

基于模糊算法的风光互补蓄电池充电控制研究

希望·阿不都瓦依提, 曾祥军, 艾山江·阿吉阿洪, 阿加尔古丽, 王 维

(新疆大学 电气工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830047)

摘要: 依据蓄电池充电过程的非线性、时变特性, 提出了与蓄电池充电特性匹配的, 结合 Cuk 变换电路、模糊算法的模糊控制充电方法。实践证明: Cuk 变换电路可以有效地减小输入和输出端电流的脉动, 模糊控制使充电时间由 17 小时缩短到 15.5 小时, 并且能够自动工作在最大充电电流状态, 提高了充电效率; 系统工作稳定性好, 充电效果较三段式充电得到改进; 可以延长蓄电池的使用寿命, 实用性强, 适于推广使用。

关键词: 模糊控制, 充电控制器, 蓄电池, Cuk 变换器

Study of Battery Charging Controller of Complementary Wind and Photovoltaic Based on Fuzzy Algorithm

Xiwang · Abuduwayiti, Zeng Xiangjun, Aishanjiang · Ajiahong, Ajiaerguli, Wang Wei

(College of Electrical Engineering, Xinjiang University, Wulumuqi 830047, China)

Abstract: According to the charging of the battery, a fuzzy control method is proposed that match with battery characteristics, combined with Cuk converter circuit and fuzzy algorithm. It is proved that Cuk converter circuit can effectively reduce the ripple of input and output, the fuzzy control make the charging time from 17 hours to 15.5 hours, and can automatically work in the maximum current, efficiency is improved. System work better and stably than the three-stage charging in the practice, it is suitable for promotional use.

Keywords: fuzzy control; charge controller; battery; Cuk converter

0 引言

通常电力系统中配置蓄电池等储能设备起着平衡、协调系统发电量与负荷用电量的关键作用^[1-3]。故蓄电池的快速、微损、延长使用寿命, 一直是蓄电池应用领域研究的问题。常用的蓄电池为铅酸蓄电池, 充电形式多采用多段式充电。此种方式的不足之处在于: 充电曲线与蓄电池的实际充电曲线存在差距^[4]; 软件对电压、电流的平滑处理不是很理想; 在恶劣环境运行时稳定性变得不太可靠。针对以上的不足, 设计了模糊控制充电系统。蓄电池充电具有很强的非线性特性, 而模糊控制对非线性系统具有很好的适应性^[5]、鲁棒性好。系统提出了基于专家数据的、结合 Cuk 升降式 DC-DC 变换器电路的模糊控制充电管理系统, 可以按照蓄电池的充电规律有效地实现充电, 同时兼顾了蓄电池的使用寿命。

1 蓄电池充电整体电路结构设计

1.1 系统硬件整体结构框图

蓄电池充电系统硬件整体结构如图 1。风光互补能源由风机及整流电路、太阳电池、Cuk 变换电路、蓄电池、模糊控制智能核心处理器和一些信号采样电路构成^[6-7]。

(1) 风能、太阳能与电能转换。太阳电池采用所需规模的

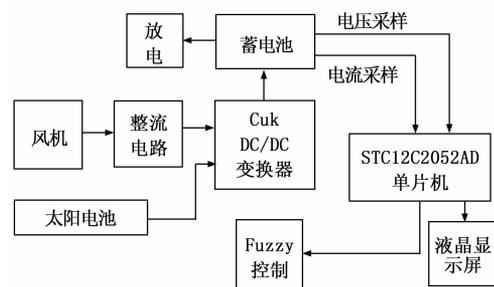


图 1 系统硬件结构图

光电板, 实现太阳光能向电能的转换。风机采用中小型风力发电机, 输出的交流电经过整流后与太阳电池输出的电能一并输入到 Cuk 变换器电路, 由智能管理核心处理器控制向蓄电池充电。

(2) 蓄电池器件。储能用蓄电池采用铅酸蓄电池, 其成本低、容量大等特点使其成为风光互补发电储能器件的首选。蓄电池不仅可以储存风光发电, 而且在电能质量的改善方面能够起到一定的作用。本系统建立基于专家数据的模糊规则库, 采用模糊算法, 通过模糊充电管理, 实现对铅酸蓄电池科学的充电, 存储风机太阳电池输出电能。

