

ISO 7637-2 & ISO 7637-3 の概要

株式会社 e・オートマ 佐藤智典

2017 年 3 月 13 日

目次

1	はじめに	1
2	ISO 7637-2 — 電源線上の過渡妨害のエミッション	2
2.1	測定方法	2
2.1.1	LISN (AN)	2
2.1.2	スイッチ S	3
2.1.3	オシロスコープ、及び電圧プローブ	3
2.2	ECE Regulation No. 10.05	3
3	ISO 7637-2 — 電源線上の過渡妨害へのイミュニティ	4
3.1	試験パルス	4
3.1.1	パルス 1: 誘導性負荷への電源の遮断に伴うトランジェント	4
3.1.2	パルス 2a: DUT と並列に接続された負荷の遮断	4
3.1.3	パルス 2b: イグニション・スイッチが切られた後、発電機として働く直流モータ	4
3.1.4	パルス 3a, 3b: スwitchの開閉に伴うトランジェント	5
3.1.5	パルス 4: セルモーターの動作による電圧低下	5
3.1.6	パルス 5: オルタネータの動作中にバッテリーが切り離された時の過電圧 (ロード・ダンプ)	6
3.2	印加方法	7
3.3	試験セットアップ	7
3.4	試験条件の例	8
3.4.1	ISO 7637-2:2004	8
3.4.2	ISO 7637-2:2011	8
3.4.3	ECE Regulation No. 10.05	8
3.5	過渡試験パルス発生器の検証	8
4	ISO 7637-3 — 電源線以外の線の上の過渡妨害へのイミュニティ	9
4.1	試験パルス	9
4.2	印加方法	9
4.3	試験セットアップ	10
4.3.1	容量性結合クランプ (CCC) 法	10
4.3.2	直接容量結合 (DCC) 法	10
4.3.3	誘導性結合クランプ (ICC) 法	10
4.4	試験条件の例	11
4.4.1	ISO 7637-3:2016	11
4.5	過渡試験パルス発生器の検証と試験レベルの設定	11
4.5.1	容量性結合クランプ (CCC) 法	11
4.5.2	直接容量結合 (DCC) 法	11
4.5.3	誘導性結合クランプ (ICC) 法	11
5	補足	11
5.1	過渡試験パルスのエネルギー	11
5.2	ISO 16750-2	12
6	参考資料	12

1 はじめに

ISO 7637-2^[1] は、スイッチの開閉などによって車両の公称 12 V や 24 V の直流電源線上に生じることがある過渡エミッションの測定の方法、また直流電源線上の過渡妨害に対するイミュニティ(耐性)の試験の方法を述べている。この規格は車両の 12 V や 24 V の直流電源への接続が意図された機器^{†1}に適用されるもので、ECE Regulation No. 10^{[4][5]} でも参照され、広く用いられている。

また、ISO 7637-3^[2] は、電源線以外の線に結合した過渡妨害に対するイミュニティの評価の方法について述べている。

本稿では、この ISO 7637-2 の 2004 年版 (ed. 2) と 2011 年版 (ed. 3)、及び ISO 7637-3 の 2016 年版 (ed. 3) の概要を述べる。

なお、本稿は規格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、規格についての正確な情報は規格そのもの^{[1][2]}を参照していただきたい。

^{†1} 車両上での電力需要の増加への対応としてより高い電圧 (公称 48 V や 42 V) の使用も検討されており、電気自動車やハイブリッド電気自動車では高圧電源 (例えば 300 ~ 500 V の) も用いられるが、ISO 7637-2 はそのような電源には適用されない。

2 ISO 7637-2 — 電源線上の過渡妨害のエミッション

これは、DUT の電源をスイッチやリレーなどで開閉した際などに電源線上に生じる過渡エミッションの測定を行なうものである。

この測定は、インダクタンスや負荷電流の大きな誘導性負荷を含む、あるいはそのような誘導性負荷をスイッチする DUT に適用される。

2.1 測定方法

実際の使用時にスイッチが DUT から遠くにある場合は図 1 のように LISN^{†2} と電源のあいだ、スイッチが DUT の近くにある場合は図 2 のように LISN と DUT のあいだにスイッチ S を接続し、その開閉の際、あるいはスイッチが閉じられて DUT が動作しているあいだに発生する過渡エミッションを電圧プローブとオシロスコープを用いて測定する。開閉が外付けのスイッチではなく DUT 内のスイッチで行なわれる場合には、回路の開閉は外付けのスイッチ S ではなく DUT の内蔵のスイッチで行なう。

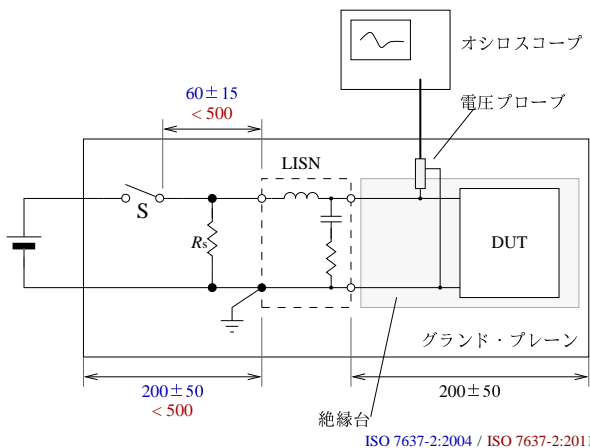


図 1: 過渡エミッションの測定 — 遅いパルス

発生した過渡エミッション波形は、できる限り DUT の近くで、電圧プローブとオシロスコープを用いて観測する。この際、オシロスコープのサンプリング周波数やトリガ・レベルなどは、観測しようとしている過渡エミッションの波形全体を取りこめ

^{†2} line impedance stabilization network。ISO 7637-2 では AN (artificial network) と呼ばれているが、AN よりも LISN という呼び方が通りが良いと思われることから、本稿では LISN としておく。

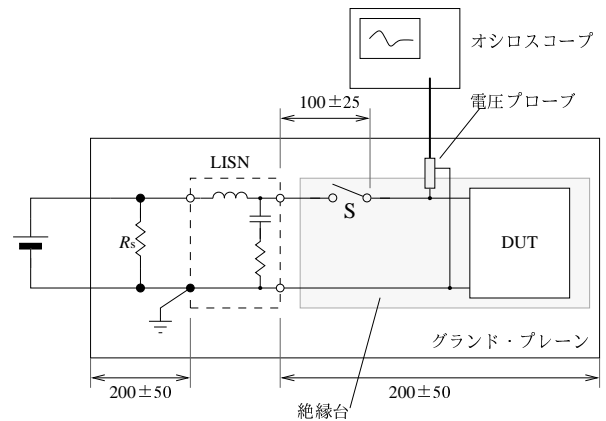


図 2: 過渡エミッションの測定 — 早いパルス

るように適切に設定することが必要となる。通常はこの測定を 10 回行ない、正と負で最大の振幅を持つ波形について、少なくともそのピーク電圧を、そして必要であれば波形のその他のパラメータ (立ち上がり時間、パルス幅、繰り返し周波数など) を測定する。^{†3}

