

JT-K78

電気通信センタにおける高々度電磁パルスに対するイミュニティガイド

High altitude electromagnetic pulse immunity guide
for telecommunication centres

第1版

2020年5月21日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用
及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

<参考>	- 4 -
要約	- 5 -
1 適用範囲	- 5 -
2 引用規格	- 5 -
3 定義 - 5 -	
3.1 他で定義されている用語	- 5 -
3.2 本勧告で定義されている用語	- 6 -
4 略語と頭字語	- 6 -
5 規約 - 7 -	
6 装置の試験要求	- 7 -
6.1 初期HEMP (E1)	- 7 -
6.2 中期HEMP (E2)	- 7 -
6.3 後期HEMP (E3)	- 7 -
7 試験方法	- 8 -
7.1 放射試験	- 8 -
7.2 実施済み試験	- 8 -
7.2.1 通信装置	- 8 -
7.2.2 電力装置	- 8 -
8 建物およびエンクロージャの防護コンセプト	- 8 -
8.1 建物の防護コンセプト	- 8 -
8.2 シールド筐体の防護コンセプト	- 8 -
9 HEMPイミュニティ試験とレベル	- 9 -
9.1 イミュニティ試験	- 9 -
9.2 性能基準	- 9 -
9.3 装置のHEMPイミュニティ要求	- 9 -
9.4 HEMPイミュニティ試験レベル	- 9 -
9.4.1 放射イミュニティ試験	- 9 -
9.4.2 伝導性イミュニティ試験	- 10 -
付録I ITU-T K.48/ITU-T K.20と [IEC61000-6-6] 間のイミュニティレベル比較	- 12 -
参考文献	- 15 -

<参考>

1. 国際勧告との関連

本標準は、ITU-T勧告K.78 (2016/06) に準拠したものである。

2. 上記国際勧告との相違点

なし。

3. 改版履歴

版数	発行日	改版内容
第1版	2020年5月21日	制定 (ITU-T K.78 (2016/06) 準拠)

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTCホームページでご覧になれます。

5. その他

なし。

6. 標準作成部門

伝送網・電磁環境専門委員会

要約

本標準は、Recommendation ITU-T K.78 (2016/06) に基づいて定めたものである。

1 適用範囲

本標準は、交換、伝送、無線、および電力など通信センタ装置の、高々度電磁パルス (HEMP) による損害および故障からの防護に関するガイダンスを提供する。

全ての放射および伝導イミュニティは、装置固有のイミュニティレベル、SPDサージ対策、および建物および装置筐体による電磁波遮蔽の組み合わせである。この勧告は、各項目のイミュニティ寄与を議論し、イミュニティ試験アプローチと試験レベルを定義する。

2 引用規格

以下のITU-T勧告及び他の規格は、このテキストにおける参照を通じて、この勧告の規定を構成する規定を含む。発行の時点では下記の版が有効であった。すべての勧告およびその他の参考文献は、改訂の対象となる。したがって、この勧告の利用者は、勧告の最新版および以下に挙げるその他の参考文献を適用する可能性を調査することが推奨される。現在有効なITU-T勧告のリストが定期的に発行されている。この勧告内の文書への言及は、スタンドアロンの文書として、勧告の状態を与えない。

- [1] [ITU-T K.11] Recommendation ITU-T K.11 (2009), *Principles of protection against overvoltages and overcurrents.*
- [2] [ITU-T K.20] Recommendation ITU-T K.20 (2015), *Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunications centre to overvoltages and overcurrents.*
- [3] [ITU-T K.46] Recommendation ITU-T K.46 (2012), *Protection of telecommunication lines using metallic symmetric conductors against lightning-induced surges.*
- [4] [ITU-T K.47] Recommendation ITU-T K.47 (2012), *Protection of telecommunication lines against direct lightning flashes.*
- [5] [ITU-T K.48] Recommendation ITU-T K.48 (2006), *EMC requirements for telecommunication equipment – Product family Recommendation.*
- [6] [ITU-T K.115] Recommendation ITU-T K.115 (2015), *Mitigation methods against electromagnetic security threats.*
- [7] [IEC 61000-2-9] IEC 61000-2-9 (1996), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2 Environment – Section 9: Description of HEMP environment – Radiated disturbance. Basic EMC publication.*
- [8] [IEC 61000-2-10] IEC 61000-2-10 (1998), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-10: Environment – Description of HEMP environment – Conducted disturbance.*
- [9] [IEC 61000-2-11] IEC 61000-2-11 (1999), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-11: Environment – Classification of HEMP environments.*
- [10] [IEC 61000-4-2] IEC 61000-4-2 (2008), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*
- [11] [IEC 61000-4-4] IEC 61000-4-4 (2012), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test.*
- [12] [IEC 61000-4-5] IEC 61000-4-5 (2014), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test.*
- [13] [IEC 61000-4-11] IEC 61000-4-11 (2004), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.*
- [14] [IEC 61000-4-13] IEC 61000-4-13 (2002), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests.*
- [15] [IEC 61000-4-23] IEC 61000-4-23 (2000), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-23: Testing and measurement techniques – Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances.*
- [16] [IEC 61000-4-25] IEC 61000-4-25 (2001), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-25: Testing and measurement techniques – HEMP immunity test methods for equipment and systems.*
- [17] [IECTR 61000-4-32] IECTR 61000-4-32 (2002), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-32: Testing and measurement techniques – High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) simulator compendium.*
- [18] [IEC 61000-6-6] IEC 61000-6-6 (2003), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-6: Generic standards – HEMP immunity for indoor equipment.*

