

ISO 16750-2 の概要 — 車載機器の電氣的負荷試験

株式会社 e・オートマ 佐藤智典

2022 年 6 月 8 日

目次

1	はじめに	1
1.1	適用範囲	1
2	機能状態分類	2
3	技術的要求事項	2
3.1	直流電源電圧	2
3.2	過電圧 — 高温	3
3.3	過電圧 — 室温	3
3.4	交流電圧の重畳	3
3.5	電源電圧の緩やかな下降/上昇	4
3.6	電源電圧の一時的な低下	4
3.7	電源電圧低下時のリセット動作	5
3.8	始動プロファイル	5
3.9	ロード・ダンブ	5
3.10	逆電圧	7
3.11	接地基準/電源オフセット	8
3.12	開放回路試験	8
3.13	短絡保護	8
3.13.1	ヒューズの動作時間定格	9
3.13.2	UL 94 V-0	9
3.14	耐電圧	9
3.15	絶縁抵抗	10
4	参考資料	10

1 はじめに

ISO 16750 シリーズは車載用のコンポーネントの耐環境性に関する規格であり、以下のパートから構成される:

- ISO 16750-1 — 一般的事項
- ISO 16750-2 — 電氣的負荷 (過電圧、逆電圧、交流電圧の重畳などの影響)
- ISO 16750-3 — 機械的負荷 (振動/衝撃などの影響)
- ISO 16750-4 — 環境負荷 (温湿度、塩水噴霧、ガスによる腐食、太陽光照射、塵埃などの影響)
- ISO 16750-5 — 化学的負荷 (燃料、オイル類、バッテリー液、洗浄剤などの影響)

本稿では、このうち電氣的なストレスへの耐性が扱われている ISO 16750-2:2012^[2] 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] を参照していただきたい。

1.1 適用範囲

ISO 16750-2 は車両への搭載が意図された電気/電子的なコンポーネントやシステムに適用される。

但し、この規格で規定された試験の多くは公称 12 V や 24 V の電源への接続が意図されたコンポーネントにのみ適用可能となっている。^{†1} また、それらの試験の多くはオルタネータを備えた伝統的な内燃機関駆動の車両を想定したものとなっており、電気自動車のような車両には適当ではないかも知れない。

^{†1} 車両の公称 42 V の電源への接続が意図されたコンポーネントは ISO 21848^[7]、公称 48 V の電源への接続が意図されたコンポーネントは ISO 21780^[8] で、この規格でのそれらの事象と似た事象がカバーされる。

2 機能状態分類

ISO 7637-2:2004^{[4][10]} などと同様、妨害の影響の分類には機能状態分類 (functional status classification) が用いられる。

機能状態分類は ISO 16750-1^[2] で概ね次のように規定されている:

- クラス A: 妨害に曝されている間、及びその後、全ての機能が設計通りに働く。
- クラス B: 妨害に曝されている間、全ての機能が設計通りに働く。だが、その1つ以上が規定された許容範囲を超えても良い。全ての機能は妨害が止められた後は自動的に正常な限界内に戻る。メモリ機能はクラス A のままでなければならない。試験中に DUT のどの機能が設計通りに働かなければならず、どの機能が規定された許容範囲を超えることができるかは、車両製造業者が規定する。
- クラス C: 妨害に曝されている間は機能が設計通りに働かないが、妨害が止められた後は自動的に正常な動作に戻る。
- クラス D: 妨害に曝されている間は機能が設計通りに働かず、妨害が止められ、簡単な操作でリセットされるまで、正常な動作に戻らない。
- クラス E: 妨害に曝されている間、及びその後、1つ以上の機能が設計通りに働かず、修理や交換を行わなければ正しい動作に戻らない。

いずれの場合も望ましくない動作は許容されない。

ここで定められているのは判定の枠組みで、個々のコンポーネントに直接適用するのに適したものではないので、試験に際して適用する具体的な判定基準 (どの機能がどのようになった時にどのクラスに該当するのか、あるいはどのような動きが「設計通り」の動作なのか) やその監視の方法などは試験に先立って決定し、テスト・プランに記載することが必要となるであろう。

3 技術的要求事項

3.1 直流電源電圧

通常の使用で予期される電源電圧の変動の影響を評価するもので、規定された動作温度範囲 (T_{\min} ~

項目	ISO 16750-2
直流電源電圧	§4.2
過電圧	§4.3
交流電圧の重畳	§4.4
電源電圧の緩やかな下降/上昇	§4.5
電源電圧の一時的な低下	§4.6.1
電源電圧低下時のリセット動作	§4.6.2
始動プロファイル	§4.6.3
ロード・ダンブ	§4.6.4
逆電圧	§4.7
接地基準と電源のオフセット	§4.8
開放回路試験	§4.9
短絡保護	§4.10
耐電圧	§4.11
絶縁抵抗	§4.12

表 1: ISO 16750-2 の試験項目の一覧

T_{\max}) において、電源電圧範囲の下限 ($U_{S\min}$) から上限 ($U_{S\max}$) の範囲内の電源電圧で持続的に正常動作し、機能状態クラス A が維持されることを確認する。

