

軍用車両上の機器の DC 28 V 電源の特性 — MIL-STD-1275F の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2025 年 3 月 3 日

目次

1	概要	1
2	イミュニティ試験	1
2.1	定常状態動作	1
2.1.1	動作電圧範囲	1
2.1.2	電圧リップル	2
2.2	始動イベント	2
2.3	過渡妨害	2
2.3.1	電圧スパイク	2
2.3.2	電圧サージ	4
2.4	逆極性	4
3	エミッション試験	5
3.1	電圧リップル	5
3.2	電圧スパイク	5
3.3	電圧サージ	5
4	補足	5
4.1	他の現象	5
4.2	類似の規格の例	6
5	参考資料	6

1 概要

MIL-STD-1275^[1] は米国の軍用車両の公称 DC 28 V^{†1}の電源への接続が意図された機器を対象として、電源関連の要求事項、例えば過渡電圧への耐性に関する要求などを規定する。

本稿ではこの MIL-STD-1275F^[1] の概要を述べる。なお、本稿はこの文書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、正確な情報はその文書そのもの^[1]を参照されたい。

2 イミュニティ試験

2.1 定常状態動作

2.1.1 動作電圧範囲

この規格の対象となる機器は、DC 20 V~33 V の電源電圧範囲では時間の制限なく、またその範囲を超える過渡的な電源電圧変動に対しては図1の電圧エンベロープの範囲内で通常の動作を継続することが求められる。^{†2}

この試験の具体的な方法は述べられていないが、例えば下記のような条件で動作させて通常の動作からの逸脱がないかどうかを確認することで行なえるであろう：

- DC 20 V と 33 V のそれぞれの電源電圧で機器が安定状態に達するまで動作させて；



photo by Russavia, licensed under CC BY 2.0

^{†1} この規格での公称 28 V の直流電源は自動車分野で公称 24 V と呼ばれるものと概ね同等である。

^{†2} 始動イベントを除き、この範囲を下回る電源電圧の低下に対する試験は含まれない。例えば ISO 16750-2^{[4][7]} で見られるような電源電圧低下に関する一連の試験を追加で実施することを考える価値もあるかも知れない。

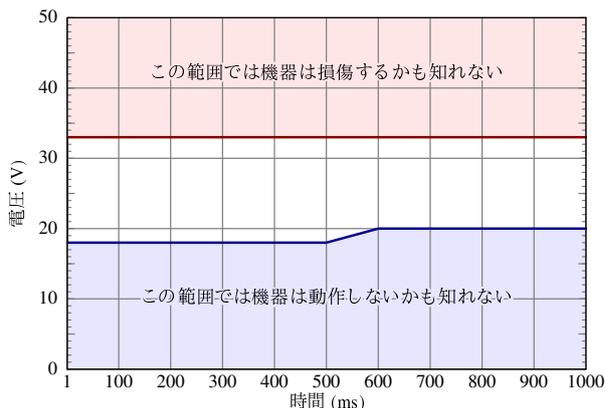


図 1: DC 28 V 系の動作電圧の限界

- 適当なプログラマブル電源を用いて図 1 の下限の任意のポイントの電圧と時間の電源電圧低下を発生させて。

2.1.2 電圧リップル

公称 DC 22 V、及び DC 31 V ($\pm 1\%$) のそれぞれの電源電圧に MIL-STD-461 CS101^{[2][5]} と同様の試験法^{†3}を用いて 30 Hz~5 kHz の周波数範囲の 4 V p-p のリップルを重畳させ、通常の動作からの逸脱がないかどうかを確認する (図 2, 図 3)。

