

重庆大学中央财政科研项目结题验收申请表

项目名称	基于相轨迹操控的无线电能传输系统性能优化机制	项目经费(万元)	66	项目起止年限	2016.1-2019.12
项目来源	国家自然科学基金	项目负责人	唐春森	电话	13637992855
信息公开情况	公开内容	公开方式		公开时间	
	资金相关信息(预决算、预算调剂、资金使用) 项目批准直接经费 66 万元, 使用 46.2119 万元, 结余 19.7881 万元。各项经费按照预算严格执行, 无预算调剂情况, 详细使用情况见项目决算表。	网上公开、张贴公开		2020.1.8-2020.1.12	
	研究成果概况(限 300 字) 项目以无线电能传输系统性能优化为目标, 提出了以相轨迹为操控对象的无线电能传输系统优化机制, 从系统建模、动力学行为分析、动静态性能综合提升几个方面进行了系统的理论与应用研究。针对系统的多环节级联及高阶非线性特性, 提出了基于混杂自动机及胞映射的建模分析方法, 提出了时域与频域相结合的系统建模分析方法; 针对系统复杂动力学行为, 提出了基于相轨迹的变尺度机理建模与分析方法, 提出了基于边界的系统稳定域求解方法, 提出了基于胞映射的系统吸引子及其吸引域的分析方法; 针对系统动静态性能综合提升, 提出了	网上公开、张贴公开		2020.1.8-2020.1.12	

基于相轨迹规划与跟踪的优化设计与控制方法，提出了复合谐振网络的参数优化设计方法，提出了系统能效提升的优化控制方法。		
研究成果清单（包括：论文、专著、专利、标准、软件著作权等） 期刊论文： [1] Xue-Jian Ge, Yue Sun, Zhi-Hui Wang, Chun-Sen Tang. A single-source switched-capacitor multilevel inverter for magnetic coupling wireless power transfer systems[J]. Electrical Engineering. 2019. 101. (4). 1083-1094. [2] Yu-Gang Su, Yu-Ming Zhao, Aiguo Patrick Hu, Zhi-Hui Wang, Chun-Sen Tang, Yue Sun. An F-Type Compensated Capacitive Power Transfer System Allowing for Sudden Change of Pickup. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics[J]. 2019. 7. (2). 1084-1093. [3] Xiaofei Li, Chunsen Tang, Xin Dai, Pengqi Deng, Yugang Su. An Inductive and Capacitive Combined Parallel Transmission of Power and Data for Wireless Power Transfer Systems[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. 2018. 33. (6). 4980-4991. [4] Xiaofei Li, Chunsen Tang, Xin Dai, Aiguo Hu, Sing Nguang. Bifurcation Phenomena Studies of a Voltage Controlled Buck-Inverter Cascade System. Energies[J]. 2017. 10. (5). 708. [5] Yu-Gang Su, Shi-Yun Xie, Aiguo Patrick Hu, Chun-Sen	网上公开、张贴公开	2020. 1. 8-2020. 1. 12

Tang, Wei Zhou, Liang Huang. Capacitive Power Transfer System With a Mixed-Resonant Topology for Constant-Current Multiple-Pickup Applications[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. 2017. 32. (11). 8778-8786.

- [6] Yu Chen, Yue Sun, Chun-Sen Tang, Yu-Gang Su, Aiguo Patrick Hu. Characterizing regions of attraction for piecewise affine systems by continuity of discrete transition functions[J]. Nonlinear Dynamics. 2017. 90. (3). 2093-2110.
- [7] Yue Sun, Zhi-Juan Liao, Zhao-Hong Ye, Chun-sen Tang, Pei-Yue Wang. Determining the Maximum Power Transfer Points for MC-WPT Systems With Arbitrary Number of Coils[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. 2018. 33. (11). 9734-9743.
- [8] Xue-Jian Ge, Yue Sun, Zhi-Hui Wang, Chun-Sen Tang. Dual-Independent-Output Inverter for Dynamic Wireless Power Transfer System[J]. IEEE Access. 2019. 7. 107320-107333.
- [9] Lijuan Xiang, Yue Sun, Xin Dai, Chunsen Tang, Chao Hu. Evaluation of magnetic coupler for stationary EVs' wireless charging[J]. International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics. 2017. 53. (1). 167-179.
- [10] Yu-Gang Su, Wei Zhou, Aiguo Patrick Hu, Chun-Sen Tang, Shi-Yun Xie, Yue Sun. Full-Duplex Communication on the Shared Channel of a Capacitively

Coupled Power Transfer System[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. 2017. 32. (4). 3229-3239.

