

电动汽车充电桩电能计量检定新思路

朱晓鹏, 王光旭, 赵培雷, 于洪喜, 曹学儒, 李东雪, 程飞

(北京博电新力电气股份有限公司, 北京 100176)

摘要: 随着电动汽车保有量突飞猛进, 充电安全、互联互通及交易公平受到各界高度关注, 迫切需要解决科学性、先进性和标准的兼容性问题。充电设施的电能计量检定作为维护用户与电能提供方交易公平、公正的重要的保障手段, 是电动汽车健康、良性发展的基础。当前现有电动汽车充电设施电能计量现场检定装置, 普遍存在设备复杂、笨重、无法实现规定测试点等诸多问题, 致使检定工作无法便捷、高效的开展。针对当前问题, 提出了一种新的思路和实现方法。通过本方法, 弥补常规检定装置的缺点和不足, 解决了现场电能计量检定的问题, 为电动汽车充电设施的年度强制检定提供工具, 使得检定工作能够高效、科学的开展。

关键词: 电动汽车; 充电设施; 计量检定; 交直流充电桩

New idea of field measurement and verification of electric vehicle charging pile

ZHU Xiaopeng, WANG Guangxu, ZHAO Peilei, YU Hongxi, CAO Xueru, LI Dongxue, CHENG Fei
(PONOVO.CN, Beijing 100176, China)

Abstract: With the rapid development of electric vehicle ownership, the safety of charging, interconnection and transaction fairness have attracted wide attention from all walks of life. It is urgent to solve the compatibility problems of science, advanced nature and standards. As an important guarantee means to maintain fair and fair transaction between users and power suppliers, the electric energy measurement and verification of charging facilities are the basis for the healthy and healthy development of electric vehicles. At present, there are many problems in the existing electric vehicle charging facilities electric energy measurement field verification device, such as complex equipment, cumbersome, unable to achieve the specified test point, which makes the verification work can not be carried out conveniently and efficiently. In view of the current problems, this paper puts forward a new idea and implementation method. Through this method, it makes up for the shortcomings and deficiencies of the conventional verification device, solves the problem of on-site electric energy measurement and verification, provides a tool for the annual compulsory verification of electric vehicle charging facilities, and enables the verification work to be carried out efficiently and scientifically.

Key words: electric vehicle; charging facilities; metrological verification; CECPT

0 引言

随着电动汽车保有量突飞猛进, 充电安全、互联互通及交易公平受到各界高度关注, 迫切需要解决科学性、先进性和标准的兼容性问题。

充电设施的电能计量检定作为维护用户与电能提供方交易公平、公正的重要的保障手段, 是电动汽车健康、良性发展的基础。

当前现有电动汽车充电设施电能计量现场检定装置, 普遍存在设备复杂、笨重、无法实现规定测试点的检测等问题, 致使检定工作无法高效、便捷的开展。如图 1 所示。



图 1 当前市场上现有充电桩检定装置示意

Fig. 1 Current charging pile measurement and verification device in the market

本文结合 JJG1149-2018《非车载充电机计量检定规程》和 JJG1148-2018《交流充电桩计量检定规程》分析现场计量检定方法，运用电能脉冲法和最小电能变量法，算定可以在短时准确地获取出各项误差值的充电设施所耗最小电能值，提出了一种可以快速检定的方法。

1 当前市场产品分析

本节从当前电动汽车充电设施电能计量检定装置的基本原理出发，探讨其优缺点，并根据当前市场的需求，引出本文所要讨论的重点。

1.1 原理分析

当前市场上电动汽车充电桩电能计量检定产品的总体框架如图 2 所示。

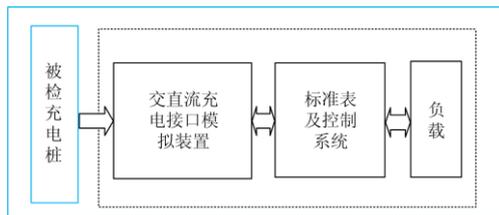


图 2 电动汽车充电桩电能计量检定产品总体框架

Fig. 2 General framework of electric vehicle charging pile electric energy measurement verification products