電源電圧範囲 ($U_{S\min}$ ~ $U_{S\max}$) は、12 V 系ではコード A~D、24 V 系ではコード E~H から、車両製造業者の指定やコンポーネントの性質などに応じてコンポーネントの製造業者が指定する (図 1)。

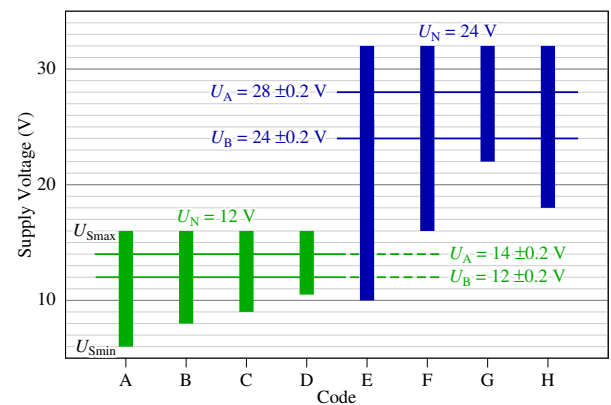


図 1: 電源電圧範囲

動作温度範囲 (T_{\min} ~ T_{\max}) は車両製造業者からの指定や想定される取り付け位置などに応じてコンポーネントの製造業者が指定する。

動作温度範囲やそれに対する評価は ISO 16750-4^[3] で述べられており、ISO 16750-4 では、動作温度範囲はコード A~T から選択するか、あるいは

コード Z (両者の合意に基づく) として適切な温度範囲を指定するようになっている (図 2)。

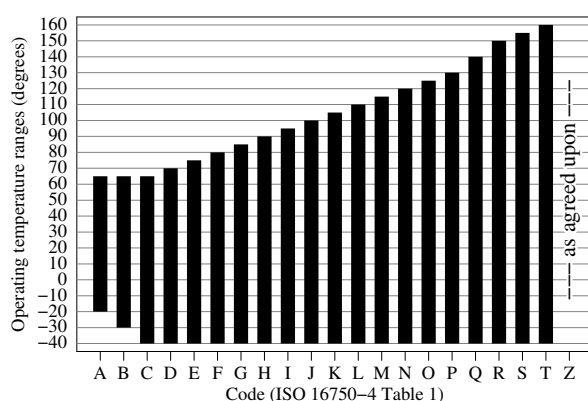


図 2: 動作温度範囲

3.2 過電圧 — 高温

オルタネータ (車両のエンジンで駆動される発電機) のレギュレータの故障の際に生じる可能性がある持続的な過電圧の影響を評価するもので、 $T_{max} - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ の環境 (T_{max} は動作温度範囲の上限; §3.1) で、12 V 系では 18 V、24 V 系では 36 V の電源電圧を印加して 60 分間動作させて影響を確認する。

一般のコンポーネントでは機能状態クラス C が許容されるが、その状況でも正常に機能することが期待されるコンポーネントは過電圧の印加中も機能状態クラス A を維持しなければならない。^{†2}

補足説明 エンジン駆動の車両には 12 V や 24 V の電源の供給やバッテリーの充電のためのオルタネータ (車両のエンジンで駆動される発電機) が搭載されている。

何も制御を行なわなかった場合、オルタネータの発電出力はエンジンの回転数に応じて変動するが、通常はオルタネータの働きを制御するレギュレータがオルタネータの出力電圧がある幅 (通常、常温でセル当たり 2.4 V 前後で、鉛蓄電池の特性から、温度が低い時は高く、温度が高い時は低く調整される) に入るように発電出力の制御を行なっている。

レギュレータがオルタネータの発電出力を過大とするように故障した時、ある程度まではバッテリーで緩和されるもの、電源電圧が通常最大の電圧 (U_{Smax}) を超えて上昇することが予想される。この規格での 18 V や 36 V という試験電圧は、そのような状況において車両のバッテリー (鉛蓄電池) が過充電となったとしても耐えている間は電源電圧の上昇はセルあたり 3 V 程度 (12 V 系の場合は 6 セルで 18 V 見当) までとなることが期待されることによるものと思われる。

^{†2} 例えばそのような状況ではオーディオは機能しなくなっても良いだろうが、車両の制御に関する機能、例えば制動や操舵に関する機能は正常な動作を継続することが期待される。

3.3 過電圧 — 室温

エンジンのジャンプ・スタート^{†3}の際に生じる可能性がある過電圧の影響を評価するもので、室温 ($23 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$; ISO 16750-1^[1] の規定) の環境において、12 V 系では 24 V の電源電圧を (60 ± 6) s のあいだ印加して試験する。24 V 系についてはこの試験の規定はない。

一般のコンポーネントでは機能状態クラス D が許容されるが、ジャンプ・スタートに際しても機能することが期待されるコンポーネントは機能状態クラス B 以上を維持することが必要となるだろう。^{†4}

