電気自動車のオンボード充電システムの EMC — IEC 61851-21-1 の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2021年6月9日

目 次

1	概要		1
2	共通	事項	1
	2.1	試験時の構成や動作条件	1
	2.2	電源の接続	3
	2.3	AN, AMN, AAN	3
		2.3.1 LV-AN, HV-AN	4
		2.3.2 AMN	4
		2.3.3 AAN	4
	2.4	イミュニティ試験時の性能基準	5
	2.5	試験の除外...............	6
3	重両	での試験	6
Ŭ	3.1	セットアップ	6
	3.2	電源線上の電気的ファスト・トランジェン	0
		ト/バーストへのイミュニティ	6
	3.3	電源線上のサージへのイミュニティ	6
	3.4	放射電磁界イミュニティ	6
	3.5	無線周波伝導エミッション	$\overline{7}$
	3.6	無線周波放射エミッション	7
	3.7	AC 電源線上の高調波電流のエミッション	9
	3.8	AC 電源線上の電圧変動/フリッカのエミッ	
		ション	9
4	ESA	での試験	11
	4.1	電源線上の電気的ファスト・トランジェン	
		ト/バーストへのイミュニティ	11
	4.2	電源線上のサージへのイミュニティ	11
	4.3	無線周波放射電磁界に対するイミュニティ	11
	4.4	低圧 DC 電源線上の過渡妨害に対するイ	
		ミュニティ	11
	4.5	無線周波伝導エミッション	12
	4.6	無線周波放射エミッション	14
		4.6.1 セットアップ	14
	4.7	AC 電源線上の高調波電流のエミッション	14
	4.8	AC 電源線上の電圧変動/フリッカのエミッ	
		ション	14
	4.9	低圧 DC 電源線上の過渡妨害のエミッション	14
5	参考	資料	15

1 概要

IEC 61851-21-1^[1] は電気自動車 (プラグイン・ハ イブリッドを含む)の伝導での充電 (交流と直流のい ずれでも)のためのオンボード充電システム (車載充 電器)に対する EMC 要求に関するもので、イミュ ニティとエミッションの双方の要求を、また車両で の試験とコンポーネント (electronic sub assembly; ESA) のレベルでの試験の双方を含む。

この規格はオフボード充電システム^{†1}や非接触充 電 (WPT)^{†2}はカバーしない。また、この規格のエ ミッション要求では、車両上の無線受信器やその他 の電子機器への干渉の可能性、電磁界の人体への影 響の可能性などは特に考慮されていない。

この規格の要求は ECE Regulation No. 10.06 (ECE R10.06)^[28] でのオンボード充電システムに 対する要求と似ているが、大小の相違がある。

本稿ではこの IEC 61851-21-1:2017 の要求事項の 概要を述べる。なお、本稿はその内容全てをカバー するものではなく、また正確であるとも限らないの で、正確な情報は規格そのもの^[1] や関連する公式 な文書を参照されたい。

2 共通事項

2.1 試験時の構成や動作条件

車両システムは公称電源電圧の -15~+10 %
 の範囲で正しく動かなければならず、試験はそ

^{†1} IEC 61851-21-2, "Electric vehicle conductive charging system – Part 21-2: Electric vehicle requirements for conductive connection to an AC/DC supply – EMC requirements for off board electric vehicle charging systems" で扱 われている。

 $^{^{\}dagger 2}$ IEC 61980-1, "Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems – Part 1: General requirements" で扱われている。

			,
試験	車両での試験	ESA での試験	性能基準
	イミュニティ		* 7 <u>6</u> A
バルク・カレント注入(振幅変調)		ISO 11452-4 ^{[19][22]} , $20 \sim 200 \text{ MHz}$, 60 mA	n
無線周波電磁界(振幅変調)	ISO 11451-2 ^{[16][20]} , $20 \sim 800 \text{ MHz}$, 30 V/m	ISO 11452-2 ^{[18][22]} , 200~800 MHz, 30 V/m	m
(パルス変調)	$800 \sim 2000 \text{ MHz}, 30 \text{ V/m}$	$800 \sim 2000 \text{ MHz}, 30 \text{ V/m}$	m
ファスト・トランジェント	IEC 61000-4-4 ^{[6][25]} , $\pm 2 \text{ kV}$	Ļ	m
サージ (AC 電源線)	IEC $61000-4-5^{[7][25]}$, line-to-earth: $\pm 2 \text{ kV}$	⇒	B
	line-to-line: $\pm 1 \text{ kV}$	⇒	IEC
サージ (DC 電源線)	IEC 61000-4-5 ^{[7][25]} , line-to-earth: $\pm 0.5 \text{ kV}$		о18 Д
	line-to-line: $\pm 0.5 \text{ kV}$	↓	51-2
低圧 DC 電源線上の過渡妨害		ISO 7637-2 ^{[14][23]} , pulse 1 & 2b, test level III	U
		pulse 2 a $\&~4,~{\rm test}$ level III	Д
		pulse 3a/3b, test level III	A
	エミッション		
無線周波伝導エミッション (AC/DC 電源線)	IEC 61000-6-3 ^[8] , $0.15 \sim 30 \text{ MHz}$	CISPR 16-2-1 ^[11] , $0.15 \sim 30 \text{ MHz}$	
無線周波伝導エミッション(ネットワーク/テレコム)	CISPR $22^{[12]}$, $0.15 \sim 30 \text{ MHz}$	⇒	
無線周波放射エミッション	CISPR $12^{[9][21]}$, $30 \sim 1000 \text{ MHz}$	CISPR $25^{[13][24]}$, $30 \sim 1000 \text{ MHz}$	
AC 電源線上の高調波電流	IEC 61000-3-2, -3-12 ^{[2][5]} [^{26]}	⇒	
AC 電源線上の電圧変動/フリッカ	IEC 61000-3-3, -3-11 ^{[3][4][27]}	⇒	