2.1.1 LISN (AN)

この測定で使用する LISN は、図 3 のような構成の、電源入力側端子 A-B を短絡した時の DUT 側端子 P-B のインピーダンスが図 4 のようになるものである。^{†4}

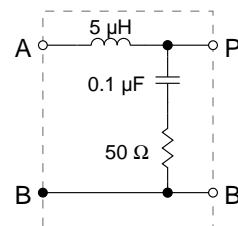


図 3: ISO 7637-2 用 LISN の構成

図 1 や図 2 で LISN の電源入力側に接続されているシャント抵抗 R_S は実際の使用時に DUT と並列に接続される他の装置を模擬するもので、その平均的なインピーダンスを代表するような値を車両の製造業者が指定するが、特に指定がない場合には 40 Ω が用いられる。

^{†3} 測定の回数や波形のどのパラメータの測定を行なうかなどは事前に取り決める必要があるだろう。ISO 7637-2:2011 Annex B では、このようなパラメータの測定について述べられている。

^{†4} この LISN (AN) は CISPR 25 や ISO 11452 で使用されるものとは異なるが、双方で使用できるように切り替えられるようになっているものもある。

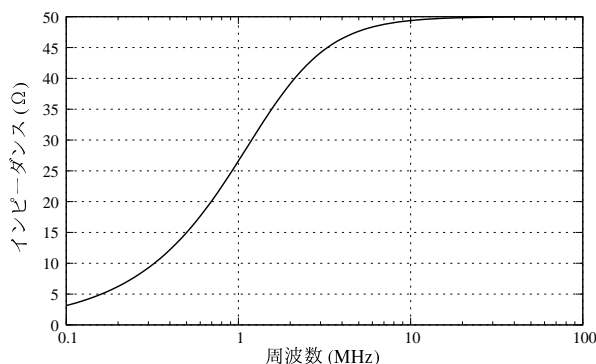


図 4: ISO 7637-2 用 LISN のインピーダンス

2.1.2 スイッチ S

スイッチ S は過渡エミッションの発生に大きく影響するため、DUT の実際の使用時に用いる標準的なスイッチやリレーがあればそれを用いることが望ましい。そのようなものがない場合、車載用の接点定格 30 A の銀接点のリレーが用いられる。このスイッチやリレーの接点間にはバリスタなどのサブレッサが取り付けられてはならない。

トランジェント・サブレッサを含む発生源からのものような低い電圧 (400 V 未満) の過渡電圧の測定のためにはスイッチング時間 300 ns の電子式スイッチの使用が推奨されており、これについては ISO 7637-2:2004 や ISO 7637-2:2011 の §5.3 で述べられている。

2.1.3 オシロスコープ、及び電圧プローブ

測定は次に示すような電圧プローブとオシロスコープを用いて行なうように述べられている。

2.1.3.1 ISO 7637-2:2004

- オシロスコープ — 次のようなデジタル・オシロスコープの使用が推奨される
 - サンプルング・レート 2 GSa/s 以上
 - 帯域幅 400 MHz 以上
- 電圧プローブ
 - 分圧比 100:1
 - 最大入力電圧 1 kV
 - 入力容量 < 4 pF

- 入力インピーダンスは、1 MHz で > 40 kΩ、10 MHz で > 4 kΩ、100 MHz で > 0.4 kΩ
- プローブ・ケーブル長 ≤ 3 m
- プローブ・グランド長 ≤ 0.13 m

2.1.3.2 ISO 7637-2:2011

- デジタル・オシロスコープ
 - 帯域幅 400 MHz 以上
 - サンプルング・レート 2 GSa/s 以上
- 電圧プローブ^{†5}
 - 分圧比 10:1 (必要であれば 100:1)
 - 最大入力電圧 500 V (必要であれば 1 kV)
 - 帯域幅 400 MHz 以上
 - 入力インピーダンスは DC で ≥ 1 MΩ

2.2 ECE Regulation No. 10.05

ECE Regulation No. 10.05 (ECE R10.05)^{[4][5]} では、過渡エミッションの最大振幅が以下の値を超えないことが求められている。

	12 V 系	24 V 系
正極性	+75 V	+150 V
負極性	-100 V	+450 V

スイッチされない、あるいは誘導性負荷を含まない DUT については、この測定は不要である。

^{†5} ISO 7637-2:2011 では、ISO 7637-2:2004 で電圧プローブについて定められていた高周波でのインピーダンスやキャパシタンス、最大プローブ・ケーブル長 (≤ 3 m)、最大プローブ・グランド長 (≤ 0.13 m) などの規定は削除されている。しかし、測定されるパルスの立ち上がり早い場合には特に、長いグランド・リードは測定結果にエラーをもたらす可能性が高いため、いづれにしてもグランド・リードはできる限り短くすべきである。

3 ISO 7637-2 — 電源線上の過渡妨害へのイミュニティ

3.1 試験パルス

この規格で示されている試験パルスは、スイッチの開閉などによって車両のDC電源上で発生することが予期される代表的な過渡現象を模擬するように考えられている。

試験パルスのパラメータ（振幅、立ち上がり時間、パルス幅、信号源インピーダンスなど）は12 V系と24 V系とで異なるが、以下では良く用いられる12 V系のパラメータのみを代表として示す。ⁱ⁶

3.1.1 パルス 1: 誘導性負荷への電源の遮断に伴うトランジェント

スイッチ（例えばイグニッション・スイッチ）が開かれたりヒューズが熔断したりして誘導性負荷への電流が遮断された時、誘導性負荷が発生する逆起電力が電源ラインにかなり高い逆電圧を生じさせる可能性がある。パルス 1 は DUT の電源入力へのそのような過渡的な逆電圧の印加を模擬する。（[図 5](#)、[図 6](#)）

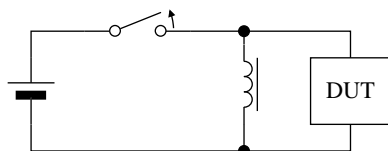


図 5: 誘導性負荷への電源の遮断

3.1.2 パルス 2a: DUT と並列に接続された負荷の遮断

DUT と並列の大きな負荷が遮断された時、配線のインダクタンスが電源ラインに一時的にかなり高い過電圧を生じさせる可能性がある。パルス 2a は DUT の電源入力へのそのような過渡的な過電圧の印加を模擬する。（[図 7](#)、[図 8](#)）

