

Метрологическое обеспечение зарядных станций электромобилей

Гиниятуллин И. А.

Введение

Развитие электротранспорта потребовало развёртывания сети зарядных станций (ЭЗС) для обеспечения передачи и учёта электроэнергии от промышленной сети до конечного потребителя – владельца электромобиля.

Для обеспечения взаиморасчётов за поставленную в процессе зарядной сессии электроэнергию в электромобиль необходимо учитывать показания прибора учёта в составе зарядной станции публичного доступа.

Большинство ЭЗС публичного доступа – это, как правило, «быстрые» зарядные станции постоянного тока мощностью от 100 до 250 кВт, а также «медленные» ЭЗС переменного тока мощностью от 22 до 60 кВт.

Задачи метрологического обеспечения в РФ затрагивают вопросы создания нормативной базы и обновления приборного парка.

1. Структура метрологического обеспечения ЭЗС

1.1. Объекты поверки

Объектом поверки может быть как ЭЗС целиком, так и прибор учёта, который находится в её составе (рис. 1).



Счётчик электроэнергии с измерительным преобразователем тока (шунтом)

Зарядная станция со встроенным измерительным модулем или счётчиком электроэнергии

Рис. 1. Объекты поверки

1.2. Метрологическое обеспечение ЭЗС переменного и постоянного тока

Метрологическое обеспечение (МО) ЭЗС переменного и постоянного тока включает систему передачи единицы измерения приборам учёта от первичных эталонов электрической мощности переменного и постоянного тока и рабочих эталонов 1 и 2 разряда (рис. 2).



Рис. 2. Структура передачи единицы измерения

МО мощности переменного тока достаточно развито в РФ. Количество внесённых в Госреестр СИ и находящихся в эксплуатации в РФ рабочих эталонов 1 и 2 разряда составляет тысячи единиц, а количество счётчиков электроэнергии – десятки миллионов единиц (рис. 3).

Счётчики переменного тока в настоящее время в основном применяются в бытовом секторе и промышленности. В составе ЭЗС – мелкосерийное применение для технологических целей.



Рис. 3. Состав и количество СИ для МО ЭЗС переменного тока

Структура эталонной базы мощности постоянного тока находится в стадии развития (рис. 4). Счётчики постоянного тока в настоящее время в основном применяются на подвижном электротранспорте и в составе тяговых подстанций. В составе ЭЗС – мелкосерийное применение для технологических целей.



Рис. 4. Состав и количество СИ для МО ЭЭС постоянного тока

1.3. Нормативные документы по МО ЭЭС публичного доступа

В соответствии с приказом Минпромторга от 29 апреля 2022 года N 1776 и изменениями от 5 апреля 2024 года определены требования к погрешности измерения ЭЭС. Зарядная станция должна быть оснащена оборудованием, обеспечивающим возможность измерения количества электрической энергии, поставляемой зарядной станцией:

- а) с базовой погрешностью измерений, не превышающей 2%, с 15 мая 2024 г.;
- б) с базовой погрешностью измерений, не превышающей 1%, с 1 января 2025 г.

1.4. Метрологические требования к счётчикам электроэнергии

Таблица 1. Допустимые пределы погрешности счётчика в % из МЭК 62052-11:2020 п. 7.1 / МЭК 62053-41 п. 7.9

Ток	Допустимые пределы погрешности счётчика в % для кл. точности	
	0.5	1
$I_{\min} \leq I < 0.1I_{\text{ном}}$	± 1.0	± 1.5
$0.1I_{\text{ном}} \leq I < I_{\max}$	± 0.5	± 1.0

- **МЭК 62053-41.** Аппаратура для измерения электрической энергии. Частные требования. Часть 41. Статические счётчики для измерения электроэнергии постоянного тока (классов точности 0,5 и 1)
- **МЭК 62052-11.** Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счётчики электрической энергии

1.5. Обзор зарубежных стандартов. Метрологические требования к ЭЗС

Таблица 2. Пример классификации кл. точности ЭЗС по OIML (МОЗМ)

Значение		Допустимая погрешность (max) в зависимости от класса точности ЭЗС		
Ток	Коэффициент мощности	A (2 %)	B (1 %)	C (0,5 %)
$I_{St} \leq I < I_{max}$	>0,9	$\pm 2,5 \%$	$\pm 1,5 \%$	$\pm 1,0 \%$
$I_{min} \leq I \leq I_{TR}$	>0,9	$\pm 2,5 \%$	$\pm 1,5 \%$	$\pm 1,0 \%$
$I_{TR} \leq I \leq I_{max}$	>0,9	$\pm 2,0 \%$	$\pm 1,0 \%$	$\pm 0,5 \%$

