

DOI: 10.12158/j.2096-3203.2019.06.024

基于 DC/DC 电路的无线充电系统功率稳定控制方法

杨晓梅¹, 王金虎², 费益军¹, 翟学锋², 王成亮², 张铭³

(1. 国网江苏省电力有限公司, 江苏 南京 210024; 2. 江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102; 3. 东南大学电气工程学院, 江苏 南京 210096)

摘要:在无线电能传输系统中,负载的接收功率对发射线圈与接收线圈之间的互感与负载阻值的变化比较敏感,当接收线圈与发射线圈之间出现偏移或负载等效阻抗变化时,需要通过有效的控制方法较快地保持负载接收功率基本稳定。文中在分析次级侧包含 DC/DC 电路的无线电能传输系统结构的基础上,给出了互感与负载电压、负载电流之间的关系,并推导出了 DC/DC 电路的占空比与负载接收功率之间的关系;然后提出通过检测负载电压、电流,调节 DC/DC 电路的输出功率稳定控制策略;最后,通过 Matlab/Simulink 仿真以及样机实验,验证了文中理论分析与控制策略的有效性和正确性。

关键词:无线电能传输;功率稳定;DC/DC 电路;位置偏移;等效阻抗

中图分类号:TM72

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)06-0173-06

0 引言

无线电能传输技术(wireless power transfer, WPT)是目前电气工程领域最活跃的热点研究方向之一,已得到国内外很多学者和科研机构的重点关注。WPT 较好地解决了有线供电存在的易产生接触火花、可移动性差、环境适应差等问题,目前已在便携式电子设备、智能家居、无人机、巡检机器人、电动汽车、水下设备等方面得到了应用^[1-7]。无线电能传输系统中的耦合系数和负载阻抗一般不确定,且在应用中会发生变化,而这 2 个参数对输出功率影响显著。因此,当接收线圈与发射线圈之间出现偏移或负载等效阻抗发生变化时,为保证系统输出功率基本稳定,需要采取稳定输出功率的控制措施^[8-9]。

目前,已经有很多方法致力于实现该目标,比如磁耦合机构优化、供电电源电压控制、多发射线圈协调控制等^[10-13]。文献[14]提出一种用于空间无线电能传输的新型耦合机构,可以实现多自由度能量均匀传输,为负载提供较为稳定的功率。为实现无线电能的多自由度拾取,文献[15]提出一种采用三维偶极线圈的无线电能系统多自由度拾取机构,引出拾取线圈输出组合方式的讨论,证明拾取机构在任意旋转下可得到较为稳定的输出电压与功率。文献[16]提出利用双电源,采取协调控制的方法解决功率波动问题。文献[17]通过优化补偿拓扑和磁耦合机构来提高系统的输出功率稳定性。

文献[18]推导了最佳耦合系数,并提出了提高系统输出功率稳定性的方法。文献[19]采用等效电路理论对串并式结构进行了研究,推导出一般形状接收线圈与矩形导轨之间的互感计算公式。

文中创新性地提出了一种通过负载电流、电压检测来调节 DC/DC 电路的功率稳定控制策略。首先对 S-S 补偿拓扑、次级侧包含 Buck-Boost 电路的无线电能传输系统进行分析,推导出了互感与负载电压、电流的关系,Buck-Boost 电路占空比与负载功率的关系。然后提出输出功率稳定控制方法,该方法通过检测负载电流、负载电压,控制 Buck-Boost 电路占空比来实现输出功率的稳定,这种控制方法不仅可以输出较为稳定的功率,而且不需要初、次级侧之间的实时通信,响应速度较快。最后,通过仿真以及实验,证明在所提控制策略下,接收线圈与发射线圈发生偏移或者负载阻值发生变化时,输出功率都具有较好的稳定性。

