

谐振式无线电能传输系统恒功率输出特性研究

魏金成, 廖师师, 邱晓初, 雷洪成, 罗乐, 谢邱虹

(西华大学电气与电子信息学院, 四川 成都 610039)

摘要:在无线充电过程中, 电池阻值的变化会引起输出功率的波动, 从而减短电池寿命, 影响充电安全。针对磁耦合谐振式无线电能传输变负载系统, 通常是在接收端加入控制电路使输出功率稳定, 但这增加了用电设备的体积。因此, 文中提出了基于反射阻抗原理的2种恒功率控制策略: Sepsic 电路恒功率输出控制策略和移相控制恒功率输出控制策略。首先分析了负载电阻对输出功率的影响; 然后分别推导了 Sepsic 电路驱动信号的占空比、移相控制中驱动信号的移相角与输出功率的关系, 给出了恒功率控制策略的原理; 最后通过 Matlab/Simulink 搭建仿真模型, 验证了文中理论分析及所提控制策略的正确性。仿真结果表明, 2种控制策略均能有效实现恒功率输出。

关键词:磁耦合谐振; 无线电能传输; 恒功率; Sepsic 电路; 移相控制; 移相角

中图分类号: TM724

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2022)03-0231-06

0 引言

相对于传统有线电能传输, 无线电能传输不存在磨损老化的问题, 更加安全、便捷^[1], 且在深井、深水这类特殊环境中, 只有通过无线才能保证电能安全传输^[2-3]。无线电能传输的方式主要分为感应式^[4]、谐振式和微波式^[5]等, 其中磁耦合谐振式无线电能传输 (magnetic coupling resonance wireless power transfer, MCRWPT) 具有传输距离远、传输效率高、对生物环境伤害小的优点^[6], 因此 MCRWPT 的实际应用越来越广泛。在电动汽车无线充电过程中, 输出功率的波动会冲击电池, 影响充电安全, 因此, 需要有效的方法来稳定输出功率。

目前针对 MCRWPT 的研究主要集中在线圈结构^[7-10]、补偿结构^[11-16]以及传输特性^[17-19]等方面。文献[20]针对过耦合频率分裂, 提出一种最佳频率跟踪方法, 在保证功率传输的同时, 提高了系统效率。文献[21]通过锁相环调整电压、电流相位, 使系统处于谐振状态, 优化了系统传输特性。文献[22-23]根据蓝牙通信反馈接收端信息, 进而调整发射端频率, 实现最大功率传输, 但通信回路增加了用电设备体积和系统成本。针对负载阻值变化引起的功率不稳定问题, 文献[24]提出一种双拾取结构, 同时在接收端加入 DC-DC 电路实现功率稳定输出, 但这同样增加了用电设备的体积和成本。

因此, 文中提出基于反射阻抗原理的2种恒功率控制策略: Sepsic 电路恒功率输出控制策略和移相控制恒功率输出控制策略。2种控制策略均不必外加通信回路, 减小了用电设备体积, 节约了成本。

首先, 对系统模型进行理论分析, 说明了负载电阻、发射端电压对输出功率的影响, 给出了通过反射阻抗识别输出功率的方法。然后, 分别推导了 Sepsic 电路驱动信号的占空比、移相控制中驱动信号的移相角与输出功率的关系, 通过调节占空比或移相角来实现对输出功率的调节。最后通过 Matlab/Simulink 搭建仿真模型进行验证, 结果表明, 当负载阻值变化时, 2种控制方法均能有效地将输出功率稳定在规定范围内。