где

I_{St} - стартовый ток (начало регистрации энергии ЭЗС)

I_{min} - минимальное значение тока, измеряемое с допустимой погрешностью

I_{max} - максимальное значение тока, измеряемое с допустимой погрешностью

I_{TR} - переходный ток (величина тока находится в диапазоне минимального значения максимально допустимой погрешности измерений)

Таблица 3. Основные метрологические параметры ЭЗС в соответствии с JJG 1148-2018 (Китай)
Погрешность измерения энергии/мощности

Ток нагрузки	Коэффициент мощности	Класс точности ЭЗС	
		1	2
		Относительная погрешность, %	
$I_{min} \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 1,0 + e$	$\pm 2,0 + e$

где

e - дополнительная температурная погрешность

$e = C \times |\Delta T|$

2. Методы поверки ЭЗС

2.1. Метод поверки ЭЗС путём подсчёта количества импульсов

Вычисление прибором ЭМ-3.1КМ-А погрешности ЭЗС δ_w , основанное на подсчёте количества импульсов, пропорциональных измеренной энергии от ЭЗС (рис. 5):

$$\delta_w = \left(\frac{N \cdot C_0}{N_0 \cdot C_L} - 1 \right) \cdot 100 (\%)$$

где

N - количество импульсов, поступивших от измерительного модуля ЭЗС

N_0 - количество импульсов, поступивших от эталонного счётчика «Энергомонитор»

C_0 - постоянная эталонного счётчика, имп./кВт·ч

C_L - постоянная измерительного модуля ЭЗС, имп./кВт·ч

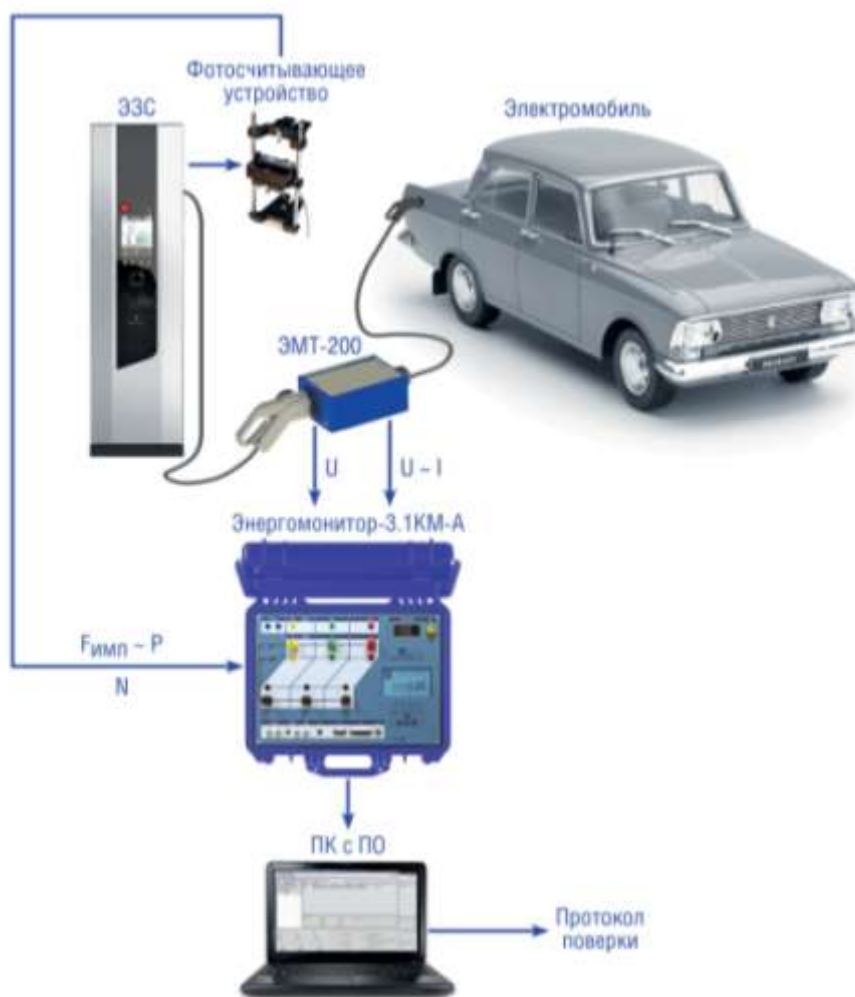


Рис. 5. Схема поверки ЭЭС путём подсчёта количества импульсов

2.1.1. Преимущества и особенности применения метода подсчёта импульсов

Этот классический метод, применяемый при поверке счётчиков электроэнергии, обладает таким преимуществом как универсальность - совместим с любыми типами счётчиков, поскольку импульсный выход имеется в каждом выпускаемом счётчике. Также любой эталонный прибор для поверки счётчика имеет импульсный вход для приёма импульсов, пропорциональных измеряемой энергии/мощности от счётчика.

