

AC 普通充電器の互換性評価手法の概要

Overview of Evaluation Method for EVSE Compatibility

大野 和之*1 沼田 智昭*1 矢野 勝*1 黒田 英二*1
 Kazuyuki ONO Tomoaki NUMATA Masaru YANO Eiji KURODA

1. はじめに

低炭素社会構築に向けた取組みの一環として、電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHEV) の導入が進んでいる。EV/PHEVの普及には充電インフラの広範な整備が不可欠であるが、市場の拡大にともない安全性や性能などの品質が確保された充電器だけでなく、粗悪な充電器が流通することも考えられる。特に、AC普通充電器 (EV supply equipment : EVSE) は、公共のみならず一般家庭でも利用されるものであり、従来の家電機器とは消費電流や通電時間など異なる特徴を有する。そこで一般財団法人日本自動車研究所 (JARI) では、電気事故や充電不能の事態を防ぐため、製品の安全性や性能に関する適合性を第三者が評価する制度の検討について、学識経験者、消費者団体、EVSEメーカーなどからなる委員会と共に検討を進め、2012年4月にEV/PHEV用AC普通充電器製品認証事業 (以下、認証事業とする) を開始した^{1),2)}。

認証事業における審査項目の一つに、EVSEとEV/PHEVの互換性評価がある。互換性とはEVSEが様々なEV/PHEVに対して充電できることであるが、この機能はIEC61851-1 電気自動車用コンダクティブ充電システム:一般要求事項³⁾ (以下、IEC61851-1とする) に規定されたEVSEとEV/PHEVとの間の充電制御信号であるコントロールパイロット (CPLT) 信号を主に測定することで検証している。なお、認証基準の策定にあたり、EVSEメーカー、自動車メーカーおよび関連団体のメンバによって構成されるワーキンググループを発足し、EVSEの互換性を評価するための要求事項や判定基準を協議した。より確実な充電動作を可能とするため、国際規格には規定されていない項目 (予見可能な誤使用・非常識な使用・故障又は異常状態) も認証基準に追加している。

本稿では、EVSEの互換性評価に関するCPLT信号の測定や評価方法、試験装置や評価結果の一例について紹介する。さらに、JARIでは実使用下での充電不成立事例についても調査を進めており、開発した試験機器の機能を一部紹介する。

2. EVSEの分類およびCPLT機能

EVSEの分類をTable 1に示す。EVSEは、CPLT機能の有無および形式 (モード) と、充電ケーブルの形式 (ケース) の組み合わせで分類される。JARIの認証事業では、CPLT機能を有しているモード2/ケースB (ケーブル付コンセント型) とモード3/ケースC (ケーブル付スタンド型) のEVSEを認証対象としている。

CPLT機能の概要をFig. 1に示す。CPLT信号を介して、EVSEからEV/PHEVに対しては充電ケーブルの接続状態、電力供給の可否、供給可能な最大電流値や故障の有無などが、EV/PHEVからEVSEに対しては充電の開始/停止の要求が通知され、充電制御を行っている。

Table 1 Type of EVSE

Mode Case	1	2	3
A	AC plug	Control box AC plug	Dedicated plug
B	Vehicle connector AC plug	Vehicle connector Control box AC plug	Dedicated plug Vehicle connector
C			Vehicle connector
Control pilot function	Non- available	Available (in control box)	Available (in EVSE)

■ applicable scope of "EV/PHEV AC EVSE Product Certification Scheme"

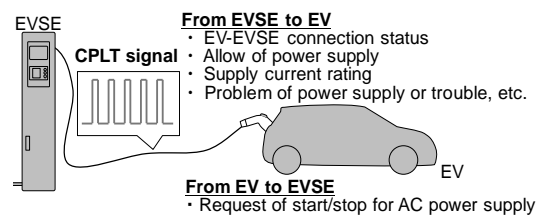


Fig. 1 Outline of CPLT function

*1 一般財団法人日本自動車研究所 FC・EV研究部

3. EVSEの互換性評価手法

3.1 IEC61851-1におけるCPLT回路の規定

IEC61851-1で規定されているCPLT回路をFig.2に示す。EVSE側の回路は、CPLT信号の発振源となるオシレータVgと等価総抵抗値R1、等価総静電容量Csが規定されている。EV/PHEV側の回路は、信号を整流するためのダイオードDと固定抵抗器R2、R3、開閉スイッチS2、ノイズを抑制するための静電容量Cvなどで構成され、開閉スイッチS2の動作によりR2とR3の合成抵抗が形成する。充電時にはEVSE側の回路とEV/PHEV側の回路が接続されて一つの回路となる。

