

电动汽车充电站充电模式的研究

周臻昉

中国石油天然气股份有限公司宁夏销售分公司 宁夏 银川 750001

【摘要】本文就电动汽车集成式充电系统设计与应用以及电动汽车无线充电系统对电动汽车充电站充电模式进行了分析和探讨。

【关键词】电动汽车；充电站；充电模式

1.电动汽车充电站的系统功能有哪些？

1.电动汽车充电站的主要功能。电动汽车充电站的主要功能包括充电、监控以及计量；扩展功能包括电池更换、电池检测以及电池维护。

2.电动汽车充电站供电系统的功能。供电系统为电动汽车充电站的动力设备、监控系统以及办公场所等提供交流电源。供电系统不仅提供充电所需的电能，也是整个充电站正常运行的基础

3.电动汽车充电站充电系统的功能。充电系统是是整个充电站的核心部分，为电动汽车的动力电池补充充电提供符合技术要求的电源。

2.集成式充电系统模块电路设计

2.1.APFC 主电路结构设计

2.1.1 APFC 工作原理

APFC 电路主要由抑制电路和 Boost 升压电路构成，对充电机的交流输入电流进行功率校正，对于单相输入一般 PFC 电路输出的直流电压在 350~400V 之间。利用功率因数校正技术可以使交流输入电流的波形完全跟踪交流输入电压的波形呈纯正弦波形，并且和输入电压同相位。本文采用平均电流法控制进行功率因数校正，可使电路的失真率达到最小，能够更好地抑制电路的谐波电流的波动，并且可以采用连续导通模式（CCM）和非连续导通模式（DCM）。

针对采用平均电流控制的升压型 APFC 电路，一般需要对输入电压、电感电流和输出电压进行同时检测。控制框图中，主要由电压外环电路和电流表内环电路构成双闭环系统，外环电路主要提供电压控制信号，经过乘法器运算后作为内环的基准信号，并与输入电流进行比较，而后进入电流内环电路，然后再输出 PWM 波的电压信号控制功率 MOS 开关管的通断来调整电流波形，使输入电流波形紧跟输入电压波形。

2.1.2APFC 的主电路结构拓扑

该电路拓扑主要包含以下几个部分。

（1）输入过流保护熔断器，用于防止充电时输入电流过大而损坏后级电路。

（2）EMI 抑制电路，主要由 X 电容、Y 电容和共模电感等元器件组成，用于防止充电时充电机与电网之间的谐波影响，防止污染电网，目的是滤除所有电磁干扰对系统电路和其他电气设备之间的影响。

（3）软启/预充电电路，用于防止输入电路在上电瞬间冲击及浪涌电流过大而导致熔断器、电容器、整流桥等电路元件损坏或影响其使用寿命，以保证充电系统能够正常工作运行。

（4）整流电路，主要由整流桥组成，用于将交流市电转变为正弦半波直流电。

（5）基于 Boost 升压型的有源功率因素校正（APFC）电路，主要由 PFC 电感、电容、电阻、二极管、功率 MOS 开关管组成，用于直流升压和电流的相位跟随电压调整，以及为后级的 LLC 全桥变换电路提供稳定可靠的直流电能。同时 Boost 电路将电压升高后的优势是能够降低同功率下的电流，从而降低电路损耗和发热量，提高转换效率。

2.2.LLC 谐振变换模块设计

对于电动汽车的 OBC 模块而言，其 PFC 电路后级的变换电路中当前主流的方案是移相全桥直流变换器和 LLC 串联谐振全桥变换器。鉴于电动汽车的动力电池组的充电特性和充电系统高效率、大功率的应用要求，本文选择 LLC 串联谐振全桥 DC/DC 变换器的拓扑方案，因为其具有以下优点。

