

一种基于无线充电技术的自动循迹电动车

李银银¹ 李丽鑫¹

(辽宁科技大学电子与信息工程学院 辽宁鞍山)

摘要: 本无线充电自动循迹电动车在硬件方面是基于 MSP430F5529 单片机所设计; 该项目的循迹模块采用了七路红外循迹, 电机采用的是 L298N 模块, 该模块在低功耗情况下仍可进行信号的输出; 无线充电部分采用的是 XKT-510 芯片进行无线发射及 T3168 芯片进行接收; 自启动电路采用了继电器结合二极管的方式来尽可能将能耗降低。在软件方面采用车辆控制算法, 内核为首先通过开尔曼滤波对输入信号进行除杂滤波, 之后通过串级 PD-PI 控制系统完成了对车辆控速, 转弯以及车身的稳定等进行调整, 来完成项目优化。在仿真阶段, 该项目应用了 ANSYS 有限元仿真电子桌面, 完成了在无线充电过程中, 涡流线圈互感之间的仿真。并且通过 MATLAB 对软件算法进行了进一步的优化测试。最终通过 V-REP 软件和 MATLAB 进行联调, 完成了小车在赛道上运行的模拟测试。测试阶段, 不断的进行实际项目的测试, 积累经验, 最终让项目在期限内完成, 并且完成优化, 将误差降至最低。

关键词: MSP430F5529; 串级 PD-PI; 无线充电; MATLAB; ANSYS 有限元仿真

0 引言

随着社会的进步与发展, 人们的思想觉悟在不断提高, 逐渐的认识到了保护环境的重要性, 而电动车的出现正好给大家提供了一种更环保、更便捷、更安静的行驶环境, 继而电动车开始广泛的使用于各个领域作业。但由此电动车的不便之处也就此显示出来, 也就是其充电方式和时间往往会影响使用者的工作效率, 而传统的充电方式都需要充电线, 且耗费时间长, 因此无线充电技术开始在电动车上使用, 其避免了传统供电方式带来的弊端, 且结构灵活多变, 且充电效率高。本项目设计的无线充电自动循迹电动车性价比高, 在最后我们通过 MATLAB 对软件算法进行了进一步的优化测试。最终通过 V-REP 软件和 MATLAB 进行联调, 完成了小车在赛道上运行的模拟测试。测试阶段, 不断的进行实际项目的测试, 积累经验, 最终让项目在期限内完成, 并且完成优化, 将误差降至最低, 与此同时也把电动车的电能转换效率提到了最高。

1 系统方案

1.1 系统方案概述

该项目中, 需要基于 MSP430 单片机完成两个功能: 无线充电和循迹小车。为了完成这两个功能。我们从宏观上将该项目分为了两个主要部分, 分别是电源部分和控制部分, 该项目将基于上述分析, 完成接下来所有设计。

在该项目中的电源部分根据题目要求, 电源(供电)部分需要自行设计无线充电的发射与接收装置; 储能部分采用了超级电容进行对能量的保存。

控制部分采用 MSP430 单片机, 该款单片机需要完成对车辆的控制, 需要控制小车的行驶轨迹, 同时让小车在循迹过程中尽可能小的受到超级电容在放电过程中电压不稳的影响, 需要对电机进行 PID 控速, 来确保在完成循迹的过程中车身稳定, 不会冲出赛道。

1.2 控制系统的论证与选择

1.2.1 无线电能传输方式对比

综合考虑采各种方案, 最终我们采用了磁场共振式

无线充电方式, 其传输功率较好, 且适合远距离大功率的无线充电,

2 系统设计

2.1 硬件设计部分

该项目的硬件设计以 MSP430 作为核心连接红外循迹模块, 电机驱动, 无线充放电模块。总体结构需要考虑低能耗方案, 因此采用了低功耗能力显著的 MSP430F5529 芯片作为主控。以及选择的红外循迹和自动升降压电路的设计都是属于低功耗工作器件。

2.1.1 无线充电电路设计

该部分由 XKT-510 芯片的无线发射及 T3168 芯片的接收模块共同构成, 采用 15/0.5A 直流电源为无线发射过程供电⁰。XKT-510 芯片的电路能够将直流电转变为交流电, 并将其传输到发射线圈中。当发射线圈和接收线圈相互贴近时, 接收线圈通过电磁感应作用接收来自发射线圈的交流电信号, 并将其转换为直流电供给超级电容装置充电⁰。

在充电过程中, 需要将直流电源进行高频振荡, 形成 150KHZ 的交流电进行谐振充电, 因为该频率下的交路电可以将电能以最大效率发送到接收端电路。从而减少整个回路中的能量损耗。

2.1.2 储能器件的选择

和其他的电容比较, 超级电容的功率性能更好, 所以我们选择了 2 个 5.5V/10F 的超级电容, 并联连接接入了运放电路。在无线充电过程中实现恒流充电来确保 2 个超级电容共同作为整车的供电电源。选择该类超级电容的原因为设计电路过程中, 可以进行恒功率充电后, 电压与电容非线性关系。

2.1.3 红外循迹电路设计

循迹电路本项目选择使用 TCRT5000 红外循迹传感器, 该传感器主要通过发射红外线来检测前方有无循迹对象, 若检测到, 则将其转变为高电平, 反之则将其转变为低电平。电路设计如图 2.1.3。