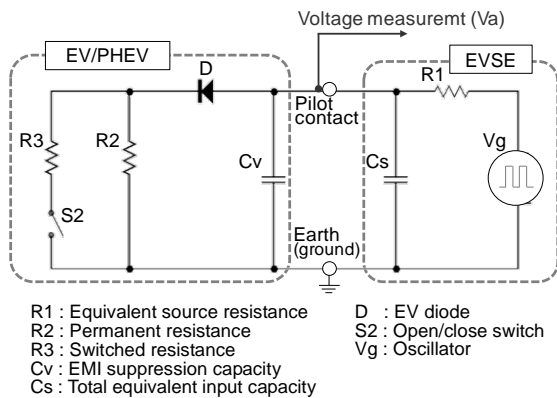


Fig. 2 CPLT circuit based on IEC61851-1

IEC61851-1で規定されるCPLT信号の電圧Voch, Vocl, パルス幅Pwo, 周波数Fo, 立ち上がり時間Trg, 立ち下がり時間TfgをFig. 3およびTable 2に示す。これらはFig. 2に示すオシレータVgでの測定をもとに規定されているが、実際にEV/PHEVへ入力される信号は車両コネクタと車両インレットとの接続部に相当するVa点であること、また、オシレータVgに測定端子が無い場合はオシレータVgそのものを変更する必要も生じてしまうことから、JARIの認証事業では測定点をVaとした。なお、測定点の変更による立ち上がり時間、立ち下がり時間への影響は回路シミュレーションにより求め、Table 2の規定値を一部変更した。

EV/PHEVおよびEVSEの各状態とその移行、供給可能な電流値の通知方法について以降に述べる。

1) EVSEの各状態とCPLT信号

IEC61851-1で規定されているEVSEの各状態

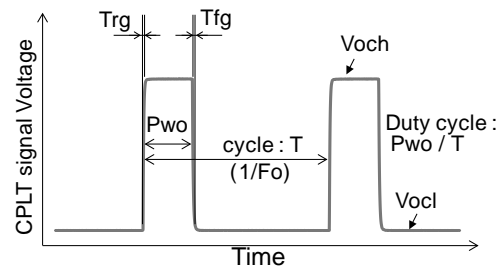


Fig. 3 CPLT signal parameters based on IEC61851-1

Table 2 CPLT signal parameters and values based on IEC61851-1

Parameter	Symbol	Value
Generator open circuit positive voltage at Vg	Voch	12.00 ± 0.6 (V)
Generator open circuit negative voltage at Vg	Vocl	- 12.00 ± 0.6 (V)
Frequency	Fo	1000 ± 0.5 % (Hz)
Pulse width at Vg	Pwo	Nominal width ± 25 (ms)
Maximum rise time at Vg (10 % to 90 %)	Trg	2 (μs)
Maximum fall time at Vg (90 % to 10 %)	Tfg	2 (μs)

の定義とCPLT信号の関係をTable 3に、状態移行に関する反応時間の規定の一部をTable 4に示す。また一連の充電動作におけるCPLT信号の状態移行例をFig. 4に示す。ここで、CPLT信号の高電位側をVtop, 低電位側をVbaseと称する (Fig. 4を参照)。充電コネクタをEV/PHEVに接続する前は、EVSEのCPLT信号は12Vの静的電圧となる (状態A)。EV/PHEVに接続され、Fig. 2に示す抵抗器R2によるCPLT信号の電圧変化を検知すると、EVSEはオシレータVgから±12Vの矩形波を発振する。この際、抵抗器R2およびダイオードDによってVtop 9V, Vbase -12VのCPLT信号となり (状態B)、EV/PHEVは通電待機状態となる。その後、EV/PHEVが通電可能と判断して開閉スイッチS2を閉じることでCPLT信号はVtop 6V, Vbase -12Vとなり、EVSEは交流出力を通電する (状態C)。また、EV側の抵抗器R3の設定によりCPLT信号をVtop 3V, Vbase -12Vにすることで、EVSEに換気機能の起動を要求する構成 (状態D) も存在している。上記の状態移行にともない、Table 4に示す、EVSEが交流出力を通電するタイミング (tACon), 交流出力を遮断するタイミング (tACoff1) などがIEC61851-1に規定されている。