これはパルス 1 と極性が逆となるだけでなく、一般に配線は誘導性負荷ほど大きなインダクタンス

ⁱ⁶ パルス 1 や 2a の印加周期、パルス 5a/5b のパルス幅のように、パラメータに非常に広い幅が設けられているものがあるが、そのようなパラメータについては、特に指定がない場合、一般に、印加周期については DUT の始動や動作確認に要する時間から決め、パルス幅については結果が厳しくなりそうな条件を考えれば良いであろう。時間のパラメータで許容差が規定されていない場合、 $\pm 20\%$ の許容差が適用される。

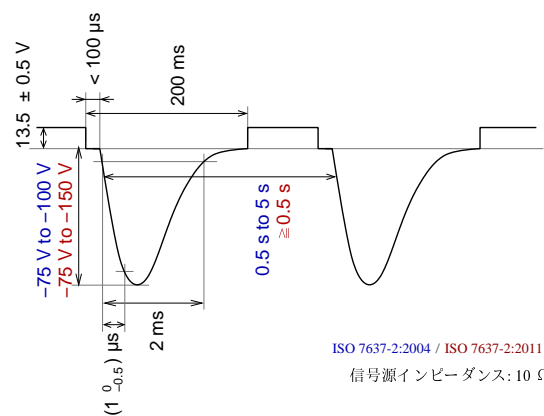


図 6: ISO 7637-2 パルス 1 (12 V 系)

を持たないと想定されることから、パルス幅もパルス 1 よりもかなり小さいものとなっている。

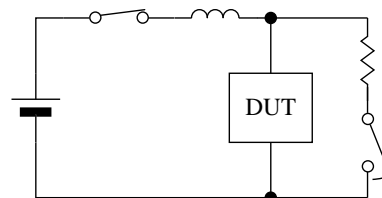


図 7: DUT と並列に接続された負荷の遮断

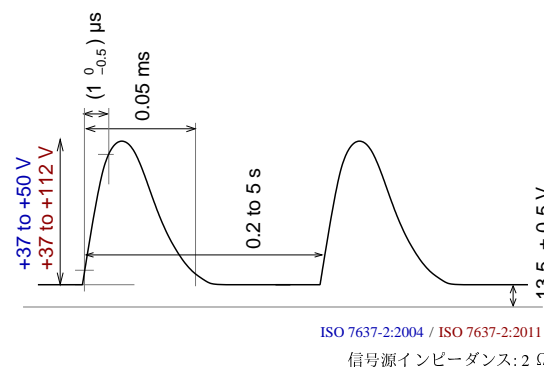


図 8: ISO 7637-2 パルス 2a (12 V 系)

3.1.3 パルス 2b: イグニッション・スイッチが切られた後、発電機として働く直流モータ

直流モータが回転しているあいだにイグニッション・スイッチの切断などによってモータへの電流が遮断された場合、その回転が止まるまでのあいだモータが発電機として働き、電源ライン上に電圧を発生させることがある。パルス 2b はそのような現象の模擬を意図したもので、電源の切断後、一度規定の電

圧 (通常の動作電圧の範囲内にある) まで上昇した後、0 V まで緩やかに低下する波形が用いられる。
(図 9, 図 10)

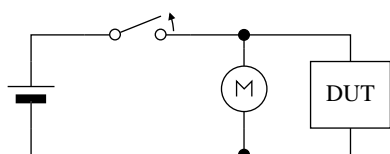


図 9: イグニション・スイッチが切られた後、発電機として働く直流モータ

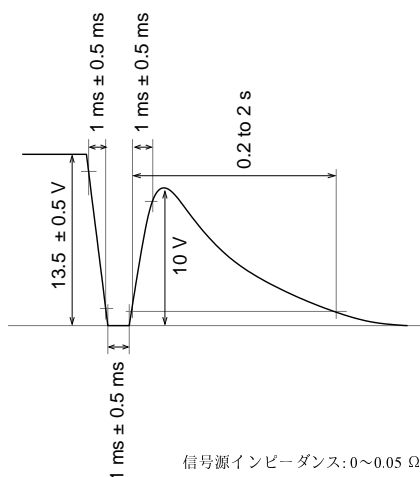


図 10: ISO 7637-2 パルス 2b (12 V 系)

3.1.4 パルス 3a, 3b: スwitchの開閉に伴うトランジェント

スイッチの開閉に際して、配線の分布容量と分布インダクタンスなどに起因する、立ち上がりの早い高電圧のパルスのバーストが発生することがある。パルス 3a (負極性)、及び 3b (正極性) はこのような現象を模擬するもので、他のパルスが単発のパルスとして印加されるのに対して、立ち上がりが早くパルス幅が短いパルスのバーストとして印加される。
(図 11, 図 12, 図 13)

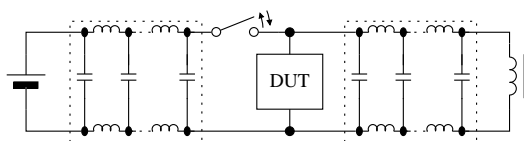


図 11: スwitchの開閉に伴うトランジェント

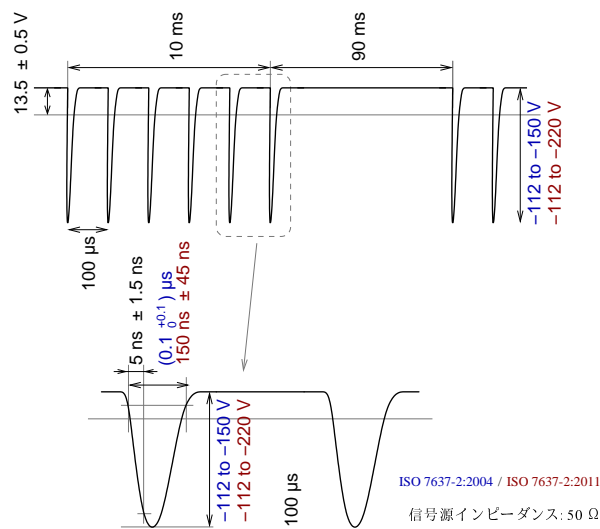


図 12: ISO 7637-2 パルス 3a (12 V 系)