1 无线电能传输系统输出功率特性分析

系统补偿拓扑采用 S-S 结构,次级侧包含 DC/DC 电路的无线电能传输系统如图 1 所示。其中 DC/DC 电路为 Buck-Boost 电路,该电路的等效阻抗 Z_d 如式(1)所示。

$$Z_d = R_L \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right)^2 \quad (1)$$

式中: R_L 为负载阻抗; α 为 DC/DC 电路占空比。

在无线电能传输系统中,常采用图 1 所示的整流滤波电路(全桥整流电路,电容滤波)将接收线圈得到的高频交流电整流滤波后传输给 DC/DC 电

收稿日期:2019-06-21;修回日期:2019-08-13

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51877036)

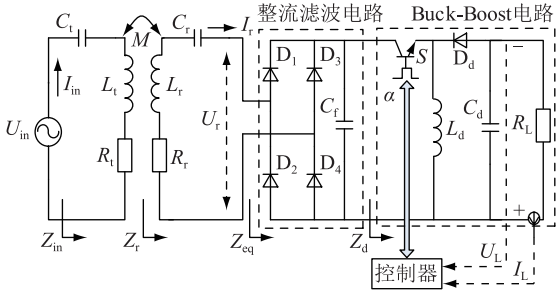


图1 次级侧包含 DC/DC 电路的无线电能传输系统电路

Fig. 1 Schematic diagram of a WPT system with DC/DC converter on the secondary side

路。整流滤波电路与 Buck-Boost 电路的等效阻抗 Z_{eq} 如式(2)所示,因此有 $Z_{eq} \propto 1/\alpha^{[20]}$ 。

$$Z_{eq} = \frac{8}{\pi^2} R_L \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right)^2 \quad (2)$$

假设工作频率为 f_0 ,当系统处于谐振状态时,系统工作角频率 $\omega = 2\pi f_0 = 1/\sqrt{L_1 C_1} = 1/\sqrt{L_2 C_2}$,其中, L_1 与 L_2 分别为发射线圈与接收线圈的电感; C_1 与 C_2 分别为发射线圈与接收线圈的补偿电容。则反射阻抗 Z_{ref} 为:

$$Z_{ref} = \frac{\omega^2 M^2}{R_r + Z_{eq}} \quad (3)$$

式中: M 为发射线圈与接收线圈之间的互感; R_r 为接收线圈的内阻。

由式(3)可得系统的输入阻抗 Z_{in} 为:

$$Z_{in} = R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_r + Z_{eq}} \quad (4)$$

式中: R_1 为发射线圈的内阻。

由式(4)可得到发射线圈的电流 I_{in} 为:

$$I_{in} = U_{in} / \left(R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_r + Z_{eq}} \right) \quad (5)$$

式中: U_{in} 为电源电压。通过互感理论可得到整流滤波电路输入侧的电流 I_r 为:

$$I_r = \frac{j\omega M U_{in}}{\left(R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_r + Z_{eq}} \right) (R_r + Z_{eq})} \quad (6)$$

那么,由式(2)可得整流滤波电路输入侧的电压 U_r 为:

$$U_r = \frac{j\omega M U_{in} Z_{eq}}{\left(R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_r + Z_{eq}} \right) (R_r + Z_{eq})} \quad (7)$$

由电源输入电压 U_{in} 的有效值可得到 U_r 的最大值 $U_{r,max}$ 为:

$$U_{r,max} = \frac{\sqrt{2} \omega M U_{in} Z_{eq}}{\left(R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_r + Z_{eq}} \right) (R_r + Z_{eq})} \quad (8)$$

根据电容滤波的整流滤波电路特性可得到其输出电压 U_d 为:

$$U_d = \frac{\pi \omega M Z_{eq} U_{in}}{2\sqrt{2} \left(R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_r + Z_{eq}} \right) (R_r + Z_{eq})} \quad (9)$$

