

人力发电装置中负荷调节电路的设计与研究

曹增玲¹, 张金娅¹, 王 岩², 曹自平¹

(1. 南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003;
2. 中国人民解放军 73685 部队, 江苏 南京 210018)

摘 要:伴随着全球能源的不断减少和新型便携式电子设备的迅速发展,越来越多的研究者尝试制作各种从环境中采集能量的装置,尤其是一些便携式的人体发电装置。但这些装置往往会给使用者带来额外的运动负担,这种不灵活性严重限制了人体发电装置的市场发展。针对这种发电装置的局限性,设计和制作了一个应用在人力发电装置中的负荷调节电路。该设计是通过单片机采集外部信息后发出一组不同占空比的矩形脉冲来控制人力发电装置负载电路的闭合状态,进而调节发电装置对使用者所产生的负荷。该调节电路可以根据发电装置使用者不同的体力状态来调整发电装置所产生的负荷和发电量,以减轻使用者的负担。在不同的条件下,对该发电装置所产生的力矩进行了测试。实验结果表明,该装置可以调节发电装置所产生负荷的大小。

关键词:能量采集;人力发电装置;负荷调节;力矩

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)03-0152-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.03.031

Design and Research of Load Regulation Circuit in Human Power Generation Device

CAO Zeng-ling¹, ZHANG Jin-ya¹, WANG Yan², CAO Zi-ping¹

(1. College of Telecommunications and Information Engineering, Nanjing University of
Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;
2. Troop 73685 of PLA, Nanjing 210018, China)

Abstract: With the decrease of global energy and the rapid development of a new type of portable electronic devices, there are more and more research about all kinds of devices to collect harvest energy from environment, especially the portable human power generation device. But these devices tend to bring extra movement burden to users and such inflexibility seriously limits its market development. Aiming at the limitation of the power generation device, a load regulation circuit used in a human power generation device is designed and made. The design controls the status of the load circuit by a group of different duty cycle rectangular pulse which is sent by SCM after acquiring the external information. The status will help power generation device to adjust user's load. Different physical status of user will correspond to different loads and generating capacities of power generation device. In this way, users will feel more comfortable. An experiment which tests the torque generated by the power generating unit in different conditions proves the device's ability of adjusting user's load.

Key words: energy harvesting; human power generation device; adjusting load; torque

1 概 述

随着微电子技术、通信技术和新材料技术的飞速发展,人类开始使用由这些技术发展起来的各种微小电子器件。通常这些电子器件使用一次或二次电池

供电,但电池电量毕竟有限,这些设备在工作时,需要频繁地更换电池或充电,从而使设备的应用存在诸多不便。由于人体自身就是一个能量携带者,由图1可知,人体活动所表现的能量形式之一是机械能,并且这

收稿日期:2016-04-01

修回日期:2016-08-11

网络出版时间:2017-01-10

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-13-0871);国家自然科学基金面上项目(61372044);江苏省高校自然科学研究重大项目(14KJA510002)

作者简介:曹增玲(1990-),女,硕士,研究方向为能量采集和传感技术;曹自平,博士生导师,研究方向为能量自维护的物联网及绿色无线传感网技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170110.1019.048.html>

些机械能往往具有相对较高的能量密度^[1]。于是,一些研究者开始尝试从人体的各种生理活动和运动中采集能量,并把这些能量转换为电能,从而为携带的各种电子设备供电^[2]。



图1 人体活动中可采集的能量

随着人体能量采集技术的持续发展,研究者们先后开发出了各种人力发电装置,比如手摇发电机、发电跑步机、发电背包、发电鞋、拉线式发电机等^[3]。需要指出的是,当人们利用这些人力发电装置时,都会使人额外增加一定的负荷,从而消耗一定的体力^[4]。考虑到这些发电装置的使用者存在着体力差别,即便是同一使用者在不同的身体状态下也存在体力差别^[5],因此若使用者希望人力发电装置的使用负载能与自己的体力相匹配,则往往需要改变发电装置对人体所产生的负荷^[6]。

文中设计和制作了一种负荷调节电路,通过简单调节电路上某一可变信号,便可以达到发电装置的使用负载与其使用者的体力相匹配的效果^[7]。

2 负荷调节电路的设计与制作

文献[8]中所设计的关节发电装置把小腿向下的摆动运动转换成一个电磁式发电机中转子的高速旋转运动,从而实现发电。虽然发电量可观,但其体积较大且重量过重,无法满足普通民众的消费需求。而文中设计的负荷调节电路,可以赋予文献[9]中的发电装置以智能识别和判断的功能,根据使用者的不同行走状态和体力状况来调整发电装置的发电量及对人体产生的负荷,从而使得发电装置使用舒适、轻便。

