

一种用于电动汽车充电器的改良型罗氏转换器



牛奕童*

安阳学院航空工程学院, 河南安阳, 455000

摘要: 随着电动汽车的发展, 更高的能量和电池效率成为了电动汽车制造商和消费者的主要关注点。电动车车载充电器的主要部件是 DC/DC 转换器。在电源开关 DC/DC 转换器中, 因为全桥的相位移位的存在, 开关要在零电压或零电流下工作, 而这导致了目前的一些问题。如随之而来的变压器两侧的电压变化, 这意味着其性能会有一些缺失。现代电动车充电器中通常会使用的功率因数校正转换器, 这使得在整个充电过程中实现了高性能和充分性的优势。所以本文设计了一个改良的罗氏转换器, 用来实现提高电动车充电的效率。罗氏转换器通常被用作从直流到直流的转换器, 在快速变化的线路电压下具有更好的电压调节能力。同时在这项工作中, 开发了一个改革后的独立的基于罗氏转换器的电动汽车充电器。为了抑制电压振荡, 在高频变压器的初级侧连接了两个装置, 即开关和两个削波二极管。罗氏转换器处理非连续导通模式的操作, 降低了控制的复杂性, 并保持转换器的输出恒定。在反馈系统中, 恒定电流和恒定电压模式技术与比例积分控制器结合使用, 以提高能力并减少传输泄漏。最后通过应用 MATLAB 对所提系统的性能进行了评估, 得到的结果令人满意。

关键词: 电动汽车; 充电; 功率因数校正; 不连续传导模式; 高频变压器

DOI: [10.57237/j.se.2022.01.001](https://doi.org/10.57237/j.se.2022.01.001)

Improved Rogowski Converter for Electric Vehicle Charger

Niu Yitong

Aviation College, AnYang University, Anyang 455000, China

Abstract: With the development of electric vehicles, higher energy and battery efficiency have become the main concerns of electric vehicle manufacturers and consumers. The main component of vehicle charger is DC/DC converter. In the DC/DC converter with power switch, because of the phase shift of the full bridge, the switch has to work at zero voltage or zero current, which leads to some current problems. If the voltage on both sides of the transformer changes, it means that there will be some defects in its performance. The power factor correction converter, which is commonly used in modern electric car charger, has the advantages of high performance and sufficiency in the whole charging process. Therefore, this paper designs an improved Rogowski converter to improve the charging efficiency of electric vehicles. Roche converter is usually used as a converter from DC to DC, which has better voltage regulation ability under rapidly changing line voltage. At the same time, in this work, a reformed independent electric vehicle charger based on Roche converter is developed. In order to suppress voltage oscillation, two devices, namely a switch and two clipping diodes, are connected to the primary side of the high-frequency transformer.

*通信作者: 牛奕童, itong_niu@163.com

Roche converter handles the operation of discontinuous conduction mode, which reduces the complexity of control and keeps the output of converter constant. In the feedback system, constant current and constant voltage mode technology are combined with PI controller to improve the capability and reduce transmission leakage. Finally, the performance of the proposed system is evaluated by MATLAB, and the results are satisfactory.

Keywords: Keywords Electric Vehicle; Charging; Power Factor Correction; Discontinuous Conduction Mode; High Frequency Transformer

1 引言

对于制造商和电动汽车消费者来说,更高的功率和燃料产量意味着更大的利益,所以为电动汽车提供合适的电池充电器是非常重要的。用于功率因数校正的转换器成为当今电动车辆充电器的基本部件,以便在整个充电过程中实现高性能和充足性[1-5]。使用没有功率因数校正的传统充电器会导致市电电流中的高谐波含量以及差的输入电能质量。选择适合特定应用的 PFC 转换器。电动汽车充电器必须通过限制极端电能质量事件(如过压、网络腐蚀和平衡问题)来提供可靠的结果[6-8]。一个增强的电力质量为基础的电动汽车充电器提供了最低限度的高潮建立电动汽车兴奋的电池和延长电池的活力在一个广泛的时期。为了克服当今电动汽车电池充电器中出现的电能质量问题,并产生功率因数校正的综合特性,对基于从交流到直流转换的功率因数的大量单个电平校正进行了分析。