3 定義

本標準の目的を果すのに、ITU-T勧告 I.411、IEC60050 IEV用語の161章EMCの定義を適用する。このほかに、次のような個別の定義を追加する：

3.1 他で定義されている用語

この標準では、他の場所で定義されている以下の用語を使用する。

3.1.1 アンテナポート antenna port [IEC 61000-6-6] : アンテナに直接またはケーブルで接続されるポート。アンテナは、建物の外部にあっても内部にあってもよい。

注- ビル内のアンテナに接続されているアンテナポートは、信号ポートで覆われている。

3.1.2 ケーブルポート cable port [IEC 61000-6-6] : 導線またはケーブルが装置に接続されるポート [IEC 61000-6-6]。

3.1.3 EFT/B (Electrical Fast Transient/Burst) [IEC 61000-4-4] : [IEC 61000-4-4] で定義されている5/50 nsパルス。

3.1.4 筐体ポート enclosure port [IEC 61000-6-6] : 電磁界が放射または入射する可能性のある装置の物理的境界 (physical boundary of the apparatus)。装置ケースは、通常、筐体ポートとみなされる (図1参照)。

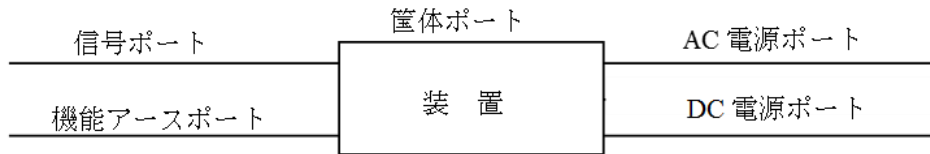


図1 ポートの例

3.1.5 機能アースポート functional earth port [IEC 61000-6-6] : 信号ポート、制御ポート、または電源ポート以外のケーブルポートで、安全以外の目的でアースに接続するためのもの (図表 1 参照)。

3.1.6 高電圧 (HV) 送電線 high voltage (HV) transmission line [IEC 61000-4-25] : 電圧が100 kV以上の公称交流電力線システム。

3.1.7 イミュニティ immunity [b-IEC 60050-161] : 装置、機器、またはシステムが、電磁妨害の存在下で劣化なく動作する能力。

3.1.8 大型HEMPシミュレータ large HEMP simulator [IEC 61000-6-6] [IEC 61000-4-25] : 1m×1m×1m以上の立方体寸法を有する物体を試験するのに十分な大きさの試験容量を有する一過性磁気パルス試験設備。

3.1.9 低電圧 (LV) 電源回路 low voltage (LV) power circuit [IEC 61000-6-6] : 1V以下の公称交流電圧を持つ電源回路。

3.1.10 中電圧 (MV) medium voltage (MV) [b-IEC 60050-601] : 低電圧と高電圧の間にある電圧レベルのセット。

注- 中電圧レベルと高電圧レベルの境界は重なっており、地域の事情や歴史、あるいは一般的な用法によって異なる。それにもかかわらず、バンド30kV~100kVは、許容される境界を含むことが多い。

3.1.11 電源ポート power port [IEC 61000-6-6] : 装置の動作に必要な電力を搬送する導線またはケーブルが装置に接続される点(図1参照)。

3.1.12 信号ポート signal port [IEC 61000-6-6] : 装置との間でデータを移管するための情報を搬送するケーブルがあるケーブルポート。例は、入力/出力(I/O)データポートおよび電気通信ポートなどがある(図1参照)。

3.1.13 小型放射試験設備 small radiated test facility [IEC 61000-6] [IEC 61000-4-25] : 1m × 1m × 1m未満の立方体寸法を有する物体を試験するのに十分な試験体積を有する伝送電磁界 (TEM) セルなどの実験室用過渡電磁パルス試験設備。

3.1.14 サージ防護デバイス(SPD) surge protective device (SPD) [b-IEC 61643-21] : [b-IEC 61643-21] で定義されているサージサプレッサなど、伝導線用過電圧および電流を抑制するデバイス。

