

プログラマブル・コントローラの EMC — IEC 61131-2 の概要

株式会社 e・オートマ 佐藤智典

2019 年 12 月 24 日

目次

1	概要	1
2	適用範囲	1
3	エミッション要求	2
4	イミュニティ要求	2
4.1	PFVP と性能判定基準	2
4.1.1	構成	2
4.1.2	動作条件	2
4.1.3	性能判定基準	2
4.2	ゾーン	3
4.3	イミュニティ試験レベル	4
4.4	各試験のポイント	4
5	試験報告書	8
6	ユーザーへの情報	9
7	その他の電源関連の試験	9
7.1	電圧範囲、電圧リップル、及び周波数 (§6.2.2.1)	9
7.2	シャットダウン (§6.2.2.2)	9
7.3	始動 (§6.2.2.3)	9
7.4	緩やかなシャットダウン/始動 (§6.2.2.4)	9
7.5	電源電圧変動 (§6.2.2.5)	9
7.5.1	速い電源電圧変動	9
7.5.2	遅い電源電圧変動	10
7.6	DC 電源極性の反転 (§6.2.2.6)	10
7.7	停電 (§6.2.2.7)	10
7.8	メモリ電源バックアップ (§6.3)	10
7.8.1	バックアップ期間耐力 (§6.3.2.1)	10
7.8.2	エネルギー源交換 (§6.3.2.2)	10
8	安全関連システムでの使用を意図したもの	10
9	参考資料	11

1 概要

IEC 61131-2^[1] はプログラマブル・コントローラ (PLC) やその関連機器に関する規格で、機能、性能、耐環境性などに関する要求とともに、EMC に関する要求も含む。

本稿では、この IEC 61131-2:2017^[1] の EMC に関する要求の概要を述べる。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。

2 適用範囲

この規格は以下のようなものに適用される:

- プログラマブル・コントローラ (PLC);
- プログラマブル・オートメーション・コントローラ (PAC);
- リモート I/O;
- プログラミング/デバッグ・ツール (PADT);
- 工業用 PC、工業用パネル PC;
- 工業用の表示器やヒューマン・マシン・インターフェース (HMI);
- 分散制御システム (DCS) やそのコンポーネント;
- その主目的が工業用制御機器の機能の実行である任意の機器、また機械、自動生産、及び工業プロセスの制御や指示のための使用が意図された周辺装置。

この規格はこれらのコンポーネントとなる電源装置、デジタル/アナログ I/O のようなペリフェラ



図 1: モジュール型 PLC の例

ル、工業用ネットワーク機器にも適用されるが、センサ^{†1}やアクチュエータには適用されない。

3 エミッション要求

製造業者が他の条件を示さない限り、この規格の対象となる機器は工業環境向けに設計されたものとなり、そのエミッション要求は IEC 61000-6-4 (工業環境向けの一般エミッション規格) に示されている。

その機器が他の環境向けに設計された場合には、他の規格、例えば IEC 61000-6-3 (住商業環境向けの一般エミッション規格)、IEC 61000-3-2 (低圧電源への高調波電流エミッション)、IEC 61000-3-3 (低圧電源の電圧変動/フリッカの制限) のような規格の適用が必要となるかも知れない。

4 イミュニティ要求

4.1 PFVP と性能判定基準

機能の検証のための手続き (PFVP; proper functioning verification procedures) は製造業者が規定する。

これは、試験時の構成、動作モード、機能の確認の方法、各機能に対する具体的な性能判定基準などを含むであろう。

この決定に際しては、例えば次のような事項の考慮が必要となるかも知れない:

- 外部/内部状態の情報の報告の手段;
- 表示;
- アラーム信号;
- 自己診断結果レジスタ;^{†2}
- 入出力;
- 試験プログラムの長さ;

^{†1} 多くのものには IEC 61326-2-3 を、そしてそれ自身が安全関連機能を提供するのであれば IEC 61326-3-1 か IEC 61326-3-2^{[3][4]} を適用できるだろう。また、ESPE (電気的検知保護設備) の IEC 61496-1 のように、該当する規格がイミュニティに関する要求を含むことなどもある。

^{†2} この規格では機器が自己試験/検査の手段を備えることも要求されている (IEC 61131-2 §6.10)。

- 動作モード、例えば始動、シャットダウン、コールド/ウォーム/ホット・リスタート^{†3}、通常動作;
- 性能。

4.1.1 構成

この規格の対象となるものは、必要に応じて複数のユニット (例えば電源、ソルバ、複数の I/O ユニット) を組み合わせて、かつ/もしくは機器に様々なモジュールを組み込んで目的の機能を達成することも多い。そのようなものについて実際の使用で予期されるそれぞれの構成での試験を行なうことは実際的ではないため、選択された構成での試験に基づいて実際の使用での EMC を担保できるように、試験時の構成、それぞれの試験でどの部分を EUT として扱うか、どのポートをどの試験の対象とするかなどを製造業者が事前に決定し、試験計画として文書化することが必要となるだろう。

EMC への影響があるようなキャビネットや保護素子^{†4}の試験での使用は、その機器のユーザーへの情報 (§6) と整合しているべきである。

4.1.2 動作条件

試験は最も不利な条件で行なう。試験に際して、EUT の全ての関係する機能や部分はそれらの機能や部分からの、あるいはそれらへの情報経路が動作するような形で機能させなければならない。また、EUT の I/O や通信チャネルは全て動作させなければならない。