Zeta 斩波电路、Cuk 斩波电路、单端初级电感和罗氏转换器就是典型的降压-升压单相高频隔离 PF 校正转换器。使用 Zeta 转换器时,输入电流纹波增加,输出纹波增加,这两者都对电池寿命有负面影响[9-11]。Cuk 变换器被认为是电动汽车充电器中较好的集成 PFC 输出,因为它对上述缺点进行了整流,稳定了入口和出口的电,但其效率较低。用于避免半桥变换器的功率开关中

同时出现高电流和高电压的 CLCL 变换器增加了变换器和器件的体积,这意味着开关应力和高纹波。罗氏转换器常见于电压超升和再升的应用中。

罗氏转换器通常采用直流-直流转换器,这是由于在线电压快速变化时电压变化增强,更适合中等负载性能,以及其具有增强的变压比、低输出浪涌和输入浪涌的能力[12, 13]。罗氏转换器表现出低输入和低输出纹波以及高电压传输增益的优异性能。该转换器能够以可承受的成本和可观的能量密度为电动汽车充电[14, 15]。无桥罗氏转换器的缺点包括这些转换器承受较高的器件电压限制,这会降低转换器效率。在本文的系统中,二极管桥式整流器用于交流到直流的转换过程,高频变压器用于隔离。

2 改进型隔离罗氏转换器

首先在对于功率因数校正的方面,改进的隔离式罗氏转换器具有两个开关和二极管。本文提出的系统对高频变压器的初级端做了修改,二极管桥式整流器、滤波器也进行连接。用于闭环系统的改进型隔离式罗氏转换器的如图 1 所示。

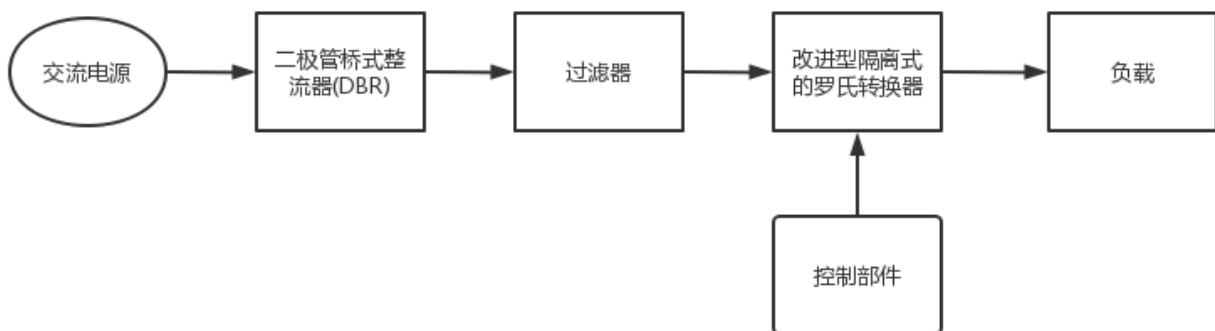


图 1 改进型隔离式罗氏转换器示意图

2.1 设计方案

图 1 显示了针对建议系统的改进型隔离式罗氏转换器的流程。图 1 中使用的元件即交流电压源提供输入电源电压。二极管桥式整流器(DBR)包括四个二极管,用作从交流到 DC 转换过程的全桥式整流器。滤波器元件是电容器和电感器的组合,改进的隔离式罗氏转换器具有高频变压器,即具有初级和次级侧的磁化电感。在变压器的初级侧连接到电源侧,由两个开关和二极

管组成。变压器的顺向侧连接在负载侧,由一个输出二极管、一个中间电容、一个输出电感和一个电感组成电容器。最后连接负载和控制单元,它由作为阻性负载的负载和作为比例积分控制器的控制单元组成。从负载将实际电压提供给控制器,控制器将实际电压调整到所需的电压值,然后输出侧的控制器连接到开关,如改进的隔离式罗氏转换器的开关。因此,这些都是建设拟议系统的修改隔离罗转换器。