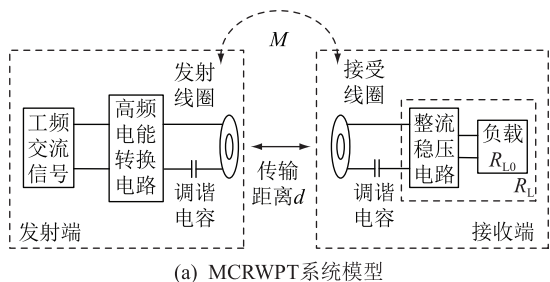
1 MCRWPT 恒功率输出特性分析

文中采用两线圈 MCRWPT 系统 S/S 模型, 如图 1(a) 所示, 发射端由高频电能转换电路、调谐电容和发射线圈组成。高频电能转换电路将输入的工频交流信号转为高频交流信号; 发射线圈和调谐电容组成的谐振回路将电能传输到接收端; 接收端由接收线圈、调谐电容、整流稳压电路和负载组成, 接收线圈接收电能之后与谐振回路产生谐振, 将电能传输到整流稳压电路, 最后传输到负载。

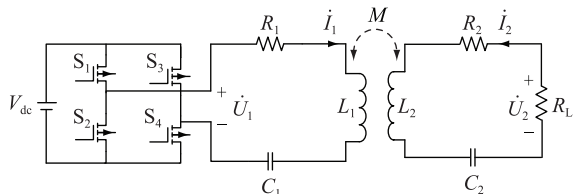
为便于分析, 可将图 1(a) 等效为如图 1(b) 所示电路。 V_{dc} 为输入的直流电压; \dot{U}_1 为发射端电压; \dot{U}_2 为接收端电压; L_1, L_2 分别为发射线圈和接收线圈的电感; C_1, C_2 分别为发射线圈和接收线圈的谐振电容; R_1, R_2 分别为发射线圈和接收线圈的寄生电阻; M 为两线圈之间的互感; R_{l0} 为实际负载电阻; R_L 为包含整流电路在内的等效负载电阻。

根据图 1 可以得到线圈两端的电压电流方程:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_1 \dot{I}_1 + j\omega M \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = j\omega M \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 = -R_L \dot{I}_2 \end{cases} \quad (1)$$



(a) MCRWPT系统模型



(b) MCRWPT等效电路

图1 两线圈MCRWPT系统S/S模型结构

Fig.1 S/S model structure of two-coil MCRWPT system

式中： I_1 为发射端电流； I_2 为接收端电流； ω 为系统角频率； Z_1, Z_2 分别为发射端和接收端阻抗。根据式(1)得到两端的电流为：

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1 Z_2}{Z_1 Z_2 + (\omega M)^2} \\ \dot{I}_2 = \frac{j\omega M \dot{U}_1}{Z_1 Z_2 + (\omega M)^2} \end{cases} \quad (2)$$

其中，

$$\begin{cases} Z_1 = R_1 + j\omega L_1 + 1/(j\omega C_1) \\ Z_2 = R_2 + j\omega L_2 + 1/(j\omega C_2) \end{cases} \quad (3)$$

当系统谐振时：

$$\begin{cases} \omega L_1 + 1/(\omega C_1) = 0 \\ \omega L_2 + 1/(\omega C_2) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

此时，发射端和接收端阻抗为：

$$\begin{cases} Z_1 = R_1 \\ Z_2 = R_2 \end{cases} \quad (5)$$

此时系统输出功率达到最大值。根据式(1)一式(5)得到谐振状态下系统输出功率 P_0 表达式为：

$$P_0 = I_2^2 R_L = \frac{(\omega M)^2 U_1^2 R_L}{[(\omega M)^2 + R_1(R_L + R_2)]^2} \quad (6)$$

根据式(6)得到 P_0, R_L, U_1 的关系如图2所示。根据实际电动汽车电池电阻值的变化，调节 R_L 在 $0 \sim 30 \Omega$ 之间变化。由图2可知，在这一变化范围内，当 U_1 一定时， P_0 随 R_L 增大而增大；同样地，当 R_L 一定时， P_0 随 U_1 增大而增大。即当 R_L 变化时，可通过调节 U_1 使 P_0 稳定： R_L 增大时，通过降低 U_1 使 P_0 稳定； R_L 减小时，通过增加 U_1 使 P_0 稳定。

