

On Micro Magnetic Coupling Harmonized Wireless Charging System for Wearables

Qiang Chen Yunqiang Ye Gongquan Xu Changsheng Chen

Shenzhen Xibaihui Electronic Technology Co., LTD., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

【Abstract】 With the rapid development of modern emerging technology, big data, cloud computing, Internet of things, artificial intelligence technology constantly appeared and applied in a variety of fields, wearable devices as a new technology equipment has been applied in electric power enterprises, especially the transmission operation is more complex, staff often direct contact with power network, wearable devices will effectively guarantee personal safety. This paper mainly studies the design of micro-magnetic coupled resonant wireless charging system for wearable devices. In the process of completing the charging system design, a series of energy saving and environmental protection problems are solved, which is of great significance in the future wireless charging utilization process, and also has good practicability.

【Keywords】 wearable devices; micro-magnetic coupling resonance; wireless charging system

论可穿戴设备的微型磁耦合谐振无线充电系统

陈强 叶运强 徐功权 陈长升

深圳市喜百汇电子科技有限公司, 中国·广东 深圳 518000

【摘要】随着现代化新兴技术快速发展,大数据、云计算、物联网、人工智能等技术不断出现并应用多个领域中,可穿戴设备作为一种新兴的技术装备也已经应用在电力企业中,特别是输电作业较为复杂,工作人员通常会直接接触电力网络,可穿戴设备将有效保障人身安全。论文主要就可穿戴设备的微型磁耦合谐振无线充电系统的设计进行研究,在完成充电系统设计的过程当中,解决一系列的节能环保问题,这在未来的无线充电利用过程当中有着十分重要的意义,也具有较好的实用性。

【关键词】可穿戴设备;微型磁耦合谐振;无线充电系统

DOI: 10.12349/iser.v3i3.756

1 引言

现阶段,中国科技水平得到了一定的发展。由此,这类科技对于人们的生活水平也有着一定影响。随之而来的是中国人民的生活水平在不断地提高,其中一些电子设备得到了更新。在此背景下,大众对于各种人员的要求在提升。无线充电技术可分为四种类型:磁谐振式,电磁感应式,微型磁耦合谐振和电场耦合式。其中磁谐振式无线电能传输技术是将发射线圈的工作频率与接收线圈的工作频率调节一致,形成共振,在接收线圈中产生电流,实现电能的无线传输。论文主要开展适用的微型磁耦合谐振无线充电技术的研究工作,解决同时实现大功率、远距离和高效率的技术瓶颈,提供高可靠性、高适用性的充电解决方案。

2 可穿戴设备在输电作业中的应用

在输电作业中,可穿戴设备能够对工作人员的身体健康进行实时监测,同时还可以对其是否存在带电作业现象、误入带电间隔等现象及时反馈相应的信息,从而确保工作人员能够在第一时间有效掌握其工作

的环境状况,并遏制输电作业潜在的灾害性问题,还可以有效对输电作业工作人员进行全面的预防监管。此外,还可根据输电作业现场的实际状况以视频、音频等方式有效控制,对存在缺陷的部位、设备进行拍照或摄影处理。当出现较为复杂的状况时,还可以通过远程求助专家勘测的方法对现场的及时状况提供指导与解决。输电作业的工作人员由于长期处在工作电压的工作环境中,配备专业的可穿戴设备将可以有效应对潜在的危险性风险。例如当出现触电、坠落意外事故时,智能穿戴设备可以将相应的信息及时发送至作业现场随行的工作人员设备中,从而能够快速接到报警信号,并借助设备所提供的地理位置信息及时赶赴事故现场处理相应内容^[1]。

3 可穿戴设备的微型磁耦合谐振无线充电系统设计

无线充电系统通过发射和接收模块实现能量的无线非接触的传递,同时通过串行通讯和开关量信号实现该系统上位机和后级管理系统进行管理及各部件协调控制,具有能量无线传递,模块信息传输,故障诊断,状态监控及上报等处理功能。

【作者简介】陈强(1994-)男,中国安徽宿松人,本科,从事无线充电系统研究。

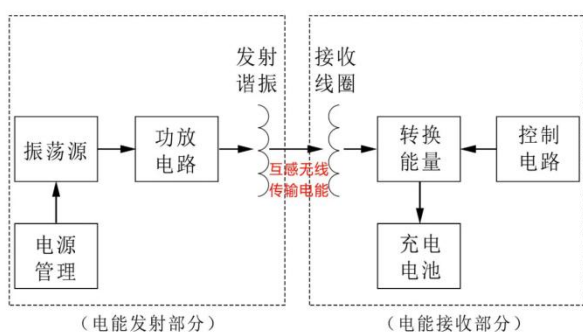


图1 系统框架图

3.1 发射模块

发射模块的主要功能单元电路包括辅助电源, 缓启动和输入防反接保护单元, 全桥逆变电路, 由 C1 和 L1 组成的串联谐振电路和以 DSP (TMS320F28375D) 为核心的信号处理单元组成。