電気自動車のオンボード充電システムの EMC — IEC 61851-21-1 の概要



表 1: 試験項目の一覧



の範囲内の電源電圧で実施する。

交流の場合、電源周波数は 50 Hz ±1 % か 60 Hz ±1 % の範囲である。

- これと異なる指定がない限り、無風の 23±5°C の環境で試験する。
- EUT やその他の可動部は最も不利な条件とする。
- 車両での試験の場合、
 - 車両は必要な試験機器を除いて無積載状態とし、
 - 車両は静止させ、エンジンを切り、充電
 モードで動作させ、
 - ドライバや乗客が恒久的にオンにすることができるその他の全ての機器はオフとする。
- ESA (車載充電器単体) での試験の場合、車両 で使用されるものと同様の高圧バッテリ、ある いはそれを模擬する適切な負荷が必要となり、 これはテスト・プランで指定しなければなら ない。
- 電流を調整可能な場合、
 - イミュニティ試験 電流を公称値の 20 %
 以上とする;
 - エミッション測定 電流を公称値の 80 %
 以上とする。
- 電流を調整できない場合、バッテリの SOC (充 電率)を試験の全期間にわたって最大 SOC の 20~80 % の範囲内に保つ。^{†3}

2.2 電源の接続

試験は、その長さなどの詳細がテスト・プランで 示された、充電ステーションか車両の製造業者が指 定、もしくは提供する充電ケーブル^{†4}を用いて行な う。充電ケーブルの余長は 0.5 m の幅で折り返して 配置する (図 15 なども参照)。 無線周波妨害のエミッションやイミュニティの試 験では、EUT となる車両や ESA の電源への接続は 以下のように行なう:

- EUT の AC や DC の電源は適切な AMN や AN (§2.3) を介して給電する。
- 電源の(また、通信用の)ソケットはグランド・ プレーン上に直接置く。
- ソケットと AMN や AN のあいだのハーネス は可能な限り短くし、グランド・プレーン上に 直接置く。
- 充電ステーションを用いる場合、それは試験 サイト内にあっても試験サイト外にあっても良い。^{†5}
- 充電ステーションが試験サイト内にある場合、
 - ケーブルは充電ステーションの側面を垂 直に引き下ろし、ケーブルの余長はグラ ンド・プレーン上に (必要であれば折り返 して) 置く;
- 充電ステーションが試験場所の外にある場合、 電源や通信用のソケットはフィルタされている べきである。
- 車両と充電ステーションのあいだの通信を模擬 できる場合、その模擬装置と電源からの直接の 給電で充電ステーションを代替できるかも知れ ない。

2.3 AN, AMN, AAN

多くの試験では、表2 で示すような AN (artificial network)、AMN (artificial mains network)、及び AAN (asymmetric artificial network) を接続対象 の線に応じて使用する。

これらの測定用ポートはそのラインのエミッショ ンを測定する際には測定器 (テスト・レシーバ) に 接続し、その他の時には 50 Ω で終端する。

^{†3} 実際にバッテリを充電しながら試験を行なう場合、試験の あいだバッテリの SOC (充電率)を規定の範囲内に維持するた めに、試験を分割し、途中でバッテリを放電させることが必要 となるかも知れない。

^{†4} 例えば車両に付属する普通充電用ケーブル、急速充電器に 取り付けられている充電ケーブルのような。

^{†5} 充電ステーション (IEC 61851-21-2 で扱われている) はこ の規格の対象とならないが、充電ステーションと接続される車 両側のシステムはこの規格でカバーされる。