この試験法については本稿では踏み込まないので、MIL-STD-461G CS101 やその解説^{[2][5]}などを参照していただきたい。

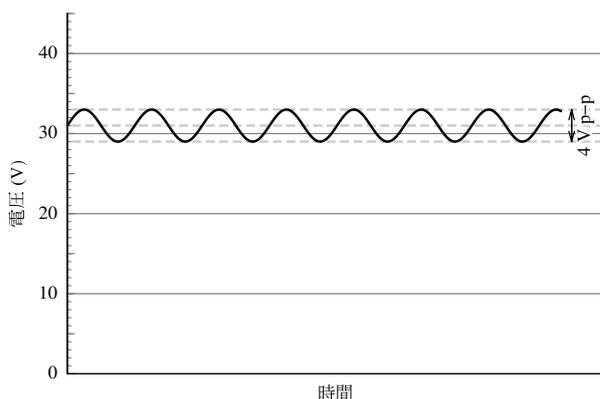


図 2: 電圧リップルが重畳された電源電圧の例

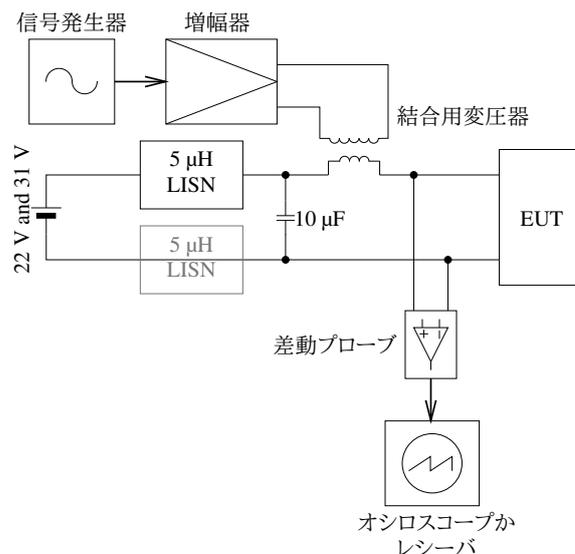


図 3: 電圧リップル注入試験セットアップの例

2.2 始動イベント

エンジン始動時にはセルモータの電力消費に伴う電源電圧の顕著な低下を生じる可能性が予期される。

このため、エンジン始動時に動作する機器は図 4 の電圧エンベロープの範囲内の電圧で劣化や損傷なしに動作することが求められる。

この評価は、対象の機器を図 5 のような電源電圧変動に曝し、通常の動作からの逸脱がないかどうかを確認することで行なう。

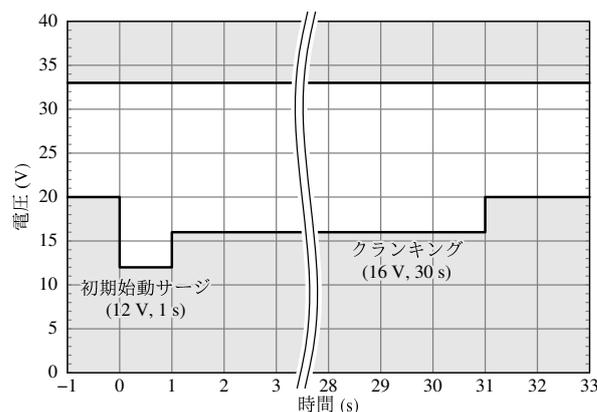


図 4: DC 28 V 系の始動妨害限度

2.3 過渡妨害

2.3.1 電圧スパイク

電圧スパイクは 1 ms 以下の持続時間の限定的なエネルギーの過渡波形で、典型的には給電系の配

^{†3} 但し、MIL-STD-461G では通常は $50\ \mu\text{H} + 5\ \Omega / 50\ \Omega$ LISN が用いられるのに対し、MIL-STD-1275F では $5\ \mu\text{H}$ LISN が用いられる。