控制输出功率稳定，首先要识别输出功率并判断其是否稳定在规定值。若在接收端加入电路识

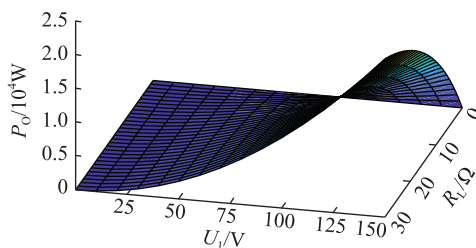


图2 输出功率与负载电阻及发射端电压的三维关系

Fig.2 The relationship between output power and load resistance and transmitter voltage

别输出功率，并通过无线通信的方式将识别结果传输到发射端，再对其进行控制，则不仅增加了用电设备的体积和系统成本，还存在通信延时的问题。因此，文中利用反射阻抗原理，可直接在发射端检测识别输出功率。引入反射阻抗之后，可将图1(b)等效为图3所示电路。

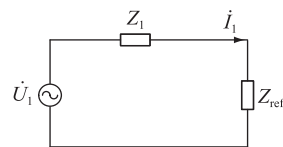


图3 引入反射阻抗之后的等效电路

Fig.3 Equivalent circuit after introducing reflected impedance

接收端等效到发射端的反射阻抗 Z_{ref} 为：

$$Z_{ref} = \frac{(\omega M)^2}{Z_2 + R_L} = Z_{in} - Z_1 \quad (7)$$

式中： Z_{in} 为输入阻抗，通过采集发射端电压、电流得到，即 $Z_{in} = \dot{U}_1 / \dot{I}_1$ 。根据式(7)得到当前等效负载电阻值，再根据式(6)即可识别当前输出功率值。

2 MCRWPT 恒功率输出控制策略

由第1章分析可知，根据当前输出功率值调节发射端电压即可使输出功率稳定。调压方式有多种，在实际应用中可根据不同应用场景选择不同的方式，文中重点研究 Sepic 电路调压和移相控制调压。

2.1 Sepic 电路恒功率输出控制策略

Sepic 电路作为 DC-DC 变换电路之一，可以实现对输入电压增大或减小的调节^[25-26]，其结构简单，输入、输出同极性，且只有一个开关管，高频损耗较低，因此适用于电压调节范围大、对系统体积要求低的应用场景。

$V_{dc-Sepic}$ 为经 Sepic DC-DC 电路变换后的直流电压，与输入直流电压 V_{dc-S} 的关系为：

$$V_{dc-Sepic} = \frac{D}{1-D} V_{dc-S} \quad (8)$$

因此:

$$U_1 = \frac{2\sqrt{2}D}{\pi(1-D)}V_{dc-S} \quad (9)$$

式中: D 为 Sepic 电路中开关管驱动信号的占空比。

P_0 关于 D 的表达式为:

$$P_0 = \frac{(\omega M)^2 R_L}{[(\omega M)^2 + R_1(R_L + R_2)]^2} \times \left[\frac{2\sqrt{2}D}{\pi(1-D)}V_{dc-S} \right]^2 \quad (10)$$

图 4 为 P_0 与 D 的关系, P_0 随着 D 的增加而增加; D 一定时, R_L 越大, P_0 的值也越大。可以看出, 当负载阻值发生变化时, 可通过调节占空比的大小稳定输出功率。