Единственное условие для применения данного метода – конструкция ЭЭС должна предусматривать подключение фотосчитывающего устройства.

2.2. Метод поверки ЭЭС путём измерения количества энергии

Вычисление прибором ЭМ-3.1КМ-А погрешности ЭЭС δ_w , основанное на измерении количества электроэнергии, поступившей на нагрузку в процессе зарядной сессии, измеренной измерительным модулем ЭЭС и эталонным счётчиком (рис. 6):

$$\delta_w = \frac{W_{ЭС} - W_{Э}}{W_{Э}} \cdot 100 (\%)$$

где

$W_{ЭС}$ - количество электроэнергии, измеренное встроенным счётчиком электроэнергии или измерительным модулем ЭЭС

$W_{Э}$ - количество электроэнергии, измеренное эталонным счётчиком «Энергомонитор»

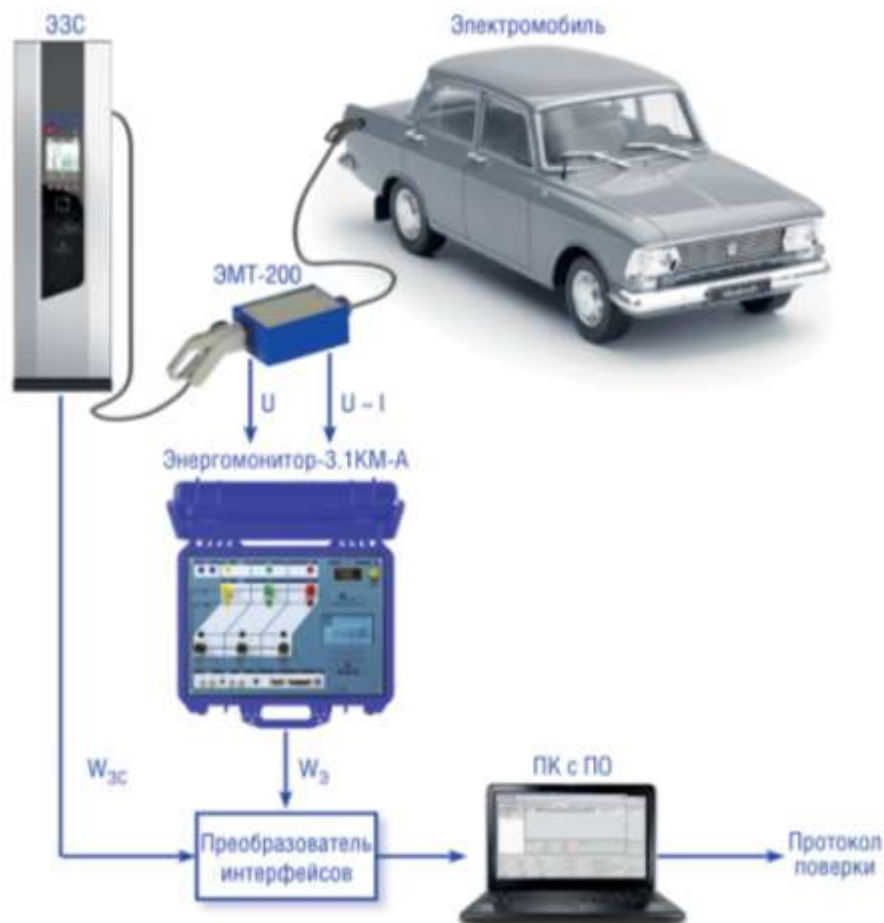


Рис. 6. Схема поверки ЭЭС путём измерения количества энергии

2.2.1. Преимущества и особенности применения метода измерения энергии

Если ЭЭС не имеет импульсного выхода для подключения фотосчитывающего устройства, в качестве альтернативы можно применить данный метод поверки. При этом информация по измеряемым электроэнергетическим величинам от встроенного в ЭЭС прибора учёта можно получить по цифровому интерфейсу.