令:

$$\gamma = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (10)$$

由式(9)可得负载电压 U_L 与负载电流 I_L 为:

$$U_L = \frac{\gamma \omega M U_{in} R_L}{R_1 (R_r + \gamma^2 R_L) + \omega^2 M^2} \quad (11)$$

$$I_L = \frac{\gamma \omega M U_{in}}{R_1 (R_r + \gamma^2 R_L) + \omega^2 M^2} \quad (12)$$

再令:

$$\beta = R_1 R_r / \omega^2 M^2 \quad (13)$$

可得到负载接收功率 P_L 的表达式为:

$$P_L = \frac{U_{in}^2}{\frac{\gamma^2 \beta R_1 R_L}{R_r} + \frac{R_1 R_r (\beta + \beta^{-1} + 2)}{\gamma^2 R_L} + 2R_1 (1 + \beta)} \quad (14)$$

由式(14)可知,当式(15)成立时, P_L 为最大值,其最大功率 P_{max} 及相应的最优负载 R_{Lo} 分别为式(16)和式(17)。

$$\frac{\gamma^2 \beta R_1 R_L}{R_r} = \frac{R_1 R_r (\beta + \beta^{-1} + 2)}{\gamma^2 R_L} \quad (15)$$

$$P_{max} = \frac{U_{in}^2}{4R_1 (1 + \beta)} \quad (16)$$

$$R_{Lo} = \frac{R_r (1 + 1/\beta)}{\gamma^2} \quad (17)$$

若负载阻值不变,由式(17)可得该负载对应的最优互感 M_o 为:

$$M_o = \sqrt{\gamma^2 R_1 R_L - R_1 R_r} / \omega \quad (18)$$

由式(16)可知,由于 β 大于 0,因此最大输出功率满足 $P_{max} < U_{in}^2 / 4R_1$ 。

对于 2 个不同的互感值 M_1 与 M_2 ,当 α 保持不变,若 $M_1 < M_2$,由式(14)可描绘出功率关于负载阻值的特性曲线,如图 2(a)所示;对于 2 个不同的负载值 R_{L1} 与 R_{L2} ,若 $R_{L1} < R_{L2}$,由式(14)可描绘出功率关于互感的特性曲线,如图 2(b)所示。由图 2 可见:(1) 互感值越大,最大输出功率越大;(2) 互感

值越大,最优负载阻抗值越大;(3) 负载阻抗越大,最大输出功率越大;(4) 负载阻抗越大,相对应的互感最优值越大。

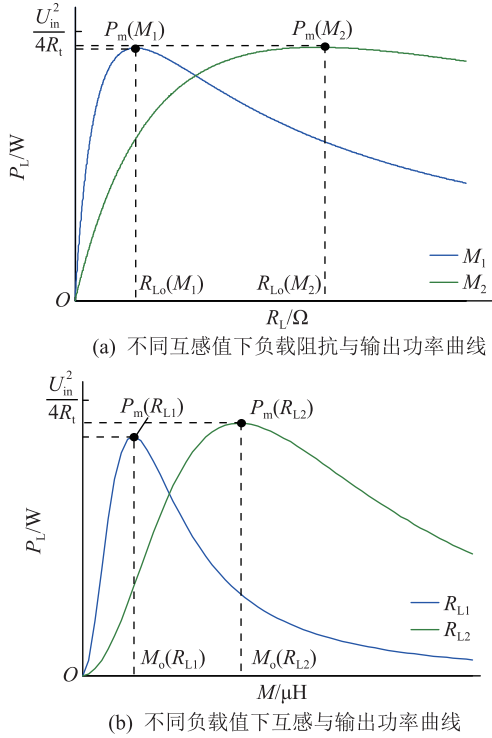


图2 输出功率曲线

Fig.2 Curves of output power

由式(17)可得到能够使系统处于最大功率运行状态对应的占空比 α_m 需满足:

$$\alpha_m = 1 / \left[\pi \sqrt{\frac{R_r(1 + \beta^{-1})}{8R_L}} + 1 \right] \quad (19)$$