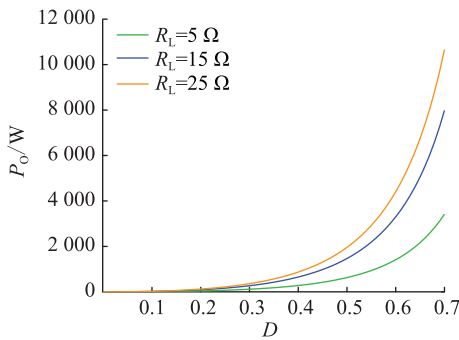


图 4 P_0 与 D 的关系

Fig.4 The relationship between P_0 and D

基于 Sepic 电路恒功率输出控制的原理如图 5 所示。利用反射阻抗识别当前功率值 P'_0 , 根据 P'_0 与规定恒定值 P_0^* 的大小关系来调节 D 。通过比例-积分 (proportional integral, PI) 调节和脉冲宽度调制 (pulse width modulation, PWM) 产生占空比可调的驱动信号。若 $P'_0 > P_0^*$, 则减小 D ; 若 $P'_0 < P_0^*$, 则增大 D ; 相等时则 D 保持不变。最终通过控制 Sepic 电路开关管的导通关断来调节发射端电压值, 从而稳定输出功率。

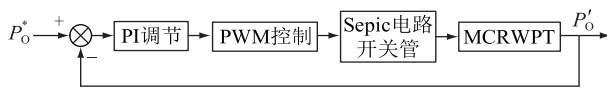


图 5 Sepic 电路恒功率输出控制原理示意

Fig.5 Schematic diagram of constant power output control based on Sepic circuit

2.2 移相控制恒功率输出控制策略

移相控制调压可以实现零电压开通 (zero voltage switch, ZVS), 不必外接 DC-DC 变换电路, 不仅减小了系统体积, 还减小了开关管带来的高频损耗。因此, 移相控制适用于对系统体积要求严格的应用场景。

移相控制开关管工作模式如图 6 所示, G_1 — G_4 对应图(1)中全桥逆变电路 4 个开关管 S_1 — S_4 的驱

动信号; α 为移相角; V_{dc-Y} 为采用移相控制时输入的直流电压。可以看出, t_0 — t_1 时段, S_1 、 S_3 开通, S_2 、 S_4 关断, 所以 U_1 为 0; t_1 — t_2 时段, S_1 、 S_4 开通, S_2 、 S_3 关断, 所以 U_1 为 V_{dc-Y} ; t_2 — t_3 时段, S_2 、 S_4 开通, S_1 、 S_3 关断, 所以 U_1 为 0; t_3 — t_4 时段, S_2 、 S_3 开通, S_1 、 S_4 关断, 所以 U_1 为 $-V_{dc-Y}$ 。因此, 通过改变移相角 α 的大小即可改变发射端电压有效值。采用移相控制之后发射端电压有效值始终小于输入直流电压值, 即只能对输入直流电压进行减小调节。

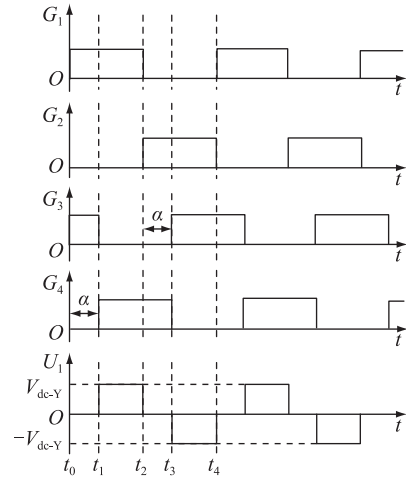


图 6 开关管工作模式

Fig.6 Switch tube working mode

P_0 关于 α 的表达式为:

$$P_0 = \frac{(\omega M)^2 R_L}{[(\omega M)^2 + R_1(R_L + R_2)]^2} \times \left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{dc-Y} \cos \frac{\alpha}{2} \right)^2 \quad (11)$$

图 7 为 P_0 与 α 的关系, α 越大, P_0 越小, 且 R_L 越大时这一现象越明显。因此, 当 R_L 发生变化时, 可通过调节 α 的大小来稳定输出功率。