当发电装置给能量存储单元或用电设备等负载供电时,供电电流会在发电机线圈中产生感应磁场,成为阻碍发电机转子旋转的阻力,大大加重了装置使用者本身所需的体力,从而可能影响人的正常活动,给使用者造成不便^[10]。为了使装置使用者能够较为轻松地承受供电电流在发电机中所产生的阻力,可以适当断开电路,减小发电电机的电流,从而减轻阻力,消除使用者的负担^[11]。负荷调节电路的电路框图如图2所示。

由图2可知,该负荷调节电路是通过单片机来采集用户选择信息并

通过微MOS管发出对应占空比的脉冲,如图3(a)、(b)所示,进而控制MOS管所连接负载电路的通断。

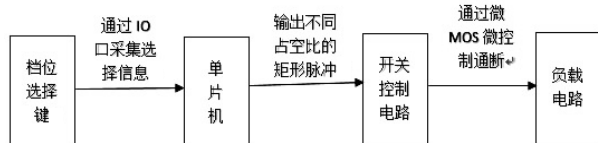
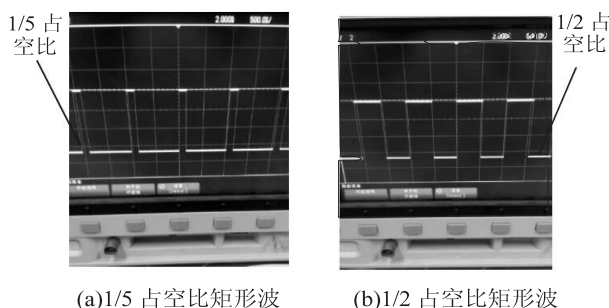


图2 负荷调节电路的电路框图



(a) 1/5 占空比矩形波

(b) 1/2 占空比矩形波

图3 不同占空比的矩形波

该负荷调节电路中只设置了5个档位选择键,可根据需要增加或减少档位键的个数,使控制更加灵活。

3 测试装置的设计与制作

由于发电装置使用者的体力因人而异,携带发电装置的舒适程度会大不相同,所以文献[12]中的装置结构并不适合所有人。而影响使用者负荷的因素有三种,分别为电路负载大小、电机转速以及该装置中所设置的档位。为了更好地检测设计的性能,进行了多组控制变量的测试实验。

为了更准确地描述该负荷调节电路的特性,从两个方面进行测试:

电路的外部负载固定时,测试在不同的电机转速下力矩大小与占空比的关系;

电机的转速固定时,测试在不同的电路外部负载下力矩大小与占空比的关系。

由于人的行走速度不可精确控制,实验中采用单片机程序控制一个步进电机匀速转动来模拟人体行走时下肢的匀速摆动,由步进电机来带动发电装置中的高速三相电机。通过单片机控制步进电机以不同的速度匀速转动,步进电机同轴带动一个圆形转盘,圆形转盘上设有一个条形孔与发电机的转轴相连接,因此当步进电机匀速转动时,发电电机也会匀速转动,此时使用力矩测试仪便可测出当前速度下的力矩大小。测试装置的整体实物图如图4所示。

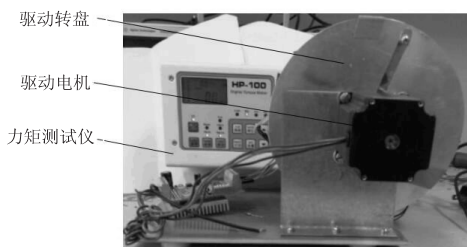


图 4 测试装置的整体结构图

4 负荷调节电路测试

针对不同负载、不同速度、不同档位,文中对力矩大小进行了测试,并将测试数据整合成数据表进行比较分析。

4.1 不同转速下的力矩变化

所用步进电机的步距角为 1.8° ,该次测试中设置了 5 种速度,即电机每转 1.8° 的时间分别设为 7.5 ms、6 ms、4.5 ms、3 ms 及 1 ms,经过计算可知其对应的 5 种转速分别为 Speed1:0.67 r/s; Speed2:0.83 r/s; Speed3:1.11 r/s; Speed4:1.67 r/s; Speed5:5 r/s。