3.2 本勧告で定義されている用語

この標準は、以下の用語を定義する。

3.2.1 HEMPイミュニティ試験 HEMP immunity test : HEMPイミュニティ試験は、4つのタイプの試験から構成される。放射試験は、[IEC 61000-4-25] の第5節で定義され、大型HEMPシミュレータおよび小型放射試験設備と共に使用される。他の3つのタイプは、HEMP波形に沿って行われる試験、すなわち、初期HEMP、中期HEMP、および後期HEMPである。これらは、[IEC 61000-4-25] の第5節にも定義されている。

3.2.2 HEMPに対する最低イミュニティ要求 minimum immunity requirement against HEMP : 建築概念レベルが5または6である場合、装置イミュニティレベルは最低要求レベルである。レベルは [ITU-T K.115] の9章および6.1節に定義されており、イミュニティレベルの比較は付録IIにまとめられている。

4 略語と頭字語

この標準では、次の略語と頭字語を使用する。

EFT/B	Electrical Fast Transient/Burst 電気的高速過渡/バースト
EM	Electromagnetic 電気磁気
EMC	Electromagnetic Compatibility 電磁両立性
EMI	Electromagnetic Interference 電磁干渉

EMP	Electromagnetic Pulse 電磁パルス
ESD	Electrostatic Discharge 静電気放電
EUT	Equipment Under Test 供試装置
HEMP	High altitude Electromagnetic Pulse 高々度電磁パルス
HV	High Voltage 高電圧
I/O	Input/Output 入出力
LV	Low Voltage 低電圧
MV	Medium Voltage 中電圧
RF	Radio Frequency 無線周波数
SE	Shielding Effectiveness 遮蔽効果
SPD	Surge Protective Device サージ防護装置
TEM	Transverse Electromagnetic 横方向電気磁気

5 規約

この標準では、次の規約を使用する。

E1	初期の高々度磁気パルス電界
E2	中期の高々度磁気パルス電界
E3	後期の高々度磁気パルス電界

6 装置の試験要求

この章では、実施される3つのタイプのHEMP試験について説明する。

6.1 初期HEMP (E1)

波形の立ち上がり時間と半値までの時間は非常に短く、ピーク値は非常に高い。電磁界は、電力線および通信線を通してだけでなく、筐体ポートを通して直接装置へ影響を及ぼす。波長は数十cm～約100mの範囲にあるので、ケーブルの長さにわたる積算はあまり重要ではない。

この妨害波は、電気的高速過渡/バースト (EFT/B) と同様である。

この現象から電気通信センタを防護するためには、以下のことが必要である。

- 9.4.1項に規定されているように、筐体封入された装置全体に対して放射イミュニティ試験を実施する。
- 9.4.2項に規定されているように、すべての同封された機器のすべてのケーブルポートに、行われたイミュニティ試験を受けさせる。

注記-時間領域におけるE1パルスの非常に短い持続時間の結果として、パルスは、0.1～100mの範囲の長さを有するメタリックケーブルに効率的に誘導する周波数成分を含む。これには、電気通信センタ内のすべてのメタリックケーブル、および外部に接続されたすべてのメタリック電気通信および電源ケーブルが含まれる。

6.2 中期HEMP (E2)

波形の立ち上がり時間と半値までの時間、およびピーク値は中程度である。中期のHEMPの波形は、雷サージに類似している。この種の妨害波は、屋外電気通信および電力線などの比較的長い線を介して伝わる。この種のHEMPに対する装置のイミュニティ試験には、標準的な雷サージ試験を適用することができる。標準的な雷防護は、発生故障に対する適切な防護を提供する。

この現象から電気通信センタを防護するためには、以下のことが必要である。

- [ITU-T K.11] に準拠したサージ防護デバイス (SPD) をすべての外部通信ケーブルに接続する。
- 追加のSPDを外部電源ケーブルに接続する。

注1-時間領域におけるE2パルスの比較的長い持続時間の結果、パルスは、長さの長いメタリックケーブルに効率的に結合する周波数領域の成分を含む。これは、一般に、電気通信センタ内のメタリックケーブルを排除し、電気通信センタに接続された外部メタリックケーブルに対して主な脅威となる。

注2 - SPD は、[ITU-T K.46] および [ITU-T K.47] で指定されているリスク評価の結果、通常、外部のメタリック通信ケーブルに取り付けられる。このリスク対応原理は、ここではE2防護に適用することができる。

注3 - SPD は、通常、電気通信センタに入るときに外部電源ケーブルに適用される。このSPDは、電力消費メータを防護することのみを意図していることに留意することが重要である。電力ケーブルに適用される全防護が電気通信ケーブルに適用される全防護と一致するように、追加のSPDを適合させることが必要である。

6.3 後期HEMP (E3)

実施された後期のHEMP障害は、1/50秒形状を有する準d.c.の一方方向電流波形として特徴付けられる。この妨害波は、両端でアースに接続されている長い導線においてのみ発生する。100km回線の開放電圧は、約4000 Vと推定される。

一次分配回路から低電圧コンセントへ変圧器を通過する準直流電流の量はほぼゼロになるので、この後期HEMP故障の直接的な影響は、低圧二次電力回路に接続された装置に影響を及ぼさない可能性が高い。