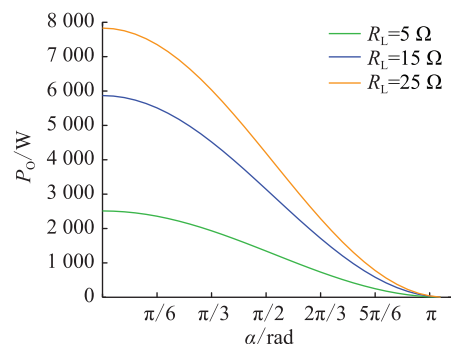


图 7 P_0 与 α 的关系

Fig.7 The relationship between P_0 and α

移相控制恒功率输出控制原理如图 8 所示。同样利用反射阻抗识别当前功率值 P'_0 , 根据 P'_0 与规定恒定值 P_0^* 的大小关系来调节 α : 若 $P'_0 > P_0^*$, 则减小 α ; 若 $P'_0 < P_0^*$, 则增大 α ; 相等时则 α 保持不变。最终

通过控制逆变电路开关管的工作模态来调节发射端电压有效值,从而稳定输出功率。

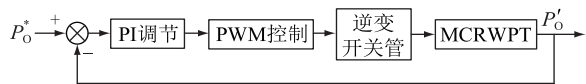


图8 移相控制的恒功率输出控制原理示意

Fig.8 Schematic diagram of constant power output control based on phase shift control

3 仿真结果及分析

为验证所提出的2种恒功率控制策略的可行性,按照图9所示结构,通过Matlab/Simulink搭建仿真模型。控制部分包含输出功率识别和输出功率控制两部分,利用反射阻抗原理识别输出功率,再通过调节 D 或 α 稳定输出功率。

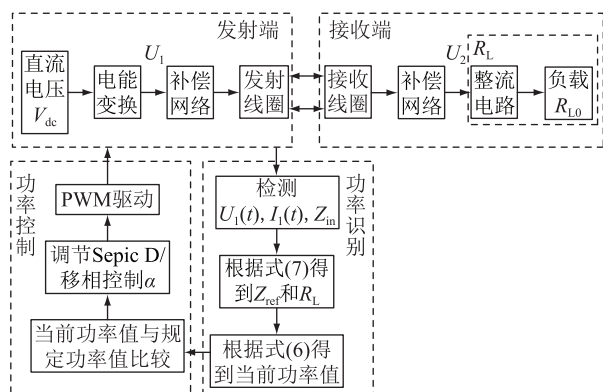


图9 恒功率控制系统结构

Fig.9 Structure of constant power control system

按照电动汽车通用充电频率,设定系统频率为85 kHz,输出功率要求稳定在1 kW左右,且误差不超过5%。在电能传输过程中,调节 R_{L0} 的值分别为5 Ω ,8 Ω ,11 Ω ,14 Ω ,17 Ω ,20 Ω ,23 Ω ,26 Ω ,并观察当 R_{L0} 变化时 P_o 的变化情况,系统具体仿真参数如表1所示。

表1 系统仿真参数

Table 1 System simulation parameters

参数	数值	参数	数值
$L_1, L_2/\mu\text{H}$	70.1	f_0/kHz	85
$C_1, C_2/\text{nF}$	50	$M/\mu\text{H}$	7
$V_{\text{dc-S}}/\text{V}$	50	$R_1, R_2/\Omega$	0.2
$V_{\text{dc-Y}}/\text{V}$	100		

Sepic 电路能够调节电压增大或减小,而移相控制只能减小电压,因此设定 Sepic 电路输入直流电压 $V_{\text{dc-S}}$ 为50 V,采用移相控制时的输入直流电压 $V_{\text{dc-Y}}$ 为100 V。

图10为采用Sepic电路调压控制时 P_o 随着 R_{L0}

变化的仿真结果。可以看出,未加入控制回路时, P_o 随 R_{L0} 增大而增大;加入控制回路后, P_o 可以很好地稳定在规定值(1 kW)。 R_{L0} 为5 Ω ,8 Ω ,11 Ω ,14 Ω ,17 Ω ,20 Ω ,23 Ω ,26 Ω 时,对应的 D 分别为58.5%,53.4%,50.2%,47.9%,46.2%,44.9%,43.8%,42.8%。随着 R_{L0} 的增加,所需占空比减小,这与2.1节中的理论分析一致。