单片机通过输出 PWM 波经过微 MOS 管来控制负载电路的通断时间,该测试中设置了 5 种档位,分别对应 5 种占空比。其中,1 档 PWM 波的占空比为 1/5,2 档 PWM 波的占空比为 1/4,3 档 PWM 波的占空比为 1/3,4 档 PWM 波的占空比为 1/2,5 档 PWM 波的占空比为 1。占空比为 1 时说明电路一直处于接通状态。

测试中保持负载为 $10\ \Omega$ 不变,取 Speed3 和 Speed5 两种不同速度,分别绘制出力矩随占空比的大小变化的折线图,如图 5 所示。其中,速度低为 Speed3,速度高为 Speed5。

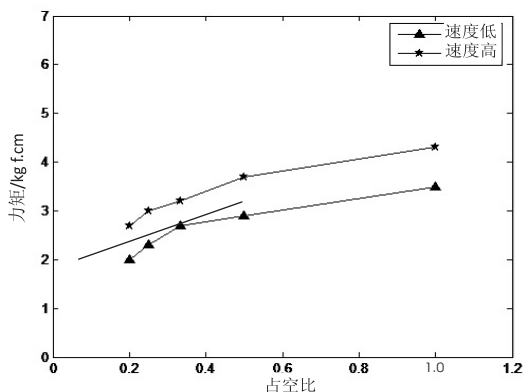


图 5 不同速度下力矩随占空比的变化图

由图 5 可知,当电路负载不变时,电路接通的时间越长、电机的转速越大,所需的力矩越大。即当用户使用发电装置时,所选的档位越大,活动越剧烈用户的负荷越重,用户活动起来越费力。

4.2 不同负载下的力矩变化

由于不同负载会使得电路中的电流大小不同,

从而电机的转子阻力会发生变化^[13],导致发电装置使用者的用力会有所不同。因此对负载电路中的负载大小对所需力矩的影响进行了测试。

测试中,在速度为 Speed3 的情况下,分别取 $10\ \Omega$ 和 $100\ \Omega$ 两种不同的负载电阻,测试不同占空比下力矩的大小,并绘制出在两种负载下力矩随占空比的大小变化的折线图,如图 6 所示。

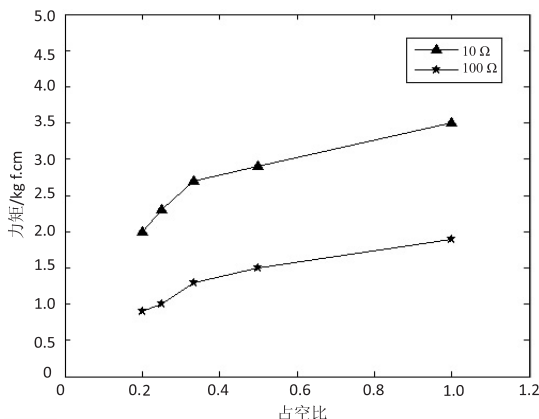


图 6 不同负载下力矩随占空比的变化图

由图 6 可知,当速度不变时,电路接通的时间越长、负载电路的电阻越小,所需的力矩越大。即当用户使用发电装置时,所选的档位越大、电路负载越小,使用者的负荷量就越大,活动越困难。

5 结束语

从实验结果可以得出,当用户使用上述发电装置时,负载电路的电阻越小、运动程度越剧烈、所选的按键档位越高,使用者的负荷量就越重。不论是在不同速度还是在不同负载下,档位的变化都会明显改变力矩的大小。所以,当用户使用人力发电装置时,如果感到负荷太重,除了可以减缓运动,还可以选择较低的档位,此时虽然会降低发电装置的发电量,但也会明显减轻使用者的负担,使其更符合广大用户的需求。

基于以上结论,所设计的人力发电装置中的负荷调节电路可以根据使用者体力情况灵活选择穿戴模式,在高效发电的同时又能保证穿戴的舒适程度,更符合人体生理特性^[14]。虽然如此,但该装置仍有较大的改进空间,在体积重量上仍可以继续朝着微型化发展。因此,负荷调节电路的设计还需要大量的研究和实验。

参考文献:

- [1] 陈仁文. 新型环境能量采集技术[M]. 北京:国防工业出版社,2011.
- [2] 许泽刚,谢少军. 人体动能收集的发电装置研究[J]. 常州工学院学报,2007,20(4):12-17.
- [3] 刘伟达. 便携式设备锂电池充电技术研究[D]. 杭州:杭州