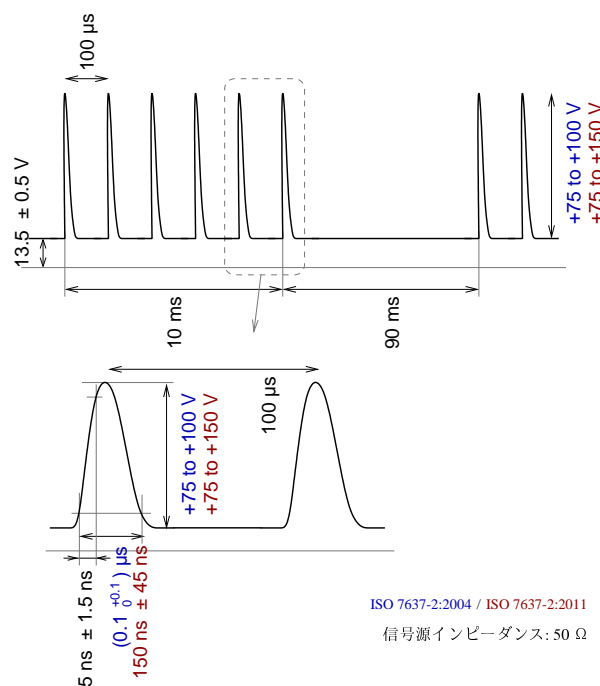


図 13: ISO 7637-2 パルス 3b (12 V 系)

3.1.5 パルス 4: セルモータの動作による電圧低下

エンジンの始動のためにセルモータ (スターター) が動作させられる時、セルモータが回転を始める時にはその大きな始動電流のために著しい電源電圧の低下を生じ、セルモータが回転しているあいだかなりの電源電圧の低下が持続する。パルス 4 はそれを模擬するような形で電源電圧を変化させるものとなる。
(図 14, 図 15)

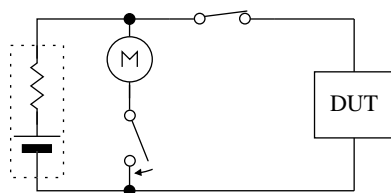


図 14: セルモーターの動作による電圧低下

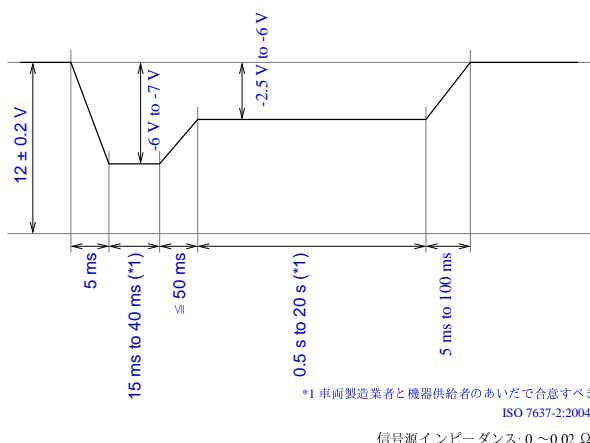


図 15: ISO 7637-2 パルス 4 (12 V 系)

この規格に含まれている他のパルスと異なり、初期状態ではエンジンが回転していない(オルタネータが発電しておらず、電圧はバッテリーから供給される)ため、基準となる電源電圧は充電中のバッテリーを代表する 13.5 V (U_A) ではなく充電中ではない状態を代表する 12 V (U_B) となっている。^{†7}

エンジンが始動すればオルタネータがバッテリーへの充電を始め、電源電圧は上昇するであろうが、パルス 4 では、試験後に元の 12 V に戻るようなカーブが用いられている。

パルス 4 は、ISO 7637-2:2011 では削除されている。

ISO 16750-2 には、パルス 4 と似ているが、セルモーターの定常回転期間にエンジンの圧縮/排気サイクルを模擬するようなリップルが加えられた試験波形が含まれている (§5.2 参照)。

3.1.6 パルス 5: オルタネータの動作中にバッテリーが切り離された時の過電圧 (ロード・ダンブ)

オルタネータには発電量の制御のためのレギュレータが取り付けられているものの、その応答は遅く、12 V などの電源の電圧は、負荷の変動などによって発電量が過大となった場合にはバッテリーがその電流を吸収し、逆に発電量が不足した場合にはバッテリーが不足分を供給することで概ね一定に保たれている。このため、オルタネータが動作してバッテリーに充電している時にバッテリーの端子の接触不良やワイヤの断線などによってバッテリーが切り離された場合、オルタネータのレギュレータが応答してオルタネータの出力を抑制するまでのあいだ、発電量が過大となり、それを吸収するものがない状態となることから、電源ラインに著しい過電圧が発生することになる。この現象はロード・ダンブ (load dump) と呼ばれ、発生源のインピーダンスが低く、持続時間が長いことから、その電源ラインに接続された電子機器にとって非常に過酷なものとなる。

パルス 5a/5b はその現象を模擬するもので、オルタネータが集中ロード・ダンブ・サブプレッションを備えている場合は、ロード・ダンブ・サブプレッションによる電圧制限を模擬するように顧客が指定した電圧でパルス 5a の波形のピークを切り落としたパルス 5b が用いられる。(図 18, 図 19)

一方、オルタネータが集中ロード・ダンブ・サブプレッションを備えていない場合にはそのような電圧の制限が期待できないことから、波形のピークが切り落とされていないパルス 5a が用いられる。(図 16, 図 17)

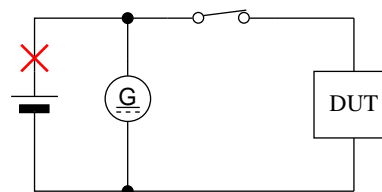


図 16: オルタネータの動作中のバッテリーの切り離し (ロード・ダンブ・サブプレッションなし)

パルス 5a/5b は、ISO 7637-2:2011 では削除されている。

ISO 16750-2 には、パルス 5a/5b と同様の試験波形が含まれている (§5.2 参照)。

^{†7} いずれも 12 V 系の場合。24 V 系の場合は、 $U_A = 27$ V、 $U_B = 24$ V となる。

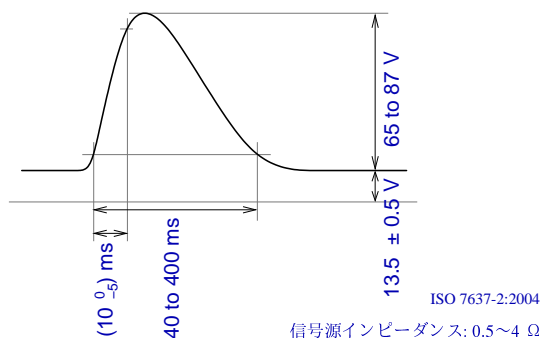


図 17: ISO 7637-2 パルス 5a (12 V 系)