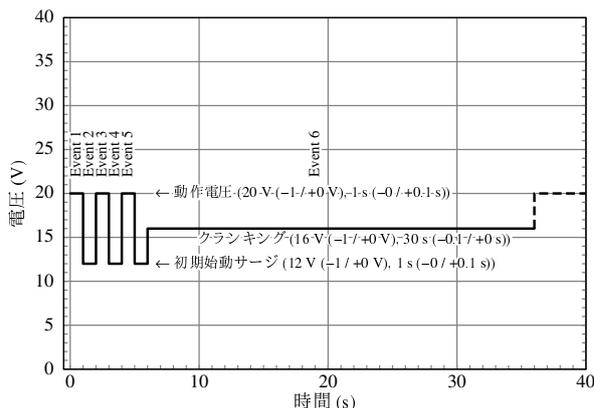


図 5: 始動イベント試験パターン

線と負荷の開閉の相互作用、あるいはハーネスと機器のあいだのインピーダンス不整合に起因して発生する。

この規格の対象となる機器は図6のエンベロップの範囲内の電圧スパイクに曝された時に劣化や損傷なしに動作することが求められる。

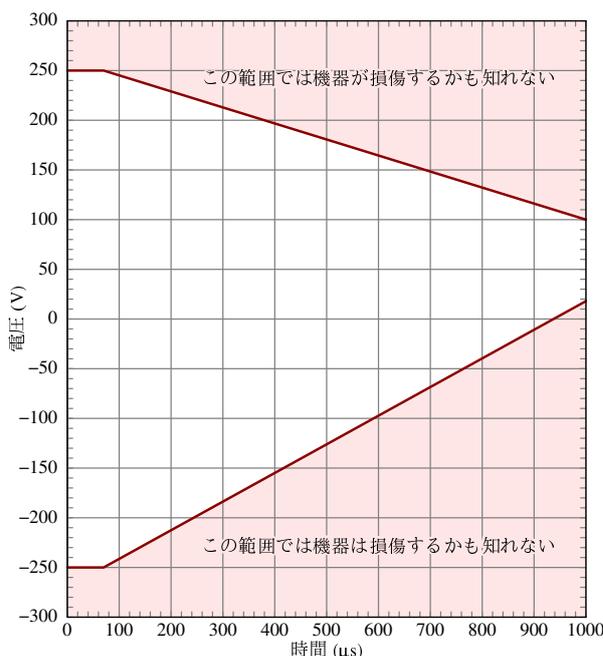


図 6: DC 28 V 系のスパイクのエンベロップ

電圧スパイクに対するイミュニティの試験は、公称 DC 28 V ($\pm 1\%$) の電源から LISN (電源リターンが車両のシャーシである場合は 1 台、電源リターン導体がある場合は 2 台の) を介して EUT に接続した電源ラインにスパイクを注入し (図9)、通常の動作からの逸脱がないかどうかを確認することで行なう。スパイクの注入は正と負の双方の極性で、そ

れぞれ 1 秒周期で 50 回以上行なう。

印加するスパイクは開放回路電圧のピーク振幅 250 V、50 ns 未満の立ち上がり時間、20 kHz よりも高く 500 kHz よりも低い振動周波数、また 200 mJ の最大エネルギー量のもの (図7) とし、その波形の検証は開放回路で行なう。^{†4}試験時に実際に EUT の電源入力に印加されるスパイクの波形は検証時の波形とは異なったものとなるだろうが、必要な場合、印加されるスパイクの電圧や電流の波形はオシロスコープと適切な電圧プローブ、及び/もしくは電流プローブを用いて監視できる。