- [4] Blount R, Irvine D H. Multi-channel self-interference cancellation method and apparatus for relayed communication; US, 6725017 [P]. 2004.
- [5] Blount R, Becker D W, O'Neill J H. Self-interference removal using converter compensation in a relayed communication system; US, 6996164 [P]. 2006.
- [6] Blount R, Miller M, Murphy J. Relayed communication with versatile self-interference cancellation; US, 7349505 [P]. 2008.
- [7] ViaSat 公司 PCMA 产品技术手册[EB/OL]. 2016-04-16. <http://www.satcomresources.com/ViaSat-PCMA-Paired-Carrier-Multiple-Access>.
- [8] Collins G D, Anair D L, Michael J R. Adaptive canceller for frequency reuse systems; US, 20020197958 A1 [P]. 2002.
- [9] Comtech Doubletalk 技术文档[EB/OL]. 2016-04-26. <http://www.comtechefdata.com/technologies/doubletalk>.
- [10] Lee J H. Self-interference cancellation using phase rotation in full-duplex wireless [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2013, 62(9):4421-4429.
- [11] Askar R, Kaiser T, Schubert B, et al. Active self-interference cancellation mechanism for full-duplex wireless transceivers [C]//9th international conference on cognitive radio oriented wireless networks and communications. [s. l.]: IEEE, 2014: 539-544.
- [12] Hong S, Brand J, Choi J, et al. Applications of self-interference cancellation in 5G and beyond [J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(2):114-121.
- [13] Korpi D, Anttila L, Syrjala V, et al. Widely-linear digital self-interference cancellation in direct-conversion full-duplex transceiver [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2014, 32(9):1674-1687.
- [14] Jindal N, Shi J, Sundararajan S, et al. Self-interference cancellation; US, 20150055568 [P]. 2015.
- [15] Masmoudi A, Le-Ngoc T. A maximum-likelihood channel estimator for self-interference cancellation in full-duplex systems [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2015, 135(1450):1.
- [16] 陈绍贺, 万坚, 涂世龙, 等. PCMA 系统中干扰信号时延估计新算法 [J]. 系统仿真学报, 2008, 20(21):5774-5777.
- [17] 杨欣, 黄焱, 张冬玲, 等. 基于联合特征参数的 PCMA 信号调制识别算法 [J]. 信息工程大学学报, 2013, 14(1):78-83.
- [18] 赵宇峰, 曹玉健, 戴旭初. 单信道混合数字通信信号的时延估计方法 [J]. 信号处理, 2015, 31(2):161-169.
- [19] Widrow B, McCool J, Ball M. The complex LMS algorithm [J]. Proceedings of the IEEE, 1975, 63(4):719-720.
- [20] Simon H. Adaptive filter theory [M]. 5th ed. USA: Pearson, 2013:315-335.
- +++++
- (上接第 154 页)
- 电子科技大学, 2013.
- [4] 韩磊. 基于单兵人体发电装置的研究 [D]. 太原: 中北大学, 2015.
- [5] 尹军茂. 穿戴式下肢外骨骼机构分析与设计 [D]. 北京: 北京工业大学, 2010.
- [6] 刘红俊, 陈定方, 陶孟仑, 等. 压电式振动能量采集器的响应特性与实验研究 [J]. 机械设计与研究, 2015, 31(6):28-30.
- [7] 马新芳. 便携式设备电源管理研究 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2008.
- [8] Xie L, Cai M. An in-shoe harvester with motion magnification for scavenging energy from human foot strike [J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2015, 20(6):1.
- [9] Yun J, Patel S N, Reynolds M S, et al. Design and performance of an optimal inertial power harvester for human-powered devices [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2011, 10(5):669-683.
- [10] Chen R, Ren L, Xia H, et al. Energy harvesting performance of a dandelion-like multidirectional piezoelectric vibration energy harvester [J]. Sensors & Actuators A Physical, 2015, 230:1-8.
- [11] Abdi H, Mohajer N, Nahavandi S. Human passive motions and a user-friendly energy harvesting system [J]. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 2013, 25(8):923-936.
- [12] Yang W, Chen J, Zhu G, et al. Harvesting energy from the natural vibration of human walking [J]. Acs Nano, 2013, 7(12):11317-11324.
- [13] Fafoutis X, Sorensen T, Madsen J. Energy harvesting-wireless sensor networks for indoors applications using IEEE 802.11 [J]. Procedia Computer Science, 2014, 32:991-996.
- [14] Kim D G, Yun S N, Ham Y B. Energy harvesting strategy piezoelectric element driven by vibration method [J]. Wireless Sensor Network, 2014, 2(2):100-107.