4.1.3 性能判定基準

試験中、以下のことがあってはならない:

- ハードウェアの損傷;
- オペレーティング・システムや試験プログラムの変異、あるいはその実行の変化;
- システム、あるいは保存もしくはやりとりされるデータの意図しない変異;

^{†3} PLC の始動モードで、概ね次のようになる。コールド・リスタート: メモリ上の全てのデータを消去して再始動、ウォーム・リスタート: 非保持データは消去するがプログラムやデータは保持して再始動、ホット・リスタート: 全てのデータを保持してプログラムの実行を中断した箇所から継続。

^{†4} 例えば電源入力や I/O などへのサージ・アブソーバの接続。

- EUT の誤った、あるいは意図しない挙動;
- アナログ入出力の規定された範囲を超えた偏差。^{†5}

この判断のため、それぞれの EUT について、正しい機能の限界をどのように同定するかの仕様が必要となる。

EUT の挙動は PFVP に従って 表 1 に示すように A ~ C に分類される。^{†6†7}

それぞれの試験で A ~ C のいずれへの適合が必要となるかは表 3 に示しているが、基本的に、連続的な妨害に対しては A が、過渡的な妨害に対しては B が、但し厳しい電源電圧低下や停電に対しては C が適用される。

4.2 ゾーン

IEC 61131-2 では、機器の使用環境はその厳しさに応じてゾーン A (最も穏やか)、ゾーン B (中程度)、ゾーン C (最も厳しい) の 3 つのゾーンに分類される。

- ゾーン C

工場の主電源。

通常は、例えば専用の変圧器で公共配電網から絶縁された 300/520 V 以上の電圧^{†8}、一次

^{†5} それぞれのアナログ入出力の偏差の許容範囲はフル・スケールに対する割合として規定される (IEC 61131-2 Table 48 & 52 参照)。

^{†6} ここで示されているのは枠組みだけで、これだけでは判断を行なえない (例えば何が「意図した動作」なのかわからない) ので、それぞれの機能について具体的な判断基準や確認方法の規定が必要となる。性能判定基準 B に関しては、許容できる性能の一時的な低下の範囲、また性能の一時的な低下の解消までに許容される最大時間の規定が必要となるかも知れない。

^{†7} アナログ入出力に関しては、値の偏差が、性能判定基準 A では通常の仕様 (IEC 61131-2 Table 47 & 51 参照) の範囲内にあることが、性能判定基準 B では試験中は別に規定された一時的な最大偏差 (IEC 61131-2 Table 48 & 52 参照) の範囲内にあり、かつ試験後は自動的に通常の仕様の範囲内に戻ることが必要となる。これらの最大偏差の情報は IEC 61131-2 §8.3 で要求されている他の一連の情報とともにユーザーに提供することが必要となる。

^{†8} 大規模なプラントなどは、図 2 のように、高圧 (日本では特別高圧)^{†9} で受電して構内の変電所で降圧したものを構内の各所に配電し、さらに変圧器で低圧に降圧して様々な設備に給電するような形となることがある。このような場合、この変電所から直接給電されている領域がゾーン C となるだろうが、通常はその領域に接続されるのはそうすることが必要な電力関係の設備のみとなるだろう。小規模な工場は中圧や高圧で受電して変圧器 (キュービクル) で直接低圧に変換するかも知れないが、その場合は変圧器の二次側はゾーン C ではなくゾーン B とみなせると思われる。

^{†9} 例えば 1 kV 以下が低圧 (LV)、1 ~ 35 kV が中圧 (MV)、

基準	試験中	試験後
A	EUT は意図したように動作し続けなければならない。PFVP に従い、機能や性能の喪失がない。	EUT は意図したように動作し続けなければならない。
B	性能の低下が許容される。動作モードの変化がない。PFVP に従い、保存されたデータの不可逆的な喪失がない。	EUT は意図したように動作し続けなければならない。性能の一時的な低下は自己回復しなければならない。
C	機能の喪失が許容されるが、ハードウェアやソフトウェアの破損がない。	手動での再始動か電源の再投入の後、EUT は自動的に意図したように動作し続けなければならない。

表 1: 性能判定基準の枠組み

サージ保護 (過電圧カテゴリ III)、激しい干渉結合のようなプラクティスによって特徴付けられる。

EMC に関しては、ゾーン C は通常の工業環境よりも幾分厳しい環境と言える。

- ゾーン B

専用配電。

このゾーンは工場主電源工業環境 (ゾーン C) で囲まれる。

通常は、例えば専用の変圧器で工場主電源から絶縁された 300/520 V 以下の電圧、二次サージ保護 (過電圧カテゴリ II)、専用の DC 電源網、中程度の干渉結合のようなプラクティスで特徴付けられる。

EMC に関しては、ゾーン B は通常の工業環境と言える。

製造業者の情報が他のゾーンを示さない限り、制御機器はゾーン B 向けに設計されているものと考えられる。

それよりも高いものが高圧 (HV) のように呼ばれることがある。日本では、600 V 以下が低圧、600 V ~ 7 kV が高圧、それよりも高いものが特別高圧と呼ばれる。