電源線用 AN, AMN						
低圧 DC 電源線	AN (LV-AN; $(5 \ \mu H \ / \ 50 \ \Omega)$ — CISPR 25:2016 ^{[13][24]} Annex E (🗵 1)					
高圧 DC 電源線	HV-AN (5 μH / 50 Ω) — IEC 61851-21-1 §A.3.3 (\boxtimes 1)					
AC 充電ライン	AMN (50 μ H / 50 Ω) — CISPR 16-1-2:2014 §4.3 (🗵 3)					
対称信号/制御ポート	IEC 61851-21-1 §A.5.2 (図 5)					
電源線上の PLC	IEC 61851-21-1 §A.5.3 (図 6)					
コントロール・パイロット上の PLC	IEC 61851-21-1 §A.5.4 (図7)					

表 2: AN, AMN, AAN

2.3.1 LV-AN, HV-AN

LV-AN は低圧 DC 電源 (60 V 未満) に、HV-AN は高圧 DC 電源 (60~1000 V) に用いられる。これ らはいずれも 5 μ H / 50 Ω AN で、基本回路 (図1) やインピーダンス (図2) の規定は同様だが、図1 に 示すように、電源入力側の定数として異なる値が示 されている。^{†6}



HV-AN と EUT のあいだには、必要に応じて適 切なインピーダンス整合回路網を入れることができ る。高圧 DC 電源線はしばしばシールドされるた め、HV-AN はケーブルのシールドを適切に終端で きるような構造となっているか、あるいはそのよう なシールド・ケースに入れて使用されることが多い。

2.3.2 AMN

AMN (artificial mains network; 図 3) は商用電源 に接続される一般の電気機器の電源ポート伝導エミッ



図 2: 5 μH/50 Ω AN のインピーダンス Z_{PB} (測定ポートを 50 Ω で終端、端子 A-B を短絡した状態での計算値)

ション測定で良く用いられるものと同様の 50 μ H / 50 Ω のものであり、AC 充電の車両や ESA の試験 で用いられる。



図 3: AMN (50 μH / 50 Ω) の原理 — 単相電源用

2.3.3 AAN

AAN (asymmetric artificial network) は通信ポートがある場合に用いられる。

電源線上の PLC 用の AAN (図 6) は AMN など と並列に接続することを意図しており、コモン・モー

^{†6} インピーダンス Z_{PB} は端子 A–B を (従って C_2 を) 短絡 した状態で規定されているため、 C_2 の容量の違い (また、 C_2 が あるかどうか) の影響を受けない。だが、 C_2 の 150 kHz にお けるインピーダンスは 1 μ F では約 1 Ω 、0.1 μ F では約 10 Ω で、実際の使用時には $C_2 = 0.1 \mu$ F の HV-AN の端子 P–B 側から見たインピーダンスは電源入力側のインピーダンスの影 響を有意に受けることが予期される。HV-AN の入力側の貫通 フィルタ (図 32 などを参照) はこの影響を緩和するだろう。





ド・インピーダンスを制御する機能を持たない^{†7}が、 その他の AAN (図 5, 図 7) は 150 Ω のコモン・モー ド・インピーダンスを与えるようになっている。

対称通信線用の AAN (図 5) の Z_{cat} は、LCL (longitudinal conversion loss; 不平衡減衰量) を実際の使用時に接続される機器とケーブルに合わせる ように調整する。



図 5: AAN (対称信号/制御ポート) の原理 — 2 線 (1 対) 用

2.4 イミュニティ試験時の性能基準

イミュニティ試験での合否の判断では以下のよう な性能基準を適用する:

性能基準 A:車両は動いてはならない。充電機能は試験中と試験後に意図した動作を続けなけ



図 6: AAN (電源線上の PLC) の原理



図 7: AAN (コントロール・パイロット上の PLC) の原理

ればならない。性能の低下や機能の喪失は許容 されない。

- 性能基準 B:車両は動いてはならない。充電機能は試験後に意図した動作を続けなければならない。試験後の性能の低下や機能の喪失は許容されない。充電機能がユーザーの関与なしに自動的に回復する限り、試験中は充電機能の一時的な喪失が許容される。
- 性能基準 C:車両は動いてはならない。充電機能は試験後に意図した動作を続けなければならない。試験後の性能の低下や機能の喪失は許容されない。その機能が機器のユーザーか遠隔のオペレータによる簡単な操作で、またツールを用いずに回復させられる限り、機能の喪失が許容される。