2.2 改进型隔离式变频器的运行

改进的隔离罗氏变频器组工作于不连续导通模式,如图 2 所示。不连续导通模式的优点在于,它降低了控制复杂性,并提高了改进的转换器性能的鲁棒性。在单个开关周期内,流经高频变压器的电流变得不连续[16]。一种增强的基于最小高潮的充电产生恒流-恒压模式,它减少辐射衰减并提高目标充电器的效率。

由于最小的电压和电流限制,诸如开关的设备的价格显著降低,如表 1 所示,这使得这成为电池充电器的可靠和经济的结果。

选择足够大的输出电感,以确保在 CCM 模式下正确操作,尤其是维持电池电流序列。类似地,在整个转换周期中持续的电容器电压 VC1 描绘了 CCM 模式中活力转移电容的性能[17]。

表 1 操作模式列表

操作模式	开关	二极管	输出
模式 1	S1 - 开	D1 - 关	L - 充电
	S2 - 开	D2 - 关	C - 充电
模式 2	S1 - 关	D1 - 开	L - 充电
	S2 - 关	D2 - 开	C - 充电
模式 3	S1 - 关	D1 - 关	L - 充电
	S2 - 关	D2 - 关	C - 放电

因此,本工作设计并实现了一种改进型分离式罗氏转换器供电的独立电平电动汽车充电器断续导通模式,以恒流恒压(CC-CV)模式对 48V、100Ah 电动汽车电池进行充电。对计划性能的另一个突出干预是通过对功率因数设备(即开关)进行校正来显著降低电压约束,这是通过修改分离的罗氏转换器布置系统的基础来实现的。概括地说,罗氏转换器是基本分离式转换器的一个改进方面,包括一个额外的开关器件和两个连接二极管。