2.1.4 电机驱动电路设计

该项目采用了 L298N 作为电机的驱动模块, 该款电

机驱动可以在低压状态下工作,使用 AIN 和 BIN 两端进行 PWM 波的输入,使用四根电机信号线来控制电机的正反转。设计不同的 PWM 波形来控制,结合增量式 PID 算法来完成小车的直行以及拐弯的运动方式。图 2.1.4 电机驱动原理图。

2.1.5 自动升降压电路设计

本项目使用了以 TPS63020 芯片为核心的电路系统为自动升降压模块。它的输出电压范围为 5.5v-7.5v,其电压不仅可以调节,而且可降到 1.5v,可以非常好的发挥超级电容的大功率优势。除此之外它的输出电流还可高达 3A。其还可以根据实时情况而自动切换升压和降压两种模式,可以保证电压有效的稳定输出,在保证电路稳定输出的情况下,能够保证电压差造成的损耗在极小的范围内,来满足降低能耗的需求。如图 2.1.5 自动升降压电路原理图。

2.2 软件设计

2.2.1 车辆控制

项目中所使用的串级控制系统 PD-PI:

(1)速度环 PI 输入: 1.给定速度(速度环输出) 2.速度反馈。

(2)输出: 轨道角度误差(转向环的期望角度输入 error_0)。

$$speed_out = Kp2 * (Encoder_real - Encoder_pect) + Ki * \sum (Encoder_real - Encoder_pect)$$

公式 2 速度环 PI 传递函数

(3)转向环 PD 输入: 1.给定角度 2.角度偏差反馈。

(4)输出: PWM(直接控制小车)。

$$direction_out = Kp1 * (error_L - error_0) + Kd * (error_L - error_0)'$$

公式 3 转向环 PD 传递函数

整合得到:

$$Out_pwm = Kp1 * (error_L) + Kd1 * (error_L - error_0) - Kp1 * [Kp2 * (Encoder_real - Encoder_pect) + Ki * \sum (Encoder_real - Encoder_pect)]$$

公式 4 PD-PI 传递函数

3 硬件与软件仿真

3.1 硬件电路仿真

3.1.1 无线充电电路仿真

同样的,采用 ANSYS 软件进行了无线充电过程中的电路仿真,最终我们得到的效果很好。

3.1.2 电磁线圈仿真

采用有限元仿真软件 ANSYS edt 进行了涡流电路的仿真,仅让下方线圈产生电流激励后,我们对上方线圈的温度进行可视化分析。

我们在观察电磁感应形成的磁场内容发现,磁场分布均匀图与涡流线圈电场。

对于以上考虑,最优仿真结果应用于该项目,采用了匝数为 9 匝,单匝内径为 0.5mm,线圈最宽为 7.5cm。

3.2 算法仿真部分

3.2.1 控速循迹算法分析

PID 算法目的是为了实现最终的小车在不同电压下的仍能保证较为稳定的波形的输出。因此在该部分采用了开尔曼滤波对信号进行除杂降噪,通过增量式 PID 算法进行速度的闭环控制,在该部分的仿真采用 MATLAB

软件进行仿真,开尔曼滤波对信号除杂降噪对比。增量式 PID 算法使得小车稳定闭环运动。

4 测试方案与测试结果

4.1 测试方案

在测试过程中,该项目已完整制作出一套样机。

测试时,首先将样机放置在长 80cm 宽 60cm 的赛道上,准备发动。之后,当小车完成 60s 充电后,小车自行沿黑色跑道前进,直至超级电容内电量耗尽。

该方案可通过小车运行轨迹以及小车的行进路程长度,对整体方案进行评价分析。在调试过程中,我们基于 PD-PI 核心思路,根据赛道上直道和弯道两个不同的场景,采用两套不同的方案。

在调试直道的时候,我们只采用中间两路的传感器进行判断,判断小车在不在黑线上,如果偏移则根据当前电容剩余电压给小车一个固定的 PWM 值。在选取 PWM 值时,我们提前用匿名科创上位机进行理想环境调试(电池供电),在 PID 的控制下,进行循迹行驶,将跑完多圈后的波形传回,根据传回的 PWM 的波形稳定程度,我们在不同电压条件下,选取波形最稳的 PWM 值。

这种方案在跑直道时的超调量和调节时间的数据远比 PID 调试下更小,更稳定。但是在跑圆弧时,很难做到很圆滑地过弯。因此在过弯时(最左侧或最右侧的两路传感器检测到黑线),采用 PID 控制过弯,根据上位机的轨道误差输出波形,调试 PID 参数。

4.2 测试结果

根据上述测试方案,该项目总共进行了 10 组测试。测试结果如下表 4.1.1。

测试次数	充电时间	行进路程 单位:(圈)
第 1 次	30S	0.75
第 2 次	30S	0.25
第 3 次	30S	0.50
第 4 次	45S	1.00
第 5 次	45S	1.50
第 6 次	45S	1.25
第 7 次	60S	1.25
第 8 次	60S	1.25
第 9 次	60S	1.50
第 10 次	60S	2.00

表 4.1 测试结果

4.3 误差分析

将上述数据整合后,观测到在充电 30S 时,数据误差较大。随着样机调试的不断稳定,小车行进也趋于稳定。最终稳定为 60S 行进路程为 1.5 圈左右。

参考文献:

[1]科技与创新 朱俊杰;古瑶;陈钦旭;黄荣辉-《基于超级电容储能的无线充电循迹电动小车》-2020

第一作者简介:李银银(2002-),女,本科,研究领域为测控技术与仪器。

第二作者简介:李丽鑫(2003-),女,本科,研究领域为自动化技术。