^{†7} PLC の信号は AMN などを通過できず、この AAN は信 号を通すため代替の経路を提供する。



2.5 試験の除外

- 以下のいずれかの条件に該当する、製造業者が その制限を明確に表明した車両や ESA は、無 線周波伝導エミッション (§3.5, §4.5)、ファス ト・トランジェント (§3.2, §4.1)、及びサージ (§3.3, §4.2)の要求に適合する必要はない:
 - 30 m よりも短いケーブルで DC 充電ス
 テーションに接続することのみが意図されている、あるいは
 - 他の者が利用しない私有の DC 充電ステー ションへの接続のみが意図されている。
- テレコム・サービスを含む公衆通信網に接続されない通信線は無線周波伝導エミッション (§3.5, §4.5)の要求に適合する必要はない。

3 車両での試験

3.1 セットアップ

これと異なる指定がない限り、車両やケーブルは 以下のように配置する:

- 車両はグランド・プレーン上に直接置く。^{†8}
- AC や DC の電源ケーブル (充電ケーブル) は 車体側のコネクタの位置に関わらず車体の側方 に引き、0.8^{+0.2} m 離して置かれた AMN/AN や CDN^{†9}に接続する。^{†10}
- ケーブルの余長はグランド・プレーンから 0.1± 0.025 m の高さに置き、車体から 0.1 m 以上 離れた場所で 0.5 m 未満の幅で折り返す。

図15 なども参照。

3.2 電源線上の電気的ファスト・トラン ジェント/バーストへのイミュニティ

図 9に例示するようなセットアップで、IEC 61000-4-4^{[6][25]} に従って車両の AC や DC の電源線 (充電 ケーブル) とグランド・プレーンのあいだに所定の 妨害 (図 8) を印加する。

充電ケーブルに信号線が含まれる場合、その信号 線も同様の妨害を受けるかも知れないが、この影響 は充電ケーブル内の電源導体からの静電結合によっ てカバーされるものとみなされ、信号線に対する試 験を別に行なうことは要求されていない。



図 8: IEC 61000-4-4 (EFT/B) 試験波形

3.3 電源線上のサージへのイミュニティ

電気的ファスト・トランジェント/バーストの試験 (図 9) と同様のセットアップで、IEC 61000-4-5^{[7][25]} に従って車両の AC や DC の電源線 (充電ケーブル) の各電源導体間、また各電源導体とグランドのあい だに所定の妨害 (図 10) を印加する。

3.4 放射電磁界イミュニティ

図 12に例示するように、ISO 11451-2^{[16][20]} に従っ て所定の電磁界を垂直偏波で照射し、妨害の影響を 観測する。^{†11}

^{†8} 試験は車両を静止させた状態で行なうため、ダイナモメー タなどは不要である。だが、状況によっては、妨害の影響で車両 が動いた時でも危険を生じないような対処が必要となるかも知 れない。

^{†9} coupling/decoupling network (結合/減結合回路網); 電 気的ファスト・トランジェント/バースト (§3.2, §4.1) やサージ (§3.3, §4.2) の試験で用いられる。

^{†10} この距離は規格の本文中では規定されておらず、図にのみ 示されている。また、その距離が何と何のあいだの距離である かは一貫しておらず、また1つの図の中の前面図と上面図とで 食い違っていることもある。

^{†11} 表1に示したように、この試験で要求されている性能基準 (§2.4) は B で、特定の周波数範囲の妨害の印加中に充電機能を 喪失しても規格上は許容可能と判断されるかも知れない。だが、 この試験で模擬される妨害は持続的なものとなる可能性も、従っ てその妨害の印加中に充電機能を喪失する車両は特定の使用環 境で充電を正常に行えなくなる可能性も予期されそうであるの で、より慎重な判断が必要となるかも知れない。





図 9: 車両の電気的ファスト・トランジェント/バースト試験のセットアップの例



図 10: IEC 61000-4-5 (サージ) 試験波形

車両の基準点は車両の左右の中央の位置、前輪の 軸の 0.2 m 後方 (図 11) の位置で、車両は試験サイ トの試験レベル (電界強度)の設定を行なったライン (図 13) に車両の基準点を合わせるように配置する。

20~2000 MHz の全周波数範囲を ISO 11451-1 で規定されたステップを超えない周波数ステップで 掃引し、印加する妨害には以下の変調を適用する (図 14):

- ≤ 800 MHz 1 kHz 80 % の振幅変調
- ≥ 800 MHz t_{on} = 577 µs, period = 4600 µs

 のパルス変調

各周波数の妨害を印加する時間 (ドウェル・タイム) は、試験対象のシステムの応答時間や妨害の影響の観測に必要な時間に応じて、1 秒以上の時間を テスト・プランで指定する。



図 11: 車両の基準点

3.5 無線周波伝導エミッション

図15 に例示するような配置で、車両のACやDC の電源線 (充電ケーブル)上の、また該当する場合 にはネットワーク/テレコム・アクセス線上の無線 周波伝導妨害を準尖頭値 (QP) 検波と平均値 (AV) 検波で測定し、所定の限度 (図16) を超えないこと を確認する。