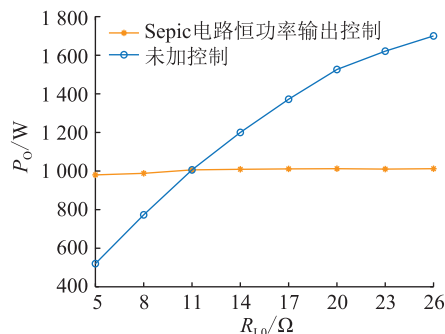


图10 Sepic 电路恒功率输出控制仿真结果

Fig.10 Simulation results of constant power output control based on Sepic circuit

图11为采用移相控制调压仿真结果。可以看出,采用移相控制同样能使 P_o 很好地稳定在规定值(1 kW)。 R_{L0} 为5 Ω ,8 Ω ,11 Ω ,14 Ω ,17 Ω ,20 Ω ,23 Ω ,26 Ω 时对应的 α 分别为86.4°,105.3°,108°,120.6°,124.2°,126°,127.8°,129.6°。随着 R_{L0} 的增加,移相角减小,这与2.2节中的理论分析一致。

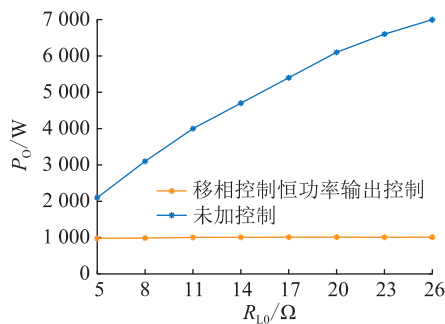


图11 移相控制恒功率输出控制仿真结果

Fig.11 Simulation results of constant power output control based on phase shift control

从仿真结果来看,输出功率对于负载电阻的变化较为敏感,当负载发生变化时,若不加入有效的控制方法,输出功率将会产生较大的波动。文中所提2种恒功率控制策略均能有效稳定输出功率。

4 结语

文中对MCRWPT系统S/S模型进行理论分析,给出了输出功率与发射端电压、负载电阻的关系。针对无线充电过程中负载阻值变化引起的功率波动,提出Sepic电路和移相控制2种恒功率输出控

制策略。仿真结果表明,所提出的控制方法能使输出功率稳定在规定值。此外,基于文中研究基础,可在今后的研究中结合其他系统参数对输出功率的影响,提出能够适应更多应用场景的恒功率控制策略。

本文得到四川省电力电子节能技术与装备重点实验室资助项目(SZJJ2016-049),西华大学自然科学基金重点基金资助项目(z1620906)资助,谨此致谢!

参考文献:

- [1] SUN K, FAN R H, ZHANG X H, et al. Correction: an overview of metamaterials and their achievements in wireless power transfer[J]. *Journal of Materials Chemistry C*, 2018, 6(15): 4328.
- [2] 黄学良, 王维, 谭林林. 磁耦合谐振式无线电能传输技术研究动态与应用展望[J]. *电力系统自动化*, 2017, 41(2): 2-14, 141.
HUANG Xueliang, WANG Wei, TAN Linlin. Technical progress and application development of magnetic coupling resonant wireless power transfer[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2017, 41(2): 2-14, 141.
- [3] SHI J G, LI D J, YANG C J. Design and analysis of an underwater inductive coupling power transfer system for autonomous underwater vehicle docking applications[J]. *Journal of Zhejiang University SCIENCE C*, 2014, 15(1): 51-62.
- [4] DING X K. Design and optimization of inductive wireless power transmission system[J]. *Modern Electronic Technology*, 2018, 2(1): 15.
- [5] GAVAN J, TAPUCHI S. Microwave wireless-power transmission to high-altitude-platform systems[J]. *Ursi Radio ence Bulletin*, 2017, 83(3): 25-42.
- [6] 范兴明, 高琳琳, 莫小勇, 等. 无线电能传输技术的研究现状与应用综述[J]. *电工技术学报*, 2019, 34(7): 1353-1380.
FAN Xingming, GAO Linlin, MO Xiaoyong, et al. Overview of research status and application of wireless power transmission technology[J]. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 2019, 34(7): 1353-1380.
- [7] 边俊, 潘庭龙, 吴定会. 非对称磁耦合谐振无线电能传输系统效率优化[J]. *电源学报*, 2019, 17(1): 80-86.
BIAN Jun, PAN Tinglong, WU Dinghui. Efficiency optimization of asymmetrical magnetic coupled resonant wireless power transfer system[J]. *Journal of Power Supply*, 2019, 17(1): 80-86.
- [8] ZHANG Y M, ZHAO Z M, LU T. Quantitative analysis of system efficiency and output power of four-coil resonant wireless power transfer[J]. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 2015, 3(1): 184-190.
- [9] LEE J, SONG K S, CHOI J. Design of a side-shielded wireless power transfer coil to achieve insensitivity against the human body effect[J]. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2016, 58(5): 1169-1173.
- [10] YE Z H, SUN Y, DAI X, et al. Energy efficiency analysis of U-coil wireless power transfer system[J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2015; 1.
- [11] LIU X, CLARE L, YUAN X B, et al. A design method for making an LCC compensation two-coil wireless power transfer system more energy efficient than an SS counterpart[J]. *Energies*, 2017, 10(9): 1346.
- [12] FENG H, CAI T, DUAN S X, et al. An LCC-compensated resonant converter optimized for robust reaction to large coupling variation in dynamic wireless power transfer[J]. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2016, 63(10): 6591-6601.
- [13] 王成亮, 崔恒志, 水为涟, 等. 双向无线电能传输系统小体积副边补偿网络参数设计方法[J]. *电测与仪表*, 2020, 57(8): 31-37.
WANG Chengliang, CUI Hengzhi, SHUI Weilian, et al. Parameter design method of small-volume secondary compensation network for bi-directional wireless power transmission system[J]. *Electrical Measurement & Instrumentation*, 2020, 57(8): 31-37.
- [14] 苏玉刚, 吴学颖, 赵鱼名, 等. 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[J]. *电工技术学报*, 2019, 34(14): 2874-2883.
SU Yugang, WU Xueying, ZHAO Yuming, et al. Parameter optimization of electric-field coupled wireless power transfer system with complementary symmetric LCC resonant network[J]. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 2019, 34(14): 2874-2883.
- [15] 王懿杰, 姚友素, 刘晓胜, 等. 无线电能传输用 S/CLC 补偿拓扑分析[J]. *电工技术学报*, 2017, 32(22): 34-41.
WANG Yijie, YAO Yousu, LIU Xiaosheng, et al. Analysis on S/CLC compensation topology for wireless power transfer[J]. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 2017, 32(22): 34-41.
- [16] 董纪清, 杨上苹, 黄天祥, 等. 用于磁耦合谐振式无线电能传输系统的新型恒流补偿网络[J]. *中国电机工程学报*, 2015, 35(17): 4468-4476.
DONG Jiqing, YANG Shangping, HUANG Tianxiang, et al. A novel constant current compensation network for magnetically-coupled resonant wireless power transfer system [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2015, 35(17): 4468-4476.
- [17] TAN L L, GUO J P, HUANG X L, et al. Coordinated source control for output power stabilization and efficiency optimization in WPT systems[J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2018, 33(4): 3613-3621.
- [18] HUANG S D, LI Z Q, LU K Y. Frequency splitting suppression method for four-coil wireless power transfer system[J]. *IET Power Electronics*, 2016, 9(15): 2859-2864.
- [19] HUH S, AHN D. Two-transmitter wireless power transfer with optimal activation and current selection of transmitters [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2018, 33(6): 4957-4967.
- [20] SCHORMANS M, VALENTE V, DEMOSTHENOUS A. Frequency splitting analysis and compensation method for inductive wireless powering of implantable biosensors[J]. *Sensors*

