论域与蓄电池允许的最大最小值相对应,这里 ‘1’代表SOC 的最小值0.3, ‘3’代表SOC 的最大值0.9。超级电容SOC 的论域与超级电容允许的最大最小值对应, ‘1’代表SOC 的最小值0.3, ‘3’代表SOC 的最大值0.9。这里蓄电池和超级电容SOC 的最大最小允许值 ‘0.3’和 ‘0.9’ 是因为当它们的SOC 值低于0.3时处于过度放电状态,这对蓄电池和超级电容的损害很大,当SOC 值大于0.9时,如果对蓄电池和超级电容继续充电则使它们处于过度充电状态。对于 K_{bat} , ‘1’代表蓄电池功率分配比例的最小值0, ‘5’代表电池功率分配比例的最大值1。

输入变量和输出变量模糊子集分别定义如下:

$P_{re} : \{ NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB \} ;$
 $SOC_{bat} : \{ LE, ME, GE \} ;$
 $SOC_c : \{ LE, ME, GE \} ;$
 $K_{bat} : \{ LE, ML, ME, MB, GE \}$

其中 NB-负大, NM-负中, NS 负小, ZE-零, PS-正小, PM-正中, PB-正大, LE-较小, ML-中小, ME-中, MB-中大, GE-较大。

模糊控制策略^[10]的 IF-THEN 规则^[11]采用如下形式,建立了 63 条规则,如表 1 所示。

表 1 能量管理模糊规则表

SOC _c = LE				
K _{bat}		SOC _{bat}		
		LE	ME	GE
Pre	NB	ME	ML	LE
	NM	ME	ML	LE
	NS	ML	LE	LE
	ZE	LE	LE	LE
	PS	MB	GE	GE
	PM	MB	GE	GE
	PB	MB	GE	GE
SOC _c = ME				
K _{bat}		SOC _{bat}		
		LE	ME	GE
Pre	NB	ME	ML	LE
	NM	MB	ML	LE
	NS	MB	LE	LE
	ZE	LE	LE	LE
	PS	ML	ME	MB
	PM	LE	ME	GE
	PB	ML	MB	GE
SOC _c = GE				
K _{bat}		SOC _{bat}		
		LE	ME	GE
Pre	NB	GE	MB	ME
	NM	GE	ML	LE
	NS	GE	LE	LE
	ZE	LE	LE	LE
	PS	LE	LE	LE
	PM	LE	ML	ME
	PB	LE	ME	MB

