

足球机器人电磁击球系统设计

王长龙,张 玉,张 良,谭 彧
(中国农业大学 工学院,北京 100083)

摘要: 介绍了一种足球机器人击球系统的设计方案。设计了能够实现平射和挑射的电磁击球机构,提出了一种实用型升压电路以及击球电磁铁驱动电路控制方法。通过试验对足球机器人击球系统的两种击球效果进行了分析,结果表明,足球机器人电磁击球系统在迅速升压可控的驱动电路下能够实现多种不同的击球效果,达到了设计目的。对足球机器人的击球机构设计和改进具有重要参考意义。

关键词: 足球机器人;电磁击球;DC-DC 升压

中图分类号: TP273

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2012)19-0082-03

Design of electromagnetic kicking system for soccer robot

Wang Changlong, Zhang Yu, Zhang Liang, Tan Yu
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper introduces a design plan on kicking system for Soccer robot to achieve better effects of playing. Electromagnetic kicking institutions about flat shot and crowded goalmouth shot is available, and at the same time, provides a practical boost circuit and control method of kicking electromagnetic drive circuit. Experiments and analysis on these two kinds of kicking effects showing that the soccer robot electromagnetic system can realize many different kinds of kicking effects under the circumstance of quickly boost controllable drive circuit. This has significant meanings on the design and improvement of kicking machine of soccer robot.

Key words: soccer robot; electromagnetic kicking; DC-DC booster

足球机器人(又称智能足球机器人)是近几年国际上迅速开展起来的一项高技术对抗活动,它涉及人工智能、机械、自动化、计算机、信号处理、无线通信、传感、精密机械等领域的前沿学科研究^[1]。足球机器人在比赛中采用全视觉和无线通信方式,由双方的主控机控制的足球机器人在特定的场地进行全自主模式比赛,既是一个典型的智能足球机器人系统,又是一个多机器人之间合作和对抗的生动的研究模型。其中的理论技术可应用于国防事业、工业生产、救援、教育等领域,从而有效推动国家科技、经济和安全等各方面的发展。

机器人踢球和人踢球的最大共同点都是队员能够越过对方的阻碍,顺利地把球踢进对方的球门。要想完成机器人能像球星那样灵活地踢球和运球,一个功能完备的踢球(击球)系统必不可少。因此,设计击球系统对于足球机器人的射门和传接球具有重要意义。

1 电磁击球机构与击球电磁铁的设计

1.1 电磁击球机构工作原理

电磁击球机构是目前足球机器人击球机构中最为普遍的一种机构,其优点是力量大、动作频率高、反应速度快、机械结构相对简单可靠^[2]。此处将电磁力作为足球机器人平射击球和挑射击球的动力,能够实现传球和击球射门的目的。足球机器人电磁击球机构设计如图1所示,主要包括复位弹簧、铁芯、平射击球线圈、支架、平射击球杆、挑射击球线圈、挑射器等。足球机器人前方无阻碍时采用平射方式传球或击球射门,当平射击球时,铁芯带动平射击球杆猛力向前击球,击球完毕铁芯在复位弹簧的作用下复位;足球机器人前方有阻碍时采用挑射方式,挑射击球线圈工作,带动挑射击球杆迅速向机器人后方移动,使挑射器围绕转轴转动,完成挑射击球过程。挑射击球完毕在复位弹簧的作用下复位,挑射击球将球越过前方足球机器人,达到带球过人(足球机器人)的目的。

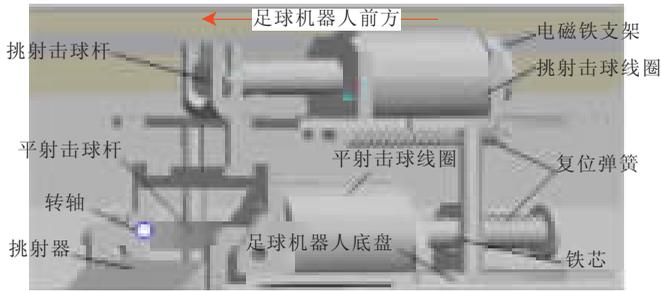


图1 足球机器人电磁击球机构

1.2 击球电磁铁设计计算

击球电磁铁采用螺管式,其吸力近似计算公式^[2]:

$$F=6.28(IW)^2 \times \left[\frac{\pi r^2}{\delta^2} + \frac{g}{u} \left(\frac{z}{L} \right)^2 \right] \times 10^{-7} \quad (1)$$