因此,若系统次级侧采用 DC/DC 电路,当负载阻抗变化时,通过调节 α 的值,理论上负载最大输出功率可以保持不变。当互感值变化时,理论上输出功率会随着互感值的增大以较小幅度的增大,可作出输出功率与负载、互感的三维关系如图 3 所示。

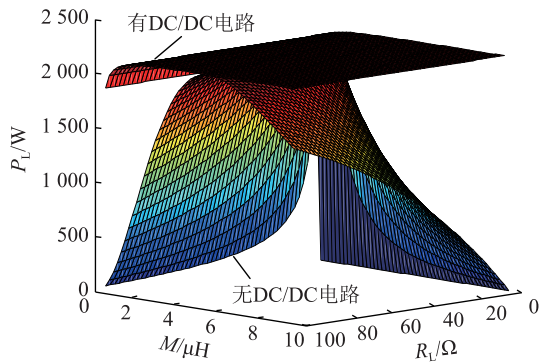


图3 输出功率与负载和互感的三维关系

Fig. 3 Three-dimensional diagram of output power with load resistance and mutual inductance

2 输出功率稳定控制方法

接收线圈与发射线圈之间出现偏移或负载等效阻抗发生变化,即参数 M 与 R_L 改变,会直接影响系统输出功率的稳定性。当前无线充电系统功率稳定控制策略主要在原、副边进行实时可靠通信的情况下调控,但是其响应速度较慢。文中改进了现有无线充电系统的控制方法,使充电功率在较小范围内波动以满足无线充电功率的需求。所述功率稳定控制方法只在次级侧进行调控,不需要初、次级双方实时通信。即使负载位置出现偏移,系统也能输出较为稳定的功率,该方法适用于宽偏移范围的应用场合。

设 U_{in}, R_L, R_r, f_0 , 负载需求功率 P_d, α 初始值已知,整流滤波电路与 DC/DC 电路的总效率为 η_d ,则有 $P_L = P_d / \eta_d$ 。根据实时检测到的负载电流 I_L 与负载电压 U_L 的数据,由式(11)、式(12)和式(14)计算得到实时互感 M 值与响应负载功率需求占空比 α 分别为:

$$M_{1,2} = \frac{\gamma U_{in} \pm \sqrt{\gamma^2 \left(U_{in}^2 - \frac{\pi^2 I_L^2 R_L R_r}{2} \right) - 4 I_L^2 R_L R_r}}{2 \omega I_L} \quad (20)$$

$$\alpha_{1,2} = \frac{\pi^{-1}}{\sqrt{\frac{R_r(\theta - \mu \pm \sqrt{\theta^2 - 2\mu\theta})}{16\beta R_L R_r}} + 1} \quad (21)$$

其中:

$$\theta = \eta_d U_{in}^2 / P_d \quad (22)$$

$$\mu = 2R_L(1 + \beta) \quad (23)$$

由式(20)可知,理论上每个 α 值有 2 个互感与之对应,但实际上只有一个正确,为识别系统的真实互感值,文中提出基于负载检测的互感识别方法。由式(21)可知,理论上每个 P_d 有 2 个 α 值与之对应,应选择较优的一个作为控制的输出。

在系统实施文中控制方法之前,系统可能处于 4 种情况,如图 4 所示。(1) 区域①:负载实时功率小于需求功率,负载阻抗小于最优阻抗;(2) 区域②:负载实时功率大于需求功率,负载阻抗小于最优阻抗;(3) 区域③:负载实时功率大于需求功率,负载阻抗大于最优阻抗;(4) 区域④:负载实时功率小于需求功率,负载阻抗大于最优阻抗。