補足説明 この試験はジャンプ・スタートに際しての“double battery jump”^{†5}や出力電圧が高めのジャンプ・スターターの使用によって通常の電源電圧の上限 (U_{Smax}) よりも高い電圧が印加される可能性を想定したものである。

3.4 交流電圧の重畳

オルタネータに起因するリップルのような、直流電源上への交流成分 (50 Hz~25 kHz) の重畳の影響を評価するもので、図 3 のように重畳する周波数を 50 Hz~25 kHz で掃引する 120 s のサイクルを 5 回繰り返した時、機能状態クラス A を維持しなければならない。

交流電圧の重畳は内部抵抗が 50~100 mΩ の電源を用いて行なう。

U_{Smax} は 12 V 系では 16 V、24 V 系では 32 V で、 U_{PP} は用途に応じて表 2 から選択する。^{†6}

^{†3} 通常は車両のバッテリーが上がった時に行なわれる、外部のバッテリー、車両、ジャンプ・スターターなどからの給電によるエンジンの始動。

^{†4} オーディオのようなコンポーネントの機能がジャンプ・スタートに際して損なわれてエンジン始動後に電源スイッチを入れ直すまで回復しなかったとしても大きな支障はなさそうである。ジャンプ・スタートは車両を静止させた状態でのみ行なわれるため、操舵系などもクランキング中に機能を維持する必要はないだろうが、エンジンが始動したならばそのまま走行に入る可能性があることから機能状態クラス C 以上が必要となりそうである。

^{†5} 例えば、普通の方法では始動が困難な 12 V の車両の、12 V のバッテリー 2 つを直列にしたものや 24 V のジャンプ・スターターでのジャンプ・スタートのような。

^{†6} 現代の車両では比較的大容量のバッテリー (電圧を安定化させる効果も高い) が用いられることが多く、リップルは小さくなる傾向があると思われる。

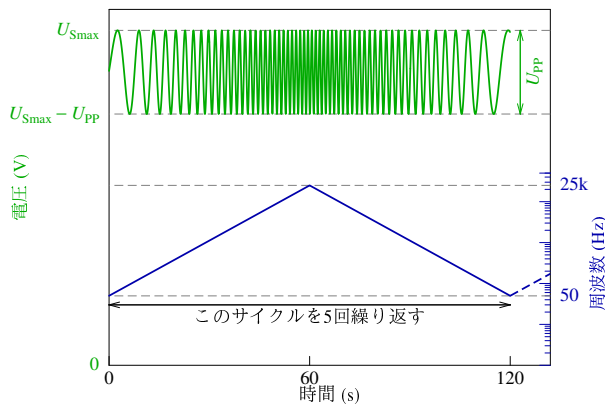


図 3: 交流電圧の重畳

厳しさ †	12 V 系		24 V 系	
	U_{Smax}	U_{PP}	U_{Smax}	U_{PP}
1	16 V	1 V	32 V	1 V
2	16 V	4 V	32 V	4 V
3	—	—	32 V	10 V
4	16 V	2 V	—	—

† 厳しさは用途に応じて選択する

表 2: 交流電圧の重畳 — 試験レベル

3.5 電源電圧の緩やかな下降/上昇

バッテリーの過放電 (バッテリー上がり) に際して生じるような非常に低い電圧までの緩やかな下降、またその後の充電に際して生じるかも知れないような非常に低い電圧からの緩やかな上昇の影響を評価するもので、図 4 に図示するように、電源電圧を U_{Smin} から 0 V まで $(0.5 \pm 0.1) \text{ V/min}$ の傾斜で下降させ、同じ傾斜で U_{Smin} まで戻した時の影響を確認する。電圧の下降や上昇は 25 mV 以下のステップで行なっても良い。

電源電圧が通常の動作電圧範囲、すなわち U_{Smin} 以上の時には機能状態クラスは A、それよりも低下した状態ではクラス D (電源電圧が回復した時に自動的に正常な動作に戻るべき場合はクラス C) を満足しなければならない。

補足説明 電源電圧を U_{Smin} から緩やかに低下させた場合、ある電圧以下で正常に機能しなくなるであろうが、設計が適切でない場合、この過程で変則的な挙動を示すかも知れず、場合によっては損傷を生じることもあるかも知れない。

また、電源電圧を 0 V から緩やかに増加させた場合、ある電圧以上となった時に自動的に始動して正常な動作状態となるか、あるいは電圧が回復した後で電源のオンなどの操作を行なった時に正常な動作状態となることが