其中：

被检充电桩可为非车载直流充电设施或交流充电设施。

交直流充电接口模拟装置，在系统中负责模拟电动汽车与充电设施的控制导引接口的连接，在非车载直流充电设施电能计量检定中模拟车端 BMS 与直流充电设施通信，实现直流充电设施的启动、工作状态调整、停止等。

标准表及控制系统，是电能计量检定系统的控制中心，负责检定系统的整体资源控制及调配。

负载，是被检充电设施电能的消纳装置。当前市场广泛采用纯阻性负载来实现。

1.2 优缺点分析

图 2 中的负载可以采用纯阻性负载、电子负载、电子回馈式负载、电动汽车等形式来实现。

考虑电子回馈式负载现场测试的复杂程度和危险系数，此处不列入探讨之列。

根据交流充电设施和直流充电设施两种不同的情况，将阻性负载、电子负载、电动汽车作为负载，在充电桩电能计量检定中的电压范围、测试点、工作模式、可重复性、便捷性、谐波引入，这六方面做比较，统计表格如表 1、表 2。

表 1 交流检定-不同负载特性比较

Table 1 AC verification-comparison of different load characteristics

项目/类型	阻性负载	电子负载	电动汽车
电压范围	宽	宽	窄
电压测试点	灵活	灵活	不太灵活
电流测试点	灵活	灵活	不太灵活
工作模式	灵活	灵活	不灵活
可重复性	强	强	较强
便捷性	弱	弱	强
谐波引入	少	多	较少

表 2 直流检定-不同负载特性比较

Table 2 DC verification-comparison of different load characteristics

项目/类型	阻性负载	电子负载	电动汽车
电压范围	宽	宽	窄
电压测试点	灵活	灵活	不灵活
电流测试点	灵活	灵活	灵活
工作模式	灵活	灵活	不灵活
可重复性	强	强	较弱
便捷性	弱	弱	强
谐波引入	少	多	较少

电动汽车作为负载，在交流充电桩检定时，其特性类似于电子负载，但其电流测试点的范围往往没有电子负载那么宽泛，如某型号电动汽车，其电流调节范围为 10~31.5 A 之间；在直流充电桩检定时，其特性类似于电容，对于充电机的谐波电流有很好的吸收作用，但是其电压检测点受限于车载电池自身的状态，不能随意改变。

但对于现场计量检定而言，电动汽车作为负载有着独特的优势：

- 1) 便捷。电动汽车作为负载，无需配备庞大、笨重的电阻负载或电子负载，只需要轻便的检定装置，大大降低了现场的操作难度。
- 2) 与实际应用场景相符。电动汽车作为负载，电能计量检定应用场景与实际工作场景一致，更具有说服力。
- 3) 节能。电动汽车作为负载，检定过程中电能存储，用于站点周转之间，车需要的能量消耗掉，节能环保。

本文讨论使用电动汽车作为负载，在电能计量检定时的实现方法。

2 可行性

本节分析电动汽车作为负载的几个关键点，验证其可行性和合规性。

2.1 容量

电动汽车车载电池管理系统根据电池的容量采取不同的充电策略, 如不同的充电模式(恒压、恒流)和不同的充电电流, 当电池容量在 20%~80% 之间时, 充电模式多为恒流状态, 且充电电流可调范围比较大, 比较适合开展电能计量检定工作。

根据 JJG1149-2018《非车载充电机计量检定规程》和 JJG1148-2018《交流充电桩计量检定规程》检测项目和检测点的要求, 示值误差项目所要消纳的电能最多, 对于电能量示值分辨率为 0.001 度的桩而言, 不同精度的电能表对应的需要消纳的电能如表 3 所示, 表达式为

$$E = \frac{\text{电能示值最小分辨率}}{\text{电表精度等级}} \times 10 \quad (1)$$

表 3 不同等级电能表所需消纳的电能量

Table 3 Amount of electrical energy consumed by electricity meters of different grades