- [11] Yu-Gang Su, Long Chen, Xue-Ying Wu, Aiguo Patrick Hu, Chun-Sen Tang, Xin Dai. Load and Mutual Inductance Identification From the Primary Side of Inductive Power Transfer System With Parallel-Tuned Secondary Power Pickup[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. 2018. 33. (11). 9952-9962.
- [12] Zhaohong Ye, Yue Sun, Xiufang Liu, Peiyue Wang, Chunsen Tang, Hailin Tian. Power Transfer Efficiency Analysis for Omnidirectional Wireless Power Transfer System Using Three-Phase-Shifted Drive[J]. Energies. 2018. 11. (8). 2159.
- [13] Guodong Chen, Chao Rao, Yue Sun, Zhenxin Chen, Chunsen Tang, Zhenpeng Zhang. Primary Control Method of Wireless Charging System Based on Load Characteristics[J]. Energies. 2019. 12. (7). 1269.
- [14] Zhi-Juan Liao, Yue Sun, Zhao-Hong Ye, Chun-Sen Tang, Pei-Yue Wang. Resonant Analysis of Magnetic Coupling Wireless Power Transfer Systems[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. 2019. 34. (6). 5513-5523.
- [15] Yue Sun, Huan Zhang, Aiguo Patrick Hu, Chun-Sen Tang, Li-Juan Xiang. The Recognition and Control of Nonideal Soft-Switching Frequency for Wireless Power Transfer System Based on Waveform Identification[J]. IEEE Transactions on Power Electronics. 2017. 32. (8).

6617-6627.

- [16] 冯天旭, 王智慧, 孙跃, 唐春森. 采用三维偶极线圈的无线电能传输系统多自由度拾取机构. 电力系统自动化. 2018. 42. (23). 99-107.
- [17] 苏玉刚, 赵鱼名, 谢诗云, 唐春森, 吴学颖. 电场耦合无线电能传输系统负载软切换控制技术. 电工技术学报. 2017. 32. (18). 44-51.
- [18] 孙跃, 陈宇, 唐春森, 蒋成, 葛学健. 感应耦合电能传输系统稳定域的分析. 控制理论与应用. 2017. 34. (10). 1293-1302.
- [19] 孙跃, 代林, 叶兆虹, 唐春森, 谭若兮. 感应耦合电能传输系统中能量与信号反向同步传输技术. 电力系统自动化. 2018. 42. (17). 134-142.
- [20] 苏玉刚, 吴学颖, 赵鱼名, 卿晓东, 唐春森. 互补对称式LCC谐振网络的电场耦合式无线电能传输系统参数优化. 电工技术学报. 2019. 34. (14). 2874-2883.
- [21] 苏玉刚, 谢诗云, 唐春森, 陈龙, 吴学颖. 基于T- Π 复合谐振网络的恒压型电场耦合无线电能传输系统. 电工技术学报. 2018. 33. (08). 1685-1695.
- [22] 陈国东, 吴剑青, 孙跃, 陈振新, 唐春森. 基于互感差异的双拾取无线电能传输系统功率分配控制策略. 电力系统自动化. 2018. 42. (21). 154-163.
- [23] 孙跃, 贾鑫, 唐春森. 基于三线圈合成算法的WPT-EV拾取定位技术. 浙江大学学报. 2017.
- [24] 苏玉刚, 陈龙, 吴学颖, 卿晓东, 唐春森. 基于遗传算法的SS型磁耦合WPT系统负载与互感识别方法. 电工

技术学报. 2018. 33. (18). 4199-4206.

[25] 孙跃, 廖志娟, 叶兆虹, 唐春森, 王佩月. 基于振动理论的MCR-WPT系统频率分裂特性研究. 电工技术学报. 2018. 33. (13). 3140-3148.

[26] 唐春森, 钟良亮, 吴新刚, 苏炳柯, 钟明祥. 基于阻抗特性的电动汽车无线充电系统异物检测方法. 电气技术. 2018. 19. (06). 7-13.

[27] 苏玉刚, 吴学颖, 刘波, 唐春森, 陈龙. 宽温度范围下感应耦合电能传输系统软开关技术. 电工技术学报. 2017. 32. (16). 175-182.