● ゾーン A

ローカル配電。

このゾーンは専用配電工業環境 (ゾーン B) で囲まれる。

通常は、例えば短い配線、良く保護された電源 (SELV/PELV^{†10}、あるいは適切に保護された 120 V 以下の電源)、I/O インピーダンス制限、保護回路網、AC/DC コンバータ、絶縁変圧器、サージ・サプレッサ (過電圧カテゴリ I)、ローカル DC 電源、局所保護の設置、そして低い干渉結合のようなプラクティスで特徴付けられる。

EMC に関しては、ゾーン A は通常の工業環境よりも幾分穏やかな環境と言える。

ゾーン B の要求を満たす機器は ゾーン A でも使用できる。

過電圧カテゴリは電源系統の過渡過電圧の条件を規定するもので、表 2 に示すように、例えば系統の公称電圧が 150 ~ 300 V の場合の定格インパルス電圧は、過電圧カテゴリ I では 1.5 kV、過電圧カテゴリ II では 2.5 kV、過電圧カテゴリ III では 4 kV となる。

公称電圧 (V)	定格インパルス電圧 (V)			
	I	II	III	IV
ライン-中性線				
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150	800	1 500	2 500	4 000
300	1 500	2 500	4 000	6 000
600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

表 2: 過電圧カテゴリ (IEC 60664-1 より抜粋)

異なるゾーンでの使用が意図されている機器は、意図されたゾーンの最も厳しい組み合わせに対して設計され、試験されなければならない。

^{†10} SELV (safety extra-low voltage) 回路は通常状態と接地故障を含む単一故障状態で、PELV (protective extra-low voltage) 回路は通常状態と接地故障を含まない単一故障状態で、回路の電圧が AC 30 V、ピーク 42.4 V、あるいは DC 60 V 以下となる回路。

機器が複数のゾーンにまたがるような形での使用が意図されたものとなることも珍しくない。^{†11†12}このような場合、機器全体に最も厳しいゾーンの要求を適用するか、あるいはポートによって適用するゾーンを変えることになるが、試験計画はその情報も含むべきである。

4.3 イミュニティ試験レベル

IEC 61131-2 のゾーン A とゾーン B に対するイミュニティ試験レベルを表 3 に示すが、ゾーン A と比較してゾーン B の方がやや厳しくなっていることがわかるだろう。

ゾーン C の要求の適用は相当稀と思われるため、本稿ではゾーン C のイミュニティ試験レベルは示さないが、ゾーン B と比較して IEC 61000-4-4 (ファスト・トランジェント/バースト) と IEC 61000-4-5 (サージ) の試験レベルが高くなる、またゾーン A やゾーン B の要求には含まれていない IEC 61000-4-18 (減衰振動波)^{†13} に対するイミュニティの要求が加わるなどの違いがある。

4.4 各試験のポイント

表 3 で示されている試験について、いくつかのポイントを述べる。^{†14}

● 共通事項

- EUT から出たケーブルを EUT の他のポートにそのまま接続されている (フォールバックされている) 場合や、EUT と 1 つの周辺機器のあいだに複数のケーブル

^{†11} 例えば、AC 230 V で給電される、接点出力とアナログ入出力を持つ機器は、電源入力や接点出力はゾーン B、アナログ入出力はゾーン A を意図したものとなるかも知れない。図 2 や IEC 61131-2 Figure 16 も参照。

^{†12} 異なるゾーンは地理的に分離されているとは限らない。同じ部屋に通常の AC 230 V や AC 100 V などの電源 (ゾーン B) と低レベルの信号 (ゾーン A) の配線が混在するのは珍しくなく、このような場合、必要に応じてケーブルの隔離や遮蔽などの手段でゾーン A に追加の保護を与えることになるだろう。また、異なるゾーンを横切る接続には、一般に適切なサージ保護素子の接続や絶縁などによる追加の保護が必要となるだろう。

^{†13} IEC 61000-4-18 (減衰振動波) は主に高圧の電力の開閉で生じることがあるような激しい妨害の模擬を意図したもので、この試験は変電所などでの使用を意図した機器に適用されることがある。