3.6 無線周波放射エミッション

図 17 に例示するように、CISPR 12^{[9][21]} に従っ て、車両から放射される電磁界を車両の側面から 10 m か 3 m の測定距離、垂直偏波と水平偏波、準 尖頭値 (QP) 検波で測定し、所定の限度 (図 18) を 超えないことを確認する。^{†12}

この測定は図17で示したような屋外試験サイト で、あるいはそのような屋外試験サイトとの相関が 示された電波半無響室などで行なう。

^{†12} 広帯域エミッションと狭帯域エミッションの区別はない。



信号発生器





図 13: ISO 11451-2 での試験レベルの設定







図 15: 車両の無線周波伝導エミッション測定のセットアップの例



図 16: 無線周波伝導妨害エミッションの限度 (ESA、及び 車両) — AC 電源線、DC 電源線、及び有線ネットワーク

AC 電源線上の高調波電流のエミッション

車両から AC 電源線に流出する電源高調波電流 (次 数間高調波を含む、電源周波数の 40 次までの高調 波)^{†13}のレベルを制限するもので、入力電流が 16 A/ 相以下の場合は IEC 61000-3-2^{[2][26]}、16~75 A/相 の場合は $R_{\rm SCE} = 33$ で IEC 61000-3-12^{[5][26]} (16~ 75 A/相)^{†14}の要求に適合することを確認する。^{†15}

16 A/相以下とそれ以上の双方で動作できる場合、

それぞれの電流の範囲でそれぞれ該当する規格を適 用する。^{†16}

この測定は、IEC 61000-3-2 や IEC 61000-3-12 に従い、所定の条件を満たす電源^{†17}から高調波アナ ライザを通して 10 m 以下のケーブルで評価対象の 車両に給電し、電源電流を高調波アナライザで分析 することによって行なう (図 19)。

観測期間は機器の電流の挙動が準静的 (quasistationary)^{[2][26]} とみなして決定するが、所定の条 件の範囲内で測定結果が厳しくなるような動作状態 で、任意の 2.5 分の観測を行なえば済むだろう。

3.8 AC 電源線上の電圧変動/フリッカの エミッション

車両がAC電源線上に引き起こす電圧変動やフリッ カ^{†18}のレベルを制限するもので、入力電流が16 A/ 相以下の場合は IEC 61000-3-3^{[3][27]} 16~75 A/相の 場合は IEC 61000-3-11^{[4][27]}の試験法が用いられ、 いずれの場合も以下の限度が適用される:

 ・ P_{st} ≤ 1.0 (短時間フリッカ値 ─ 10 分間でのフリッカ の指標)

^{†13} 電源高調波電流は、例えば受電部の整流平滑回路によって 引き起こされる。過剰な電源高調波は電力設備やその系統に接 続された他の機器への悪影響、例えばコンデンサやリアクトル の過熱や損傷などの問題を引き起こすことがあることから、そ の抑制が求められるようになっている。

^{†14} 短絡比 $R_{SCE} = 33$ は IEC 61000-3-12^{[5][26]} では最も厳 しい条件となり、その要求に適合するものは電圧と電流が機器の 要求を満たす任意のアウトレットへの接続が可能となるだろう。 ^{†15} 日本国内では、300 V 以下、20 A/相までの機器に適用可 能な JIS C 61000-3-2 がある。

^{†16} 例えば一般の 230 V のアウトレット (コンセント) に接続 した場合と専用の回路に接続した場合とで異なる電流での充電 が選択されるような場合。

^{†17} IEC 61000-3-2 は電源に対する要求が特に厳しく、おそら くは適切な安定化電源の使用が必要となる。

^{†18} フリッカ (flicker) は「その照度やスペクトラム分布が時間につれて変動する光刺激によって誘起される視覚的な不安定 さの印象」と定義されており、簡単に言えば照明のちらつきな どのことである。ここでは同じ電源系統に接続された照明のフ リッカを引き起こすような電圧変動 (電圧の変動を引き起こすよ うな電流の変動) が評価の対象となる。





図 17: 屋外テスト・サイトでの車両の無線周波放射エミッション測定のイメージ



図 18: 車両からの無線周波放射エミッションの限度



図 19: 電源高調波電流の測定の原理 (IEC 61000-3-2, -3-12)

- P_{lt} ≤ 0.65 (長時間フリッカ値 2 時間でのフリッカの 指標)
- d(t) は 500 ms よりも長く 3.3 % を超えない こと (T_{max} ≤ 500 ms)
- d_c ≤ 3.3 % (最大定常電圧変化 図 21 参照)
- d_{max} ≤ 6 % (最大相対電圧変化 図 21 参照)