[28] 孙跃, 谭若兮, 唐春森, 王智慧, 代林. 一种应用于电动汽车的新型耦合机构优化设计. 西南交通大学学报. 2018. 53. (05). 1078-1086.

会议论文:

[1] Lijuan Xiang, Yue Sun, Chunsen Tang, Xin Dai, Cheng Jiang. Design of crossed DD coil for dynamic wireless charging of electric vehicles. IEEE-PELS Workshop on Emerging Technologies-Wireless Power Transfer (WoW), 2017. 1-5.

[2] Chunsen Tang, Zhenbo Gu, Hao Shen, Yachao Li, Zhengwei Xu. Dynamic characteristics optimization control method for Buck-IPT system. IEEE-PELS Workshop on Emerging Technologies-Wireless Power Transfer (WoW), 2017. 320-324.

[3] Xuejian Ge, Yue Sun, Chunsen Tang, Zhihui Wang, Zhou Xu. Loss analysis and efficiency optimization of buck converter in wireless charging system for EVs. IEEE-PELS Workshop on Emerging Technologies-Wireless Power Transfer (WoW), 2017.

329-331.

- [4] ChunSen Tang, Hao Shen. Multi-scale modeling method of wireless power transfer systems. Asia Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), 2016. 695-697.
- [5] Tang Chunsen, Deng Pengqi, Wang Zhihui, Huang Yongcan, Dai Lin. Parameter optimization method for the wireless charging system of mowing robot. IEEE-PELS Workshop on Emerging Technologies-Wireless Power Transfer (WoW), 2017. 106-110.
- [6] Chunsen Tang, Chunyan Yang, Yingjun Fei, Zhihui Wang, Zhiping Zuo, Zhenpeng Zhang. Triple subdivision cell-to-cell mapping method for global analysis of WPT system, IEEE-PELS Workshop on Emerging Technologies-Wireless Power Transfer (WoW),2019.
- [7] Ke Shi, Chunsen Tang, Zhihui Wang, Zhiping Zuo. Surge current analysis of EV wireless charging system during short-circuit decoupling process. IEEE-PELS Workshop on Emerging Technologies-Wireless Power Transfer (WoW),2019.

学术专著:

- [1] 戴欣, 孙跃, 唐春森, 王智慧, 苏玉刚, 无线电能传输技术, 科学出版社, 2017.1

授权发明专利:

- [1] 叶兆虹, 王智慧, 刘秀芳, 田海林, 唐春森, 王海勇, 朱婉婷. 滑环磁耦合机构. 申请号: 201810490382.9 申请日: 2018-05-21. 公开号: CN108735483B. 公开日: 2019-06-18. **授权.** 授权日期: 2019-06-18.

- | | | |
|---|--|--|
| <p>[2] 孙跃, 戴欣, 吴剑青, 王智慧, 唐春森, 苏玉刚. 用于无线电能传输系统的三相 AC-AC 变换器及其控制方法. 申请号: 201710712029.6 申请日: 2017-08-18. 公开号: CN107517008B. 公开日: 2019-07-26. 授权. 授权日期: 2019-07-26.</p> <p>[3] 唐春森, 王智慧, 孙跃, 苏玉刚, 戴欣, 叶兆虹, 朱婉婷, 顾振博, 谭若兮. 基于准最优滑模控制的 Buck 变换器控制系统及方法. 申请号: 201710360508.6 申请日: 2017-05-21. 公开号: CN107017768B. 公开日: 2019-03-22. 授权. 授权日期: 2019-03-22.</p> <p>[4] 唐春森, 王智慧, 孙跃, 苏玉刚, 戴欣, 叶兆虹, 朱婉婷, 顾振博, 谭若兮. 基于相轨迹规划和跟踪的 Buck 变换器控制系统和方法. 申请号: 201710360520.7 申请日: 2017-05-21. 公开号: CN 106998136B. 公开日: 2019-06-25. 授权. 授权日期: 2019-06-25.</p> <p>[5] 苏玉刚, 谢诗云, 唐春森, 戴欣, 孙跃, 叶兆虹, 王智慧. 基于 T-Π 复合谐振网络 ECPT 系统及其参数设计方法. 申请号: 201710143425.1 申请日: 2017-03-11. 公开号: CN 106787253A. 公开日: 2019-04-09. 授权. 授权日期: 2019-04-09.</p> <p>[6] 王智慧, 唐春森, 孙跃, 吴建华, 左志平, 叶兆虹, 朱婉婷, 苏玉刚. 基于 LCL-LCC 补偿网络的恒压恒流 WPT 系统及其参数设计方法. 申请号: 201711378537.1 申请日: 2017-12-19. 公开号: CN108039778B. 公开日: 2019-08-13. 授权. 授权日期: 2019-08-13.</p> <p>[7] 苏玉刚, 朱梦磊, 唐春森, 孙跃, 戴欣, 王智慧, 叶兆</p> | | |
|---|--|--|