10kmの電気通信回線の場合、無負荷電圧は400 Vであると推定され、これは電力線から電気通信回線への誘導電圧よりも厳しくない。

HEMPの放射は、放射そして/または伝導の電気磁気干渉によって、電気システムまたは電子装置を妨害する。HEMP故障に対する通信システムの防護を確実にするために、試験は放射および伝導の電気磁気パルスに対するイミュニティ要求を指定する。

7 試験方法

7.1 放射試験

試験レベルと試験方法については、9.4.1項で説明する。

放射試験中に適用される試験レベルは、電気通信センタビルのシールド効果 (SE) によって影響を受ける。これは、次のことを意味する。

- 電気通信センタビルのSEは、[ITU-T K.115] の6.1節に示されている手順に従って決定されるべきである。

7.2 実施済み試験

7.2.1 通信装置

試験レベルと方式については、9.4.2項で説明する。

電気通信機器に適用した試験項目番号を表1に示す。

表 1 - 通信装置の HEMP 試験項目リスト

HEMP現象	試験項目番号
E1	2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2
E2	-
E3	6.4, 6.5

7.2.2 電力装置

試験レベルと方式については、9.4.2項で説明する。

電力装置に適用された試験項目番号を表2に示す。

表 2 - 電力装置の HEMP 試験項目リスト

HEMP現象	試験項目番号
E1	2.1, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2
E2	-
E3	6.4, 6.5

8 建物およびエンクロージャの防護コンセプト

8.1 建物の防護コンセプト

建物防護の概念は、放射環境と導通環境の両方について考慮される。これらの概念を表3に要約する。

建物シールド効果クラスは、使用される建材に基づいている。

- クラス1 (1Aおよび1B) は、磁場の減衰量を与えない材料に関連する。
- クラス2 (2A及び2B) は、磁場の著しい減衰を与える材料に関連する。この減衰量は、少なくとも20dB、すなわち、通常の鉄筋コンクリートの材料レベルであり、他の特別なシールド手段はないはずである。

任意の追加のシールドは、減衰量を増加させる。建物内で防護されるべき機器が追加の建物シールドを必要とするかどうかを決定することは、オペレータ次第である。施設の所有者は、[IEC 61000-4-23] に記載されている試験方法を使用して、建物のシールド効果を決定することができる。機器の所有者は、[IEC 61000-2-11] を使用してビル内の環境を分類し、[IEC 61000-4-25] に記載されている試験方法を使用して、内部装置の耐性を評価することができる (9章参照)。

表 3 - ビルディング防護の概念

放射減衰 [dB]		防護実施	
		防護されていない	防護
100kHz ~ 30 MHz	0	1A	1B (注1)
	>20	2A	2B (注1)
1 MHz~200 MHz	>=20		3 (注2)
	>=40		4 (注2)
	>=60		5 (注2)
	>=80		6 (注2)

注 1 - 雷の過電圧防護。これは、2Bが過電圧防護を含むが、追加のフィルタリングを含まないことを意味する。
注 2 - 雷の過電圧防護とフィルタリング。

8.2 シールド筐体の防護コンセプト

遮蔽された筐体防護の概念を表4に要約する。これらのシールドケージは、防護されるべき装置に応じて、建物の内部または外部に設置することができる。

表 4 - シールド筐体の防護の概念

放射減衰 [dB]		防護実施
		防護
1 MHz～200 MHz	>=20	3 (注)
	>=40	4 (注)
	>=60	5 (注)
	>=80	6 (注)

注 - 雷の過電圧防護とフィルタリング。

建築物の防護のための同じ概念が採用されている、すなわち放射環境と導通環境の両方が考慮されている。

表4に示す減衰量図表は、電界、高周波磁界、平面波減衰量(～1MHz～200MHz)である。低い周波数では、電磁場減衰量ははるかに低い。しかしながら、磁界成分による強制項は、防護すべき電気電子回路を含む平面に垂直な磁束密度成分 ωB との結合式となる。ここで、 $\omega = 2\pi f$ 、 f は周波数である。

これは、低い周波数では ω の値が小さいので、誘起電圧および電流に対する寄与は、小さいであろうことを意味する。

9 HEMPイミュニティ試験とレベル

9.1 イミュニティ試験

HEMPイミュニティ試験は、放射イミュニティ試験と伝導イミュニティ試験の2つの主要タイプから成る。ほとんどの電気通信装置は比較的小さく、1m×1m×1m以下のオーダである。このような小型機器の大部分の試験は、現在の注入シミュレータおよびTEMセルを使用して実験室で実行されることが予想される。放射耐性試験では、非常に大規模なシステムは、特に放射試験場を使用して試験することが困難である可能性があるため、サイズが重要な要因となる可能性がある。一般に、1mを超える寸法を有するシステムおよび大型装置上の放射場試験は、大型HEMPシミュレータ [IEC TR 61000-4-32] を必要とする。他の種類のEMC試験とは異なるHEMP試験の1つのタイプは、世界中にいくつかの大型(～10mの高さの)で高速($t < 1\mu s$) HEMPシミュレータが存在することである。パルス電界および磁界を生成することによって、いくつかのシステムおよび大型機器を初期HEMPの脅威にさらすことが可能である。これらのシミュレータは、完全なシステムに統合されたときに、システムレベルでのHEMP耐性のために設計され、試験された機器が適切に動作することを検証する際にも有用である。