式(1)中: F 为电磁铁吸引力(N); I 为电磁线圈电流(A); W 为电磁线圈匝数; r 为衔铁等效半径(cm); δ 为衔铁间隙(cm); Z 为衔铁插入线圈深度(cm); L 为电磁线圈长度(cm); $g=2\pi u/\ln \frac{2c+d}{d}$,其中: c 为电磁线圈厚度(cm), d 为衔铁直径(cm), u 为真空中磁导率, $u=0.4\pi \times 10^{-8} \text{H/cm}$ 。

由式(1)可知,增加线圈匝数和电流,可以增加螺管式电磁铁的吸引力;选用磁导率高、磁滞损耗小的软磁材料的衔铁也是提高吸引力的一个重要因素。

挑射击球电磁铁和平射击球电磁铁使用相同的电磁铁,通过控制电磁线圈导电时间调节击球力度^[3],分别带动挑射击球杆和平射击球杆,完成挑射击球和平射击球的动作。

2 升压模块设计与实现

电池是足球机器人行动的能源,采用12V、1800mAh的锂电池供电。直接用电池给击球电磁铁供电,在短时间内低电压供电无法直接使球获得足够的动能,需要采用较高电压给直流电磁铁供电。本文采用DC-DC Boost 高电压变换原理^[4],对电源电压进行升压,升压电路如图2所示。

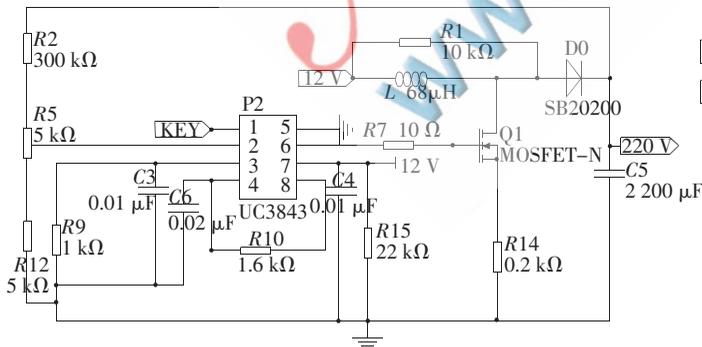


图2 升压与控制电路

本文运用一种可产生脉冲宽带可调的集成控制芯片 UC3843 来实现控制电路的 MOS 管关断控制和电压升压。如图2所示:(1)调节 R10 可改变管脚 6 输出的

PWM 占空比大小,从而调节充电速度,占空比越大充电越迅速;(2)PWM 脉冲频率 f 是由电阻 $R10$ 与电容 $C6$ 共同确定的 ($f=1.72/RC$),通过调节 $R10$ 和 $C6$ 的比值能得到不同频率的 PWM 波;(3)管脚 2 是电压反馈端,当反馈电压超过 2.58V 时,芯片就停止工作,因此可以调节电阻器 $R5$ 的阻值控制 UC3843 的工作区域达到间接调节储能电容 $C5$ 的充电电压。

充电过程开始时,通过使管脚 KEY 使能,PWM 发生器开始工作。通过 PWM 发生器发生的持续脉冲驱动大功率 MOS 管,产生规律的开关特性作用,电感 L 在大功率 MOS 管导通时电流以指数形式增大,直到额定值为止;在大功率 MOS 管关断时,电流迅速降低为 0,此时电感产生高幅值的感应电压脉冲。该电压脉冲通过二极管 $D0$ 对储能电容 $C5$ 充电,在多次往复充电后,储能电容上的幅值能接近电感的感应脉冲电压。为了使储能电容达到设计所需电压,可调节电位器 $R5$ 的电阻值,将储能电容的电压反馈给 PWM 发生器,若反馈电压大于等于 2.58V,则 PWM 停止工作;反之,PWM 发生器继续工作,储能电容电压增大。充电电压的时间是与电感系数特性相关的,与 PWM 发生器的输出占空比也是紧密联系的。

3 击球电磁铁驱动电路设计与控制

如图3所示为击球电磁铁驱动电路原理图,当足球机器人接收到上位机发送的平射击球或挑射击球的命令后,要迅速通过 MOS 管驱动芯片 MC34152 分别接通大功率 MOS 管的 Q1、Q2,把储能电容两端的电压加在平射击球电磁铁线圈 $L1$ 或挑射击球电磁线圈 $L2$ 两端,通过平射电磁铁或挑射电磁铁的电磁效应完成击球动作。当击球完毕,立即断开储能电容和电磁铁线圈的连接,击球杆在复位弹簧的作用下回到原位。为防止电磁铁线圈在停止击球的瞬间产生的感应电流毁坏大功率 MOS 管,将二极管 $D1$ 和 $D2$ 分别与电磁铁线圈 $L1$ 和 $L2$ 并联形成回路。