对于区域①中的情况,需要控制 DC/DC 电路使得等效阻抗增大,然后负载功率会增大至需求功率;对于区域②中的情况,需要控制 DC/DC 电路使

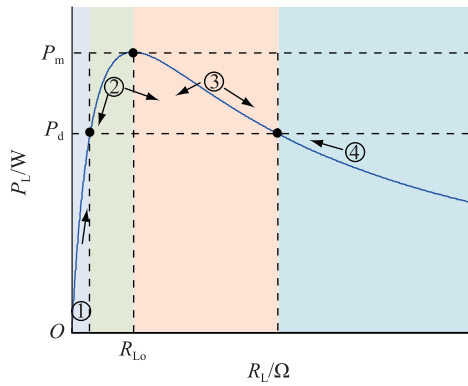


图4 系统输出功率的4种状态

Fig.4 Four states of the system output power

得等效阻抗减小或增大,然后负载功率会减小至需求功率;对于区域③中的情况,需要控制 DC/DC 电路使得等效阻抗增大或减小,然后负载功率会减小至需求功率;对于区域④中的情况,需要控制 DC/DC 电路使得等效阻抗减小,然后负载功率会增大至需求功率。为实现上述控制效果,该控制方法的具体流程如图 5 所示。

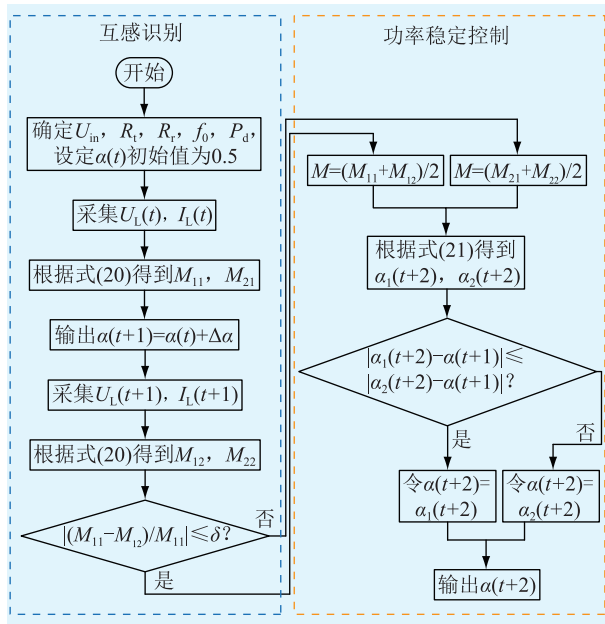


图5 功率稳定控制流程

Fig.5 Flow chart of power stability control method

所提控制方法主要包含 2 个部分:互感识别与功率稳定控制。互感识别方法的流程如下:

(1) 采集占空比初始值对应的负载电压、电流值,可计算此时对应的 2 个互感值 M_{11} 和 M_{21} 。

(2) 占空比以一定步长进行改变,采集改变后对应的负载电压、电流值,并计算对应的 2 个互感值 M_{12} 和 M_{22} 。

(3) 判断 M_{11}, M_{12} 是否满足 $|(M_{11}-M_{12})/M_{11}| \leq \delta$ (δ 为一较小的数值),若满足,则认为 $M = (M_{11} +$

$M_{12})/2$;若不能满足,则认为 $M = (M_{21} + M_{22})/2$,互感识别结束。

输出功率稳定控制方法流程如下:

(1) 根据得到的互感值 M 计算得到 2 个占空比 $\alpha_1(t+2), \alpha_2(t+2)$ 的值。

(2) 判断是否满足 $|\alpha_1(t+2) - \alpha(t+1)| \leq |\alpha_2(t+2) - \alpha(t+1)|$,若满足,令 $\alpha(t+2) = \alpha_1(t+2)$ 并输出至控制器;若不能满足,令 $\alpha(t+2) = \alpha_2(t+2)$ 并输出至控制器。