16 A/相以下とそれ以上の双方で動作できる場合、 それぞれの電流の範囲でそれぞれ該当する規格を適 用する。



図 20: 電圧変動/フリッカの測定の原理 (IEC 61000-3-3, -3-11)



図 21: 電圧変動のパラメータ (IEC 61000-3-3, -3-11)

フリッカ/電圧変動の測定は、IEC 61000-3-3 や IEC 61000-3-11 に従った電源から所定のインピー ダンス (IEC 61000-3-3 ではリファレンス・インピー ダンス Z_{ref}) を介して評価対象の車両に給電し、電 源入力での電圧変化をフリッカ・メータで分析する ことによって行なう (図 20)。

P_{lt} 以外の項目は、充電動作中の 10 分間の観測、 及び手動スイッチング^{[3][27]} の測定手続きを用いて 測定できる。



P_t は1回の測定に2時間を要するが、状況によっ てはこの測定なしでも適合性を示せるかも知れない ^[27]。そのような場合に P_t の測定を省略すること を考える場合、あらかじめテスト・プランにその詳 細を記載し、関係機関の合意を得ておくことが望ま しい。

IEC 61000-3-3 に適合する機器、及び IEC 61000-3-11 の対象となる機器で測定結果を Z_{ref} での相当 値に換算したものが上記の限度に適合するものは、 一般に電圧と電流が機器の要求を満たす任意のアウ トレットへの接続が可能とみなされる。

IEC 61000-3-11 に適合する機器 (測定結果を Z_{ref} での相当値に換算したものが上記の限度に適合する ものを除く) は条件付き接続となり、測定結果から 得られた最大許容系統インピーダンス (上記の限度 に適合させるために必要な最大インピーダンス) 以 下のインピーダンスの電源系統にのみ接続すること が必要となる。^{[4][27]†19}

4 ESA での試験

4.1 電源線上の電気的ファスト・トラン ジェント/バーストへのイミュニティ

車両での試験 (§3.2) と同様、EUT の AC や DC の電源線 (充電ケーブル) とグランド・プレーンのあ いだに IEC 61000-4-4^{[6][25]} で定められた妨害を印 加して試験する。

ESA の筐体をグランド・プレーンに直接接続す る必要はないと述べられていることを除いてセット アップについての特別な規定はなく、IEC 61000-4-4 に従って、また §2.2 で述べたように配置して試験 すれば良い (図 22)。

4.2 電源線上のサージへのイミュニティ

車両での試験 (§3.3) と同様、EUT の AC や DC の電源線 (充電ケーブル) の各電源導体間、また各 電源導体とグランドのあいだに IEC 61000-4-5^{[7][25]} で定められた妨害を印加して試験する。

ESA の筐体をグランド・プレーンに直接接続す る必要はないと述べられていることを除いてセット



図 22: ESA の電気的ファスト・トランジェント/バース ト試験のセットアップの例

アップについての特別な規定はなく、例えば電気的 ファスト・トランジェント/バーストの試験 (§4.1) と 同様のセットアップで試験することができるだろう。

4.3 無線周波放射電磁界に対するイミュ ニティ

20~200 MHz は ISO 11452-4^{[19][22]} (BCI 法)、 200~2000 MHz は ISO 11452-2^{[18][22]} (ALSE 法) を用いて妨害を印加し、妨害の影響を観測する。^{†11}

セットアップについての特別な規定はなく、 ISO 11452-4 や ISO 11452-2 に従えば良いことに なるが、ISO 11452-4 の試験は例えば図 23のような 配置で、ISO 11452-2 の試験は無線周波放射エミッ ションの測定 (§4.6) と同様の配置で行なえるかも 知れない。

20~2000 MHz の全周波数範囲を ISO 11452-1 で 規定されたステップを超えない周波数ステップで掃 引し、印加する妨害には車両での試験 (§3.4) の場 合と同様の変調を適用する。

各周波数の妨害を印加する時間 (ドウェル・タイム) は、試験対象のシステムの応答時間や妨害の影響の観測に必要な時間に応じて、1 秒以上の時間を テスト・プランで指定する。

4.4 低圧 DC 電源線上の過渡妨害に対す るイミュニティ

ESA の公称 DC 12 V や DC 24 V の電源線やそ れらの電源に接続され得るその他の線に ISO 7637-

^{†19} 突入電流が適切に抑制され、またその後に急激な、あるいは頻繁な電流の変化を生じないようになっていれば、短絡比
 $R_{\rm SCE} \geq 33^{+14}$ に相当する系統インピーダンスの電源に接続した時もこの規格の要求を満たせそうである。