电阻 R_{sin} 为电源输入电流采样电阻, 通过它采样输入电流的平均值, 经运算放大器放大后送入 DSP 的 AD 转换器, 和检测到的输入电压一起计算发射模块的输入功率。

电阻 R_{sfb} 为全桥输入采样电阻, 检测该电流信号送入 DSP 内部比较器, 进行快速的瞬态过流保护。

有 Q1, Q2, Q3 和 Q4 组成的全桥进行高频逆变功率电路, 进行移相全桥 PWM 控制, Q1 和 Q3 为超前导通臂, Q2 和 Q4 为滞后导通臂, DSP 内部产生基准方波, 通过对基准方波的超前和滞后输出来调整全桥输出的占空比, 从而调整后级 LC 串联谐振电路的输入电压, 控制发射模块的输出功率。

通过检测谐振回路中点电压, 该电压信号将进行谐振相位检测和谐振峰值保护。谐振相位检测是通过 DSP 内部比较器将该电压信号转换为方波, 该方波的边沿是谐振电流的峰值, 比较该方波信号的边沿和 PWM 基准信号的延时, 进行锁相控制。由于需要控制发射模块在 LC 谐振点附近的感性状态, 因此控制开关频率以确保该电压信号稍微滞后于 PWM 的基准信号。

谐振峰值保护是将检测到的谐振电压滤波后送入 DSP 内部比较器, 当该电压大于设定的最大允许值后进行保护, 保护方式是缩小 PWM 的占空比, 如果过压信号依然存在, 就升高开关频率, 降低输出增益^[2]。

蓝牙模块主要接收后级接收模块发送的功率需求信息, 通过控制 PWM 占空比和开关频率调整发射模块的输出功率。同时根据反馈的输出功率, 计算整个无线充电系统的效率, 通过该效率进行原边和副边耦合程度和金属异物的识别, 当低于设定值之后, 关闭整个系统。

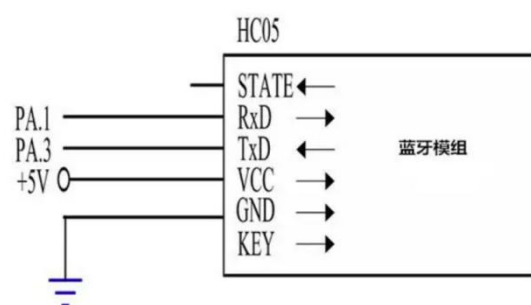


图2 发射模块系统框架图

3.2 接收模块设计方案

接收模块的主要功能单元电路包括辅助电源, 缓启动和输入防反接保护单元, 由 C2 和 L2 组成的串联谐振电路, 全桥同步整流电路和以 DSP (TMS320F28375D) 为核心的信号处理单元等组成。通过输出电流采样电阻 R_{sout} 检测输出电流, 与采样到的直流母线电压计算输出功率。同时当输出电流幅值达到设定值后启动同步整流模式。整流桥电流和电压信号可为全桥同步整流提供驱动时序, 当该电流幅值达到设定值后导通 MOSFET, 当电流幅值小于设定值关闭 MOSFET。由整流桥电压信号变化的决定驱动相应的两个同步整流 MOSFET。

接收模块 DSP 采样整流桥输出的直流母线电压和充电电流信息, 计算输出功率, 并接收上位机提供的电池规格信息, 通过蓝牙模块将需要的充电功率需求值送回发射模块, 由发射模块调整发射功率。采样谐振电压信号, 进行谐振峰值保护和谐振频率检测。谐振峰值保护是当该电压超过设定值后, 通知发射机降低输出功率。谐振频率检测是采样谐振频率, 为发射模块和接收模块进行电力通信提供一种识别方式。当接收模块通知发射模块降低输出功率, 但发射模块由于通讯中断或其他异常原因导致接收模块收到超出需求的功率, 这时进入故障保护模式, 同时关闭整流桥上管 Q5 和 Q6, 并同时导通整流桥的下管 Q7 和 Q8, 短路接收侧谐振回路, 停止功率接收, 并上报告警^[3]。