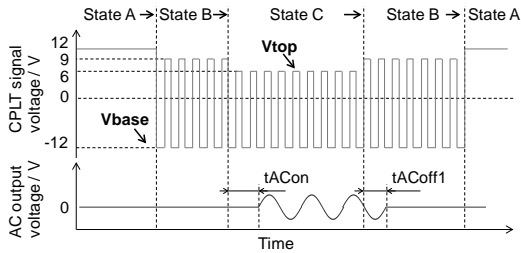


Fig. 4 Example of state transition on CPLT signal and AC output

Table 3 States of EVSE and CPLT signals based on IEC61851-1

State	EV connected	Charging possible	Vtop	Remarks
A	Not connected	No	12 ± 1(V) (Static voltage)	-
B	Connected	No	9 ± 1(V)	R2 detected
C	Connected	Yes	6 ± 1(V)	Charging area ventilation not required
D	Connected	Yes	3 ± 1(V)	Charging area ventilation required

Vbase at state B, C, D : -12 ± 1(V)

Table 4 Response time of CPLT functions based on IEC61851-1

Parameter	value	Operation details
tACon	3 (s) maximum	Beginning of supply of AC power after detection of state C or state D (vehicle request for energy)
tACoff1	100 (ms) maximum	Delay until contactor opens and terminates AC energy transfer in response to S2 opened

2) EV/PHEVが利用可能な電流値

EVSEは、CPLT信号の周期Tとパルス幅Pwoの比であるデューティサイクルによって、利用可能な電流値をEV/PHEVに通知する。IEC61851-1で規定されているデューティサイクルとEV/PHEVが利用可能な電流値の関係をFig. 5に示す。EVSEが利用可能な電流値の通知に使用するデューティサイクルは10%以上であり、利用可能な電流値と比例関係である。EV/PHEVはCPLT信号のデューティサイクルから充電電流を決定する。

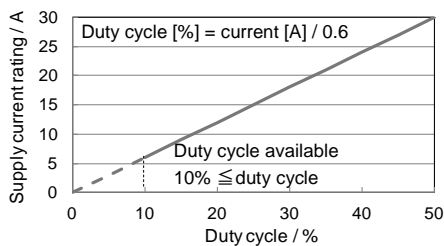


Fig. 5 Relationship between duty cycle on EVSE and supply current rating based on IEC61851-1

3.2 EVSEの互換性評価試験装置

前節で述べたCPLT信号の特性と交流出力および反応時間を評価するため、EVSEの互換性評価試験装置を構築した。構成図をFig. 6に示し、図中の1)~4)の順に各装置の概要を次に述べる。