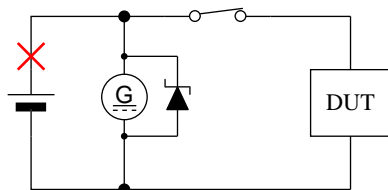


図 18: オルタネータの動作中のバッテリーの切り離し (ロード・ダンブ・サブプレッションあり)

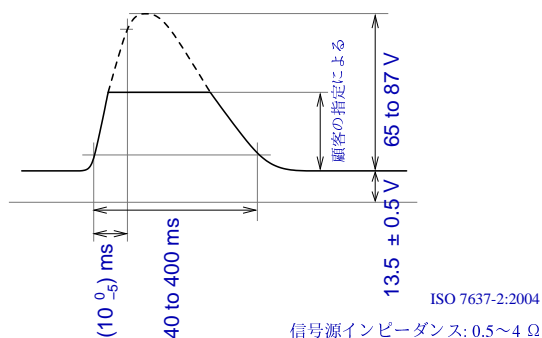


図 19: ISO 7637-2 パルス 5b

3.2 印加方法

いずれの試験パルスについても、過渡試験パルス発生器から DUT に給電し、試験パルス発生器が発生した試験パルスを DUT の電源ラインに印加する。

試験パルスは電源のプラスとマイナス (グランド) のあいだに印加されるが、試験パルス発生器のグランドはグランド・プレーンに接続され、従って試験パルスは電源のプラスとグランド・プレーンのあいだにも印加される形となる。

3.3 試験セットアップ

パルス 3a と 3b はパルスの立ち上がり時間が 5 ns とかなり高速で、セットアップの影響を受けやすく

なることが予期されるため、ISO 7637-2 では、これらのパルスについてのみ、試験パルス発生器と DUT のあいだのハーネス長、及び試験パルス発生器のグランドとグランド・プレーンとの接続の最大長を規定している。(図 20) †8

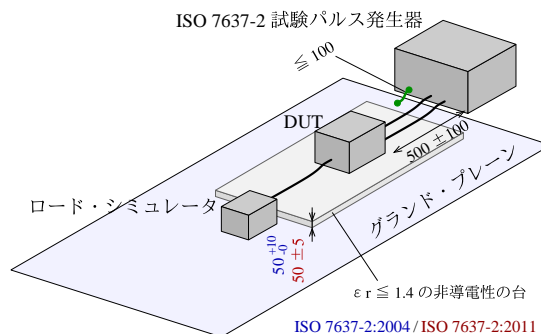


図 20: パルス 3a/3b の試験セットアップ

パルス 3a と 3b 以外のパルスの立ち上がり時間やパルス幅はこの 100 倍かそれ以上遅く (図 21)、ハーネス長の影響を受けにくいと考えられ、この規格ではそれらのパルスでの試験でのハーネス長は規定されていない。†9†10

ロード・シミュレータはできればグランド・プレーン上に直接置き、それが金属のケースに入っていればグランド・プレーンに接続する。

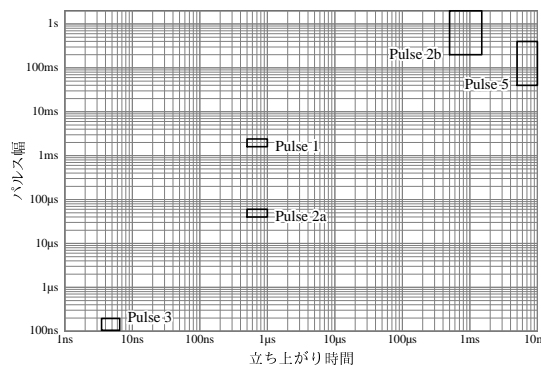


図 21: 各パルスの立ち上がり時間とパルス幅

†8 DUT とロード・シミュレータのあいだのハーネス長の規定はないが、これも不必要に長くしない方が良さだろう。

†9 通常、パルス 3a/3b と同じセットアップ (図 20) を用いれば充分であろう。

†10 この試験法に基づく規格で追加の要求が定められていることもある。例えば、Ford FMC1278^[7] は、パルス 3a/3b 以外のパルスでの試験に際して試験パルス発生器と DUT のあいだのハーネスを 2 m 以下とするという要求とともに、全てのパルスでの試験で DUT とロード・シミュレータのあいだのハーネスを 2 m 以下とするという規定を含む。

3.4 試験条件の例

ISO 7637-2:2004 では Annex A (規定) で、ISO 7637-2:2011 では Annex A (参考) で試験パルスの振幅や印加回数/印加時間などの試験条件が例示されており、特に指定がない場合はこの試験条件を適用することが多いであろう。

ISO 7637-2:2004 では、そのパルス数や試験時間は耐久試験の目的のためのものであるという注記とともに、パルス 1 と 2a については 5 000 パルスというかなり多い回数^{†11}が示されており、パルス 3a/3b についても 1 時間というやや長い印加時間が示されている。

ISO 7637-2:2011 では、パルス 3a/3b の 1 時間の印加時間はそのままであるが、パルス 1 と 2a の印加回数は 500 回に減らされている。

試験に際しては、ピーク電圧 U_S を規定された試験レベルの -0% から $+10\%$ の範囲となるように設定する。

3.4.1 ISO 7637-2:2004

3.4.1.1 12 V 系

パルス	試験レベル U_S (V)			最小パルス数 /試験時間	繰り返し周期	
	I/II	III	IV		最小	最大
1	—	-75	-100	5 000 パルス	0.5 s	5 s
2a	—	+37	+50	5 000 パルス	0.2 s	5 s
2b	—	+10	+10	10 パルス	0.5 s	5 s
3a	—	-112	-150	1 h	90 ms	100 ms
3b	—	+75	+100	1 h	90 ms	100 ms
4	—	-6	-7	1 パルス	—	—
5	—	+65	+87	1 パルス	—	—

3.4.1.2 24 V 系

パルス	試験レベル U_S (V)			最小パルス数 /試験時間	繰り返し周期	
	I/II	III	IV		最小	最大
1	—	-450	-600	5 000 パルス	0.5 s	5 s
2a	—	+37	+50	5 000 パルス	0.2 s	5 s
2b	—	+20	+20	10 パルス	0.5 s	5 s
3a	—	-150	-200	1 h	90 ms	100 ms
3b	—	+150	+200	1 h	90 ms	100 ms
4	—	-12	-16	1 パルス	—	—
5	—	+123	+173	1 パルス	—	—

^{†11} 繰り返し周期を 5 秒とした場合、試験時間は約 7 時間となる。

3.4.2 ISO 7637-2:2011

3.4.2.1 12 V 系

パルス	試験レベル U_S (V)			最小パルス数 /試験時間	繰り返し周期	
	I/II	III	IV		最小	最大
1	-75	-112	-150	500 パルス	0.5 s	^{†12}
2a	+37	+55	+112	500 パルス	0.2 s	5 s
2b	+10	+10	+10	10 パルス	0.5 s	5 s
3a	-112	-165	-220	1 h	90 ms	100 ms
3b	+75	+112	+150	1 h	90 ms	100 ms