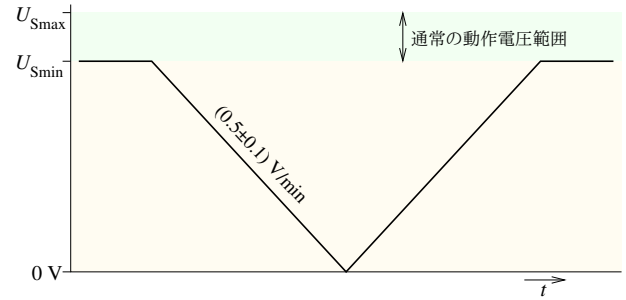


図 4: 電源電圧の緩やかな下降/上昇

期待されるだろうが、設計が適切でない場合、その過程で変則的な挙動を示したり、電圧の回復後も正常な動作状態に移行できなかったりするかも知れない。

3.6 電源電圧の一時的な低下

車両の電源の他の分岐で短絡を生じた際に生じるような一時的な電圧低下の影響を評価するもので、図 5 に図示するように、電源電圧を U_{Smin} から 12 V 系の場合は 4.5 V、24 V 系の場合は 9 V まで 100 ms のあいだ低下させ、影響を確認する。

原則として機能状態クラス B を維持することが必要であるが、両者の合意があればリセットは許容される。

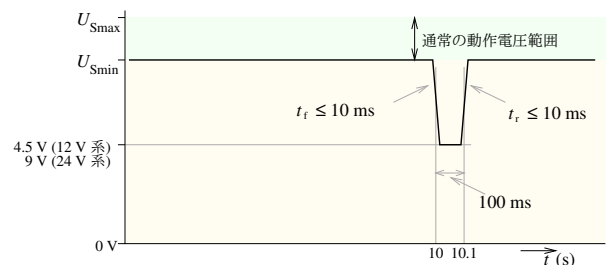


図 5: 電源電圧の一時的な低下

補足説明 車両の電源の他の分岐で短絡 (例えば 12 V や 24 V のワイヤの被覆の損傷に伴う車体との短絡) が生じた時、その分岐回路のヒューズの溶断によって短絡箇所が電源から切り離されるまでの比較的短い時間のあいだ、車両の他の全ての電源に顕著な、だが短絡した回路の抵抗などの影響から 0 V までは達しないであろう電源電圧の低下を生じることが予期される。

このような事象の際、他の分岐回路から給電されるコンポーネントは高々一時的かつ軽微な影響を受けるのみで動作を継続することが期待されるであろう。

3.7 電源電圧低下時のリセット動作

電源電圧の一時的な低下に際しての動作を評価するもので、**図6**に図示するように、電源電圧の U_{Smin} からの5秒間の低下を低下の深さを5%づつ増加させながら行ない、影響を確認する。

機能状態はクラスC以上、すなわち正常な動作を維持するか、あるいは電圧が復帰した時に自動的に正常な動作に戻る必要がある。

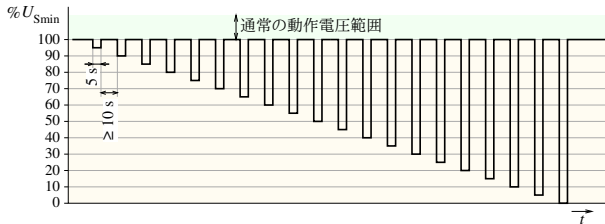


図6: 電源電圧低下時のリセット動作

補足説明 一般に、マイクロプロセッサなどを用いている場合、電源の投入から電源電圧が安定するまでリセット状態を維持し、その後にリセットを解除してマイクロプロセッサを始動させるようリセット回路が用いられ、これによって電源投入の過程での変動的な動作を防止し、また電源投入後に確実に動作を開始させられるようにしている。

また、動作中に電源電圧が低下した場合も回路の動作が不安定となる前にリセット信号を出してマイクロプロセッサの動作を停止させることでそのような状態での変動的な動作を防止し、また電源の復帰後に確実に動作を開始させられるであろう。

だが、設計が不適切な場合、特に中途半端な低下の場合にこのリセット動作が正常に行なわれず、あるいはシステムの一部のみがリセットされ、変動的な挙動を生じたり、電圧の回復後も正常な動作を再開できないままとなったりするかも知れない。

3.8 始動プロファイル

スターター・モーター (セルモーター) の動作によって引き起こされる電圧変動の影響を模擬する**図7**のような電圧波形を10回印加し、影響を確認する。印加のあいだの休止時間は1~2秒とすることが推奨される。