試験方法の詳細は [IEC 61000-4-25] で定義されている。

9.2 性能基準

HEMPイミュニティ試験中またはその結果としての性能基準の機能的記述および定義は、製造業者によって提供され、試験報告書に記載されるべきである。この標準で定義された試験を適用した結果、装置が危険または安全でなくなった場合、装置は試験に不合格とみなされるべきである。

性能基準については、[ITU-T K.48] を参照のこと。

9.3 装置のHEMPイミュニティ要求

この節では、屋内で使用される電気機器および電子機器のHEMPイミュニティ要求を設定する。屋内HEMP環境は、施設の電気磁気シールド品質と、実施される環境に対する防護レベルとに依存する。この標準は、電気通信センタを対象としている。この標準は、低圧(1 kV以下)電力ネットワーク、通信網、および/または外部アンテナへの接続のための屋内装置を含む。レベルと試験方法は [IEC 61000-6-6] に基づいている。

イミュニティ検査値は、[IEC 61000-4-25] の90% 重大度レベルに基づいている。全ての電気通信回線は、それらが建物に入る点でガス入避雷管を有すると仮定され、低圧回線上の絶縁フラッシュオーバー電圧は、雷レベルの3倍であると仮定される。内部ケーブルに接続された信号ポートの場合、厳しい試験レベルは、長さが10mのケーブルに基づいており、長いケーブルには別の評価手順が用意されている。

この節の目的のために、核爆発による高々度磁気パルス環境は、放射性電磁環境と伝導性電磁環境の2つの主要部分から成る。標準的なHEMP放射電磁環境は [IEC 61000-2-9] で定義され、導電性電磁環境は [IEC 61000-2-10] で定義されている。どちらのタイプの環境も [IEC 61000-2-11] に分類されている。

9.4 HEMPイミュニティ試験レベル

この勧告は、高い高度の核事象のために機器ポートで生じる可能性のあるものを表す磁気障害を定義する。これらの磁気障害は、任意の防護要素によって修正された、放射され、導かれたHEMP環境の業績である。試験方法は [IEC 61000-4-25] で定義されており、要求レベルは [IEC 61000-6-6] に基づいている。

9.4.1 放射イミュニティ試験

放射イミュニティ試験は、初期HEMPのためのものである。

放射耐性試験およびレベルを表5に列挙する。試験1.1は、電気磁気パルス試験である。

試験1.1では、各試験は、装置筐体の各側面に印加される以下の6つのパルスで構成されるべきである。

- 2つは試験レベルの25%である。
- 2つは試験レベルの50%である。
- 試験レベルの100%で2つ。

表5-イミュニティ試験-筐体ポート

試験	放射妨害とESD	基本規格	基準	通信センタビルの防護コンセプト					
				1A	1B	2	3	4	5-6
1.1	2.5/25 ns個のパルス	[IEC 61000-4-25]	B	50 kV/m	50 kV/m	5 kV/m	5 kV/m	オプションの500 V/m	不要

9.4.2 伝導性イミュニティ試験

伝導性イミュニティ試験は、初期HEMP及び後期HEMPの現象のためのものである。試験番号、2.1、3.1、3.2、4.1、4.2、5.1、5.2、5.3、6.1、6.2、6.3、7.1、7.2は初期HEMP、6.4、6.5は後期HEMPである。

実施されたイミュニティ試験は、3章で定義されたポートの種類に適用される。試験レベルを表6～11に示す。

表6は、電気通信および外部アンテナポート以外の信号ポートに適用される。すべての導線は、実行されたイミュニティ試験を必要とし、したがって、これらの他のポートは、表6の試験によってカバーされる。

厳しい試験レベルは、10mの内部ケーブル長に基づいている。より長いケーブルの場合、電流は、最大100mまでのケーブル長に比例して増加されるべきである。このテーブルには、内部アンテナが含まれている。

各試験は、試験レベルの25%で2回、試験レベルの50%で2回、試験レベルの100%で2回の6回の露光からなる。防護概念1Aおよび1Bの場合、試験2.1の基本規格は [IEC 61000-4-25] である。バルクケーブル試験は、10ms間2.5kHzのEFT/B反復率を有する容量性クランプを使用して、プラス極性およびマイナス極性で実行されるべきである。試験2.1は、共通モード試験である。