図 23: ISO 11452-4 (BCI 法) のセットアップの例 — 置換法

2:2011^{[14][23]} で規定された過渡妨害 (表 1) を印加 し、妨害の影響を確認する。^{†20†21}

パルス3a/3b は立ち上がり時間が5 ns の比較的高 速なパルスで、試験時のハーネス長などが試験の結果 に影響を与える可能性があることから、ISO 7637-2 ではこれらのパルスでの試験についてのみ試験時の ハーネス長などが定められている (図 30)。他のパル スについてはこのような規定はなく、パルス 3a/3b と同じセットアップで試験することもできる。

4.5 無線周波伝導エミッション

ESA の AC や DC の電源線 (充電ケーブル)上の、 また該当する場合にはネットワーク/テレコム・アク セス線上の無線周波伝導妨害を CISPR 16-2-1^[11] や



図 24: ISO 7637-2:2011 パルス 1 (Level III)



図 25: ISO 7637-2:2011 パルス 2a (Level III)

^{†20} ECE Regulation No. 10.06 (ECE R10.06)^[28] も同様に ISO 7637-2 での試験レベル III に対するイミュニティの要求を 含むが、参照されている規格が ISO 7637-2:2004 で、パルスの 振幅などには相違がある。

^{†21} 表1 に示すようにパルス 4 での試験が含まれているが、参照規格である ISO 7637-2:2011^{[14][23]} にはパルス 4 は含まれ ない。ISO 7637-2:2004 にはパルス 4 (セルモーターの動作に よる電圧低下; 図 29) が含まれていたが、この規格の対象となる 車両では一般にセルモーターによるエンジン始動とそれに伴う 12 V や 24 V の直流電源電圧の低下の考慮は必要となりそうに ない。パルス 4 での試験の要否、また試験を行なうのであれば その試験条件などについては、事前に検討や取り決めが必要と なるかも知れない。



図 26: ISO 7637-2:2011 パルス 2b (Level III)



図 27: ISO 7637-2:2011 パルス 3a (Level III)

CISPR 22^[12] で述べられているような形で測定し、 車両での測定 (§3.5) の場合と同様の限度 (図16) を 超えないことを確認する (図 31)。

ESA のグランド・プレーンへの接続は車両での 試験に合わせるべきで、接地の構成はテスト・プラ ンで規定する。^{†22}



図 28: ISO 7637-2:2011 パルス 3b (Level III)



信号源インピーダンス:0~0.02 Ω

図 29: ISO 7637-2:2004 パルス 4 (Level III)



図 30: ISO 7637-2:2011 パルス 3 試験セットアップの例

^{†22} ESA の筐体が車体に低インピーダンスで接続されるとして も、一般に車体は地面 (グランド・プレーン) には直接接続され ず、だが相当の容量性の結合を生じる状態となるだろう。この状 況を模擬するためには、ESA の筐体は適度な厚さの絶縁材 (こ の厚さはあらかじめ決め、テスト・プランで指定すべき) の上に 配置するのが良さそうである。



図 31: ESA の無線周波伝導エミッション測定のセット アップの例

4.6 無線周波放射エミッション

図 32 に例示するように、CISPR 25^{[13][24]} に従っ て、ESA から放射される電磁界を 1 m の測定距離、 垂直偏波と水平偏波、準尖頭値 (QP) 検波で測定し、 所定の限度 (図 33) を超えないことを確認する。^{†23}

4.6.1 セットアップ

ESA や AN のグランド・プレーンへの電気的接続は車両での試験と同様とすべきで、接地の構成はテスト・プランで規定しなければならない。
 シールドの構成は実車での構成と同様とし、通常は全てのシールドされた高圧部 (AN、ケーブル、コネクタなど)は適切に低インピーダンスで接地する。

ESA と負荷は接地に接続する。

外部の高圧電源は貫通フィルタを介して接続 する。

- HV のテスト・ハーネスの直線部は LV のテスト・ハーネスから 100⁺¹⁰⁰ mm の位置に引く。
- これと異なる指定がない限り、HV のテスト・ ハーネスをグランド・プレーンの縁から 100± 10 mm、LV のテスト・ハーネスを HV のテス ト・ハーネスから 100⁺¹⁰⁰ mm の位置に引い た構成でも試験する。
- AC や DC の電源線はアンテナから最も遠く に、その手前のハーネスから 100⁺¹⁰⁰ mm の 位置に引く。

 ハーネス全ては低誘電率 (ε_r ≤ 1.4) の非導電性 の台の上、グランド・プレーンから 50±5 mm の高さに置く。

- 高圧や3相のシールドされた電源線は使用される高圧コネクタに応じて同軸ケーブルか一括シールドのものとする。
 車両からのオリジナルの HV ハーネスを使用しても良い。
- これと異なる指定がない限り、ESA の筐体は 直接、あるいは規定されたインピーダンスを介 してグランド・プレーンに接続する。