波形のパラメータは、12 V系は**表3**、24 V系は**表4**から、用途に応じて1つ以上のプロファイル (レベル) を選択する。

機能状態は、クランキング中^{†7}の車両の動作に関係するかどうか、関係しない場合は試験のプロファ

^{†7} エンジンの始動のため、スターター・モーター (セルモーター) でエンジンを回転させている状態。

イル (レベル) に応じて、少なくとも**表5**で示したレベル以上を維持しなければならない。

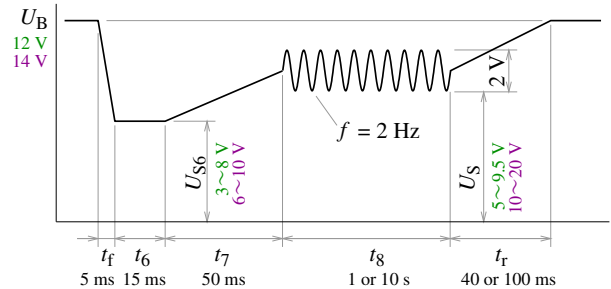


図7: 始動プロファイル

補足説明 エンジンの始動に用いられるスターター・モーターは大きな電流を必要とし、バッテリーから供給される電源の電圧に有意な影響を与え得る。

電源電圧はスターター・モーターの始動時に著しく低下し、スターター・モーターが回転しているあいだそれよりも高いが通常の状態よりも低下した状態が続く。エンジンが始動し、スターター・モーターが切られたならば、オルタネータが発電を始めていることから電源電圧は試験前 (スターター・モーターを回す前) よりも有意に高くなる筈であるが、この試験波形では試験前と試験後の電圧は同一に設定されている (すなわち、試験前と試験後の電圧の双方が、オルタネータが発電している時を代表する U_A ではなくオルタネータが発電していない時を代表する U_B となっている)。

どの程度の電圧の低下が予期されるかは使用されているバッテリーやその状態にも依存し、バッテリーが小さい場合や劣化している場合は電圧の低下は大きくなる。また、電圧の低下のどの程度の持続が予期されるか、すなわちエンジンがどの程度の時間で始動するかも車両やその状態に依存するが、最近の車両では、正常であればごく短い時間で始動することが、またスターター・モーターを回す時間は車両側で制御されていてイグニッション・キーを回して始動する車両で可能であるようにスターター・モーターが長時間回り続けることはないことが多いものと思われる。

この試験波形は ISO 7637-2:2004^{[4][10]} Pulse 4 (この試験と重複していることから、ISO 7637-2:2011 では削除された) と似ているが、スターター・モーターの定常回転期間 (t_8) にエンジンの圧縮/排気サイクルの影響を模擬するようリップルが加えられている。

3.9 ロード・ダンプ

オルタネータの動作中にバッテリーが切り離された時に発生する著しい過渡的な過電圧の影響を評価するもので、ロード・ダンプ・サプレッションを備えていない車両で用いられる場合は**図8**のようなパルス10回以上、またロード・ダンプ・サプレッションを備えた車両で用いられる場合は**図10**のような

パラメータ		レベル			
		I	II	III	IV
電圧 (V)	U_B	12 (± 0.2)			
	U_{S6}	8 (-0.2)	4.5 (-0.2)	3 (-0.2)	6 (-0.2)
	U_S	9.5 (-0.2)	6.5 (-0.2)	5 (-0.2)	6.5 (-0.2)
時間 (ms)	t_f	5 (± 0.5)			
	t_6	15 (± 1.5)			
	t_7	50 (± 5)			
	t_8	1 000 (± 100)	10 000 ($\pm 1,000$)	1 000 (± 100)	10 000 ($\pm 1 000$)
	t_r	40 (± 4)	100 (± 10)	100 (± 10)	100 (± 10)

表 3: 始動プロファイル — 12 V 系

パラメータ		レベル		
		I	II	III
電圧 (V)	U_B	24 (± 0.2)		
	U_{S6}	10 (-0.2)	8 (-0.2)	6 (-0.2)
	U_S	20 (-0.2)	15 (-0.2)	10 (-0.2)
時間 (ms)	t_f	10 (± 1)		
	t_6	50 (± 5)		
	t_7	50 (± 5)		
	t_8	1 000 (± 100)	10 000 ($\pm 1 000$)	1 000 (± 100)
	t_r	40 (± 4)	100 (± 10)	40 (± 10)

表 4: 始動プロファイル — 24 V 系

電源電圧	クランキング中の車両の動作に関する	クランキング中の車両の動作に関係しない			
		I	II	III	IV
Code A, E	A	A	B	B	A
Code B, F	A	A	B	C	B
Code C, G	A	B	C	C	C
Code D, H	A	B	C	C	C

表 5: 始動プロファイル — 最小機能状態

パルスを 5 回以上、1 分間隔で印加し、機能状態クラス C 以上が維持されることを確認する。

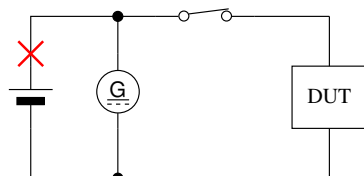


図 8: オルタネータの動作中のバッテリーの切り離し (ロード・ダンプ・サブプレッションなし)

補足説明 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組み込まれているものの、その応答は遅く、

車両の 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 (図 12) 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・ダンプ (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コンポーネントにとってかなり過酷なものとなる。

これらの試験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・ダンプ・サブプレッションを備えていない場合には波形のピークが切り落とされていない試験波

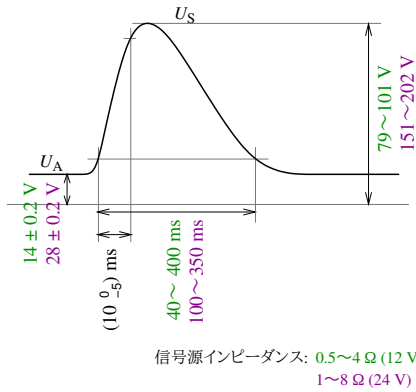


図 9: ロード・ダンプ — 試験 A (ロード・ダンプ・サブプレッションなし)