В качестве плюса этого метода можно отметить расширение списка измеряемых и передаваемых параметров, включая энергию/мощность, профили тока, напряжения, гармоник.

Для реализации данного метода в виде программного обеспечения необходима информация по протоколу обмена или формату данных, передаваемых от прибора учёта в составе ЭЭС, если он не является стандартизированным.

3. Решения «НПП Марс-Энерго» для МО ЭЭС

3.1. Особенности исполнения эталонных измерительных приборов и поверочных установок для МО ЭЭС

Для поверки зарядных станций постоянного тока с номинальными токами 200/500 А потребовалось расширение диапазона измерения тока серийно выпускаемого эталонного счётчика с применением внешнего трансформатора тока типа ЭМТ-200/ЭМТ-500. По сути это классический электронный ТТ с выходным сигналом в виде низкого напряжения,

который подключается вместо токовых «клещей» в стандартный серийный прибор – эталонный счётчик электроэнергии кл. т. 0,1 или 0,05.

Для обеспечения соединения эталонного счётчика и внешнего ТТ с коннекторами ЭЭС различных типов их приходится комплектовать устройствами подключения под каждый стандарт (рис. 7).



Рис. 7. Поддерживаемые стандарты подключения

В состав комплекта оборудования для МО ЭЭС может входить «интеллектуальное» нагрузочное устройство, имитирующее электромобиль. Нагрузочное устройство поддерживает различные протоколы обмена для обеспечения зарядной сессии. Наиболее распространённые резистивные нагрузки должны обеспечивать рассеивание реальной электрической мощности от поверяемой ЭЭС в соответствии с её техническими условиями, вплоть до десятков и сотен кВт.

3.2. Комплект оборудования для поверки ЭЭС постоянного и переменного тока

Эталонный счётчик электроэнергии «Энергомонитор-3.1КМ-А» в комплекте с электронным трансформатором тока ЭМТ-200/ЭМТ-500 обеспечивает поверку зарядных станций постоянного и переменного тока на местах эксплуатации как единого устройства ❶ или приборов учёта из состава зарядной станции отдельно ❷ (рис. 8).

В данном исполнении Энергомонитора с помощью внешнего электронного трансформатора тока диапазон измерения тока расширен до 200/500 А.



Рис. 8. Комплект оборудования для поверки ЭЭС постоянного и переменного тока

Таблица 4. Метрологические характеристики ЭМ-3.1КМ-А + ЭМТ-200/500

№	Параметр	Диапазон	Погрешность*	Модификация
1	Напряжение Номиналы напряжения: 10, 30, 60, 120, 240, 480, 800 В	10 ... 1000 В	±0,02 %	-02
			±0,05 %	-05
2	Номинальный ток, А: 1, 2, 10, 20, 100, 200 А	0,1 ... 250 А	±0,02 %	-02
			±0,05 %	-05
	Номинальный ток, А: 2,5; 5; 25; 50; 250; 500 А	0,25 ... 500 А	±0,02 %	-02
			±0,05 %	-05
3	Мощность/Энергия	1...250 кВт	±0,05 %	-02
		2.5...500 кВт	±0,1 %	-05

* Базовая погрешность

На рисунках 9 и 10 показано, как трансформатор тока ЭМТ-200/500 подключается к прибору «Энергомонитор 3.1КМ-А» в разных исполнениях в зависимости от класса точности эталонного счетчика.



Рис. 9. Подключение ЭМТ-200/500 к Энергомонитору 3.1КМ-А (кл. т. 0,05)



Рис. 10. Подключение ЭМТ-200/500 к Энергомонитору 3.1КМ-А (кл. т. 0,1)

3.3. Поверка счётчика DC совместно с шунтом на установке УППУ-МЭ-DC

На поверочной установке УППУ-МЭ-DC счётчик постоянного тока поверяется совместно с токовым шунтом в соответствии с требованиями на поверку счётчиков электроэнергии прямого включения (по МЭК 62053-41) (рис. 11).



Рис. 11. Подключение счётчика DC с шунтом к установке УППУ-МЭ-DC

Если необходимо поверить счётчик совместно с шунтом, нужно обеспечить выдачу и измерение постоянного тока до 200/500 А в зависимости от номинального тока применяемого токового шунта. Поэтому в составе установки имеется источник тока и эталонный счётчик с внешним трансформатором тока (рис. 12).