电表精度等级	所需消纳的电能量/kWh
0.5%	2
1%	1
2%	0.5
5%	0.2

当前市场上, 电动汽车电池容量普遍在 60 kWh 以上, 电池容量范围在 20%~80% 之间, 对应的电能量为

$$\Delta E = 60 \times (0.8 - 0.2) = 36 \text{ kWh} \quad (2)$$

对于当前市场上常用的 1% 的电能表而言的充电桩而言, 单个充电场站, 支持大约 30 个充电桩的电能计量检定工作的开展。

而且国内主流车企, 都有车型支持 V2H 的工作模式, 即将电动车内电池的能量通过逆变装置, 转换为交流市电的形式输出。

2.2 电压检测点

参考 JJG1149-2018《非车载充电机计量检定规程》和 JJG1148-2018《交流充电桩计量检定规程》中所须测试点截图如图 3、图 4。

由图 3 和图 4 可知, 电压检测点可以说是不受限制的。特别是对直流充电桩的检定而言, 电动汽车单一的实时电压也能满足检定规程的要求, 这就

充电桩工作误差检定时应选择的负载点	
功率因数 cosφ	负载电流 I
1	$I_{max}、0.5I_{max}、I_{min}$

图 3 JJG1148 工作误差测试点

Fig. 3 JJG1148 working error test point

充电机工作误差检定时应选择的负载点		
充电方式	输出电流 ^a	输出电压
恒流充电	I_{min}	$U_{min} \leq U \leq U_{max}$
	$0.5I_{max}$	
	I_{max}^b	
恒压充电 ^b	$I_{min} \leq I \leq I_{max}$	U_{max}
		$(U_{max} + U_{min}) / 2^c$
		U_{min}

注: ^a I_{max} 为充电机额定工作输出最大电流, I_{min} 为充电机额定工作输出最小电流, U_{max} 为充电机额定工作输出最大电压, U_{min} 为充电机额定工作输出最小电压。
^b 当用户特殊要求时。
^c 当出现非整数时, 采用四舍五入的方法修约至整数。