3 实验验证

为了证明所提功率稳定控制策略的可行性,文中在 Matlab/Simulink 仿真软件中按照图 1 所示的原理图及图 6 所示的框图搭建了采用 S-S 补偿拓扑、次级侧为 Buck-Boost 电路的无线电能传输系统,并搭建了实验验证平台。

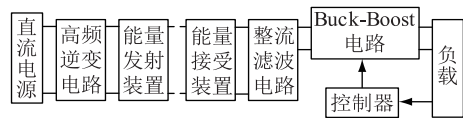


图6 无线电能传输系统框图

Fig.6 Block diagram of WPT system

无线电能传输系统的输入为一可调直流电源,输出电压设为 30 V 并保持不变,该直流电经过全桥逆变电路变换为高频交流电,设定系统工作频率为 85 kHz。发射线圈与接收线圈采用矩形结构,其尺寸结构如图 7 所示,发射线圈与接收线圈以及相对应的补偿电容参数如表 1 所示。次级侧接收线圈将得到的电能经过整流滤波电路变换为直流电,该直流电再经过 Buck-Boost 电路进行调压,最后连接到负载。

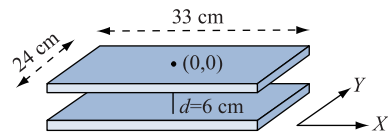


图7 发射线圈与接收线圈的尺寸示意

Fig.7 Schematic diagram of the size of transmitting coil and receiving coil

表1 线圈与补偿电容参数

Table 1 Parameters of the coils and compensation capacitor

参数	数值	参数	数值
$L_1/\mu\text{H}$	40.4	$R_1/m\Omega$	35.1
$C_1/n\text{F}$	87.7	$L_2/\mu\text{H}$	40.1
$R_2/m\Omega$	39.2	$C_2/n\text{F}$	87.1

当负载阻值为 5Ω 时,文中基于多次实验,假设整流滤波电路与 DC/DC 电路的总效率为 $\eta_d =$

0.9,测试接收线圈与发射线圈发生纵向偏移(Y方向)时负载功率的变化趋势。当纵向偏移从-12.5 cm到12.5 cm变化时,负载功率的仿真值与实验值曲线如图8所示。

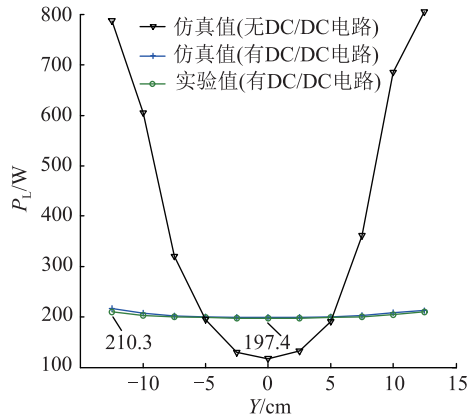


图8 接收线圈与发射线圈在不同偏移时的输出功率曲线
Fig.8 Output power curves at different offsets between the receiving coil and the transmitting coil

由图8可知,接收线圈与发射线圈的纵向偏移率从0到超过50%时,不增加DC/DC电路或其他控制时,负载的接收功率波动非常大。采用文中提出的基于DC/DC电路的功率稳定控制策略后,负载的接收功率从最小值197.4 W波动至210.3 W,具有±5%左右的稳定率,证明了该控制策略的有效性。

对于类似电池负载来说,在充电过程中等效阻抗会发生变化,因此,需验证不同阻值的负载在文中控制策略下能否保证功率的稳定性。保持接收线圈与发射线圈无偏移,测试在负载变化时负载功率的变化趋势。当负载阻值从1~10 Ω变化时,负载功率仿真值与实验值曲线见图9。