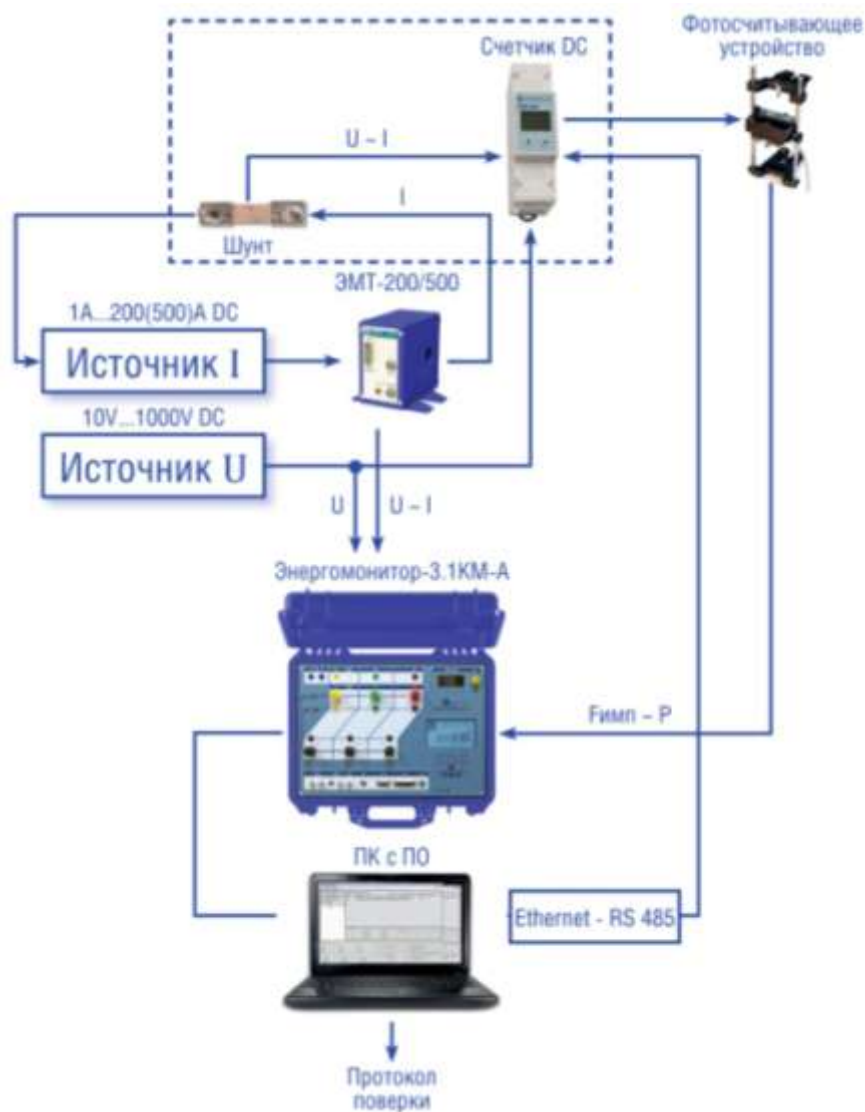


Рис. 12. Схема поверки счётчика DC с шунтом на установке УППУ-МЭ-DC

3.4. УППУ-МОНО-DC – переносная поверочная установка для поверки счётчиков постоянного тока (кл. т. 0,1) с имитацией сигнала от шунта

Наиболее простой и доступный способ поверки счётчика постоянного тока – имитация сигнала от шунта с помощью калибратора низковольтных сигналов с $U_{\text{вых.ном}} 75$ или 150 мВ как показано на рис. 13.