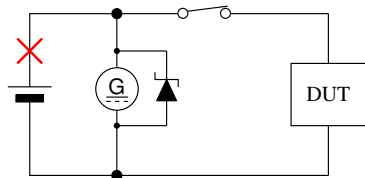


図 10: オルタネータの動作中のバッテリーの切り離し (ロード・ダンプ・サブプレッションあり)

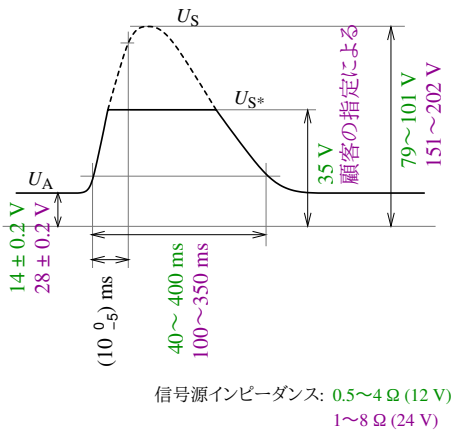


図 11: ロード・ダンプ — 試験 B (ロード・ダンプ・サブプレッションあり)



図 12: 腐食したバッテリー端子

形 (図 8) による試験 A が適用される。

一方、オルタネータが集中ロード・ダンプ・サブプレッションを備えている場合は、ロード・ダンプ・サブプレ

ションによる電圧制限を模擬するように所定の電圧で試験 A の試験波形のピークを切り落とした試験波形 (図 10) を用いる試験 B が適用される。

これらの試験波形は ISO 7637-2:2004^{[4][10]} Pulse 5a、及び 5b (この試験と重複していることから、ISO 7637-2:2011 では削除された) と似ているが、パラメータに、また U_s や U_s^* の定義に相違がある。

3.10 逆電圧

例えばジャンプ・スタートに際しての逆接続 (図 13) によって生じるような逆電圧の印加を模擬するもので、実車で使用の際と同様のヒューズを通して表 6 で示すような電圧を逆極性で印加して影響を確認する。

試験後、必要に応じてヒューズを交換した後では機能状態クラス A を維持しなければならない。

この規格では逆電圧の印加に用いる電源の特性、特に電流容量は規定されておらず、逆電圧の印加時に予期される電流を推定するなどして決めることが必要となるかも知れない。^{†8}

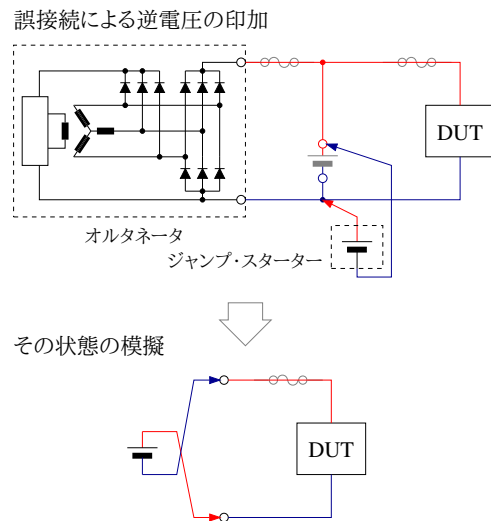


図 13: 逆電圧の発生

^{†8} 逆電圧に対する保護は、典型的には、ダイオードを直列に入れて逆電流を阻止することで、あるいは電源間に逆向きのダイオードを入れて逆電流をバイパスして電圧をクリップさせる (そして、電流が大きい場合はその手前に入れられたヒューズが車両側のヒューズによって電源から切り離す) ことで、あるいはそのいずれかと同様の役割を果たすより高度な保護回路を用いることで行なわれる。直列のダイオードによって逆電流が阻止されている場合、逆電圧を印加しても電流は流れず、従ってその試験では大容量の電源は不要となる。だが、後者の場合、ヒューズが作動するまでのあいだは逆電圧に対しては短絡に近い状態となり、その経路のインピーダンスに応じた大電流が流れるため、その試験ではそれに応じた大容量の電源が必要となりそうである。

公称電圧	条件	試験電圧	印加時間
12 V	オルタネータにヒューズが付 けられておら ず、その整流器 が 60 秒間の逆 電圧印加に耐え る場合	4 V	(60 ± 6) s
	その他の場合	14 V	
24 V	—	28 V	

表 6: 逆電圧の試験パラメータ

補足説明 バッテリーの極性を逆に接続した場合、車両の電源ライン全体に逆電圧が印加されることになる。

その電源ラインにオルタネータが接続されている場合、オルタネータには発電された交流を直流（脈流）に変換して直流電源ラインに流しこむためのダイオード・ブリッジが内蔵されているため、これはそのような事象に対する保護を意図したものではないものの、逆電圧が印加された場合はそのダイオードに電流が流れ、逆電圧の振幅を制限することが期待される。