(3) Cuk 变换器电路。电路如图 2。Cuk 电路属于一种升降式 DC-DC 变换器电路, 通过对其中可控器件的开、关控制, 将不可控的直流输入转变为可控的直流输出的变换电路。Cuk 变换器电路中使用两个电感, 一个在输入端, 一个在输出端, 从而减小了脉动。Cuk 变换器电路输出电压可以高于或

收稿日期: 2014-01-12; 修回日期: 2014-03-12。

基金项目: 国家自然科学基金项目(51367016); 科技部“国家国际科技合作专项资助”(172013DFG61520)。

作者简介: 希望·阿不都瓦依提(1967-), 男, 新疆乌鲁木齐人, 副教授, 主要从事洁净能源互补发电控制方向的研究。

低于输入电压，而且其输入电流和输出电流都是连续的、非脉动的，这些特点使 Cuk 变换器电路有着广泛的应用前景。本系统中风电和光电接到 Cuk 变换器的输入端，通过控制电力电子器件 Q3 的导通角，调整 Cuk 变换器电路的输出电压、电流，从而控制蓄电池的充电电压、电流的大小。

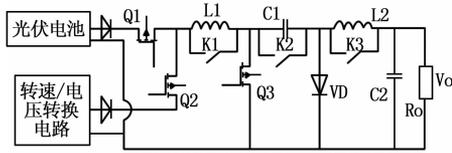


图 2 Cuk 变换电路原理图

(4) 智能管理核心处理器。处理器选用 STC12C2052AD 单片机。该单片机有 8 路高速 8 位 A/D 转换器通道，2 路 8 位高速 PWM 输出通道，工作频率范围为 0~35 MHz，2 kB 的程序存储器，用于存放程序和模糊控制所需要的数据表格。控制电路按一定的采样周期通过 A/D 转换器通道分别对蓄电池充电的电压、电流采样，供单片机分析计算后输出 PWM 信号以控制 Cuk 变换器电路中的 Q3 开关管，控制蓄电池充电电压、电流。

1.2 充电控制电路

充电控制电路如图 3。在充电控制电路中，风力发电机输出的交流电经过整流电路变换为直流电，与太阳电池输出的直流电一并输入到 Cuk 直流一直流变换电路。Cuk 转换电路中开关管 Q3 的占空比信号，由单片机经过模糊算法计算后输出的电流确定，即单片机将根据计算的电流量，查表获得控制开关管 Q3 对应的占空比，由单片机的 PWM0 通道输出，从而实现控制蓄电池充电电流大小的功能。

由霍尔传感器 UGN3503、绕有导线夹在霍尔传感器两侧的磁钢圈及电流/电压转换电路 R2、C1 构成蓄电池充、放电电流检测电路^[8]。当蓄电池处于充电状态时，检测电路输出高于 2.5 V 且与充电电流成线性关系的电压量，由单片机的 ADC0 通道输入并转换为数字量，此时检测充电电流；当蓄电池处于放电状态时，检测电路输出低于 2.5 V 且与放电电流成线性关系的电压量，同样由单片机的 ADC0 通道输入并转换为数字量，此时检测放电电流。

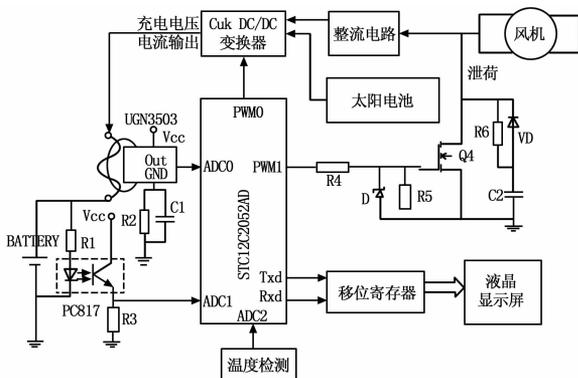


图 3 充电控制电路

蓄电池的采样电压通过光电耦合器 PC817，由单片机的

ADC1 通道输入并转换为数字量，作为模糊算法的两个输入变量参数。采用 PC817 既可以提高抗干扰能力，又可以保护单片机免受蓄电池动态电压的直接冲击。

由开关管 Q4、R6、VD、C2、构成风力发电机的泄荷电路。当需要风力发电机泄荷时，由单片机的 PWM1 通道输出脉宽调制信号，控制开关管 Q4 的导通与截止，实现风力发电机的泄荷。液晶显示器用于显示蓄电池充电电流及电压等参数。