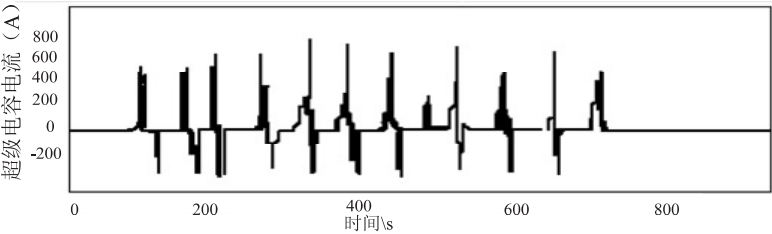


图 4 超级电容放电流

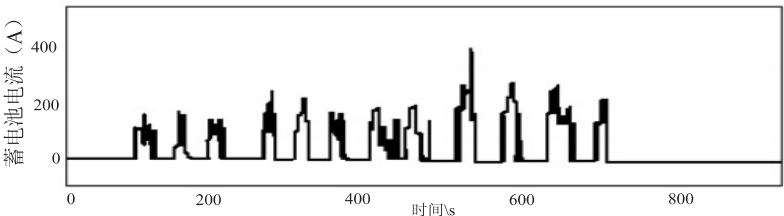


图 5 蓄电池放电电流

图 3 为输入与输出之间的曲面关系图。

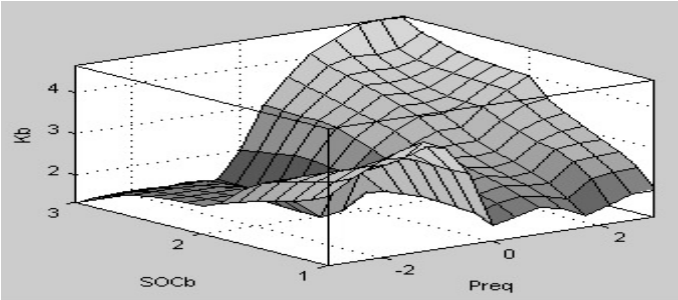


图 3 输入与输出曲面图

3 模糊控制在双能量源存储系统中的仿真

ADVISOR^[12]是由美国国家再生能源实验室开发的一款最具代表性的电动汽车仿真软件,根据纯电动车双能量源存储系统的模型,利用模糊控制仿真出无人电动车在不同工况下超级电容和蓄电池的放电电流,图 4 和图 5 是在 CYC_BUSRTE 工况中超级电容和蓄电池放电电流的变换。

可见,采用模糊控制策略在双能量源系统中能够减少蓄电池大电流放电的情况,使蓄电池的输出功率保持恒定和平滑,提高了蓄电池的使用寿命。

4 结束语

通过模糊控制策略很好地解决了蓄电池大电流充电的情况,超级电容也能够提供峰值电流和峰值功率,延长了蓄电池的使用寿命。模糊控制策略合理地运用了车载能量,优化了车载能量,使无人电动车的续航里程也得到了增加。

参考文献:

[1] 浦金欢. 混合动力车汽车能量优化管理与控制策略的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2004.

[2] Ferrerira A A, Pomilio J A, Spiazzi G, et al. Energy manngement fuzzy logic supervisory for electric vehicle power supplies system [J]. IEEE Trans. on Power Electron, 2008, 23(1): 156-168.

[3] 刘 剑. 电动汽车蓄电池剩余电量的辨识研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2003.

[4] 林 旸, 蒋 珉, 柴 干. 基于模糊控制的微观车辆换道模型的研究及仿真[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(11): 250-254.

[5] 夏 阳, 王耀南. 基于模糊控制的并联混合动力车的能量管理策略[J]. 交通与计算机, 2004(6): 100-106.

[6] 周佳娜. 铅酸电池充放电原理及其现场

的固定步长相当,而稳态失调比步长为 0.25 还小。相比于 VSS 算法,文中提出的算法无论在收敛速度还是稳态失调上都有改善。实验验证了算法的理论可行性。

第二组实验采用语音库中一段采样频率为 16k,约 12000 个点的真实语音信号做输入,对助听器声反馈消除系统进行仿真。仿真实验中响度补偿 G 采用固定增益 10,延时 D 取 16 个采样点,也就是 1ms 延时。图 4 中给出了步长为 1 的 NLMS 算法和 IPNLMS 算法,以及文中提出的变步长 IPNLMS 算法。

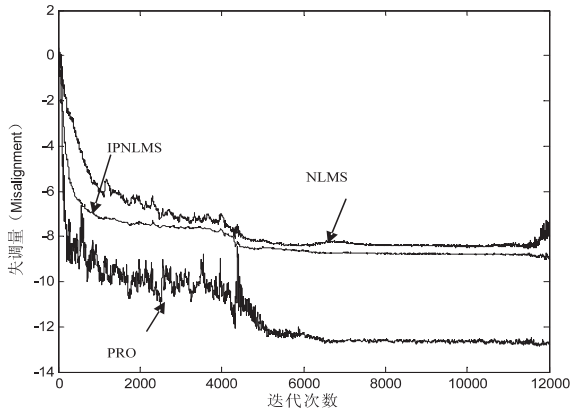


图 4 相关算法应用于声反馈消除时的性能比较

可以看出,相同步长的 IPNLMS 算法收敛速度虽然与传统的 NLMS 算法稳态失调相当,但是初始收敛速度明显提高。而文中提出的变步长算法不仅比 IPNLMS 算法的初始收敛速度有所提高,稳态失调量改善约 5dB,与文献[6]性能相当,但是计算量更小。因此,文中算法在实际输入语音时,性能也相对更好。