3.3 频率跟踪控制

保证逆变器始终工作在谐振频率, 需要对发射线圈电流进行跟踪, 这里采用基于全数字锁相环 (ADPLL) 的频率跟踪控制系统, 频率跟踪控制系统由电流采样、过零比较、全数字锁相环 (ADPLL)、驱动电路四部分组成。整个频率跟踪控制过程为: 电流采样电路采集逆变器谐振电流 i_1 , 过零比较电路产生与 i_1 同频相同的方波信号 u_i , ADPLL 将 u_i 与反馈信号 u_o 进行比较产生与 u_i 同频率的四路驱动逻辑信号, 最后四路驱动逻辑信号进入驱动电路进行驱动放大, 输入至逆变器控制开关管的开通与关断, 最终

保证逆变器始终工作在谐振频率。当阻抗角为0时,系统工作在谐振频率 ω_0 ,谐振频率 ω_0 与互感系数、负载、发射侧电感和电容、接受侧电感和电容均有关。系统在实际运行过程中,这些参数的变化都会导致系统的谐振频率发生改变,即系统失谐。为了保证逆变器始终工作在谐振频率下,可以直接对发射线圈的电流*i*₁进行实时跟踪^[4]。

4 可穿戴设备发展趋势

4.1 产业链可以进一步加强合作

可穿戴设备的产业链环节较为复杂,其不仅包括硬件、软件厂商,还有相应的运营服务商,云计算、大数据等技术型厂商等,多个要素相互之间融会贯通实现良好的平台生态。但是,目前的可穿戴设备产业链要素并不完整,产业模式也不够成熟,不同的厂家之间存在彼此的独立性,合作协同机制不强,数据相互间缺乏共享支撑。不同厂商、不同类型的可穿戴设备均开发了自身的应用体系、数据业务平台等,此种端到端的研发模式、数据烟囱式的使用模式使得设备应用存在一定风险,资源相对较为分散,难以有效发挥数据应用优势,对提供全方位、全流程的服务产生一定阻碍。未来输电线路可穿戴设备产业链上的各个环节要素将会进一步加强合作,从而实现协作共赢推动产业发展。

4.2 相关技术标准化程度提高

技术的标准化能够促进产业之间的合理化分工,并加强不同领域之间企业的高质量合作,实现对资源的优化配置,加快研发的效率、质量等,实现产业链各个环节要素的创新变革,从而能够进一步创造出更有价值、更具竞争力的智能可穿戴产品。在输电作业中,可穿戴设备实现数据管理、应用体系等标准化的统一,将能够更加便于设备之间的数据传递、信息互联,加强对多种设备的有机整合,并降低外部第三方应用开发难度,基于多数据融合、共享各项数据标准的穿戴设备将能帮助输电作业管理实现统一的管理模式,持续拓展生态链^[5]。

微型磁耦合谐振无线充电系统在其他条件保持一致的前提下,在一定范围内不断增加电压其输出功

率会随之增加,在实际充电当中如果单纯依靠增加电源提升输出功率则会扩大可穿戴设备的充电成本,所以未来需要重点计算电容与线圈的相同谐振频率,而且需要保证频率之间不会相互影响,有效解决磁耦合谐振式无线充电技术的兼容性唯一。在可穿戴设备当中应用微型磁耦合谐振无线充电技术的主要理由为该技术的充电速度非常快,而且传输距离相对较远,但是因为对谐振腔功能的过度依赖导致成本不断增加,所以未来需要重点解决该方法的成本问题。

5 结语

综上所述,输电作业中可穿戴设备的应用将能够对现场的作业人员起到良好的监督与管理作用,并能够帮助工作人员解决部分安全问题,在提升信息丰富、定位精准的基础之上,有效调动作业人员的工作积极性、主动性,并改善工作效率。可穿戴设备的应用范围、市场前景随着信息技术的快速发展将有着更进一步的迭代升级,明确设备的技术体系,识别发展趋势将能够帮助可穿戴设备更为科学的融入输电作业中,实现数字化作业、智能化管控等。客观来看虽然该领域目前仍有较多需要解决与改进的部分,但随着社会科学技术的精进,可穿戴设备的发展将会更加迅猛。本文研究了一种磁耦合谐振式无线充电电源的基本原理,完成了一款无线充电电源的方案设计。该方案可用于构建大功率远距离高效率的无线传输系统。

参考文献

- [1] 程丽敏,崔玉龙.磁耦合共振式无线电能传输特性研究(英文)[J].电工技术学报,2013(S2):5.
- [2] 张占松.开关电源原理的原理与设计[M].电子出版社,2004.
- [3] 于春来.磁耦合谐振式无线电能传输系统的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.
- [4] 姜世宇.可穿戴设备微型磁耦合谐振无线电能传输系统的研究[P].南京理工大学,2021.
- [5] 李聪华.可穿戴设备微型磁耦合谐振无线充电系统技术开发应用探讨[J].电力设备管理,2021(03):167-168.