だが、その場合も、逆電圧が印加された箇所とオルタネータのあいだにヒューズが入っているかも知れず、またオルタネータに内蔵されたダイオードが逆電圧の印加によって生じる電流に耐えられるとも限らないので、ヒューズの溶断やダイオードの焼損によって逆電圧が制限されない状態となるかも知れない。

この規格では 12 V 系についてはこのような逆電圧の制限が働くかどうかで異なる試験電圧が適用されるが、オルタネータに内蔵されたダイオードが逆電圧の印加（この規格では電流は規定されていない）に耐えるかどうかははっきりとしないことが多いかも知れない。

このため、そのような逆電圧の制限がないものと仮定することが、あるいは双方の条件で試験を行なうことが無難かも知れない。

3.11 接地基準/電源オフセット

電源やグランドへの接続が 2 つ以上あるコンポーネントやシステムでその電位にオフセット（電位差）を生じた状況を模擬するもので、電源やグランドのラインのあいだに $\pm(1.0 \pm 0.1)$ V のオフセット電圧を印加した時、機能状態クラス A が維持されることを確認する。

この試験の実施は顧客とサプライヤとの合意に基づく。

補足説明 例えばシステムのグランドを異なる箇所（例えば、電源のグランド側とシャーシ、ECU の近くとセンサなどの対向器の近くのシャーシ、など）で車両電源のグランド側や車両のシャーシに接続するような場合、それらのグランドに接続された箇所の間に有意な電位差を生じる可能性がある。

また、電源ラインも、例えば常時電源、アクセサリ電源、イグニッション電源の 2 箇所以上に接続するような場合、電源に接続された箇所の間にある程度の電位差を生じる可能性がある。

この試験はそのような状況を想定しているものと思われる、実際の使用に際してそのような電位差を生じる可能性があるコンポーネントやシステムに対してのみ適当なものとなるだろう。

3.12 開放回路試験

動作中に回路の接続が一時的に断たれた場合の影響を評価するもので、機能状態クラス C が要求される。

試験は、望ましくは電子的なスイッチ（開放時の抵抗 10 MΩ 以上）を用いて、以下のように行なう：

- Single Line Interruption — それぞれの線を (10 ± 1) s のあいだ切り離す；
- Multiple Line Interruption — それぞれのコネクタを (10 ± 1) s のあいだ切り離す。

3.13 短絡保護

端子が一時的に短絡した場合の影響を評価するもので、信号や負荷の端子（電源以外の端子）が対象となる。

試験の方法などは信号回路と負荷回路とで、またその保護の状況によって異なり、それぞれ次のようになる：

- 信号回路:
 - それぞれの出力状態で、端子を順に U_{Smax} (U_{max}) やグランドに 60 秒間接続する。
 - 短絡を取り除いた後、通常の動作に戻ること（機能状態クラス C）。
- 負荷回路
 - ヒューズで保護された回路:
 - ヒューズの動作時間定格 +10 % の時間のあいだ電源やグランドに短絡させる。^{†9}
 - ヒューズの交換の後、通常の動作に戻ること（機能状態クラス D）。

^{†9} ヒューズの動作時間定格は電流に依存するが、電流が大きければ短い時間で溶断して短絡箇所が切り離されるだけとなるだけの筈であるので、予期される最大の動作時間定格よりも十分に長い時間のあいだ短絡させるようにしても良いかも知れない。通常、ヒューズはそれよりも短い時間で溶断する筈であり、溶断しない場合はそのヒューズはその回路の短絡保護としては適当でないかも知れない。

- ヒューズ以外で (例えば電子的に) 保護された回路:
試験時間は合意による。
短絡を取り除いた後、通常の動作に戻る
こと (機能状態クラス C)。
- 保護されていない回路:
UL 94 V-0 の難燃性定格を持つならば損傷を生じて良い (機能状態クラス E)。

3.13.1 ヒューズの動作時間定格

自動車用ヒューズの動作時間定格は他の事項とともに ISO 8820 シリーズ^[5] の該当するパートで規定されている。

ヒューズの動作時間定格は表 7 や図 14 で例示するように様々な電流に対する熔断時間の最小値と最大値として規定されている。

電流	熔断時間	
	最小	最大
110 %	100 h	—
135 %	0.75 s	600 s
160 %	0.25 s	50 s
200 %	0.15 s	5 s
350 %	0.04 s	0.5 s
600 %	0.02 s	0.1 s