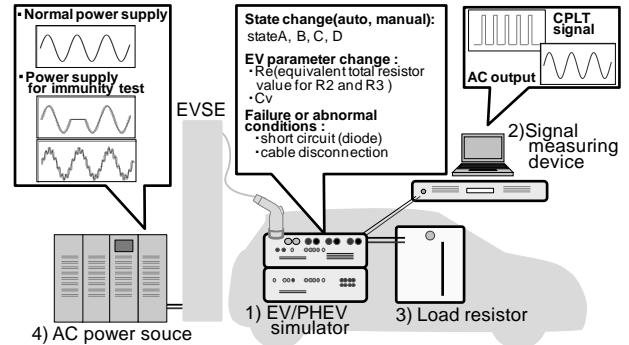


Fig. 6 Schematic of EVSE compatibility test device

1) 模擬EV/PHEV

CPLT通信と充電動作をシミュレートする装置として、模擬EV/PHEVを製作した。この装置はIEC61851-1に準拠したEV/PHEV側のCPLT回路を備え、Table 3に示す状態A~Dを手動スイッチにより任意に設定することが可能である。また、実車両と同様の充電制御シーケンスを再現することで、CPLT信号の連続的な波形評価も可能としている。さらに、Fig. 2に示した抵抗器R2などの回路素子を変更することによって、EV/PHEV側の回路条件が変更可能であるため、異なるEV/PHEVを模擬したEVSEの信号の評価が可能である。加えて、EVダイオードDの短絡、CPLT信号線の断線など故障・異常状態を模擬することによるCPLT信号およびEVSEの動作の評価が可能である。

2) 信号測定装置

CPLT信号およびEVSEの交流出力電圧の測定器として、最大20Mサンプル/s、分解能16ビットの2つのチャンネルを有するデジタルを使用した。測定結果の一例をFig. 7に示す。信号測定装置は、3.1節で述べたCPLT信号の電圧、パルス幅、周波数、立ち上がり・立ち下がり時間および交流出力電圧の評価が可能である。さらに、CPLT信号と交流出力電圧の変化を同時に計測することによってEVSEの反応時間を評価することが可能である。

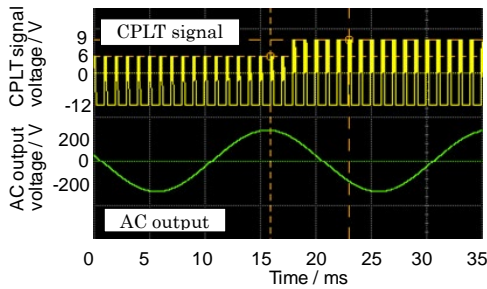


Fig. 7 Measurement example of CPLT signal and AC output

3) 負荷抵抗器

EV/PHEVの交流負荷に相当する模擬負荷として、可変の負荷抵抗器を使用した。EVSEに対して最大8.3kVAまでの任意の負荷でCPLT信号の評価および交流出力を通電/遮断する動作の確認が可能である。連続定格運転における評価も可能である。

4) EVSE用電源

EVSEの定格運転にも対応できるように、電源容量が6kVAの電源とした。また、電圧変動や周波数変動などの電磁妨害耐性（イミュニティ）の規格試験であるIEC61000-4-11 電圧ディップ/短時間停電試験、IEC61000-4-13 高調波/次数間高調波試験、IEC61000-4-14 電圧変動試験、IEC61000-4-28 電源周波数変動試験が実施可能であるほか、独自に作成した電源波形を用いて規格以外の電源試験によるEVSEの電源イミュニティ評価が可能である。

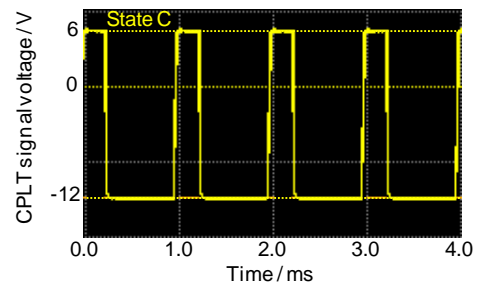
3.3 CPLT信号および反応時間の評価結果

EVSEの互換性試験で得られた正常なCPLT信号の例をFig. 8に示す。CPLT信号は、信号電圧値や信号周波数などの各値がTable 3に示した規定の範囲内であるほか、反応時間 t_{ACoff1} がTable 4に示した規定範囲内である。

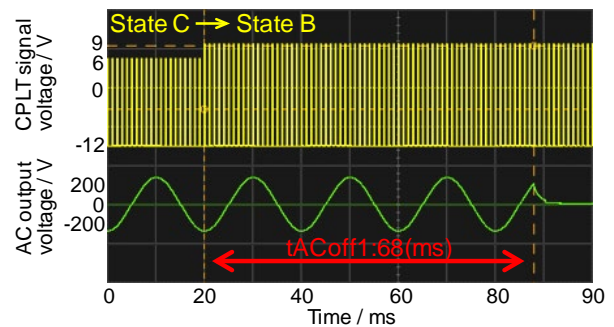
認証基準に対して不適合と判断されるCPLT信号の主な例と、実際に互換性試験で得られたCPLT信号の一部を以下1)~6)に紹介する。