3.4.2.2 24 V 系

パルス	試験レベル U_S (V)			最小パルス数 /試験時間	繰り返し周期	
	I/II	III	IV		最小	最大
1	-300	-450	-600	500 パルス	0.5 s	^{†12}
2a	+37	+55	+112	500 パルス	0.2 s	5 s
2b	+20	+20	+20	10 パルス	0.5 s	5 s
3a	-150	-220	-300	1 h	90 ms	100 ms
3b	+150	+220	+300	1 h	90 ms	100 ms

3.4.3 ECE Regulation No. 10.05

ECE Regulation No. 10.05 (ECE R10.05)^{[4][5]} には、試験方法として ISO 7637-2:2004 を参照した、以下のようなイミュニティ要求が含まれている。

試験 パルス	試験 レベル	機能状態	
		イミュニティ 関連機能	イミュニティ 関連機能以外
1	III	C	D
2a	III	B	D
2b	III	C	D
3a/3b	III	A	D
4	III	B (エンジン始 動時に動作し ていなければ ならないもの) C (その他)	D

「イミュニティ関連機能」や「機能状態」などについては、ECE R10.05^[4] やその解説^[5] を参照していただきたい。

3.5 過渡試験パルス発生器の検証

過渡試験パルス発生器の特性の検証では、その出力端子に現れる電圧波形を開放状態と規定の負荷状態の双方で観測し、ISO 7637-2:2004 Annex D や

^{†12} DUT が次のパルスの印加の前に正しく初期化する最小時間となるように選択すべき。

ISO 7637-2:2011 Annex C で示されている範囲に入ることを確認する。

波形の観測は、§2.1.3 で述べたようなオシロスコープと電圧プローブを用いて行なう。但し、ISO 7637-2:2004 と ISO 7637-2:2011 のいずれについても、パルス 3a/3b の検証は同軸型のデバイスを用いて行なう。

試験前の波形の確認も波形の検証の際と同様の計測器を用いて行なうことができる。この計測器は、DUT に妨害を印加する際には外さなければならぬ。

4 ISO 7637-3 — 電源線以外の線の上の過渡妨害へのイミュニティ

ISO 7637-3^[2] は、ISO 7637-2 で想定されているようなスイッチの開閉などに伴って電源線上に発生した過渡妨害が近傍の電源以外の線に結合した状況を模擬するために用いることができる。

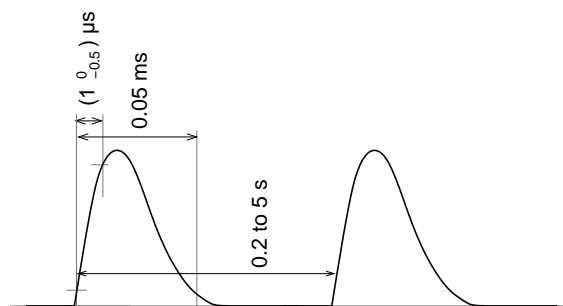
4.1 試験パルス

ISO 7637-3 では低速過渡パルスと高速過渡パルスの 2 種類のパルスが規定されているが、直流分、及び極性を除けば、ISO 7637-2:2016 の低速過渡パルスの形状は図 8 で示した ISO 7637-2:2011 パルス 2a と、高速過渡パルスの形状は図 12 や図 13 で示した ISO 7637-3:2011 のパルス 3a/3b と同一である。

図 22 に正極性の低速過渡パルス (パルス 2a) を、図 23 に正極性の高速過渡パルス (パルス 3a) の形状を示す。ISO 7637-3 では負極性のパルスも規定されているが、それらは単にこれらの極性を反転させたものとなっている。

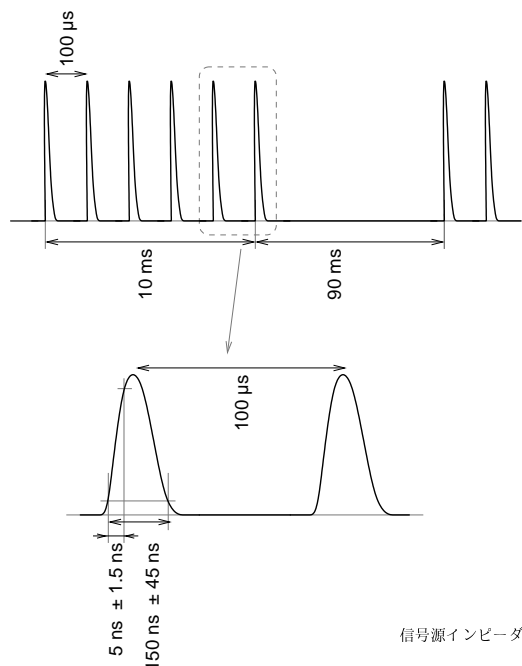
4.2 印加方法

試験対象の線への印加の方法として、容量性結合クランプ (CCC) 法、直接容量結合 (DCC) 法、及び誘導性結合クランプ (ICC) 法の 3 つの方法が規定されており、適用可能な方法はパルスによって異なる。



信号源インピーダンス: 2 Ω

図 22: ISO 7637-3 低速過渡パルス (パルス 2a)



信号源インピーダンス: 50 Ω

図 23: ISO 7637-3 高速過渡パルス (パルス 3a)

注入方法	低速パルス $t_r \leq 1 \mu s$ $t_d = 0.05 ms$	高速パルス $t_r = 5 ns$ $t_d = 0.1 \mu s$
容量性結合クランプ (CCC) 法	×	○
直接容量結合 (DCC) 法	○	○
誘導性結合クランプ (ICC) 法	○	×

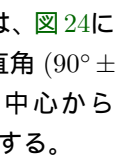
12 V や 24 V の電源は ISO 7637-2 で評価されることから、ISO 7637-3 の試験では、通常は 12 V や 24 V の電源とグラウンドは対象から除外される。

4.3 試験セットアップ

4.3.1 容量性結合クランプ (CCC) 法

試験対象のワイヤを容量性結合クランプ (CCC) の結合板で挟んで結合板とグランド・プレーンのあいだに過渡試験パルスで発生させた妨害を印加することによって、試験対象のワイヤ (DUT の 12 V や 24 V の電源とグランドを除く) に容量性結合によって妨害を結合させる。