この試験は最悪の負荷条件で、あるいはそれを容易に判断できない場合は少なくとも最小と最大の負荷条件を含む全ての境界的な負荷条件で行なう。

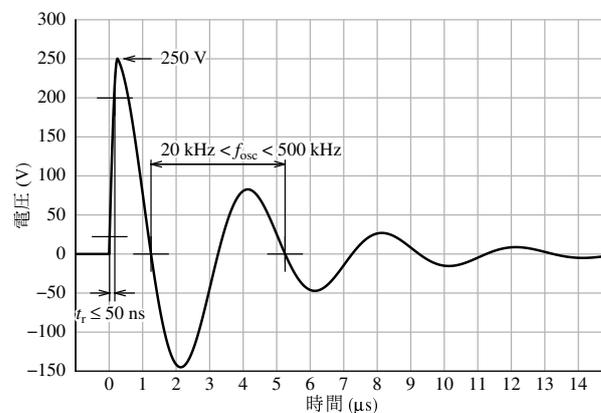


図 7: 電圧スパイク試験波形のイメージ — 開放回路電圧波形

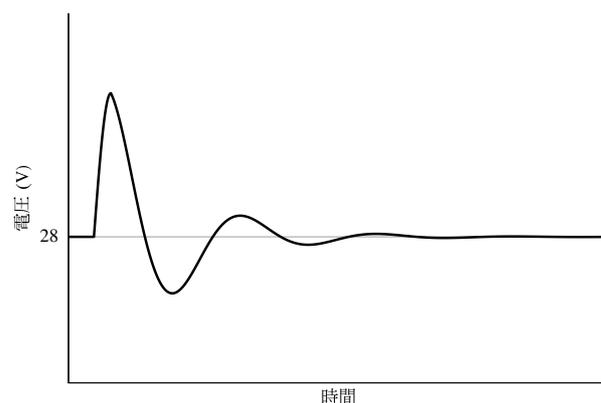


図 8: 電圧スパイクが印加された電源電圧波形のイメージ — スパイクの振幅やその他のパラメータは検証時のものとは異なるかも知れない

^{†4} スパイクの波形の詳細、例えば減衰振動の減衰の速さなどは規定されていない。

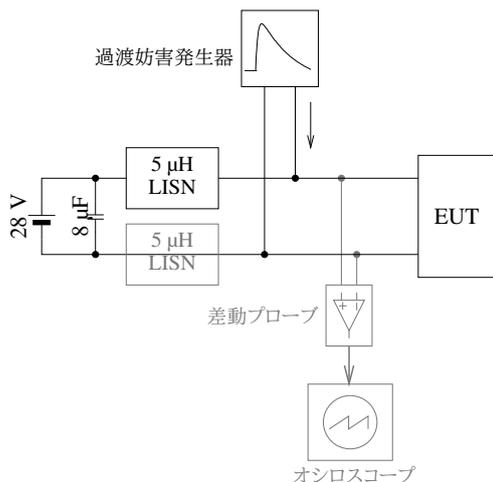


図 9: 電圧スパイク注入試験セットアップの例

2.3.2 電圧サージ

サージは 1 ms よりも長い持続時間を持つ、典型的には早い立ち上がりと緩やかな指数的な減衰を伴う過渡波形で、例えば相当のレベルの蓄積エネルギーを持つ誘導性負荷のスイッチングや負荷の突然の切り離し、時には重い負荷の投入に伴って生じる。

最もありふれた正のサージはバッテリーを充電するためにオルタネータが作動している時にバッテリーへの接続が突然切り離された時に発生する「オルタネータ・ロード・ダンプ」である。

負のサージ (電源電圧の過渡的な低下) は負荷が突然接続された時に発生する。

この規格の対象となる機器は図 10 のエンベロープの範囲のサージに耐えることが期待される。

電圧サージに対するイミュニティの試験は、図 11 に示したような原理に基づいて、DC $30 \pm 1_0$ V の電源電圧上に下記の波形の電圧サージを 5 回、5 秒間隔で発生させ、通常の動作からの逸脱がないかどうかを確認することで行なう。

電圧サージの波形を含む以下のパラメータは、試験の実施時に観測し、検証する (図 12):

- 試験開始時点での EUT の電源入力における動作電圧: $30 \pm 1_0$ V
- サージ発生器の出力でのピーク電圧: $100 \pm 10_0$ V
- EUT の電源入力での観測に基づく、
 - － 立ち上がり時間: $1 \text{ ms} < t < 10 \text{ ms}$
 - － サージ発生回路の 2 つのスイッチが閉じている期間: $50 \pm 5_0$ ms、及び $500 \pm 5_0$ ms