4 结束语

鉴于数字助听器声反馈脉冲响应的稀疏性,文中提出用 IPNLMS 算法来获得比 NLMS 算法更快的收敛速度。为了解决收敛速度和稳态失调的矛盾关系,文中根据滤波器系数梯度来实现变步长。仿真表明新的变步长算法具有较快的收敛速度与跟踪速度,同时稳态失调小。以实际语音作为输入的数字助听器声反馈消除系统中,本算法不仅比传统 NLMS 算法有更加优异的性能,而且比固定步长 IPNLMS 算法性能提高较

多,相比 VSS,本算法依据滤波器系数梯度调节步长,不易受到干扰噪声影响而使步长变化太大,收敛过程更加稳定,算法鲁棒性较好,适用于数字助听器声反馈消除。

参考文献:

- [1] Bustamante D K, Worrall T L. Measurement and adaptive suppression of acoustic feedback in hearing aids[C]//ICASSP-89. [s. l.]:[s. n.],1989:2017-2020.
- [2] 李 贤,蒋一宁.用于助听器声反馈抑制的 LMS 自适应滤波技术[J]. 听力学及言语疾病杂志,2007,15(2):151-154.
- [3] 王振力,张雄伟.基于去相关 NLMS 算法的自适应回波抵消[J]. 应用科学学报,2006,24(1):21-24.
- [4] 吴兆胜,黑 勇.应用于助听器的带限 NLMS 反馈抑制算法及硬件实现[J]. 微电子学与计算机,2011,28(3):157-160.
- [5] Spriet A, Proudler I, Moonen M. Adaptive feedback cancellation in hearing aids with linear prediction of the desired signal[J]. IEEE Trans. on Signal Process., 2005, 53(10):3749-3763.
- [6] 王青云,赵 力,乔 杰,等.基于加权次梯度投影算法的数字助听器自适应声反馈抑制[J]. 信号处理,2009,25(4):519-525.
- [7] Siqueira M G, Alwan A. Steady-state analysis of continuous adaptation in acoustic feedback reduction systems for hearing-aids[J]. IEEE Trans. on Speech Audio Process., 2000, 8(4):443-453.
- [8] Benesty J, Gay S L. An improved PNLMS algorithm[C]//Proc. of IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing. Orlando, USA:[s. n.], 2002:1881-1884.
- [9] Duttweiler D L. Proportionate normalized least mean-squared adaptation in echo cancelers[J]. IEEE Trans on Speech Audio Processing, 2000, 8(5):508-518.
- [10] Kwong R H, Johnston E W. A variable step size LMS algorithm[J]. IEEE Trans on Signal Proc., 1992, 40(7):1633-1642.
- [11] 高 鹰,谢胜利.一种变步长 LMS 自适应滤波算法及分析[J]. 电子学报,2001,29(8):1094-1097.
- [12] 谷源涛,唐 昆.新的变步长归一化最小均方算法[J]. 清华大学学报(自然科学版),2002,42(1):15-18.

(上接第 208 页)

- 运用[J]. 电力建设,2003(4):55-59.
- [7] 刘清虎.纯电动汽车整车能量建模与仿真分析[D].长沙:湖南大学,2003.
- [8] 王 婷.混合动力电动汽车控制策略的优化研究[D].北京:北京交通大学,2009.
- [9] Le C C. Fuzzy logic in control systems[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1990, 20(2):68-75.

- [10] 邹积勇.电动汽车控制策略研究[D].天津:天津大学,2007.
- [11] Lee Hyeoun-Dong. Fuzzy-logic-based Torque Control Strategy for Parallel-type Hybrid Electric Vehicle[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1998, 45(4):98-105.
- [12] 张 翔,赵 韩,钱立军,等.电动汽车仿真软件 ADVISOR[J]. 汽车研究与开发,2003(4):14-16.

模糊控制在无人电动车能量管理中的研究

作者: [张杰, 谭宝成](#)
作者单位: [西安工业大学 电子信息工程学院, 陕西 西安710021](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201305055.aspx