1) V_{top} ・ V_{base} 、交流出力の通電/遮断

Fig. 9に示す例のように、CPLT信号の V_{top} 、 V_{base} が規定範囲外となる場合、EVSEおよびEV/PHEVにおいて状態を正しく判定されない可



(a) CPLT signal



(b) Response time (t_{ACoff1})

Fig. 8 Measurement example of normal CPLT signal and response time

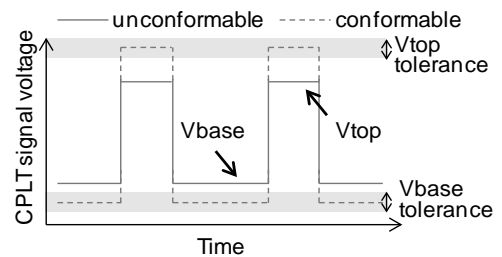


Fig. 9 Unconformable V_{top} and V_{base}

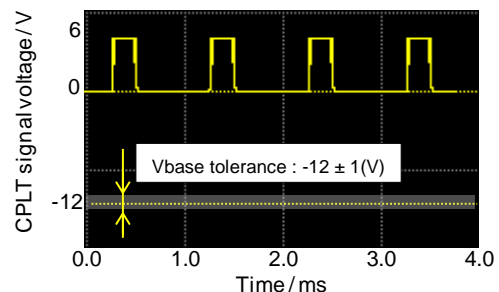


Fig. 10 Measurement example of CPLT signal with incorrect V_{base}

能性がある。測定例をFig. 10に示す。CPLT信号の V_{base} が0Vとなっており、規定の $-12 \pm 1V$ を満

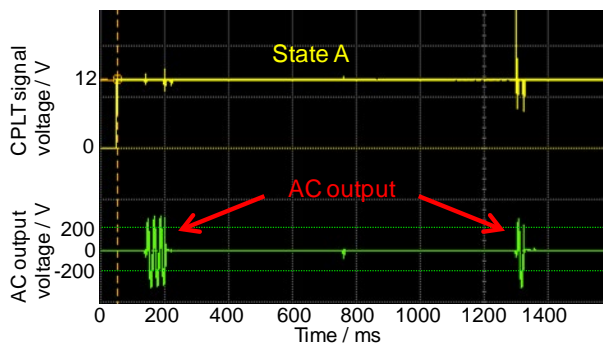


Fig. 11 Measurement example of incorrect relationship of state and AC output

足していない。また、EVSEがCPLT信号の状態に応じた交流出力の通電/遮断を行わないため、認証基準に対して不適合である事例が見受けられた。測定例をFig. 11に示す。短時間であるものの、状態Aにおいて出力電圧が印加されている。

2) デューティサイクル

CPLT信号のデューティサイクルが適正でない場合は、EV/PHEVが算出する電流値に誤りが生じる。Fig. 12に示すデューティサイクル Pw'/T のように、適正なデューティサイクル Pw/T (EVSEが供給可能な電流値を示すものとする) よりも大きい場合、EV/PHEVが算出する電流値が大きくなるため、EVSEに過大な負荷電流が生じることがある。また、CPLT信号のデューティサイクルが適正なデューティサイクルよりも小さい場合は、EV/PHEVが利用する電流値が減少することによって充電時間が増加するなどの不具合が生じることがある。

3) 立ち上がり・立ち下がり時間

CPLT信号の立ち上がり時間 T_{rg} 、立ち下がり時間 T_{fg} がTable 2に示す規定値より長い場合は、算出される許容電流の誤差が大きくなるため、EVSEが異常状態と判定することや充電時間が増加することがある。また、EV/PHEVによっては異常と判定することもある。Fig. 13に示す測定例では、CPLT信号の立ち上がり・立ち下がり時間が規定値より長いことによって、EV/PHEVがEVSEの状態を判定できないために、状態Bから状態Cに移行されず、充電が開始されない不具合が生じている。