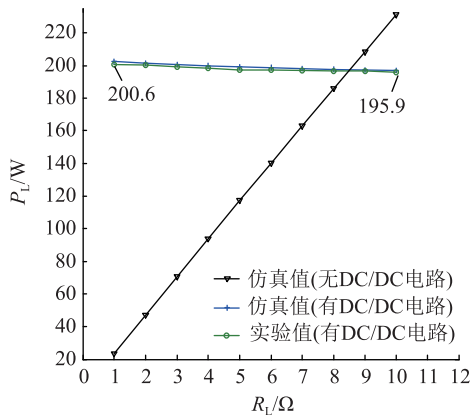


图9 不同阻值负载下的输出功率曲线
Fig.9 Output power curves at different resistance values

由图9可知,当负载阻值从1~10 Ω变化时,若不增加DC/DC电路或其他控制方法,负载功率变化非常大,与负载阻值近似呈线性关系。采用文中

提出的基于DC/DC电路的功率稳定控制策略后,负载接收功率的最小值与最大值分别为195.9 W和200.6 W,变化范围较小,证明了文中控制策略对于等效阻抗可变的负载具有较强的功率稳定效果。

4 结语

文中针对S-S补偿拓扑、次级侧包含DC/DC电路的无线电能传输系统进行了电路分析,推导出了DC/DC电路占空比与输出功率之间的关系;提出了通过检测负载电压、负载电流,调节DC/DC电路占空比的输出功率稳定控制方法。最后,通过仿真以及实验,验证了在文中控制方法下,接收线圈与发射线圈出现偏移以及负载阻值发生变化后,系统输出功率能够保证基本稳定。文中结论可为电动汽车无线充电系统的输出功率稳定起到一定的指导作用。此外,基于文中研究基础,可在以后的研究中结合系统传输效率提出更加适用于实际应用的功率稳定控制方法。

参考文献:

- [1] LIU H. Dynamic wireless charging for inspection robots based on decentralized energy pickup structure[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2018, 14(4): 1786-1797.
- [2] MENG X. Output voltage stabilization control without secondary side measurement for implantable wireless power transfer system [C]//IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power Transfer (Wow), 2018.
- [3] WANG W. Power stabilization based on efficiency optimization for WPT systems with single relay by frequency configuration and distribution design of receivers[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2017, 32(9): 7011-7024.
- [4] 吴旭升,孙盼,杨深钦,等. 水下无线电能传输技术及应用研究综述[J]. 电工技术学报, 2019, 34(8): 1559-1568.
WU Xusheng, SUN Pan, YANG Shenqin, et al. Research review on underwater wireless power transfer technology and its application [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2019, 34(8): 1559-1568.
- [5] 范兴明,莫小勇,张鑫. 无线电能传输技术的研究现状与应用[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(10): 2584-2600.
FAN Xingming, MO Xiaoyong, ZHANG Xin. Research status and application of wireless power transfer technology [J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(10): 2584-2600.
- [6] 张波,疏许健,吴理豪,等. 无线电能传输技术亟待解决的问题及对策[J]. 电力系统自动化, 2019, 43(18): 1-20.
ZHANG Bo, SHU Xujian, WU Lihao, et al. Urgent problems and countermeasures of wireless power transfer technology [J]. Automation of Electric Power systems, 2019, 43(18): 1-20.
- [7] 李丹奇,郑建勇,史明明,等. 电动汽车充电负荷时空分布预测[J]. 电力工程技术, 2019, 38(1): 75-83.
LI Danqi, ZHENG Jianyong, SHI Mingming, et al. Prediction of