^{†14} IEC 61000-4-2, -4-3 などの試験法に関しては [6] で触れている。

試験	IEC 61131-2:2017 ゾーン B	IEC 61131-2:2017 ゾーン A
エンクロージャ・ポート		
IEC 61000-4-2	接触: ± 4 kV 気中: $\pm 2, \pm 4, \pm 8$ kV	B \Leftarrow B
IEC 61000-4-3	80 MHz ~ 1 GHz: 10 V/m 1.4 ~ 2 GHz: 3 V/m 2 ~ 6 GHz: 3 V/m	A \Leftarrow A A \Leftarrow A A \Leftarrow A
IEC 61000-4-8	30 A/m (50 Hz & 60 Hz)	A \Leftarrow A
機器電源 (AC)		
IEC 61000-4-4	± 2 kV	B ± 1 kV B
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: $\pm 0.5, \pm 1$ kV ライン-接地: $\pm 0.5, \pm 1, \pm 2$ kV	B \Leftarrow B B \Leftarrow B
IEC 61000-4-6	0.15 ~ 80 MHz: 10 V	B \Leftarrow A
IEC 61000-4-11	0 % U_e , 0.5 サイクル 40 % U_e , 10/12 サイクル (50/60 Hz) 70 % U_e , 25/30 サイクル (50/60 Hz) 0 % U_e , 250/300 サイクル (50/60 Hz) 0 % $U_{e \min}$, 0.5 サイクル, 20 回 (機能試験)	A \Leftarrow A C \Leftarrow C C \Leftarrow C C \Leftarrow C A \Leftarrow A
機器電源 (DC)		
IEC 61000-4-4	± 2 kV	B ± 0.5 kV B
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: ± 0.5 kV ライン-接地: ± 0.5 kV	B \Leftarrow B B \Leftarrow B
IEC 61000-4-6	0.15 ~ 80 MHz: 10 V	A \Leftarrow A
IEC 61000-4-29	PS1: 0 % $U_{e \min}$, ≥ 1 ms, 20 回 (機能試験) PS2: 0 % $U_{e \min}$, ≥ 10 ms, 20 回 (機能試験)	A \Leftarrow A A \Leftarrow A
I/O 電源、補助電源出力 (AC)		
IEC 61000-4-4	± 2 kV	B ± 1 kV B
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: $\pm 0.5, \pm 1$ kV ライン-接地: $\pm 0.5, \pm 1, \pm 2$ kV	B \Leftarrow B B \Leftarrow B
IEC 61000-4-6	0.15 ~ 80 MHz: 10 V	A \Leftarrow A
I/O 電源、補助電源出力 (DC)		
IEC 61000-4-4	± 2 kV	B ± 0.5 kV B
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: ± 0.5 kV ライン-接地: ± 0.5 kV	B \Leftarrow B B \Leftarrow B
IEC 61000-4-6	0.15 ~ 80 MHz: 10 V	A \Leftarrow A
I/O (AC、シールドなし)		
IEC 61000-4-4	± 2 kV	B ± 1 kV (5 kHz) B
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: $\pm 0.5, \pm 1$ kV ライン-接地: $\pm 0.5, \pm 1, \pm 2$ kV	B \Leftarrow B B \Leftarrow B
IEC 61000-4-6	0.15 ~ 80 MHz: 10 V	A \Leftarrow A
データ通信、I/O (アナログ/DC、シールドなし)、I/O (シールドあり)		
IEC 61000-4-4	± 1 kV	B ± 0.5 kV B
IEC 61000-4-5	ライン-接地: $\pm 0.5, \pm 1$ kV	B \Leftarrow B
IEC 61000-4-6	0.15 ~ 80 MHz: 10 V	A \Leftarrow A

表 3: IEC 61131-2 ゾーン B、ゾーン A のイミュニティ試験レベル

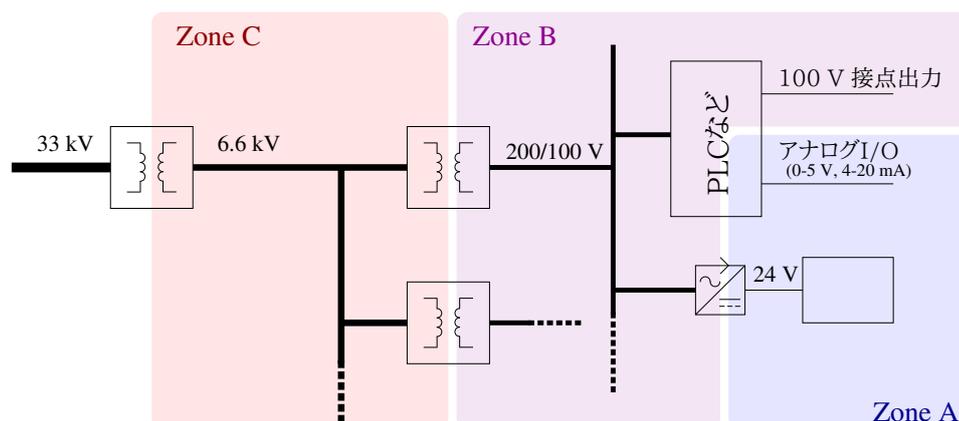


図 2: ゾーンのイメージ

が接続されている場合、規格に従って試験を行なうことが困難となることがある。可能であればこのような接続は避けることが、またそのようにするのであれば試験での不都合がないかどうかを事前に検討することが望ましい。

- 試験によっては試験対象のポートに接続された周辺機器にも強い妨害が印加されることがあり、周辺機器が EUT と同程度以上の免疫性を持つことが必要となるかも知れない。

● IEC 61000-4-2 (静電気放電)

- 直接放電は以下の箇所に印加する:
 - * オペレータがアクセスできるデバイス
 - * エンクロージャ
 - * 保守中の偶発的な接触から保護されていない部分^{†15}

但し、以下の箇所には印加しない:

- * 相手側のコネクタが取り付けられていない通信ポート
- * I/O ポート
- * 電源ポート
- * ESD 警告マーク (IEC 60417-5134) の付けられたポート



^{†15} 通常の使用時はキャビネットに入れて保護されるモジュールであっても、保守でキャビネットを開けることが想定され、その作業中に意図せずにモジュールに触られるようであれば、直接放電試験の対象となる。

- 間接放電試験も適用する。^{†16}
- 選択されたそれぞれの箇所に各条件で 10 回以上印加する。
- EUT が試験中に 1 回だけ許容できない反応を示した場合、さらに 10 回の放電を行なって許容できない反応があれば不合格とする。