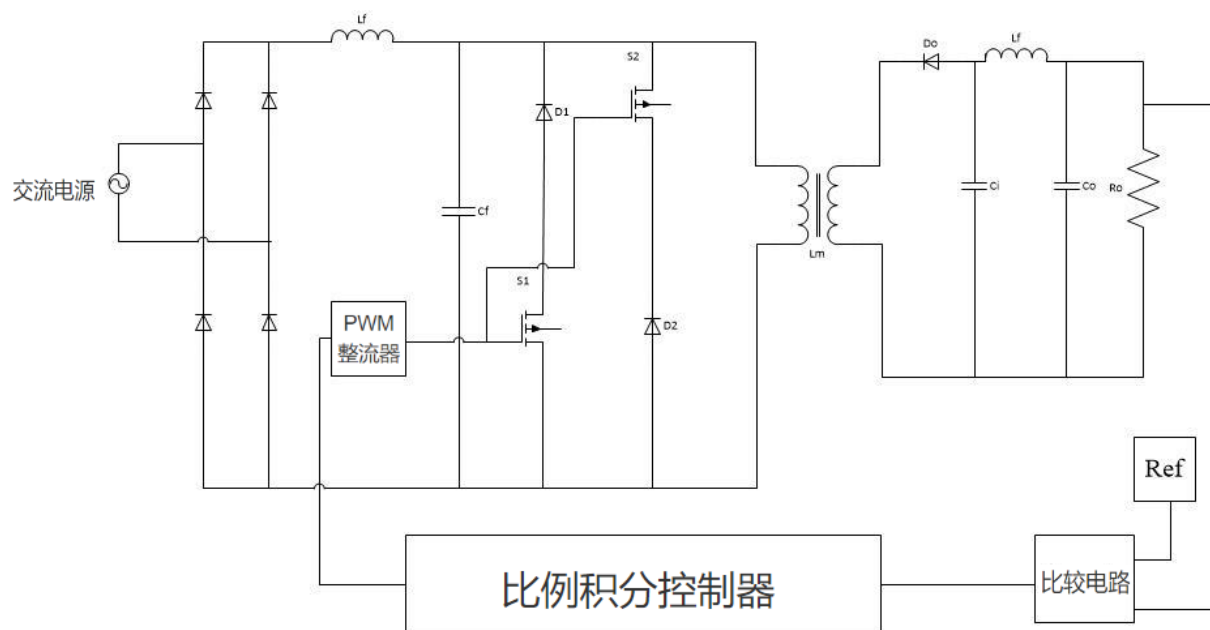


图 2 改进型隔离式罗氏转换器的电路图

3 模拟结果和讨论

在 MATLAB 软件中实现了罗氏变换器的设计。本章讨论模拟结果。MATLAB 是一个综合性的技术计算环境。MathWorks 公司的 Simulink 是 MATLAB 的扩展。它与 MATLAB 协作，通过 GUI 提供动态系统建模、模拟和分析。模式的解释有助于鼠标的快速拉动性能。Simulink 集成了一个大型目录工具箱模块，用于同样狭窄的参数分析。多级的造型，允许同样高-低和低-高寻址。因为 Simulink 是 MATLAB 的一个基本元素，所以在整个审查技术中，两者之间的交换很简单，允许在同等情况下利用所有可用的属性。模拟是研究系统或电路行为而不造成损害的最佳方法之一。对于工程专

业人员来说，市场上有各种领域的模拟工具，许多行业在制造产品之前投入大量时间和金钱进行模拟。所以在大多数研发项目中，模拟是必不可少的。不进行模拟几乎是不可能的[18]。

本文建议 100Ah 电池的最大纹波电流为 5A。提出了使用隔离式罗氏转换器的 48V、100Ah 电池的充电性能。

仿真电路图如图 3 所示，它描述了一个经过改进的隔离式罗氏转换器。根据所提出的系统，它包括交流电源、二极管桥式整流器、滤波器、高频变压器，并且为了改进的目的，使用了两个开关和二极