图 4 JJG1149 工作误差测试点

Fig. 4 JJG1149 working error test point

大大方便了现场使用电动汽车作为负载进行电能计量检定的工作。

3 实现

对于计量检定而言, 关键的是调整电流检测点。对应交流充电桩和直流充电桩的电能计量检定, 下面分别讨论。

3.1 交流充电桩计量检定

对于电动汽车车载充电机而言, 需要根据 CP 信号 PWM 的占空比来调整充电电流。如图 5 所示。

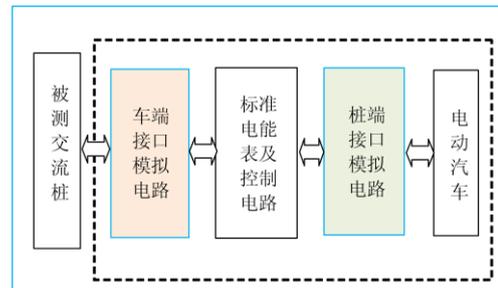


图 5 交流计量检定系统框图

Fig. 5 Block diagram of AC metrological verification system

对于此检定系统而言, 关键为桩端接口模拟电路和车端接口模拟电路的单独设计。

对于车端接口模拟电路而言, 负责模拟车端逻辑, 使得桩能够正常的启动, 并获取桩端的基本信息(如额定电流的大小)。

对于桩端接口模拟电路而言, 负责模拟桩端逻辑, 通过 CP 信号的 PWM 占空比变化, 调节电动汽车内部车载充电机充电电流的大小。

从而实现不同负载点进行交流充电桩工作误差检定的目的。

3.2 直流充电桩计量检定

对于电动汽车 BMS 而言, 直流充电桩实际充电电流小于 BCL 报文中电流需求值时, 充电能够继续。如图 6 所示。

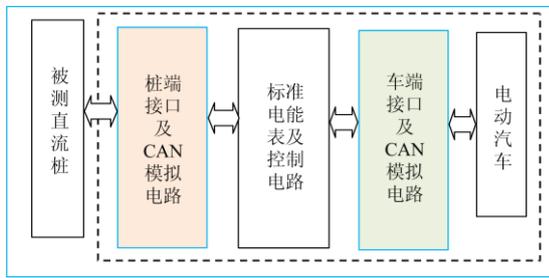


图 6 直流计量检定系统框图

Fig. 6 Block diagram of DC measurement and metrological verification system

车端接口及 CAN 模拟电路模拟电动车，桩端接口及 CAN 模拟电路模拟充电桩。

车端接口及 CAN 模拟电路，截取直流充电桩的报文信息，不做更改，通过桩端接口及 CAN 模拟电路发送给电动汽车。

桩端接口及 CAN 模拟电路，截取电动汽车的报文信息，除去 BCL 外，其他不做修改，发送给直流充电桩。

当从电动汽车发出的 BCL 中电流的需求值大于等于实际时，通过桩端接口及 CAN 模拟电路发送给直流充电桩的 BCL 报文时，整个测试系统是安全的。

4 验证

本节以交流充电设施检定为 例，验证电动汽车作为负载的可行性。

4.1 控制导引电路

对于交流充电设施而言，无法直接控制用电端的功率，即车载充电机的充电功率，只能间接地通过控制导引信号 CP 的 PWM 占空比来传达表征交流充电桩供电能力的信息给车载充电机，最终由车载充电机调节充电电流。

所以，设计中将充电桩端控制导引电路和车端充电控制导引信号单独设计。如图 7 所示。

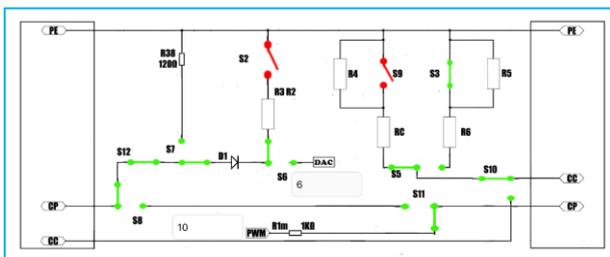


图 7 交流检定设备控制导引示意

Fig. 7 Control guidance diagram of AC measurement and verification equipment

如图 7 所示，图中左侧部分模拟电动汽车的充电接口，与桩交互；图中右侧部分模拟充电桩控制导引部分，与车交互，通过调节此处 PWM 信号的占空比来传达相应的调节电流的信息。

4.2 产品展示

产品名为电动汽车交流充电检测装置，型号为 EVA100A。产品外观示意如图 8 所示。产品功能框架如图 9 所示。

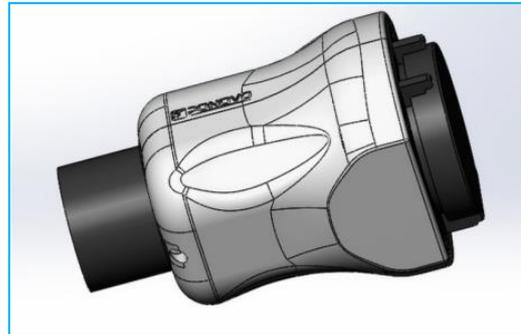


图 8 EVA100 A 外观示意图

Fig. 8 EVA100 A appearance diagram

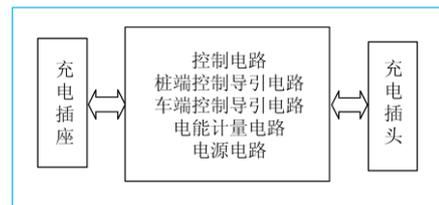


图 9 EVA100 A 内部功能框架图

Fig. 9 EVA100 A internal functional block diagram

EVA100A 采用手持式设计，针对电动汽车交流充电检测、检定而设计的装置，可以满足实验室及现场多种场合下，充电功能、故障诊断、计量检定等多项测试工作。

主要功能如下：

- 1) 支持电能计量检定项目：工作误差、显示误差、付费金额误差等。
- 2) 充电功能检测：通过充电接口模拟电路，实现交流充电桩互操作性、电气性的简单测试。
- 3) 内部温度测量：内置温度传感器，用于设备内部的温度，确保安全。
- 4) 交流充电接口模拟功能：内置电动汽车交流充电接口模拟单元，可模拟电动汽车和交流充电桩，从而具备负载与实车两种检测计量方式。
- 5) 充电过程监测：介于充电桩和电动汽车之前，通过电压电流及控制导引信号的实时采集，实现对充电过程的全程监测。
- 6) 充电故障诊断：通过充电过程的监测，及对