● IEC 61000-4-3 (放射電磁界)

- 妨害は 1 kHz 80 % AM で変調する。
- ドウェル・タイムは、機器が動作し、その妨害に反応するのに十分な時間としなければならない。^{†17}
- ラックやキャビネットに組み込むことが意図された機器はその状態で試験することができる。^{†18}

^{†16} キャビネット内に取り付けるように指定されているモジュールについては、モジュール自身を間接放電に曝さなくても良いように思えるかも知れない。だが、特に通電状態でキャビネットの扉を開けて作業を行なうことが予期されるような場合、そのモジュールの近傍の導電性の部分への静電気放電が起きるかも知れないことを考えると、そのようなモジュールについてもモジュール自身を間接放電に曝しての確認が必要となりそうである。そのような場合、適切な位置に垂直結合板 (0.5 m × 0.5 m の金属板) を入れられるように準備を行なうか、あるいはモジュールをキャビネットから出すことが必要となるかも知れない。

^{†17} 各周波数の妨害は、あらかじめ決定されたドウェル・タイム (dwell time) のあいだ印加される。動作サイクルが長い、間欠的に動作する機能がある、あるいは妨害への反応が遅い (例えば時定数の長いフィルタが関係する)、評価の対象となる機能がある場合、それに応じてドウェル・タイムを長くすることが必要となるだろう。そのような場合、試験時間を抑えるため、評価の対象となる機能を短いドウェル・タイムで評価できるようにする試験用のソフトウェアの用意などを考える価値があるかも知れない。

^{†18} 機器をキャビネットに入れて試験する場合、使用するキャビネットやそれにどのように組み込むかが試験の結果に顕著に影響することが予期される。その機器の実際の使用に際して所

- IEC 61000-4-4 (電氣的ファスト・トランジェント/バースト)
 - AC の機器電源ポート以外については、ケーブル長が 3 m 以下と規定されたポートは試験不要。
 - AC/DC 電源アダプタとともに使用することが意図された DC 電源ポート (機器電源、I/O 電源) は製造業者が規定した AC/DC 電源アダプタの、あるいは指定がない場合は典型的な AC/DC 電源アダプタの AC 側で試験する。
 - 機器電源ポートには CDN で、その他のポートには容量性結合クランプで印加する。
 - 公称 60 V 未満の機器電源ポートは I/O 電源ポートとして試験する。
 - 試験では、EUT を基準接地面から 0.1 m の高さに置くこと、妨害の注入のためのデバイスを EUT から 0.5 m の距離に取り付けることなどが必要で、ラックやキャビネットに組み込むことが意図された機器もラックやキャビネットに組み込まずに試験することが必要となるだろう。
- IEC 61000-4-5 (サージ)
 - AC の機器電源ポート以外については、ケーブル長が 30 m 以下と規定されたポートは試験不要。
 - DC 電源網への接続が意図されていない DC 電源ポート (機器電源、I/O 電源) は試験不要。
 - AC/DC 電源アダプタとともに使用することが意図された DC 電源ポート (機器電源、I/O 電源) は製造業者が規定した AC/DC 電源アダプタの、あるいは指定がない場合は典型的な AC/DC 電源アダプタの AC 側で試験する。
 - 公称 60 V 未満の機器電源ポートは I/O 電源ポートとして試験する。
- 機器電源ポートには電源用 CDN で、その他のシールドされていないポートには信号線用 CDN で印加する。
- IEC 61000-4-6 (RF 電磁界によって誘導された伝導性妨害)
 - 電源ポート以外については、ケーブル長が 3 m 以下と規定されたポートは試験不要。^{†19}
 - 公称 60 V 未満の機器電源ポートは I/O 電源ポートとして試験する。
 - 妨害は 1 kHz 80 % AM で変調する。
 - ドウエル・タイムは、機器が動作し、その妨害に反応するのに十分な時間としなければならない。^{†17}
 - 試験では、EUT を基準接地面から 0.1 m の高さに置くこと、妨害の注入のためのデバイスを EUT から 0.1~0.3 m の距離に取り付けることなどが必要で、ラックやキャビネットに組み込むことが意図された機器もラックやキャビネットに組み込まずに試験することが必要となるだろう。
- IEC 61000-4-8 (電源周波数磁界)
 - 磁界に敏感なデバイスを含む機器にのみ適用される。
 - 1 m × 1 m のコイルで浸漬法で試験する。
- IEC 61000-4-11 (交流電源のディップ/短時間停電)
 - EMC 試験 (Table 45, 46) と別に機能試験 (Table 21) でも IEC 61000-4-11 の要求があり、EMC 試験では U_e からのディップを 3 回づつ行なうように、機能試験では $U_{e \min}$ から 0 % へのディップを 20 回行なうように規定されている。^{†20}
 - 試験間隔は 1 s < 試験間隔 < 10 s とする。

望のイミュニティを期待できるようにするためには、試験はその機器のユーザーへの情報 (§6) に従った範囲で最も不利な条件で行なうことが必要となるだろう。

^{†19} IEC 61000-4-4 と異なり、どの電源ポートもこの除外の対象とならない。

^{†20} U_e は定格電源電圧、 $U_{e \min}$ は電源電圧の許容幅の下限で、電源電圧の許容幅は DC では -15 % / +20 %、AC では -15 % / +10 % となっている。従って、例えば U_e が AC 230 V の場合、 $U_{e \min}$ は 195.5 V となる。電源電圧やその許容幅は IEC 61131-2:2017 Table 26 を参照。