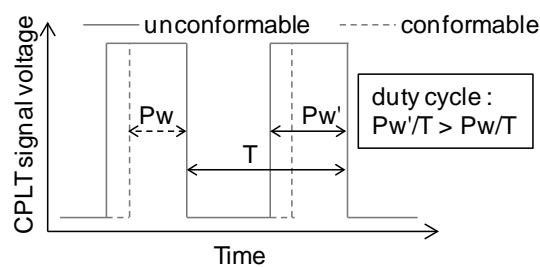
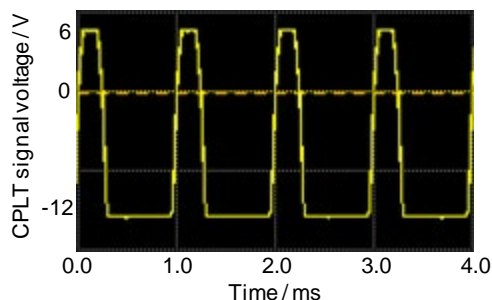
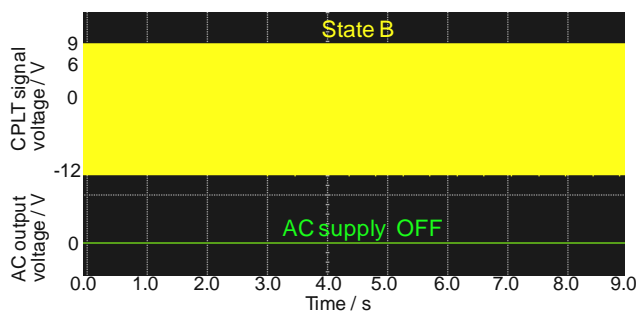


Fig. 12 Unconformable duty cycle



(a) CPLT signal with incorrect rise time and fall time



(b) State transition (not transition to state C)

Fig. 13 Measurement example of state transition failure by CPLT signal with incorrect rise time and fall time

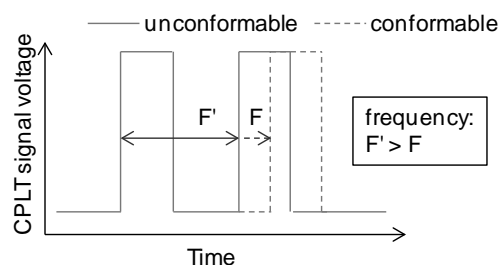


Fig. 14 Unconformable frequency

4) 発振周波数

Fig. 14に示す例のように、CPLT信号の発振周波数 F' が周波数 F (Table 2に示す規定上限値とす

る)を超えている場合や、周波数が規定下限値より小さい場合は、EV/PHEVがCPLT信号を検出できないことによって充電が不成立となる可能性がある。

5) CPLT信号ノイズ

CPLT信号にノイズが重畳する場合は、EVSEやEV/PHEVで状態を正しく判定できない場合がある。測定例をFig. 15に示す。ノイズの影響によってVtop, Vbaseの変動が大きくなっているため、CPLT信号がTable 3に示す状態Cの定義範囲を超えていることによって、EVSEが状態Dと誤判定して充電が中断されている。

6) 反応時間

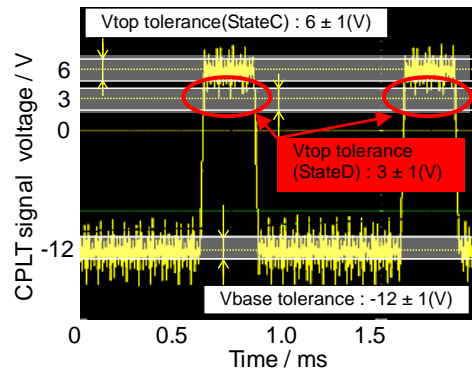
EVSEの反応時間がTable 4に示す規定を超えている場合、EV/PHEVが異常状態と認識する可能性がある。tACoff1が規定を超えている測定例をFig. 16に示す。