数据的分析, 实现对交流充电的故障诊断。

7) 以车作为负载的计量: 通过控制车端充电电流, 完成交流充电桩所需的几个电流计量点的需求, 便捷地实现了交流充电桩的现场计量。

4.3 现场使用

使用 EVA100A 做电动汽车交流充电计量检定时, 现场使用示意如图 10 所示。

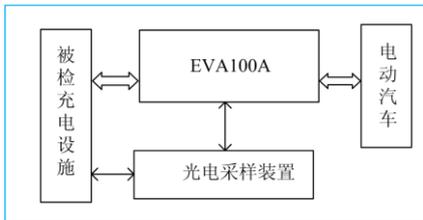


图 10 EVA100A 现场使用示意

Fig. 10 EVA100 A field usage diagram

通过光电采样装置, 将被测充电设施的电能脉冲由光信号转换为电信号, 高效地进行工作误差的检定。

自动测试的结果如图 11 所示。

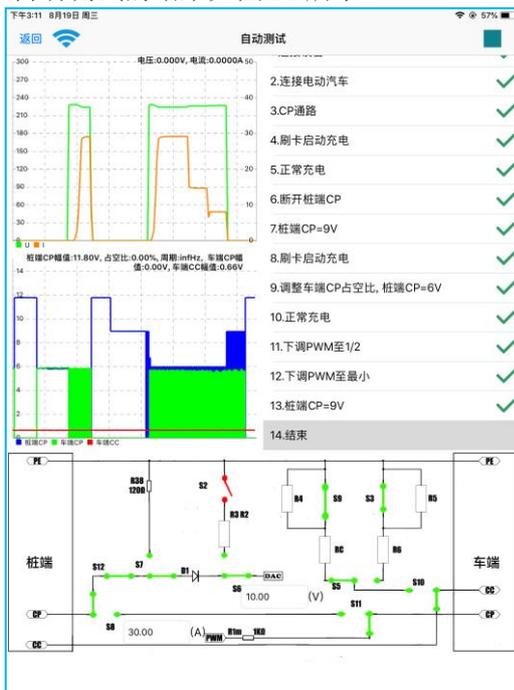


图 11 实测效果示意

Fig. 11 Schematic diagram of measured effect

在自动测试流程中, 步骤 1—步骤 7 是为了验证, 在 EVA100A 处于旁路状态(监听模式)时, 充电

桩能够为电动汽车正常启动充电、并能够正常停止。步骤 9—步骤 14 是通过调节 CP 信号 PWM 占空比, 使得充电电流为额定充电电流、0.5 倍的额定充电电流和最小充电电流(6 A)。

如图中所示, 充电电流能够根据控制导引信号 CP 的 PWM 占空比来调节, 但是, 最小充电电流无法实现 6 A 的最小充电电流。

5 结论

此使用电动汽车作为充电桩电能计量检定的负载的方法, 是可行的, 合规的, 能够大大提高现场操作的便捷性, 使得电动汽车充电桩的常规年检成为可能。

参考文献

- [1] 非车载充电机计量检定规程: JJG1149-2018[S].
- [2] 交流充电桩计量检定规程: JJG1148—2018[S].
- [3] 电动汽车非车载充电机电能计量: GBT 29318—2012[S].
- [4] 电动汽车传导充电系统通用要求: GBT 18487.1—2015[S].
- [5] 电动汽车传导充电用连接装置第 2 部分交流充电接口: GBT 20234.2—2015[S].
- [6] 电动汽车传导充电用连接装置第 3 部分直流充电接口: GBT 20234.3—2015[S].
- [7] 电力系统实时动态监测系统第 2 部分数据传输协议: GBT 26865.2—2011[S].
- [8] 电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议: GBT 27930—2015[S].
- [9] 电动汽车传导充电互操作性测试规范第 2 部分车辆: GBT 34657.2—2017[S].
- [10] 电动汽车充电设备检验试验规范第 1 部分非车载充电机: NBT 33008.1—2013[S].

收稿日期: 2018-03-31; 修回日期: 2018-11-25

作者简介:

朱晓鹏(1983—), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为电动汽车充电系统; E-mail: zhuxp@ponovo.cn

王光旭(1987—), 男, 本科, iOS 软件工程师; E-mail: wanggx@ponovo.cn

赵培雷(1983—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为电动汽车充电过程安全性监控。E-mail: zhaopl@ponovo.cn