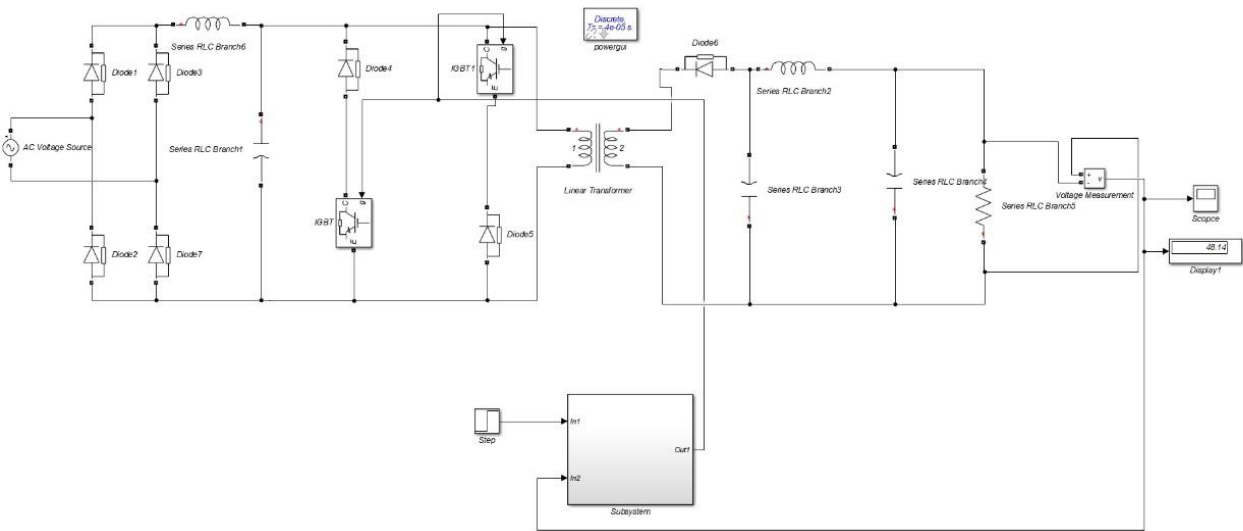


图 3 改进型隔离罗氏转换器的闭环控制仿真图

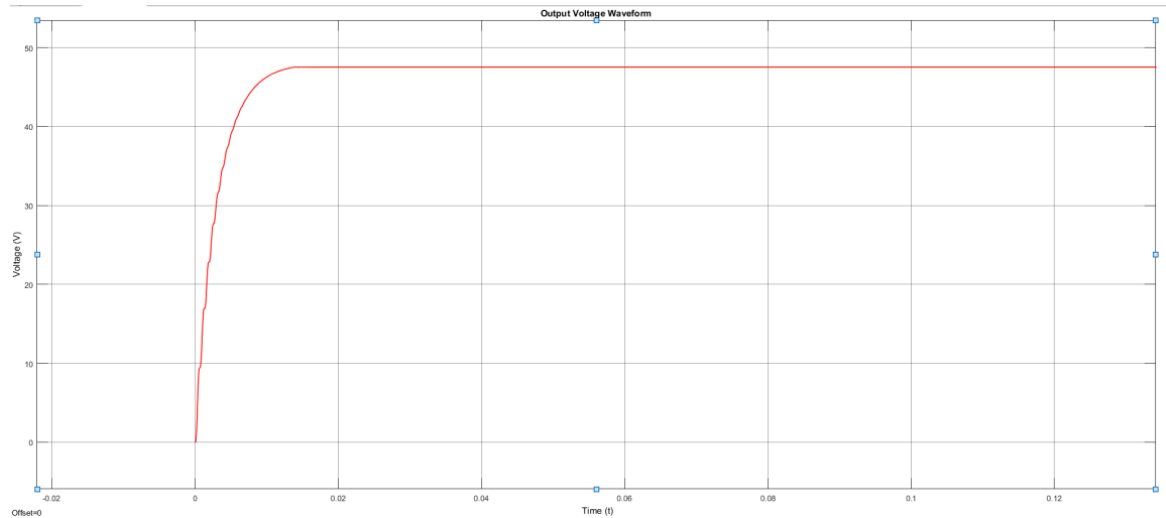


图 4 闭环系统的输出电压波形

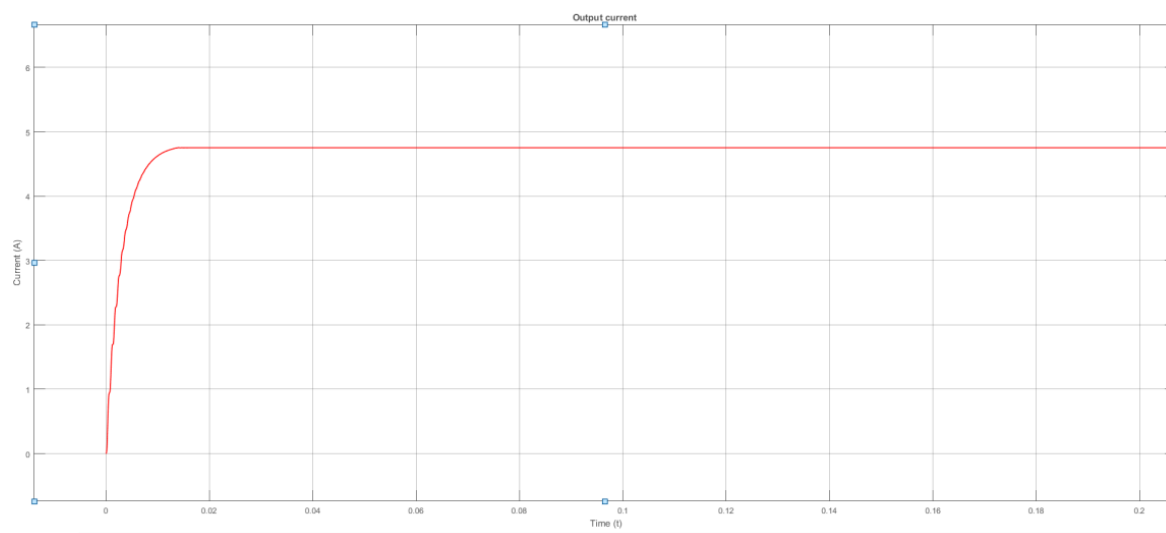


图5 闭环系统的输出电流波形

图4和图5示出了基于模拟结果的概述的反馈系统的模拟实现。图4展示了所提出的电池规格的48V的输出电压波形，而图5展示了分别在图4和图5中示出的更接近于5安培的4.8A的输出电流波形。