- 0.5 周期の停電は標準的にはゼロ・クロスからの 0.5 周期について行なうが、製造業者は追加でランダムな位相角での試験を選択しても良い。
また、製造業者はより長い停電への耐性を宣言しても良い。
 - より長い時間の停電では、機器は通常の動作を維持するか、あるいは通常の動作が再開されるまであらかじめ決定され明確に規定された動作を行なう。
- IEC 61000-4-29 (直流電源のディップ/短時間停電) †21
 - 機能試験 (Table 21) に IEC 61000-4-29 の要求があり、 $U_{e\ min}$ †20 から 0 % へのディップを 20 回行なうように規定されている。
 - 試験間隔は $1\ s < \text{試験間隔} < 10\ s$ とする。
 - バッテリが PS2 に適合した DC 電源装置から給電される機器には PS1 の、その他の機器には PS2 の要求を適用する。 †22
 - PS1 では 1 ms、PS2 では 10 ms の停電が規定されているが、製造業者はより長い停電への耐性を宣言しても良い。
 - より長い時間の停電では、機器は通常の動作を維持するか、あるいは通常の動作が再開されるまであらかじめ決定され明確に規定された動作を行なう。
 - 短時間停電の試験には高インピーダンス条件 (停電時、EUT の電源入力は開放状態となる) と低インピーダンス条件 (停電時、EUT の電源入力は短絡される) の 2 つがある。 †23
- 試験システムが高い突入電流供給能力 (例えば公称 48 V の場合で 100 A、110 V の場合で 220 A 以上) を持つか、あるいは EUT のピーク突入電流が試験システムの突入電流供給能力の 70 % 以下であることが必要となるので、EUT の突入電流を事前に把握しておくことが望ましい。

5 試験報告書

試験報告書はこの規格を、また該当する章とその表題を (そして、必要な場合はその章の中のどの試験かを) 参照しなければならない。

試験報告書は試験の再現に必要な全ての情報を含まなければならない、特に以下の事項を含まなければならない:

- バージョンや製造番号を含む、EUT と関連機器全て (モジュール、ケーブルなど) を同定する情報
- バージョンや製造番号を含む、EUT のシステム・ソフトウェア (BIOS)、オペレーティング・システム (OS) を同定する情報
- 型番、ブランド、校正の詳細を含む、試験機器を同定する情報
- 温度、湿度、気圧を含む、環境条件
- そのハードウェアやソフトウェアの組み合わせの使用の根拠
- 可否、試験中や試験後の EUT への影響を含む、試験結果
- 適合性を達成するために必要な全ての条件 (例えばエンクロージャ、シールド、接地、ディレーティングなど)

†21 IEC 61000-4-29 は直流電源入力に対して IEC 61000-4-11 と似た試験を行なうものとなる。

†22 PS2 での 10 ms (AC 入力の場合は半サイクル) の短時間停電の要求は、主に、電源系統の他の箇所での短絡がブレーカやヒューズによって切り離されるまでの期間の電源電圧の喪失を考慮したものと考えられる。DC 電源装置が PS2 に適合しているということは、電源装置の入力側で 10 ms (AC 入力の場合は半サイクル) の短時間停電があってもその電源装置からの給電の電圧は許容範囲内に維持されるということになり、従ってその先の機器が 10 ms の停電に耐える必要もなくなりそうである。但し、その電源装置の出力側の他の負荷での短絡の可能性が考えられるような場合は、依然として PS2 の適用の考慮が必要となるかも知れない。

†23 電源入力に大容量のコンデンサを接続すれば高インピーダンス条件の停電に対するイミュニティは改善するであろうが、低

インピーダンス条件では停電の瞬間にコンデンサが短絡されてその電荷が急激に放電されることになる。これを防ぐためには、電源入力とコンデンサのあいだに逆流防止用のダイオード (これは §7.6 で試験されるような逆電圧に対する保護のためにも必要となるかも知れない) の接続が必要となりそうである。また、電源入力に大容量のコンデンサを接続する場合、その大きな突入電流に伴う問題を避けるため、突入電流の管理も必要となるかも知れない。

6 ユーザーへの情報

要求を満足させるために特別な EMC 対策手段が必要であれば、規格でユーザーへの提供が要求されているその他の一連の情報 (IEC 61131-2 §8) とともにその情報も明確に示す。

これは以下のようなものを含むかも知れない:

- シールドされた、あるいは特殊なケーブルの使用;
- シールド接続の終端;
- 最大ケーブル長;
- ケーブルの隔離;
- フィルタなどの外部のデバイスの使用;
- 正しい接地接続。

ゾーンや環境によって違いがある^{†24}場合は、それも明確に示す。

性能判定基準 (表 1) に関連して最小限の性能レベル、あるいは許容できる性能の喪失を規定したならば、その性能レベルは取扱説明書に記載しなければならない。

7 その他の電源関連の試験

EMC 試験と別に、機能試験として電源関係の試験が含まれている。以下ではその概要を示す。

7.1 電圧範囲、電圧リップル、及び周波数 (§6.2.2.1)