虹.基于 ECPT 的电能与信号回路分离式并行传输系统及参数设计方法.申请号: 201710590280.X 申请日: 2017-07-19. 公开号: CN 107231175B. 公开日: 2019-06-07. **授权**. 授权日期: 2019-06-07.

[8] 苏玉刚, 马浚豪, 王智慧, 唐春森, 戴欣, 孙跃, 叶兆虹, 朱婉婷.多约束条件下的 ECPT 系统参数设计方法. 申请号: 201710143420.9 申请日: 2017-03-11. 公开号: CN 106849371B. 公开日: 2019-02-01. **授权**. 授权日期: 2019-02-01.

[9] 孙跃, 王智慧, 周意, 唐春森, 叶兆虹.电动车无线供电的电磁耦合机构.申请号: 201710171027.0 申请日: 2017-03-21. 公开号: CN 106887902B. 公开日: 2019-04-16. **授权**. 授权日期: 2019-04-16.

[10] 苏玉刚, 赵鱼名, 戴欣, 王智慧, 叶兆虹, 孙跃, 唐春森, 朱婉婷.一种 ECPT 系统中实现负载软切换的参数设计方法. 申请号: 201610225112.6 申请日: 2016-04-11. 公开号: CN 105720693B. 公开日: 2018-06-26. **授权**. 授权日期: 2018-06-26.

[11] 王智慧, 孙跃, 唐春森, 叶兆虹, 苏玉刚, 邓棚元, 戴欣, 朱婉婷.无线能量发射机构、无线能量接收机构及电磁耦合机构. 申请号: 201610978112.3 申请日: 2016-11-07. 公开号: CN106329739B. 公开日: 2018-09-18. **授权**. 授权日期: 2018-09-18.

[12] 孙跃, 向利娟, 蒋成, 王智慧, 唐春森.无线电能传输系统副边异常保护方法.申请号: 201610228261.8 申请

日: 2016-04-11. 公开号: CN 105680578B. 公开日:
2018-06-12. **授权**. 授权日期: 2018-06-12.

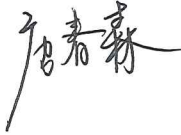
[13] 苏玉刚, 赵鱼名, 唐春森, 王智慧, 戴欣, 孙跃, 叶兆虹, 朱婉婷. 实现负载软切换的 ECPT 系统及其参数设计方法. 申请号: 201611088906.9 申请日: 2016-11-30. 公开号: CN 106655529B. 公开日: 2018-12-07. **授权**. 授权日期: 2018-12-07.

[14] 唐春森, 王智慧, 孙跃, 戴欣, 苏玉刚, 叶兆虹, 朱婉婷, 邓棚开. 基于阻抗特性的异物检测方法及其系统. 申请号: 201610977433.1 申请日: 2016-11-07. 公开号: CN 106371143B. 公开日: 2019-09-13. **授权**. 授权日期: 2019-09-13.

[15] 孙跃, 唐春森, 贾鑫, 王智慧, 戴欣, 朱婉婷, 叶兆虹, 苏玉刚. 基于三线圈的无线供电电动车定位装置及定位方法. 申请号: 201610353523.3 申请日: 2016-05-25. 公开号: CN 106066148B. 公开日: 2019-05-03. **授权**. 授权日期: 2019-05-03.

[16] 孙跃, 唐春森, 谭若兮, 王智慧, 戴欣, 叶兆虹, 朱婉婷, 苏玉刚. 分组密绕式无线能量发射机构及其绕线参数选取方法. 申请号: 201611209031.3 申请日: 2016-12-23. 公开号: CN 106787235A. 公开日: 2017-05-31. **授权**. 授权日期: 2019-07-16.



项目负责人 (签字): 

级单位负责人 (签字):
(公 章)