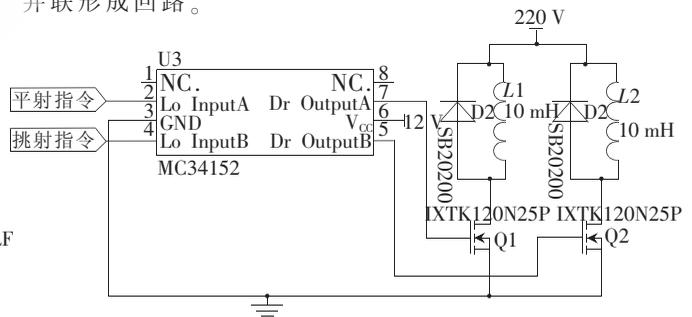


图3 击球电磁铁驱动电路

本文采用高速双 MOSFET 驱动器 MC34152 作为驱动芯片,此驱动器应用简单,不需要复杂的外围电路,只需要供给 12V 电源即可工作;具有两个独立的大电流输出通道,可与 COMS 和 LSTTL 逻辑电路相容。另外,MC34152 可对大容性负载快速充放电,对于 1000 pF 负

《微型机与应用》2012 年第 31 卷第 19 期

载,输出上升和下降时间仅为 15 ns,逻辑输入到驱动输出的传输延迟(上升沿和下降沿)仅为 55 ns。因此这种高速驱动芯片能够很好地对射门击球指令做出反应,保证击球效果的准确性和时效性。

4 试验及结果分析

为了检验击球机构的设计效果,对足球机器人击球系统分别做了挑射击球和平射击球试验,并且运用运动目标实时跟踪测量系统(RTTS)对试验的实效视频进行跟踪测量,测量了“足球”运动轨迹、“足球”射程等。

通过控制 PWM 发生器使储能电容电压达到 160 V,并控制击球电磁铁驱动使电磁铁导通时间在 0.8 ms~5.6 ms 范围内,分别对平射和挑射进行了试验研究,其运动轨迹试验结果如图 4 所示,图(a)是测试足球机器人挑射击球效果,图(b)是测试足球机器人平射击球效果,“足球”离开 515 cm 高的平射台后做平抛运动。如图 4 所示,在不同的电磁铁通电时间下,挑射击球和平射击球的“足球”轨迹不同。击球实验数据如图 5 所示。



(a) 挑射击球试验 (b) 平射击球试验
图 4 试验足球的运动轨迹



(a) 挑射击球试验数据记录 (b) 平射击球试验数据记录
图 5 击球试验数据记录

由试验可知:

(1) 在 UC3843 的 PWM 发生器控制芯片作用下的升压电路能够有效地产生大的直流电压,并且在充电达到设定值后能自动停止充电,避免了因充电电压过高引起元器件毁坏。

(2) 足球机器人的击球力度能够通过击球电磁铁的通电时间来控制,在一定范围内通电时间越长,击球力度越大。

(3) 平射击球杆、挑射击球杆和挑射器都对“足球”的速度有很大影响,铝合金在保证轻质量的同时又有一定的刚度,比铁的击球杆要好。

本文设计了一种有效、灵活的足球机器人击球系统,具有两种击球射门和传球方式,试验结果表明,所设计的升压模块电路可将直流电压 12 V 升压到 160 V 左右;所设计的驱动电路能实现挑射击球和平射击球,并且获得了 180 cm 的挑射行程和 7 m/s 的平射初速度,该足球机器人击球系统具有令人满意的击球效果。

参考文献

- [1] 陈天华,郭培源.足球机器人的发展对产业和研究的意义[J].机器人技术与应用,2008(5):18-21.
- [2] 余凯平,李永新,张杰,等.足球机器人用磁击球设计及仿真分析[J].机械研究与应用,2007(1):77-79.
- [3] 李尚荣,刘晶楼.基于 SG3525 的小型直流电磁铁升压与驱动电路设计[J].江苏技术师范学院学报,2009(2):28-32.
- [4] 陈丽,邹庆化.一种低压 DC-DC 升压电路的实现[J].机电产品开发与创新,2010,23(3):158-160.

(收稿日期:2012-06-01)

作者简介:

王长龙,男,1988 年生,在读研究生,主要研究方向:机电一体化。