任意の数のワイヤを一度に容量性結合クランプに通すことができるが、それぞれのワイヤを 1 層となるように平らに配置する^{†13}ため、ワイヤの数が多い場合には印加を複数回に分けて行なうことが必要となるかも知れない。

容量性結合クランプに通されたワイヤは、 24 に示すように、クランプから出たところで直角 ($90^\circ \pm 15^\circ$) に曲げ、容量性結合クランプの中心から 300 mm 以上離して置いた DUT に接続する。

結合クランプに通されていないワイヤ (電源やグランドを含む) は、クランプから 100 mm 以上離し、50 mm の絶縁台の上に置く。結合クランプに通されていないワイヤを真っ直ぐに引く必要はないが、その配置はテスト・プランで規定すべきである。

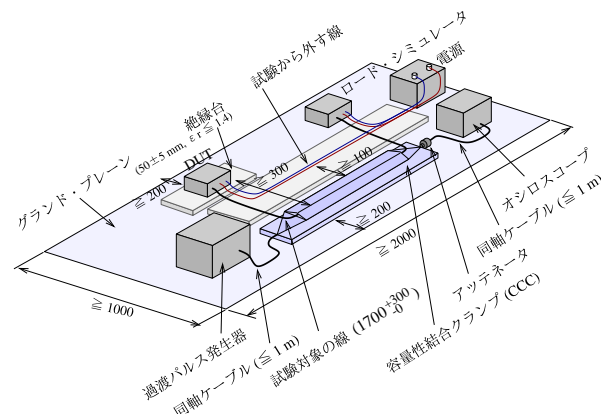


図 24: ISO 7637-3 CCC 法 試験セットアップ

4.3.2 直接容量結合 (DCC) 法

過渡試験パルス発生器で発生させた妨害をコンデンサを介して試験対象のワイヤに注入するもので、低速過渡パルスと高速過渡パルスの双方の印加に使

^{†13} 但し、ツイストされたワイヤやシールド線はそのままの形で容量性結合クランプに挟む。

用できる。妨害の印加は通常はワイヤ 1 本づつに対して行なうが、ツイストされた平衡信号線 (例えば CAN) はペアとなるワイヤに同時に印加する。

高速過渡パルスの場合には、試験パルス発生器とコンデンサのあいだは 500 mm 以下の同軸ケーブルで接続し、コンデンサと試験対象のワイヤのあいだの接続は 100 mm 以下とする。

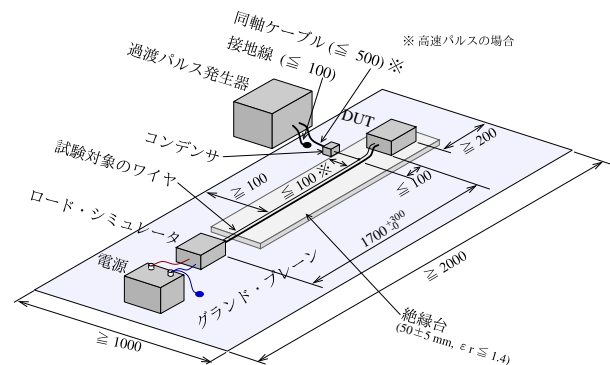


図 25: ISO 7637-3 DCC 法 試験セットアップ

結合に用いるコンデンサの容量は、印加対象の線、及び印加するパルスに応じて選択する。


対象	パルス	コンデンサ
一般の信号線	低速過渡パルス	0.1 μF
	高速過渡パルス	100 pF
平衡通信線	低速過渡パルス	470 pF (推奨)
	高速過渡パルス	100 pF (推奨)

4.3.3 誘導性結合クランプ (ICC) 法

試験対象のワイヤを誘導性結合クランプ (ICC) に通して結合クランプに過渡試験パルス発生器で発生させた妨害を印加することによって、試験対象のワイヤに誘導性結合によって妨害を結合させる。

通常、12 V や 24 V の電源線 (電源とグランド) は除いて、全ての信号線を誘導性結合クランプに通して一括で印加を行なう。

誘導性結合クランプは ISO 11452-4 (BCI 法)^[6] で用いられる電流注入プローブ (BCI プローブ) と同様のものであるが、低速過渡試験パルスに対して、パルス幅 t_d は $7 \mu\text{s} \pm 30\%$ 、立ち上がり時間 t_r は $\leq 1.2 \mu\text{s}$ となることが求められる。

この試験は、ISO 7637-3 で示されている  26 のような配置で、あるいは ISO 11452-4^[6] と同様にハーネスを真っ直ぐに引いて行なうことができる。

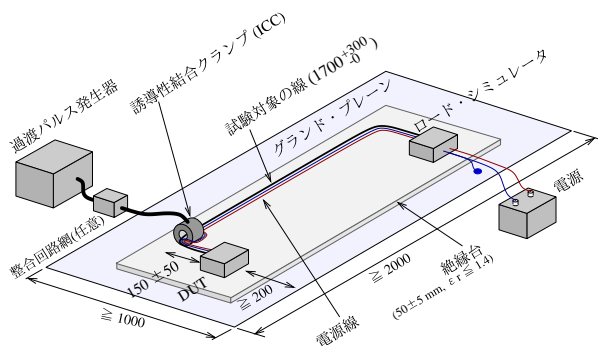


図 26: ISO 7637-3 ICC 法 試験セットアップ

4.4 試験条件の例

4.4.1 ISO 7637-3:2016

4.4.1.1 12 V 系

試験	試験レベル U_S (V)				試験時間 (分)
	I	II	III	IV	
高速 (3a/3b)					
-, DCC/CCC	-30	-60	-80	-110	10
+, DCC/CCC	+18	+37	+60	+75	10
低速 (2a)					
DCC	±8	±15	±23	±30	5
ICC	±3	±4	±5	±6	5

4.4.1.2 24 V 系

試験	試験レベル U_S (V)				試験時間 (分)
	I	II	III	IV	
高速 (3a/3b)					
-, DCC/CCC	-37	-75	-110	-150	10
+, DCC/CCC	+37	+75	+110	+150	10
低速 (2a)					
DCC	±15	±25	±35	±45	5
ICC	±4	±6	±8	±10	5

4.5 過渡試験パルス発生器の検証と試験レベルの設定

4.5.1 容量性結合クランプ (CCC) 法

過渡試験パルス発生器の検証は ISO 7637-2 に従って負荷状態で行なう (§3.5 参照)。

試験レベルは、容量性結合クランプの出力に 50 Ω アッテネータを介してオシロスコープを接続して設定する。

4.5.2 直接容量結合 (DCC) 法

過渡試験パルス発生器の検証は ISO 7637-2 に従って開放状態と負荷状態の双方で行なう (§3.5 参照)。

試験レベルは、結合コンデンサの出力に電圧プローブ (低速過渡パルスの場合) が 1 kΩ - 50 Ω アダプタ (高速過渡パルスの場合) を介してオシロスコープを接続して設定する。