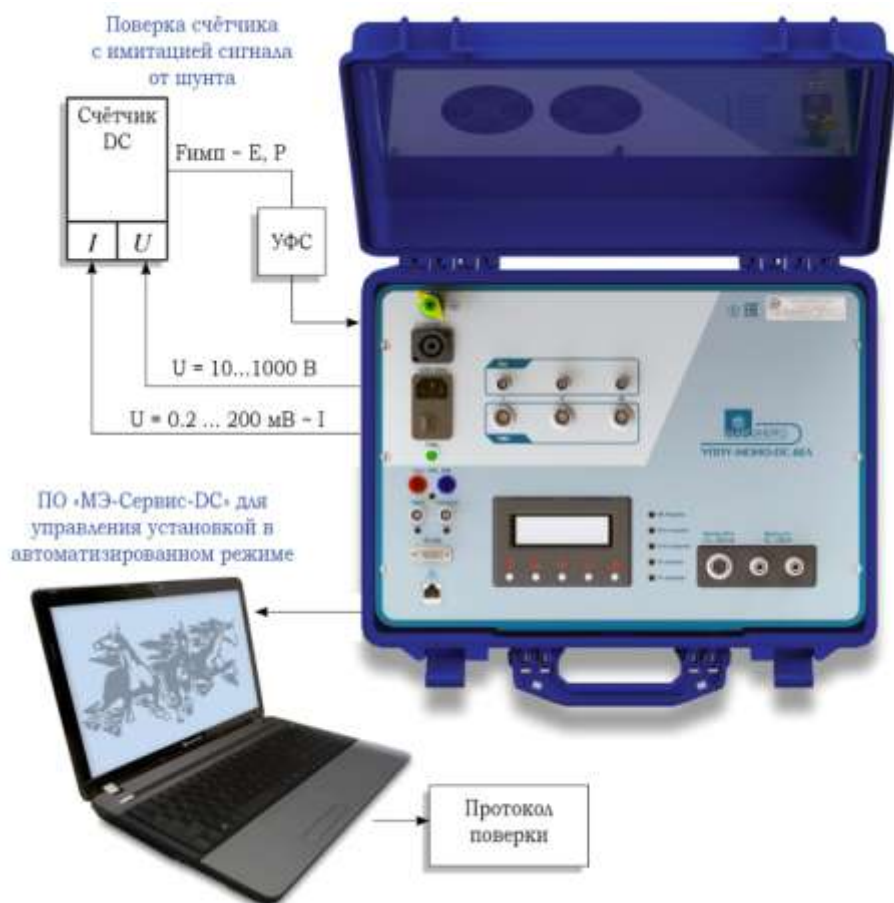


Рис. 13. Схема поверки счётчиков постоянного тока на установке УППУ-МОНО-DC с имитацией сигнала от шунта

Установка «УППУ-МОНО-DC» предназначена для поверки:

- счётчиков постоянного тока,
- вольтметров постоянного тока.

Таблица 5. Характеристики установки «УППУ-МОНО-DC»

Параметр	Диапазон	Погрешность	Ток нагрузки
Напряжение DC (высокое)	1...15 В 50...1200 В	$\pm 0,05\% + \Delta$	до 2 мА
Напряжение DC (низкое)	0.2 ... 220 мВ	$\pm 0,05\% + \Delta$	до 50 мА
Мощность DC		$\pm 0,1\% + \Delta$	

Список литературы:

1. ГОСТ IEC 62752-2021. Кабельный блок управления и защиты для зарядки электромобилей в режиме 2 (IC-CPD).
2. ГОСТ Р МЭК 62196-2-2013. Вилки, штепсельные розетки, соединители и вводы для транспортных средств. Кондуктивная зарядка для электромобилей. Часть 2. Требования размерной совместимости и взаимозаменяемости для штыревых разъемов и арматуры сети переменного тока.
3. ГОСТ IEC 62196-3-2018. Вилки, штепсельные розетки, переносные розетки и вводы транспортных средств. Проводная зарядка электрических транспортных средств. Часть 3. Требования к совместимости и взаимозаменяемости размеров соединительных устройств постоянного тока и переменного/постоянного тока со штырями и контактными гнездами для транспортных средств.
4. National Metrology Verification Regulations of the People's Republic of China. JJG 1149-2022. Off-board Chargers for Electric Vehicles (for Trial Implementation). Release 2022-06-28.
5. National Metrology Verification Regulations of the People's Republic of China. JJG 1148-2018. AC Charging Spot for Electric Vehicles. Release 2018-02-27.
6. Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML). Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE): - Metrological and technical requirements; - Metrological controls and performance tests. Edition 2022.
7. МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ПРИКАЗ от 5 апреля 2024 года № 1478 О внесении изменений в технические характеристики оборудования стационарной автомобильной зарядной станции публичного доступа, обеспечивающей возможность быстрой зарядки электрического автомобильного транспорта, утвержденные приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 29 апреля 2022 г. № 1776
8. Гублер Г.Б. К вопросу о метрологическом обеспечении зарядных станций для электротранспорта // Главный метролог №2/137/2024.

Сведения об авторе

Гиниятуллин Ильдар Ахатович, директор

ООО «НПП Марс-Энерго»

Адрес: 199034, Санкт-Петербург, 13-я линия В.О., д. 6–8, лит. А

Тел.: (812) 327-21-11

E-mail: mail@mars-energo.ru

www.mars-energo.ru