- (Basel, Switzerland), 2016, 16(8): 1229.
- [21] TAN P A, HE H B, GAO X P. A frequency-tracking method based on a SOGI-PLL for wireless power transfer systems to assure operation in the resonant state[J]. Journal of Power Electronics, 2016, 16(3): 1056-1066.
- [22] 赵禹, 杨仕友. 无线电能传输系统的频率跟踪技术与控制方法[J]. 电机与控制学报, 2020, 24(9): 22-29.
ZHAO Yu, YANG Shiyu. Frequency tracking and controlling of wireless power transfer system[J]. Electric Machines and Control, 2020, 24(9): 22-29.
- [23] 刘宝, 俞国新, 孙天奎, 等. 分布式仲裁机制在直流无线电能传输系统中的应用[J]. 供用电, 2021, 38(1): 25-31, 47.
LIU Bao, YU Guoxin, SUN Tiankui, et al. Application of distributed arbitration mechanism in DC wireless power transmission system[J]. Distribution & Utilization, 2021, 38(1): 25-31, 47.
- [24] 刘登伟, 周坤卓, 刘野然, 等. 基于双拾取结构的恒功率输出动态无线电能传输系统研究[J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(13): 3899-3907.
LIU Dengwei, ZHOU Kunzhuo, LIU Yeran, et al. Research on constant output power based on double pick-up in dynamic wireless power transfer system[J]. Proceedings of the CSEE, 2019, 39(13): 3899-3907.
- [25] 徐宁博, 孙德, 窦祥. SEPIC 变换器的原理分析与建模[J]. 电子测量技术, 2018, 41(8): 42-45.
XU Ningbo, SUN De, DOU Xiang. SEPIC converter principle analysis and modeling[J]. Electronic Measurement Technology, 2018, 41(8): 42-45.
- [26] 赵世伟, 高双, 丁杰. 基于 Sepsic 的单开关高增益 DC/DC 变换器[J]. 电机与控制学报, 2021, 25(6): 82-90.
ZHAO Shiwei, GAO Shuang, DING Jie. High step up DC/DC converter based on Sepsic with a single switch[J]. Electric Machines and Control, 2021, 25(6): 82-90.

作者简介:



魏金成

魏金成(1966),男,硕士,教授,研究方向为大功率智能型电源、智能控制技术及应用、电力电子技术与电气传动控制(E-mail:jq-ss1009@163.com);

廖师师(1995),女,硕士在读,研究方向为无线电能传输;

邱晓初(1964),男,博士,副教授,研究方向为电力电子与电力传动、电能质量控制、人工智能及模式识别。

Constant power output characteristics of resonant wireless power transmission system

WEI Jincheng, LIAO Shishi, QIU Xiaochu, LEI Hongcheng, LUO Le, XIE Qihong
(College of Electrical and Electronic Information, Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: In the process of wireless charging, the fluctuation of output power is caused by the change of battery resistance, which shortens the battery life and affects the safety of charging. For the magnetic coupling resonance type wireless power transmission variable load system, the control circuit is usually added at the receiving end to stabilize the output power, but it expands the volume of the electrical equipment. Therefore, two constant power control strategies based on the principle of reflected impedance are proposed in the article, namely Sepsic circuit constant power output control strategy and phase shift control constant power output control strategy. Firstly, the influence of load resistance on the output power is analyzed. Secondly, the relationship between the duty cycle of the Sepsic circuit drive signal and the output power, and the relationship between the phase shift angle of the drive signal and the output power in the phase shift control are deduced respectively. The principle of the constant power control strategy in the article is given. Finally, a simulation model is built through Matlab/Simulink to verify the correctness of the theoretical analysis and the proposed control strategies. The simulation results show that both control strategies can effectively achieve constant power output.

Keywords: magnetic coupling resonance; wireless power transfer; constant power; Sepsic circuit; phase shift control; phase shift angle

(编辑 钱悦)