2 模糊控制器的设计

模糊控制器是较理想的非线性控制器^[9]，具有较佳的适应性、强健性及较佳的容错性。适合于没有清晰、完整的数学模式和模型不完全的系统。蓄电池充电具有明显的非线性特性，故充电过程非常适合采用模糊控制。模糊控制器包括模糊化接口、模糊推理机、解模糊接口 3 个功能模块，如图 4。

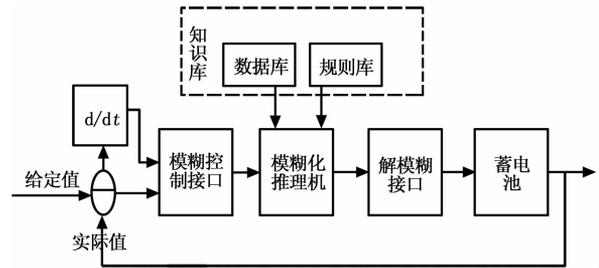


图 4 模糊控制器结构框图

2.1 模糊控制语言变量的确定

根据经验蓄电池充电时，电压的上升趋势基本相同，同时当蓄电池电压接近饱和时，电压的变化率较大。因此定义蓄电池理想电压最大值与实际测量值的差值作为输入语言变量 E ，相邻两个检测的电压差值的变化率作为另一个输入语言变量为 EC ，充电电流的变化量定义为输出语言变量 U 。这样就为控制系统选定了—个双输入、单输出结构的模糊控制器。这样的模糊控制器具有 PD 控制规律，有利于保证系统的稳定性。

2.2 输入量和输出量的模糊化

输入语言变量和输出语言变量的模糊子集定义为 5 个语言值，即：

$$E = \{ PM, PS, ZO, NS, NM \};$$

$$EC = \{ PM, PS, ZO, NS, NM \};$$

$$U = \{ PM, PS, ZO, NS, NM \};$$

选定的论域皆为 7 等级，即为：

$$E = \{ +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3 \};$$

$$EC = \{ +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3 \};$$

$$U = \{ +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3 \};$$

隶属函数采用三角形法。实践证明，采用三角形和梯形函数计算较简单，性能较好。

2.3 模糊推理

模糊推理的过程是将控制规则的前项与后项中的语言变量所对应的模糊关系集进行模糊运算。控制规则的确定来源于实际操作者的工作经验和试验所获得的数据。模糊控制规则如表 1。

表 1 模糊控制规则如

$U \begin{matrix} / \\ EC \end{matrix} \begin{matrix} E \\ / \end{matrix}$	NM	NS	ZO	PS	PM
NM	PB	PB	NS	NS	NS
NS	PB	PB	NS	NS	NS
ZO	PS	PS	ZO	NS	NS
PS	NS	NS	PS	PS	PS
PM	NS	NS	PS	PS	PS

2.4 模糊判决

确定了模糊控制规则 R , 模糊控制器输入语言变量论域上的模糊子集 E 和 EC 后, 可根据合成规则求出输出语言变量论域上的模糊集合 U , 即:

$$U = (E \times EC) \circ R$$

这个模糊量 U 通过加权平均法清晰化运算后, 转化为精确量, 成为实际的控制量。在以上工作基础上, 可以建立一个根据电压差、电压差变化率和控制规则建立的查询表, 获得应加到执行机构上的实际精确控制量, 即对应的 Cuk 变换器电路开关 $Q3$ 导通角的占空比值, 从而控制蓄电池充电电流值。

3 实验结果分析

试验分别采用模糊控制充电模式和三段式充电模式对 12 V/9 Ah 的蓄电池充电作比较, 两种模式下的充电电流动态变化曲线如下图 5。

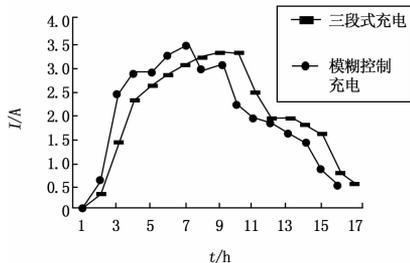


图 5 两种模式充电电流动态变化曲线

(上接第 2086 页)