この試験は最悪の負荷条件で、あるいはそれを容易に判断できない場合は少なくとも最小と最大の負荷条件を含む全ての境界的な負荷条件で行なう。

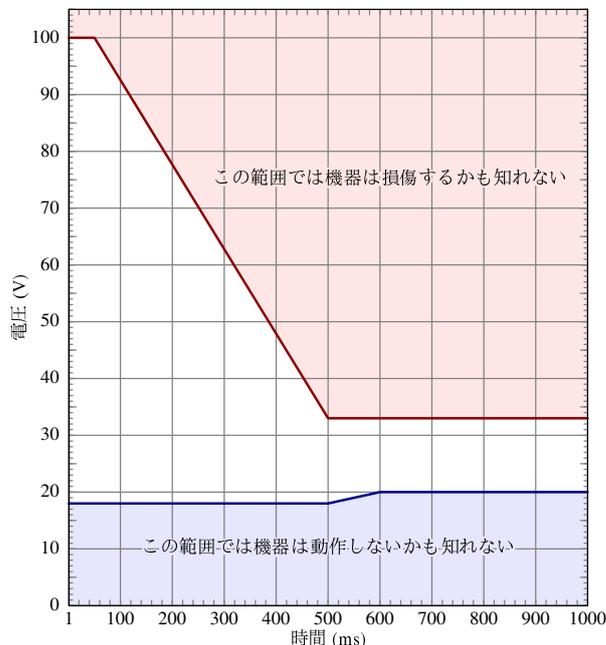


図 10: DC 28 V 系の電圧サージのエンベロープ

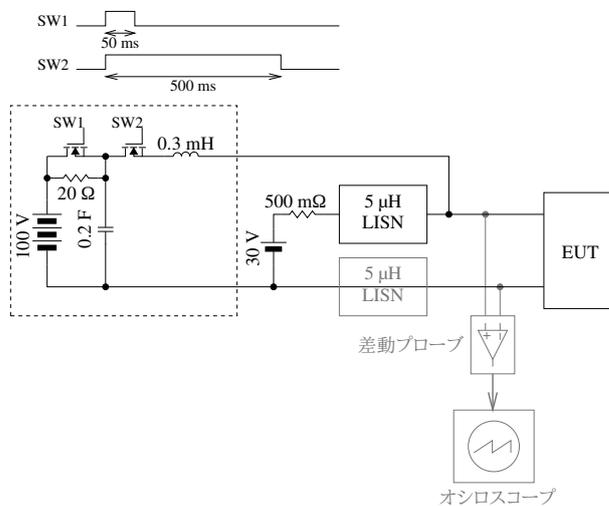


図 11: 電圧サージ注入試験回路の例

2.4 逆極性

対象の機器の電源入力に、電源の極性を逆として DC 33 V を 5 分間印加する。この状態で測定された逆電流が通常の動作電流を超える場合は不合格と判断する。

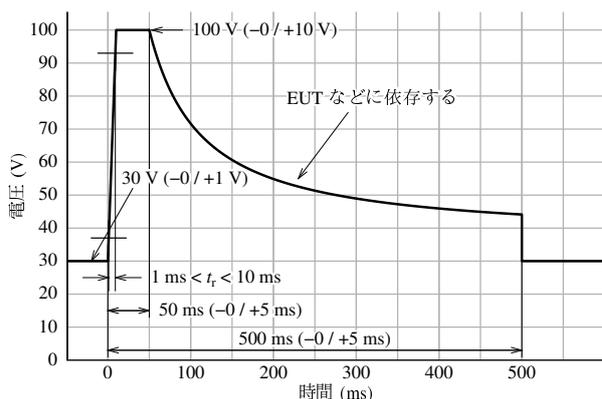


図 12: 電圧サージが重畳された電源電圧波形のイメージ — 波形は負荷の特性などによって変動する

その後、正しい極性の電源を印加して通常の動作からの逸脱がないかどうかを確認する。

3 エミッション試験

3.1 電圧リップル

電圧リップルの測定は公称 DC 22 V、及び DC 31 V ($\pm 1\%$) のそれぞれの動作電圧で、LISN と電源インピーダンスを模擬する抵抗 (30 m Ω) を介して給電し、EUT の入力の電源電圧を FFT (高速フーリエ変換による周波数分析機能) 付きのオシロスコープで観測することで行なう (図 13)。