表6-イミュニティ試験-信号ポート

試験	伝導妨害	基本規格	基準	建築物の防護コンセプト					
				1A	1B	2	3	4	5-6
2.1	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4] (または1A および1Bのみ [IEC 61000-4-25])	B	8 kV	8 kV	1 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
2.2	静電気放電	[IEC 61000-4-2]	B	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV

表7は、25MHzから450MHzの範囲内の周波数用に設計されたアンテナに適用される。防護概念1Aおよび2Aについては、115MHzより低い中心周波数を有するアンテナが使用される場合、導通障害外部アンテナについては、[ITU-T K.115]の表1 [IEC 61000-6-6] を参照されたい。

各試験は、試験レベルの25%で2回、試験レベルの50%で2回、試験レベルの100%で2回の6回の露光からなる。

試験3.1では、防護概念1Aおよび2Aについて、基本規格は [IEC 61000-4-25] であり、プラス極性およびマイナス極性を有する試験は、10msの間、2.5kHzのEFT/B反復率で実行されるべきである。試験3.1は、コモンモードケーブルシールド電流試験であり、レベルは、40mアンテナケーブルに基づいている。

表7-イミュニティ試験-信号ポート(外部アンテナ)

試験	伝導妨害	基本規格	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
3.1	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4] (または1A および1Bのみ [IEC 61000-4-25])	B	16 kV	4 kV	16 kV	4 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
3.2	減衰振動波	[IEC 61000-4-25]	B	16 kV 320 A	16 kV 320 A	4 kV 40 A	4 kV 40 A	4 kV 40 A	0.5 kV 5A	不要

表8は、電気通信ケーブルに適用される。各試験は、試験レベルの25%で2回、試験レベルの50%で2回、試験レベルの100%で2回の6回の露光からなる。

試験4.1では、プラス極性とマイナス極性を有するライン・ツー・アース試験が実行されるべきである。試験4.2では、プラスおよびマイナス極性を有するライン・ツー・アースおよびライン・ツー・ライン試験の両方が、10msの間、2.5kHzのEFT/B反復率で実行されるべきである。防護コンセプト3～6については、試験4.2の基本規格は [IEC 61000-4-4] EFT/B試験であり、防護コンセプト1および2のビルディングエントリでガス入避雷管が使用されない場合、[IEC 61000-4-25] の16 kV EC9が使用される。

表8-イミュニティ試験-信号ポート(電気通信)

試験	伝導妨害	基本規格	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
4.1	1.2/50 μs surge	[IEC 61000-4-5]	B	4 kV	2 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV	1 kV
4.2	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4] (または [IEC 61000-4-25] 1 および2のみ)	B	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	1 kV	1 kV	1 kV

表9は、内装直流電力線に適用される。厳しい試験レベルは、20mの内部ケーブル長に基づく。ケーブルを長くするには、ケーブルの長さに比例して電流レベルを最大100mまで増加させる。

各試験は、試験レベルの25%で2回、試験レベルの50%で2回、試験レベルの100%で2回の6回の露光からなる。

試験5.1および5.2では、プラス極性およびマイナス極性を有するライン・ツー・アースおよびライン・ツー・ライン試験が実行されるべきである。試験5.2では、EFT/B反復率は、10msに対して2.5kHzである。防護概念1Aおよび1Bについては、基本規格は [IEC 61000-4-25] である。試験5.3では、ライン・ツー・アースとライン・ツー・ラインの両方の試験を実行する必要がある。

表 9 - イミュニティ試験 - 入出力 d.c.電源ポート

試験	伝導妨害	基本規格	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
5.1	1.2/50 μ s surge	[IEC 61000-4-5]	B	4 kV	4 kV	4 kV	1 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
5.2	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4] (または 1A および 1B のみ [IEC 61000-4-25])	B	16 kV	16 kV	4 kV	2 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
5.3	減衰振動波	[IEC 61000-4-25]	B	4 kV	4 kV	4 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV

表10は、交流電力ポートに適用される。試験6.1、6.2、および6.3は、試験レベルの25%で2回、試験レベルの50%で2回、および試験レベルの100%で2回という6回の露光からなる。試験6.2および6.3では、正極性および負極性を有するライン・ツー・アースおよびライン・ツー・ライン試験の両方が実行されるべきであるが、ライン・ツー・ライン試験レベルは、この表に示されるライン・ツー・アース試験レベルの半分である。試験6.2では、EFT/B反復率は、10msに対して2.5kHzである。試験6.3では、ライン・ツー・アースとライン・ツー・ラインの両方の試験を実行する必要がある。

表 10 - イミュニティ試験 - 入出力 a.c.電源ポート

試験	伝導妨害	基本規格	基準	建築物の防護コンセプト							
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6	
6.1	1.2/50 μ s surge	[IEC 61000-4-5]	B	4 kV	2 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV	1 kV	
6.2	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	20 kV 25 kV (注1)	16 kV	20 kV 25 kV (注1)	16 kV	1.6 kV	1.6 kV	1 kV	
6.3	減衰振動波	[IEC 61000-4-25]	B	4 kV	4 kV	4 kV	4 kV	1 kV	1 kV	1 kV	
6.4	電圧の低下と中断	[IEC 61000-4-11]	C	60% >95% 5 秒(注2)							s
6.5	電源周波数ハーモニック	[IEC 61000-4-13]	B	クラス3							