4 结论

罗氏转换器是增加改造的新一代电气结构。罗氏转换器具有独特的特性，例如提高的产量、可观的能量密度、具有基本系统的低成本布局、接近零的输出电压和电流上升。由于具有高输出电压，转换器可用于计算机外部结构、医院机械和工业应用。本文利用MATLAB对提出的带PI控制器的改进型罗氏转换器闭环系统进行了仿真。所提出的系统具有48V的输出电压和5A的输出电流。由于电压和电流的输入和输出位置的低纹波，所提出的转换器的性能将会得到显著的提高。若将该转换器应用于系统当中将会具有较长的使用寿命。希望本文可以提供一个利用罗氏转换器运用到电动汽车充电器当中的思路，以提升电动汽车充电器的充电效率。未来也期望能够将罗氏转换器以更为完善的系统的类型运用到电动汽车充电器当中。

参考文献

- [1] 牛奕童. 中国新能源汽车现状及发展 [J]. 汽车测试报告, 2021 (5): 3.
- [2] Musavi F, Edington M, Eberle W, et al. Evaluation and Efficiency Comparison of Front End AC-DC Plug-in Hybrid

Charger Topologies[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2012, 3 (1): 413-421.

- [3] 牛奕童. 电动汽车接入对配电网负荷曲线的影响分析 [J]. 汽车测试报告, 2021.
- [4] 牛奕童. 动力电池循环寿命预测方法研究 [J]. 电力技术研究, 2020, 2 (4).
- [5] Li C, Zhang Y, Cao Z, et al. Single-Phase Single-Stage Isolated ZCS Current-Fed Full-Bridge Converter for High-Power AC/DC Applications [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2017.
- [6] Khaligh, Alireza, D'Antonio. Global Trends in High-Power On-Board Chargers for Electric Vehicles.
- [7] Lu D C. High Voltage Stress in Single-Phase Single-Stage PFC Converters: Analysis and an Alternative Solution [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2015, 63 (1): 133-143.
- [8] Wang Y, Hu X, Guan Y, et al. A Single-Stage LED Driver Based on Half-Bridge $\text{\$CLCL\$}$ Resonant Converter and Buck-Boost Circuit [J]. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 2019, 7 (1): 196-208.
- [9] Lu D C, Iu H C, Pjevalica V. Single-Stage AC/DC Boost-Forward Converter With High Power Factor and Regulated Bus and Output Voltages [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2009, 56 (6): 2128-2132.
- [10] Singh B, Bist V, Chandra A, et al. Power Factor Correction in Bridgeless-Luo Converter-Fed BLDC Motor Drive [J]. Industry Applications IEEE Transactions on, 2015, 51 (2): 1179-1188.
- [11] Gao F, Wu M, She J, et al. Disturbance rejection in nonlinear systems based on equivalent-input-disturbance approach[J]. Applied Mathematics & Computation, 2016, 282: 244-253.

- [12] Lam H K, Lauber J. Stability analysis of nonlinear-function fuzzy-model-based control systems [J]. Journal of the Franklin Institute, 2012, 349 (10): 3102-3120.
- [13] Niu Y. Research on the Control Method of Electromechanical Composite Brake Based on Electric Wheel Drive Vehicle [J]. Journal of Electronic Research and Application, 2020.
- [14] Niu Y. Probe into the Development Potentiality of Chinese Electric Power [J]. Electronics Science Technology and Application, 2021, 8 (1):7.
- [15] Lam H K, Li H, Liu H. Stability analysis and control synthesis for fuzzy-observer-based controller of nonlinear systems: a fuzzy-model-based control approach [J]. Iet Control Theory & Applications, 2013, 7 (5): 663-672.
- [16] Solero, L. Nonconventional on-board charger for electric vehicle propulsion batteries [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2001, 50 (1): 144-149.
- [17] Bist V, Singh B. Power factor correction in a brushless DC motor drive using an isolated-Luo converter [C]// Power India International Conference. IEEE, 2015.
- [18] Li G, Xia J, Wang K, et al. A Single-Stage Interleaved Resonant Bridgeless Boost Rectifier with High-Frequency Isolation [J]. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 2019, PP (99): 1-1.