表 7: ヒューズの動作時間定格の例

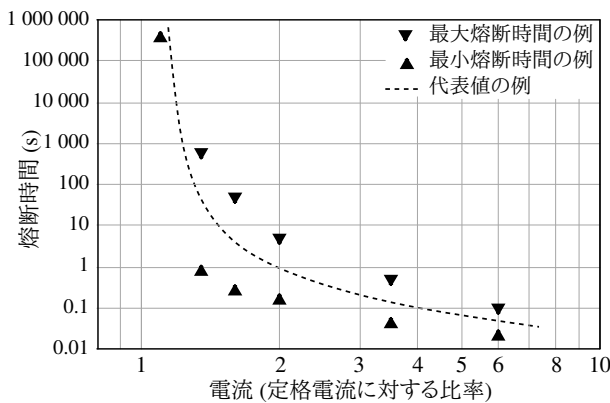


図 14: ヒューズの動作時間定格の例

3.13.2 UL 94 V-0

UL 94^[6] はプラスチックの難燃性の指標として良く用いられている。

UL 94 による固体材料の難燃性の区分は難燃性が高い順に 5VA → 5VB (surface burn) → V-0 → V-1 → V-2 (vertical burn) → HB (horizontal burn) となっており、UL 94 V-0 以上の要求を満たす材料で作られたバリアは火炎の拡がりを妨げる能力があるときみなされることが多い。

UL 94 V-0 は垂直に保持した 125 mm × 13 mm の試料 10 個の下端にブンゼン・バーナーの炎を接炎させることによる垂直燃焼試験で次の要求を満たすことが確認されたものである:

- 接炎の後 10 秒以上火炎燃焼を続けない (V-1, V-2 は 30 秒)
- 10 回の接炎の後の総火炎燃焼時間が 50 秒を超えない (V-1, V-2 は 250 秒)
- 固定クランプまで燃焼しない
- 300 mm 下に置いた脱脂綿を発火させる燃焼する粒子を落下させない (V-2 は粒子の落下が許容される)
- 2 回目の接炎の後 30 秒以上赤熱燃焼を続けない (V-1, V-2 は 60 秒)

3.14 耐電圧

リレー、モーター、コイルなどの誘導性負荷を含む、あるいは誘導性負荷に接続される、電氣的に絶縁された箇所があるコンポーネントについて、ダンプ・ヒート・サイクル試験 (ISO 16750-4^[3]) 後、室温で 0.5 h 放置し、

1. 電氣的に絶縁された端子間
2. 電氣的に絶縁された端子と導電性の表面の間
3. 端子とプラスチック筐体の周囲に巻いた電極の間

に 50~60 Hz 500 V を 60 s 印加した時に降伏や閃絡を生じず、また機能状態クラス C を満足することを確認する。

ダンプ・ヒート・サイクル試験^{†10}は IEC 60068-2-30^[9] で規定されており、25 ± 3 °C 95~100 % RH

^{†10} ダンプ (damp) は「湿った」を意味し、その名前が示すように、この試験は高温、高湿、温度サイクルを伴うものとなっている。耐電圧試験の (また絶縁抵抗測定) 直前にダンプ・ヒート・サイクル試験を実施することで、吸湿を、また結露を生じるのであれば結露を生じさせ、その状態で絶縁が維持されるかどうかを確認することができる。

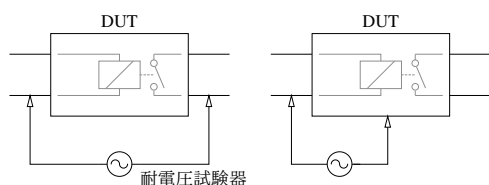


図 15: 耐電圧の確認

と $55 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 90~96 % RH のあいだを所定のカーブで遷移する 24 時間 (12 時間+12 時間) のサイクルの 6 回の繰り返しを伴う。

3.15 絶縁抵抗

電氣的に絶縁された箇所があるコンポーネントについて、ダンプ・ヒート・サイクル試験 (ISO 16750-4^[3]) 後、室温で 0.5 h 放置し、

1. 電氣的に絶縁された端子間
2. 電氣的に絶縁された端子と導電性の表面の間
3. 端子とプラスチック筐体の周囲に巻いた電極の間

に DC 500 V (特定の用途では合意があれば 100 V まで下げても良い) を 60 s 印加して測定した抵抗値が $10 \text{ M}\Omega$ よりも大きいことを確認する。

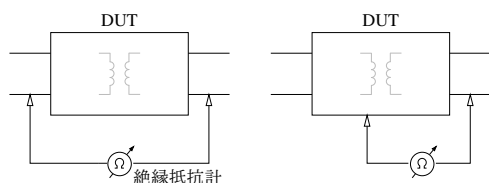


図 16: 絶縁抵抗の確認

4 参考資料

- [1] ISO 16750-1:2006, *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 1: General*
- [2] ISO 16750-2:2012, *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 1: Electrical loads*
- [3] ISO 16750-4:2010, *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 4: Climatic loads*
- [4] ISO 7637-2:2004, *Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only*
- [5] ISO 8820 series, *Road vehicles — Fuse-links*
- [6] UL 94, *Standard for safety of flammability of plastic materials for parts in devices and appliances testing*
- [7] ISO 21848, *Road vehicles — Electrical and electronic equipment for a supply voltage of 42 V — Electrical loads*
- [8] ISO 21780, *Road vehicles — Supply voltage of 48 V — Electrical requirements and tests*
- [9] IEC 60068-2-30, *Environmental testing — Part 2-30: Tests — Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*
- [10] ISO 7637-2 & ISO 7637-3 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2021

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