注 1 - 防護コンセプト 1A および 2A の試験 6.2 では、[IEC 61000-4-25] が基本規格として使用されている。上側の接地線にはEC11のサブレベルである20 kVを使用し、下側の接地電力線には25 kV (EC10) を使用する。より遅く上昇する25 kVのEC10パルスに対しては25 kVを超え、より速く上昇する20 kVのEC11パルスに対しては20 kVを超える遮断が仮定されている。これらの試験は、[IEC 61000-4-25] に記載されているように単一パルスで行われる。

注2 - 電圧ディップ試験の場合、電圧ディップは1秒間 60% 減少している必要がある。電圧遮断試験の場合、振幅低減は5秒間95%より大きくなければならない。この試験は、交流出力ポートには適用できない。被試験機器 (EUT) がバックアップ電源を有する場合、C性能基準はAまたはBに変更されてもよい。

表11は、機能アースポートに適用される。各試験は、試験レベルの25%で2回、試験レベルの50%で2回、試験レベルの100%で2回の6回の露光からなる。試験7.1では、10msの間、2.5kHzのEFT/B反復率で、プラス極性とマイナス極性の両方が実行されるべきである。

表 11 - イミュニティ試験 - 機能的接地ポート

試験	伝導妨害	基本規格	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
7.1	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	4 kV	4 kV	2 kV	2 kV	-	-	-
7.2	減衰振動波	[IEC 61000-4-25]	B	4 kV	4 kV	2 kV	2 kV	-	-	-

付録I

ITU-T K.48/ITU-T K.20と [IEC61000-6-6] 間のイミュニティレベル比較

(この付録は、この勧告の不可欠な部分を形成しません。)

システムが既に設置されている電気通信センタビルに防護手段を適用する場合、唯一の選択肢は、追加のシールド及びサージ防止対策である。この場合、システム装置は、HEMPに対する最小要求に従わなければならない。しかしながら、HEMPの最小要求とITU-T K.48イミュニティ、ITU-T K.20抵抗性要求との間には差がある。従って、装置が [ITU-T K.48] 及び [ITU-T K.20] に準拠して試験されたとしても、ポートが表I.1又は表I.2に与えられた最低HEMP要求を満たすことを確認するために、追加の試験が必要とされ得る。

イミュニティレベルの比較は、異なるポートタイプについて表I.3からI.9にリストされている。

フィルタは、ビルディングコンセプトに含まれる。

表I.1 - コンセプトレベル5 および6 を構築するためのHEMP に対する最小要求

試験ポート	試験	基本規格	基準	HEMPに対する 最小要求
信号ポート	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	1 kV
信号ポート(外部 アンテナ)	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	1 kV
入出力d.c. 電源ポート	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	2 kV
	減衰振動 波形遮蔽試験	[IEC 61000-4-25]	B	1 kV
入出力a.c. 電源ポート	1.2/50 us サージ	[IEC 61000-4-5]	B	2 kV
	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	2 kV
	減衰振動 波形遮蔽試験	[IEC 61000-4-25]	B	1 kV
機能接地ポート	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	1 kV
	減衰振動 波形遮蔽試験	[IEC 61000-4-25]	B	0.5 kV

表I.2 - コンセプトレベル4を構築するためのHEMPに対するイミュニティ要求

試験ポート	検査項目	基本規格	基準	HEMPに対する 最小要求
信号ポート	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	1 kV
信号ポート(外部アンテナ)	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	1 kV
	減衰振動 波形遮蔽試験	[IEC 61000-4-25]	B	0.5 kV
入出力d.c. 電源ポート	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	2 kV
	減衰振動 波形遮蔽試験	[IEC 61000-4-25]	B	1 kV
入出力a.c. 電源ポート	1.2/50 us サージ	[IEC 61000-4-5]	B	2 kV
	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	2 kV
	減衰振動 波形遮蔽試験	[IEC 61000-4-25]	B	1 kV
機能接地ポート	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	1 kV
	減衰振動 波形遮蔽試験	[IEC 61000-4-25]	B	0.5 kV

表 I.3 - イミュニティ試験 - 筐体ポート

試験	放射障害と ESD	基本 標準	基準	建築物の防護コンセプト					
				1A	1B	2	3	4	5-6
[IEC 61000-6-6]	2.5/25 ns の磁 気パルス	[IEC 61000-4-25]	B	50 kV/m	50 kV/m	5 kV/m	5 kV/m	オプショ ンの 500 V/m	不要
[ITU-T K.48]	無線周波数の 電磁界	[ITU-T K.48]	B	3 V/m 10 V/m (800MHz - 1.5GHz)					
[IEC 61000-6-6]	静電気放電	[IEC 61000-4-2]	B	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV
[ITU-T K.48]	静電気放電		B	4 kV					