以下の電源で正常に動作することを確認する:

- AC 電源
 - 電圧 $0.85 U_e$ 、周波数 $0.94 f_n$ ^{†25}
 - 電圧 $1.10 U_e$ 、周波数 $1.04 f_n$

^{†24} 例えば、ゾーン A では特別な保護は不要だが、ゾーン B ではサージ・アブソーバとフィルタの外付けが必要となるような場合。

^{†25} U_e は定格電源電圧、 f_n は定格電源周波数。^{†20} も参照。

● DC 電源

- DC 電圧 $0.85 U_e$ 、リップル電圧 $0.05 U_e$
- DC 電圧 $1.2 U_e$ 、リップル電圧 $0.05 U_e$

リップル試験の具体的な方法についての記載はないようだが、IEC 61000-4-17^[5] が参考になるかも知れない (図 3 参照)。

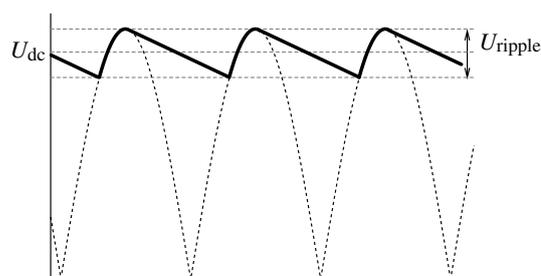


図 3: 電圧リップルの試験波形の例 (IEC 61000-4-17^[5] より)

7.2 シャットダウン (§6.2.2.2)

電源を切断した時、通常のプログラムによって生じるもの以外の変化がなく、また誤った、あるいは意図しない状況を生じないことを確認する。

7.3 始動 (§6.2.2.3)

電源を再投入した時、製造業者の仕様 (自動的な、あるいは手動での動作の再開、初期化シーケンスなど) に従って EUT が再始動すること、また始動中に誤った、あるいは意図しない状況を生じないことを確認する。

7.4 緩やかなシャットダウン/始動 (§6.2.2.4)

電源電圧の U_e ^{†25} から 0 V までの低下と復帰を図 4 のように緩やかに行なった時の動作を確認し、またシャットダウン動作が異常動作を開始する電圧 (SDL; shut-down limit) を測定する。

7.5 電源電圧変動 (§6.2.2.5)

7.5.1 速い電源電圧変動

$U_{e \min}$ ^{†20} と 0 V のあいだの電源電圧の低下と復帰を図 5 のように行なった時の挙動を確認する。

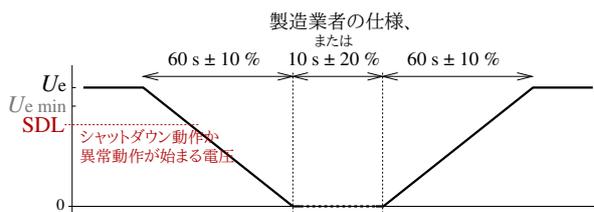


図 4: 緩やかなシャットダウン/始動試験

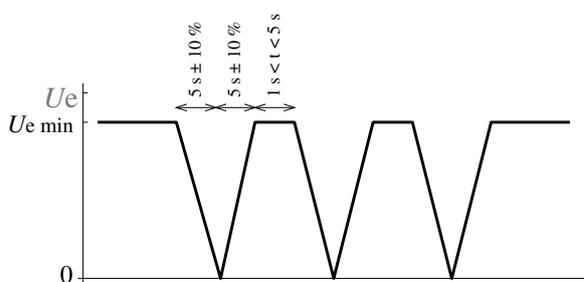


図 5: 速い電源電圧変動試験

7.5.2 遅い電源電圧変動

$U_{e \min}^{†20}$ と §7.4 で測定した SDL (3 回の平均値) の 0.9 倍のあいだの電源電圧の低下と復帰を図 6 のように行なった時の挙動を確認する。

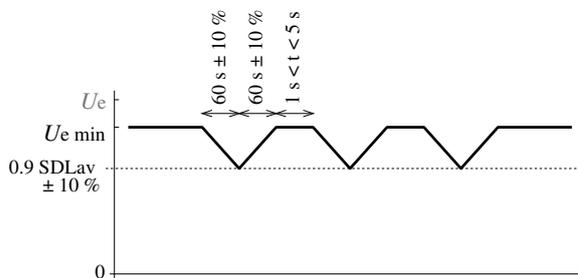


図 6: 遅い電源電圧変動試験

7.6 DC 電源極性の反転 (§6.2.2.6)

DC 電源入力に最大定格電圧を逆極性で 10 s のあいだ印加する。

7.7 停電 (§6.2.2.7)

AC 電源入力については 0.5 サイクル、DC 電源入力については 1 ms (PS1) か 10 ms (PS2) の停電があっても正常な動作を継続することを確認する。

これと類似の試験が EMC 試験にも含まれているため、この試験については表 3 にも示している。

7.8 メモリ電源バックアップ (§6.3)

7.8.1 バックアップ期間耐力 (§6.3.2.1)

電源を切って以下の時間放置した後、機器が完全に動作し、また保存されたデータの喪失がないことを確認する。

- 試験 A — 開放型機器^{†26}は 55°C、閉鎖型機器は 40°C の環境で 300 h
- 試験 B — 15~35°C の環境で 1000 h

7.8.2 エネルギー源交換 (§6.3.2.2)