4.5.3 誘導性結合クランプ (ICC) 法

過渡試験パルス発生器の検証は不要である。

試験レベルは、片側のポートが 50 Ω で終端された校正治具に誘導性結合クランプを取り付けて、校正治具の反対側のポートに高入力インピーダンスのオシロスコープを接続して設定する。また、この波形のパルス幅 t_d が $7 \mu\text{s} \pm 30\%$ 、立ち上がり時間 t_r が $\leq 1.2 \mu\text{s}$ となることを検証する。

5 補足

5.1 過渡試験パルスのエネルギー

開放回路ピーク電圧 U_O 、パルス幅 t_d 、信号源インピーダンス R_i 、負荷抵抗 $R_L = R_i$ から、

$$W_e = \frac{U_O^2 \cdot R_L \cdot t_d}{4.6 \cdot (R_i + R_L)^2} = \frac{(U_O/2)^2 \cdot t_d}{4.6 \cdot R_i}$$

として求めた ISO 7637-2:2004 試験レベル IV (12 V 系) の過渡試験パルスのエネルギー W_e は、概ね次の程度となる。^{†14}

パルス	U_O	t_d	R_i	W_e
1	-100 V	1500 μs	10 Ω	82 mJ
2a	+50 V	12 μs	2 Ω	0.82 mJ
3a	-150 V	150 ns	50 Ω	3.7 μJ (3.7 mW)
3b	+100 V	150 ns	50 Ω	1.6 μJ (1.6 mW)
5a	+87 V	400 ms	2 Ω	82 J

これらのパルスの中ではパルス 5a (ロード・ダンブ) のエネルギーが著しく大きく、適切に保護されていない回路は、このパルスでの試験によって容易に損傷する。^{†15}

^{†14} 実際に負荷 (DUT) に注入されるエネルギーは負荷に依存するが、負荷インピーダンス R_L が R_i と等しい時に最大となると考えられる。

^{†15} 一般に、適切なサプレッサを内蔵させてそのエネルギーを吸収させるか、あるいは過電圧を阻止することによって下流の回路の保護を行なうことが必要となり、この目的で特に設計された部品が供給されている。

一方、パルス 3a/3b のエネルギーは小さく、損傷よりも誤動作が主な懸念となるだろう。

5.2 ISO 16750-2

ISO 16750-2^[3] は 12 V や 24 V の電源に接続される機器の電氣的負荷試験の規格^{†16}であるが、それに含まれる始動プロファイル (図 27) は ISO 7637-2 のパルス 4 に、ロード・ダンプの試験 A (図 28) と試験 B (図 29) はそれぞれ ISO 7637-2 のパルス 5a とパルス 5b に類似している。^{†17}

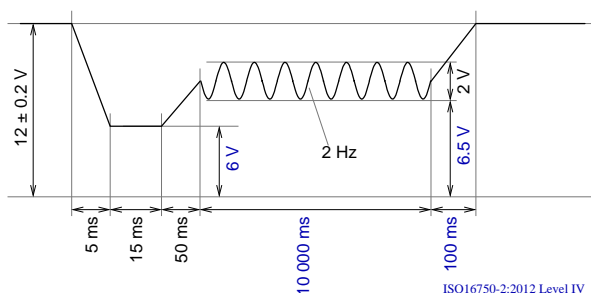


図 27: ISO 16750-2 始動プロファイル (12 V 系、レベル IV)

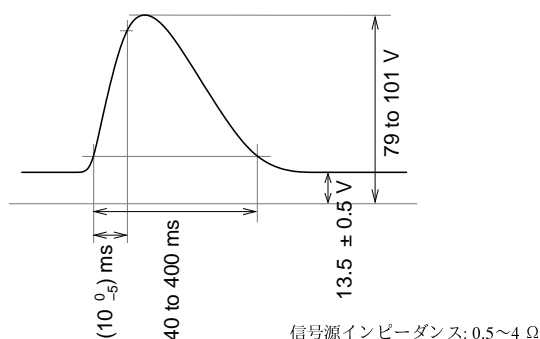


図 28: ISO 16750-2 ロード・ダンプ — 試験 A (12 V 系)

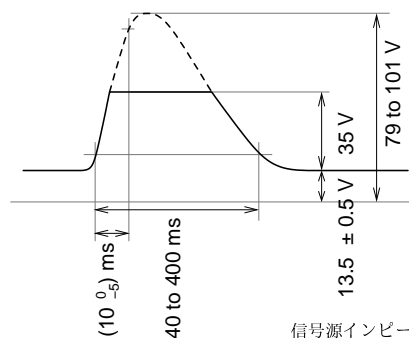


図 29: ISO 16750-2 ロード・ダンプ — 試験 B (12 V 系)

6 参考資料

- [1] ISO 7637-2 ed. 2 (2004) & ed. 3 (2011), *Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only*
- [2] ISO 7637-3 ed. 2 (2007), *Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 3: Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines*
- [3] ISO 16750-2 ed. 4 (2012), *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 2: Electrical loads*
- [4] ECE Regulation No. 10 Revision 5, *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility*, United Nations, 2014
<http://www.unecce.org/trans/main/wp29/wp29regs1-20.html>
- [5] ECE Regulation No. 10.05 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2014–2015
<http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [6] ISO 11452 シリーズの概要 — 前編: ECE R10.05 に関する規格, 株式会社 e・オートマ, 2016
<http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [7] Ford FMC1278, *Electromagnetic Compatibility Specification For Electrical/Electronic Components and Subsystems*, Ford Motor Company, 2015

^{†16} ISO 16750-2:2012 (ed. 4) は、直流電源電圧、過電圧、交流電圧の重畳、電源電圧の緩やかな下降/上昇、電源電圧の一時的な低下、電源電圧低下時のリセット動作、始動プロファイル、ロード・ダンプ、逆電圧、接地基準と電源のオフセット、開放試験、短絡保護、耐電圧、及び絶縁抵抗に関する試験を含む。また、ISO 21848:2005 (ed. 1) は、42 V の電源に接続される機器に対して、これと似た試験を定めている。

^{†17} ISO 16750-2 の始動プロファイルではセル・モータの定常回転期間にエンジンの圧縮/排気サイクルを模擬するようなリップルが加えられ、より実際の波形に近くなっていると考えられる。始動プロファイルの電圧や時間のパラメータは、12 V 系についてはレベル I から IV の 4 種類、24 V 系についてはレベル I から III の 4 種類が示されており、その中から用途に応じて 1 つ以上を選択するような形となっている。