4. まとめと今後の計画

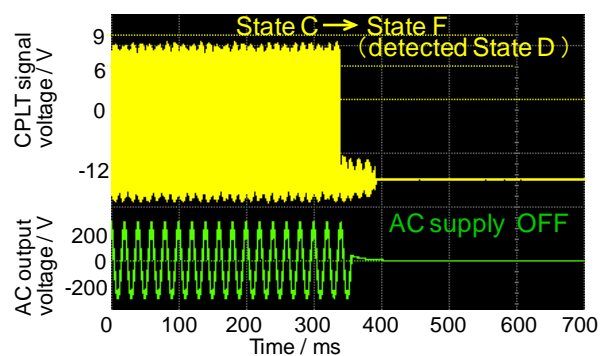
本稿では、EVSEの互換性評価に関する研究活動として、CPLT機能の概要、CPLT信号の測定や評価方法、試験装置および評価結果を紹介した。認証基準に対して不適合と判断される主なCPLT信号の例として、Vtop・Vbase、デューティサイクル、立ち上がり・立ち下がり時間、発振周波数、反応時間などが規定を満たさない場合があり、EVSEまたはEV/PHEVが誤動作することが考えられた。また、EVSEの互換性試験で得られた評価結果では、認証基準に対して不適合なCPLT信号によるEVSEの通電停止や誤動作などの事例が確認されている。

現在、JARIでは様々なEVSEのCPLT信号出力や交流出力の通電/遮断動作を模擬可能なEVSEシミュレータを導入し、EV/PHEV、EVSEの双方から充電不成立の要因を調査・検討している。これらの検討によって得られた知見は、IEC61851-1などにおける規定や規格適合試験、充電器認証における認証基準の改定内容や互換性評価方法の検討に反映させる。

EVSEの互換性を確認する試験方法および要求事項について策定した互換性技術基準⁴⁾は、EVSEの電気安全について策定した安全技術基準⁵⁾と共



(a) Superimposed noise on CPLT signal



(b) Measurement of AC supply interruption

Fig. 15 Measurement example of AC supply interruption by superimposed noise on CPLT signal

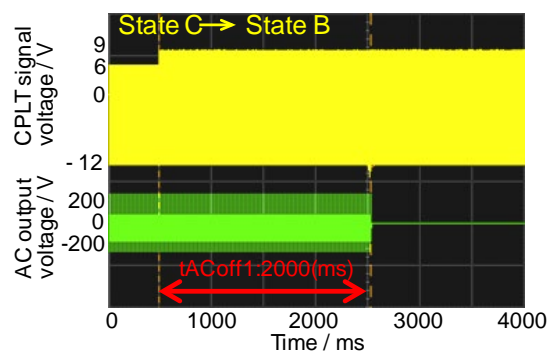


Fig. 16 Measurement example of incorrect response time

に充電器認証の製品試験で使用されている。充電器認証事業の詳細は、JARI 認証センター¹⁾に問合せいただきたい。なお、充電器認証で登録されたEVSEには、Fig. 17に示す認証マークが貼付されている。第三者であるJARIが一定の基準に適合した製品を示すことで、安全性や性能などの品質

が確保された EVSE の普及を推進し、安全・安心な自動車社会に貢献していきたいと考えている。



Fig. 17 Certification mark

5. 謝辞

AC普通充電器の互換性技術基準および安全技術基準の策定にあたり、EVSEメーカー、自動車メーカーおよび関連団体の関係各位から多くのご協力、ご尽力いただいたことを深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 一般財団法人日本自動車研究所認証センター：
<http://www.jari-rb.jp/>
- 2) 筑井啓介：EV/PHEV用AC普通充電器製品認証 説明会
概要報告，JARI Research Journal, 2012-06-09
- 3) IEC61851-1:Electric Vehicle Conductive Charging
System Part 1:General Requirements, ed.2.0, 2010
- 4) JARI A 0201 EV/PHEV用AC普通充電器互換性技術基
準, 2012
- 5) JARI A 0101 EV/PHEV 用 AC 普通充電器安全技術基
準, 2012