この試験は最小と最大の負荷条件を含めてリップルを発生する可能性がある機能を動作させて行ない、それぞれの負荷条件で 10 秒以上の観測を行なう。

この測定で観測された 30 Hz~1 kHz の周波数範囲のリップルの大きさは 2 V p-p 未満でなければならない。

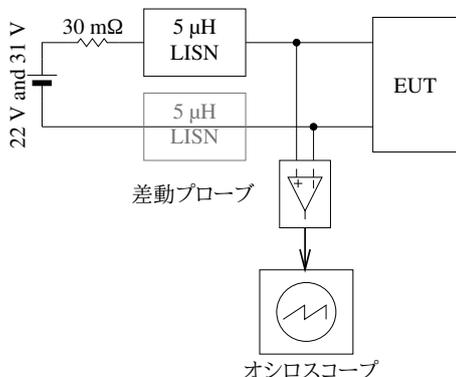


図 13: 電圧リップルの測定のセットアップの例

3.2 電圧スパイク

図 14 のように公称 DC 28 V ($\pm 1\%$) の電源から LISN (電源リターンが車両のシャーシである場合は 1 台、電源リターン導体がある場合は 2 台の) を介して EUT に給電し、ISO 7637-2^{[3][6]} と同様の測定法を用いて EUT が電源線上に引き起こす電圧スパイク (1 ms 以下の持続時間の過渡波形) を測定する。

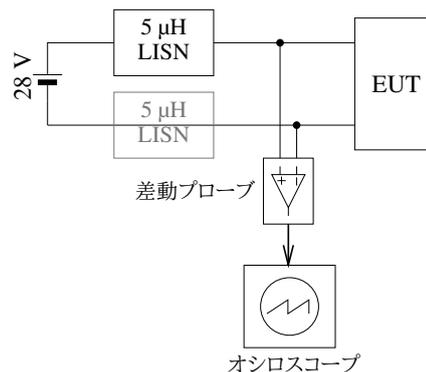


図 14: 電圧スパイクや電圧サージの測定のセットアップの例

試験中、スパイクを発生するかも知れないそれぞれのスイッチング機能 (該当する場合、車両上のスイッチやリレーを含む) を少なくとも 32 回づつ動作させ、観測されたスパイクを記録する (図 14)。

EUT が電源線上の発生する電圧スパイクは図 6 の限度の範囲内になければならず、単一の事象からのスパイク (複数となるかも知れない) のエネルギーは 125 mJ 以下でなければならない。

3.3 電圧サージ

EUT が電源線上に引き起こす電圧スパイクの測定 (§3.2) と同様の方法で、EUT が電線線上に発生する電圧サージ (1 ms よりも長い持続時間の過渡波形) を測定する。

機器がその電源線上に引き起こす電圧サージは図 10 の限度の範囲内になければならない。

4 補足

4.1 他の現象

無線周波干渉、雷に起因する電圧スパイク、電磁パルス、静電気放電などは MIL-STD-1275 ではカ

バーされず、他の該当する規格に基づいて適合性を示すことが必要となる。

4.2 類似の規格の例

民間航空機用の機器については DO-160 で、車載機器用の機器については ISO 7637-2^{[3][6]} や ISO 16750-2^{[4][7]} でこの規格と似た事象が扱われている。

米国の軍用の航空機の電源に関する要求事項は MIL-STD-704 にある。

5 参考資料

- [1] MIL-STD-1275F (2022), *Characteristics of 28 Volt DC Input Power to Utilization Equipment in Military Vehicles*
- [2] MIL-STD-461G, *Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment*, Department of Defense, 2015
- [3] ISO 7637-2 ed. 3 (2011), *Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only*
- [4] ISO 16750-2, *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 1: Electrical loads*
- [5] 軍需機器の EMC — MIL-STD-461G の概要, 株式会社 e・オータマ 佐藤, 2020,
<https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [6] ISO 7637-2 & ISO 7637-3 の概要, 株式会社 e・オータマ 佐藤, 2021,
<https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [7] ISO 16750-2 の概要 — 車載機器の電氣的負荷試験, 株式会社 e・オータマ 佐藤, 2022,
<https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>