（1）可以增大开关频率来减小无源器件体积，提高功率密度。

（2）在全负载范围内功率开关管都能实现 ZVS 零电压开通，极大地降低了开关损耗。

（3）副边的整流二极管能实现 ZCS 关断，且不存在反向恢复问题。

（4）电压调节性能好，通过变压器可以进行电气隔离和升降压变换，输出电压宽范围。

(5) 能够更好地实现在恒流-恒压 (CC-CV) 模式的宽负载范围内的高效运行。

驱动信号的占空比取 49%，小于但接近于 50%，目的是在逆变桥臂切换的过程中保留一定的死区。D1~D4 和 C1~C4 为 MOS 管的寄生二极管和寄生电容，D4 和 D5 为副边的整流二极管。谐振电感 L_r 、谐振电容 C_r 和励磁电感 L_m 构成串联谐振网络， C_f 为滤波电容，原、副边通过高频变压器进行电气隔离。当开关频率 f_s 满足 $f_r < f_s < f_m$ 时，即可实现原边主开关管 ZVS 导通和副边整流二极管的 ZCS 关断工作。并且该部分电路采用基于 DSP 数字控制的 PFM+PWM 控制模式，即在宽范围输出电压的低压轻载段（高频段）采用 PWM 控制，在高压输出和负载大电流输出的区段（低频段）又切换为 PFM 控制，该控制方式可以良好地调节输出电压的作用。

3. 电动汽车的无线充电系统

3.1. 基本工作原理

为了实现从发射线圈到接收线圈的功率传输，交流电源从电网通过交流直流 (Alternating Current/Direct Current, AC/DC) 和直流交流 (DC/AC) 转换器被转换成高频 (High Frequency, HF) 交流电。为了提高整个系统的效率，在发射端和接收端都使用了基于串联和并联的补偿拓扑结构。

接收线圈通常安装在车辆下方，将振荡的磁通场转换为高频交流。然后，高频交流转换为稳定的直流电源，供车载电池使用。其中还包括电源控制、通信和电池管理系统 (Battery Management System, BMS)，以避免健康和安全问题并确保系统稳定运行。在发射器和接收器两侧都采用了磁性平面铁氧体板，以减少任何有害的泄漏磁通，并改善磁通分布。

3.2. 无线电力传输技术

3.2.1 CWPT 技术

CWPT 技术具有低成本和结构简单的特点，其使用先进的耦合电容的机械结构，有效应用于低功耗场景，如：便携式电子设备、手机充电器和旋转机器。在 CWPT 中，使用耦合电容器从源头向接收器传输能量，而非线圈或磁铁。主交流电压通过功率因数校正电路施加到 H

桥转换器。由 H 桥产生的高频交流电通过接收器一侧的耦合电容器吸收。与 IPT 不同的是，CWPT 在高电压和低电流环境下都能运行。为了减少谐振电路中发射端和接收端之间的阻抗，在耦合电容上串联了额外的电感。这种布置有助于电路中使用柔性切换技术。同样，利用整流器和滤波电路，将收到的交流电压转换为直流电，用于电池组或负载。对于空气间隙较小的应用场景，CWPT 表现了出色的性能，并在电容器的两块板之间形成更好的场约束。到目前为止，由于大气隙和高功率水平的要求，CWPT 在电动汽车上的应用受到限制。

3.2.2 MGWPT 技术

MGWPT 与 CWPT 和 IPT 都相对不同。在这种方法中，与其他基于同轴电缆的 WEVCS 相比，两个同步的永久磁铁 (Permanent Magnet, PM) 被并排放置在一起。作为电流源的主电源被施加到发射器绕组上，在初级永磁体上产生机械扭矩，随后，主永磁体旋转并通过机械相互作用在副永磁体上产生扭矩。在两个同步的永磁体中，初级永磁体作为发电机模式工作，次级永磁体接收电力并通过功率转换器和 BMS 将其输送到电池。研究人员开发了一个 1.6kW 的 MGWPT 实验模型，能够满足大约 150mm 的气隙距离。然而，这种技术在应用于静态和动态无线充电系统方面仍存在有许多挑战。有研究表明，在 150Hz 时，旋转器失去了同步速度，这大大影响了传输功率。需要不断调整速度，通过先进的反馈系统从电池侧到初级侧，以防止超过功率上限。

4. 结束语

对于个人电动汽车而言，在机场、超市、商厦及路边建设交流充电桩，利用车载充电机为车辆充电，也可以在小区内设立的充电站利用低谷电充电。

【参考文献】

- [1] 张坤, 赵韩. 基于参数调节的 SS 补偿电动汽车无线充电系统[C]//2015 中国汽车工程学会年会论文集. 北京: 中国汽车工程学会, 2015: 190-193.
- [2] 史佳兰, 蔡黎, 代妮娜, 等. 电动汽车磁耦合谐振无线充电系统研究发展综述[J]. 电池工业, 2022, 26(4): 190-192, 197.