4.7 AC 電源線上の高調波電流のエミッション

車両での高調波電流測定 (§3.7) と同様に ESA から AC 電源線に流出する電源高調波電流を評価する。

4.8 AC 電源線上の電圧変動/フリッカの エミッション

車両での電圧変動/フリッカの測定 (§3.8) と同様 に ESA が AC 電源線上に引き起こす電圧変動やフ リッカのレベルを評価する。

4.9 低圧 DC 電源線上の過渡妨害のエミ ッション

ESA の公称 DC 12 V や DC 24 V の電源線や それらの電源に接続され得るその他の線の電圧波形 を ISO 7637-2^{[14][23]} で述べられている方法 (図 34, 図 35) で観測し、ESA が電源のオン/オフやその他 の動作に際して車両の DC 12 V や DC 24 V の電 源線上に規定された値 (表 3) を超える振幅のパル スを生じさせないことを確認する。

パルスの極性	最大許容パルス振幅	
	12 V 系の車両	24 V 系の車両
正	$+75 { m V}$	+150 V
負	-100 V	-450 V

表 3: 過渡伝導妨害エミッション — 最大許容パルス振幅

^{†23} 広帯域エミッションと狭帯域エミッションの区別はない。





図 32: ESA の無線周波放射エミッション測定のセットアップの例



図 33: ESA からの無線周波放射エミッションの限度

5 参考資料

 IEC 61851-21-1:2017, Electric vehicle conductive charging system – Electric vehicle on-board charger EMC requirements for conductive connection to an AC/DC supply



図 34: 過渡伝導妨害エミッションの測定 — 遅いパルス

[2] IEC 61000-3-2:2014, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current 16 A per phase)

\sim オシロスコープ 電圧プローブ 100±25 LISN (擬似回路網) S Rs DUT 205 グランド・プレーン 200+50200+50絶縁台 t = 50 $t = 50 \pm 5$ $t = 50 \pm 5$ ISO 7637-2:2004 / ISO 7637-2:2011

図 35: 過渡伝導妨害エミッションの測定 — 早いパルス

- [3] IEC 61000-3-3:2013, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current 16 A per phase and not subject to conditional connection
- [4] IEC 61000-3-11:2000, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-11: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems -Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection
- [5] IEC 61000-3-12:2011, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-12: Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16 A and ≤ 75 A per phase
- [6] IEC 61000-4-4:2012, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test
- [7] IEC 61000-4-5:2014, Electromagnetic compatibility measurement techniques – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test
- [8] IEC 61000-6-3:2006+A1:2010, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments
- [9] CISPR 12:2007+A1:2009, Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers
- [10] CISPR 16-1-2:2014, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements

- [11] CISPR 16-2-1:2014, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements
- [12] CISPR 22:2008, Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement
- [13] CISPR 25:2016, Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers
- [14] ISO 7637-2:2011, Road vehicles Electrical disturbances from conduction and coupling – Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only
- [15] ISO 11451-1:2015, Road vehicles Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Part 1: General principles and terminology
- [16] ISO 11451-2:2015, Road vehicles Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Part 2: Off-vehicle radiation sources
- [17] ISO 11452-1:2015, Road vehicles Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Part 1: General principles and terminology
- [18] ISO 11452-2:2004, Road vehicles Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Part 2: Absorber-lined shielded enclosure
- [19] ISO 11452-4:2011, Road vehicles Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Part 4: Harness excitation methods
- [20] ISO 11451-2の概要,株式会社e・オータマ,2020 http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html
- [21] 車両等からの電磁波の放射の制限 CISPR 12 の概要,株式会社 e・オータマ, 2020,

http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html

[22] ISO 11452 シリーズの概要 (前編 / 後編), 株式 会社 e・オータマ, 2016

http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html

[23] ISO 7637-2 & ISO 7637-3 の概要, 株式会社 e・ オータマ, 2017

http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html

- [24] CISPR 25の概要,株式会社 e・オータマ, 2016 http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html
- [25] IEC 61000-4 シリーズ イミュニティ試験規格の 概要, 株式会社 e・オータマ, 2018

http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html





[26] 電源高調波電流の制限 — IEC 61000-3-2, -3-12 の概要,株式会社 e・オータマ, 2020

http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html

[27] 電圧変動やフリッカの制限 — IEC 61000-3-3、-3-11 の概要,株式会社 e・オータマ, 2020

http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html

[28] ECE Regulation No. 10.06 の概要, 株式会社 e・オータマ, 2020

http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html

© 2021 e-OHTAMA, LTD.

All rights reserved.

免責条項 — 当社ならびに著者は、この文書の情報に関して細心 の注意を払っておりますが、その正確性、有用性、完全性、その 利用に起因する損害等に関し、一切の責任を負いません。