製造業者の指示に従ってバックアップ用のエネルギー源 (バッテリー) を交換した後、機器が正常に機能し、また保存されたデータの喪失がないことを確認する。

8 安全関連システムでの使用を意図したもの

PLC や関連機器は安全に関連する用途で使用されることがあるが、E/E/PE (電気/電子/プログラマブル電子) 安全関連システムのロジック・サブシステムとしての使用が意図された PLC や関連機器に対する規格としては IEC 61131-6^[2] がある。

参考までに、表 4 に IEC 61131-6:2012 の一般環境のイミュニティ試験レベルを示しておく。ここで“FS”と言っているものは安全関連機能に対する性能判定基準で、IEC 61326-3-1^{[3][4]} などで“DS”と言っているものと同様のものである。

なお、IEC 61131-6 は安全関連機能のイミュニティの評価を意図しているものではあるが、単にやや厳しいイミュニティ試験レベルでの試験を要求しているだけであり、IEC 61326-3-1 などと同様、この規格への適合によって機能安全のための EMC を達成できるわけではない。機能安全のための EMC に関するプロセスや方法論などは IEC 61508 や IEC 61000-1-2 で述べられており、少なくともこれらの規格に、また関係するその他の要求に従うことが不可欠となるであろう。

^{†26} 開放型機器 — それに含まれる危険ライブな、あるいは動く部分への偶発的な接触から人を保護しない、あるいは機械的強度、可燃性、及び安定性 (該当する場合) の要求に適合しない機器。閉鎖型機器 — そのような保護を与えるエンクロージャを持つ機器。

試験	IEC 61131-6:2012 (一般環境)	IEC 61131-2:2017 ゾーン B
エンクロージャ・ポート		
IEC 61000-4-2	接触: ±6 kV 気中: ±2, ±4, ±8 kV	FS 接触: ±4 kV FS 気中: ±2, ±4, ±8 kV
IEC 61000-4-3	80 MHz ~ 1 GHz: 20 V/m 1.4 ~ 2 GHz: 10 V/m 2 ~ 2.7 GHz: 3 V/m	FS 80 MHz ~ 1 GHz: 10 V/m FS 1.4 ~ 2 GHz: 3 V/m FS 2 ~ 6 GHz: 3 V/m
IEC 61000-4-8	30 A/m (50 Hz & 60 Hz)	FS 30 A/m (50 Hz & 60 Hz)
機器電源、I/O 電源 (AC)		
IEC 61000-4-4	±3 kV	FS ±2 kV
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: ±0.5, ±1, ±2 kV ライン-接地: ±0.5, ±1, ±2, ±4 kV	FS ライン-ライン: ±0.5, ±1 kV FS ライン-接地: ±0.5, ±1, ±2 kV
IEC 61000-4-6	15 kHz ~ 80 MHz: 10 V	FS 0.15 ~ 80 MHz: 10 V
機器電源、I/O 電源 (DC)		
IEC 61000-4-4	±3 kV	FS ±2 kV
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: ±0.5, ±1 kV ライン-接地: ±0.5, ±1, ±2 kV	FS ライン-ライン: ±0.5 kV FS ライン-接地: ±0.5 kV
IEC 61000-4-6	15 kHz ~ 80 MHz: 10 V	FS 0.15 ~ 80 MHz: 10 V
I/O (一般)		
IEC 61000-4-4	±2 kV	FS ±1 kV
IEC 61000-4-5	ライン-接地: ±0.5, ±1, ±2 kV	FS ライン-接地: ±0.5, ±1 kV
IEC 61000-4-6	15 kHz ~ 80 MHz: 10 V	FS 0.15 ~ 80 MHz: 10 V
I/O (電源網に直接接続されるもの)		
IEC 61000-4-4	±3 kV	FS ±2 kV
IEC 61000-4-5	ライン-ライン: ±0.5, ±1, ±2 kV ライン-接地: ±0.5, ±1, ±2, ±4 kV	FS ライン-ライン: ±0.5, ±1 kV FS ライン-接地: ±0.5, ±1, ±2 kV
IEC 61000-4-6	15 kHz ~ 80 MHz: 10 V	FS 0.15 ~ 80 MHz: 10 V
機能接地		
IEC 61000-4-4	±2 kV	FS —
IEC 61000-4-5	—	FS —
IEC 61000-4-6	0.15 ~ 80 MHz: 3 V	FS —

表 4: IEC 61131-6 のイミュニティ試験レベル

9 参考資料

- [1] IEC 61131-2:2017, *Industrial-process measurement and control – Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*
- [2] IEC 61131-6:2012, *Programmable controllers – Part 6: Functional safety*
- [3] IEC 61326-3-1:2017, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) – General industrial applications*
- [4] 安全関連機能を持つ機器のイミュニティ — IEC 61326-3-1、-3-2 の概要, 株式会社 e・オートマ, 佐藤, 2019,
<http://www.emc-ohatama.jp/emc/reference.html>
- [5] IEC 61000-4-17:1999+A:2001+A2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-17:*

Testing and measurement techniques – Ripple on d.c. input power port immunity test

- [6] 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・オートマ, 佐藤, 2018,
<http://www.emc-ohatama.jp/emc/reference.html>

© 2019 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。