- time and space distribution of electric vehicle charging load [J]. *Electric Power Engineering Technology*, 2019, 38(1): 75-83.
- [8] CHOI S Y. Asymmetric coil sets for wireless stationary EV chargers with large lateral tolerance by dominant field analysis [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2014, 29(12): 6406-6420.
- [9] ZHU Q. Applying LCC compensation network to dynamic wireless EV charging system [J]. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2016, 63(10): 6557-6567.
- [10] KAN T. Integrated coil design for EV wireless charging systems using LCC compensation topology [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2018, 33(11): 9231-9241.
- [11] ESTEBAN B. A comparative study of power supply architectures in wireless EV charging systems [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2015, 30(11): 6408-6422.
- [12] LIU F. Modeling and optimization of magnetically coupled resonant wireless power transfer system with varying spatial scales [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2017, 32(4): 3240-3250.
- [13] NAN L. A novel resonant network for a WPT system with constant output voltage [C] // *IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI²)*, 2017.
- [14] 张国荣, 赵鑫, 昌锋, 等. 一种用于空间无线电能传输的耦合机构设计 [J]. *电力电子技术*, 2019, 53(6): 27-30.
ZHANG Guorong, ZHAO Xin, CHANG Feng, et al. Design of a coupling mechanism for space wireless power transfer [J]. *Power Electronics Technology*, 2019, 53(6): 27-30.
- [15] 冯天旭, 王智慧, 孙跃, 等. 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 [J]. *电力系统自动化*, 2018, 42(23): 99-107.
FENG Tianxu, WANG Zhihui, SUN Yue, et al. Multi-degree-of-freedom pickup mechanism of wireless power transfer system using three-dimensional dipole coil [J]. *Automation of Electric Power System*, 2018, 42(23): 99-107.
- [16] TAN L. Coordinated source control for output power stabilization and efficiency optimization in WPT systems [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2018, 33(4): 3613-3621.
- [17] YANG G. Power stability optimization method of wireless power transfer system against wide misalignment [C] // *Transportation Electrification Asia-pacific*, 2017.
- [18] YAO Y. Analysis and design of an S/SP compensated IPT system to minimize output voltage fluctuation versus coupling coefficient and load variation [J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2018, 67(10): 9262-9272.
- [19] 赵靖英, 周思诺, 崔玉龙, 等. 磁耦合谐振串并式无线电能传输功率稳定性研究 [J]. *电工电能新技术*, 2018, 37(8): 17-26.
ZHAO Jingying, ZHOU Sinuo, CUI Yulong, et al. Research on the stability of magnetic coupling resonant series parallel radio energy transmission power [J]. *Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy*, 2018, 37(8): 17-26.
- [20] FU M. A cascaded Boost-Buck converter for high-efficiency wireless power transfer systems [J]. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2014, 10(3): 1972-1980.

作者简介:



杨晓梅

杨晓梅(1973),女,硕士,研究员级高级工程师,从事无线电能传输技术、电力电子技术在电力系统中的应用研究工作(E-mail: Yangxiaomei@js.sgcc.com.cn);

王金虎(1975),男,硕士,工程师,从事无线电能传输技术研究工作;

费益军(1978),男,硕士,研究员级高级工程师,从事无线电能传输技术、高电压技术研究工作。

Power stability control method of wireless power transfer system based on DC/DC circuit

YANG Xiaomei¹, WANG Jinhui², FEI Yijun¹, ZHAI Xuefeng², WANG Chengliang², ZHANG Ming³

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd., Nanjing 210024, China;

2. Jiangsu Fangtian Power Technology Co., Ltd., Nanjing 211102, China;

3. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: In the wireless power transfer (WPT) system, the received power of the load is sensitive to the change of mutual inductance and resistance. When there is deviation between the receiving coil and the transmitting coil or the change of load equivalent impedance, the received power of the load should be basically stable through effective control. Based on the analysis of the WPT system with DC/DC circuit in the secondary side, the relationship between mutual inductance and load voltage and current, as well as the relationship between duty cycle of DC/DC circuit and load power are given. The stable control strategy of output power by detecting load voltage and current and then adjusting DC/DC circuit is proposed. Finally, through Matlab/Simulink simulation and the establishment of the experimental platform, the paper verifies the effectiveness and correctness of the theoretical analysis and control strategy in this paper.

Keywords: WPT; power stability; DC/DC circuit; position deviation; equivalent impedance

(编辑 方晶)