6 结束语

基于电荷感应原理设计了电荷感应粉尘浓度传感器, 设定测量管段内为 2.5 m/s 的恒定风速, 保证了传感器的输出与粉尘浓度具有良好的线性关系。利用三级管理结构设计了分布式粉尘浓度在线监控系统, 采用 ZigBee 技术设计的低功耗嵌入式监测节点工作稳定, 并借助数据汇聚基站接入井下局域网, 实现了数据的准确可靠传输。实验结果表明, 设计的电荷感应粉尘浓度传感器的测量精度高, 平均误差仅为 2.95%, 实现了煤矿井下粉尘浓度的在线监测和风机的排风控制, 大大提高了井下粉尘环境的自动调节能力。

参考文献:

[1] 黄成玉, 赵立永, 张全柱, 等. 煤矿粉尘浓度传感器及检测系统的研究 [J]. 煤矿安全, 2011, 42 (5): 24-27.
 [2] 武 帅, 杨胜强, 王建波, 等. 高压气流喷射喷雾降尘除尘技术应用研究 [J]. 煤炭工程, 2012, (4): 64-66.

(1) 三段式充电模式下充电时间将近为 17 小时, 模糊控制模式下充电时间将近为 15.5 小时, 充电时间缩短了。

(2) 蓄电池最大充电电流为 4 A, 考虑安全问题, 三段式充电模式下最大电流设定为 3 A, 而模糊控制充电模式下, 最大充电电流可接近 3.5 A, 表明模糊控制模式下, 具有自动识别最大充电电流之能力。

4 结论

通过对模糊控制模式下蓄电池充电的测试试验, 以及与三段式充电模式的比较, 说明模糊控制充电模式具有更好的充电功能, 能够更好地接近蓄电池的充电特性, 提高充电速度, 对提高充电效果, 延长蓄电池的使用寿命, 具有重要的实际意义。

参考文献:

[1] 高玉峰, 王治国. 基于 Mega 1 6 的蓄电池充放电控制器 [J]. 通信电源技术, 2008, 25 (6): 56-59.
 [2] 张为民, 李晓武, 雷 霆. 太阳能电池一铅酸蓄电池充电控制器的研究 [J]. 电源技术, 2004, 18 (1): 43-46.
 [3] 田永盛. 一种单片机控制的铅酸蓄电池充电电源 [J]. 电子设计工程, 2011, 19 (3): 48-51.
 [4] 周海峰, 林忠华. 光伏一风力发电系统中蓄电池的控制与仿真 [J]. 电源学报, 2011, (3): 66-70.
 [5] 周立峰, 黄辉先. 基于模糊 PI 控制的充放电控制器的设计 [J]. 机械与电子, 2011, (8): 43-46.
 [6] 彭晓光, 李 旸, 王广生. 蓄电池快速节能充电系统的设计 [J]. 电源技术, 2010, (12): 1276-1279.
 [7] 李向昭, 朱江南. 基于 T M S 3 2 0 F 2 8 0 3 5 蓄电池充放装置 [J]. 电测与仪表, 2011, (11): 68-70.
 [8] 何兆柱, 朱 元. 电池检测数据采集与控制系统的的设计 [J]. 电池工业, 2010, (6): 372-375.
 [9] 李细荣, 胡永彪. 视觉导航铣刨机的模糊控制器设计与仿真 [J]. 计算机测量与控制, 2010, (10): 2716-2719.

[3] 赵恩彪, 李德文, 王自亮, 等. 电荷法测量粉尘密度的试验研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2010, 27 (2): 269-272.
 [4] 李宗伦, 赵修良, 彭丽婧, 等. β 射线粉尘测量仪在煤矿粉尘浓度监测中的应用 [J]. 中国矿业, 2010, 19 (3): 107-110.
 [5] 李 霜, 袁辉建, 阳 明, 等. 双光谱电力设备在线监测装置的实现 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (12): 2899-2901.
 [6] 陆敏尚, 朱列铭, 周爱国. 超声波流量计中相关时差法的应用 [J]. 仪表技术与传感器, 2011, (12): 105-107.
 [7] 贾云飞, 张 涛, 张清鹏. 涡街流量计与孔板流量计压力损失的比较研究 [J]. 计量学报, 2008, 29 (2): 134-137.
 [8] 谭 飞, 雷凯丽. 基于 LPC1343 的煤矿粉尘浓度监测仪设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2012, (2): 56-57.
 [9] 赵立永, 张全柱, 黄成玉. 基于 CAN 总线的新型煤矿粉尘浓度检测系统的研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8 (3): 76-79.
 [10] 周 曦, 何振宇, 单鸣雷, 等. 输配电开闭所环境及安全综合监控系统的设计 [J]. 计算机工程与设计, 2013, 34 (7): 2609-2613.