表I.4-イミュニティ試験-信号ポート

試験	伝導妨害	基本標準	基準	建築物の防護コンセプト					
				1A	1B	2	3	4	5-6
[IEC 61000-6-6]	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	8 kV	8 kV	1 kV	1 kV	1 kV	1 kV
[ITU-T K.48]	Fast Transients分野	[ITU-T K.48]	B	0.5 kV ライン・ツー・ラインおよびライン・ツー・アース					
[IEC 61000-6-6]	静電気放電	[IEC 61000-4-2]	B	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV
[ITU-T K.48]	静電気放電		B	0.5 kV					

表 I.5-イミュニティ試験-信号ポート(外部アンテナ)

試験	伝導妨害	基本標準	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
[IEC 61000-6-6]	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	16 kV	4 kV	16 kV	4 kV	1 kV	1 kV	1 kV
[IEC 61000-6-6]	ダンプされた発振波ケーブルシールド試験	[IEC 61000-4-25]	B	16 kV 320A	16 kV 320A	4 kV 40A	4 kV 40A	4 kV 40A	0.5 kV 5A	不要

表I.6-イミュニティ試験-信号ポート(電気通信)

試験	伝導妨害	基本標準	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
[IEC 61000-6-6]	1.2/50 us サージ	[IEC 61000-4-5]	B	4 kV	2 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV	1 kV
[ITU-T K.48]	Surge 1.2/50 us	[ITU-T K.48]	B	0.5 kV (ライン間) 1 kV (ラインからグラウンド)						
[ITU-T K.20]	Surge 10/700	[ITU-T K.20]		Basic: 1 kV Enhanced: 1.5 kV						
[IEC 61000-6-6]	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	8 kV	8 kV	8 kV	8 kV	1 kV	1 kV	1 kV
[ITU-T K.48]	ファーストトランジェント	[ITU-T K.48]	B	1 kV						

表 I.7-イミュニティ試験-入力と出力 d.c. 電源ポート

試験	伝導妨害	基本標準	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
[IEC 61000-6-6]	1.2/50 us サージ	[IEC 61000-4-5]	B	4 kV	4 kV	4 kV	1 kV	0.5 kV	0.5 kV	0.5 kV
[ITU-T K.48]	Surge 1.2/50	[ITU-T K.48]	B	0.5 kV (ライン間) 1 kV (ラインからグラウンド)						
[ITU-T K.20]	Surge 1.2/50	[ITU-T K.20]		Basic: 1 kV Enhanced: 1.5 kV						
[IEC 61000-6-6]	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	16 kV	16 kV	4 kV	2 kV	2 kV	2 kV	2 kV
[IEC 61000-6-6]	ダンプされた発振波ケーブルシールド試験	[IEC 61000-4-25]	B	4 kV	4 kV	4 kV	4 kV	2 kV	1 kV	1 kV
[ITU-T K.48]	ファーストトランジェント	[ITU-T K.48]	B	0.5 kV						

表 I.8 - イミュニティ試験 - 入出力 a.c. 電源ポート

試験	伝導妨害	基本規格	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
[IEC 61000-6-6]	1.2/50 us サージ	[IEC 61000-4-5]	B	4 kV	2 kV	4 kV	2 kV	2 kV	2 kV	2 kV
[ITU-T K.48]	Surge 1.2/50	[ITU-T K.48]	B	0.5 kV (ライン間) 1 kV (ラインからグラウンド)						
[ITU-T K.20]	Surge 1.2/50	[ITU-T K.20]		Basic: 1 kV Enhanced: 1.5 kV						
[IEC 61000-6-6]	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	20 kV	16 kV	20 kV	16 kV	2 kV	2 kV	2 kV
[ITU-T K.48]	ファーストトランジェント	[ITU-T K.48]	B	1 kV						
[IEC 61000-6-6]	ダンプされた発振波ケーブルシールド試験	[IEC 61000-4-25]	B	4 kV	4 kV	4 kV	4 kV	2 kV	2 kV	1 kV
[IEC 61000-6-6]	電圧の低下と中断	[IEC 61000-4-11]	C	60% 1 s >95% 5 s						
[ITU-T K.48]	電圧のディップ	[ITU-T K.48]	B C	>95% 0.5 s 30% 25 s						
[IEC 61000-6-6]	電源周波数ハーモニック	[IEC 61000-4-13]	B	クラス3						
[ITU-T K.48]	ファーストトランジェント	[ITU-T K.48]	B	1 kV						

表 I.9 - イミュニティ試験 - 機能接地ポート

試験	伝導妨害	基本標準	基準	建築物の防護コンセプト						
				1A	1B	2A	2B	3	4	5-6
[IEC 61000-6-6]	5/50 ns EFT/B	[IEC 61000-4-4]	B	4 kV	4 kV	2 kV	2 kV	1 kV	1 kV	1 kV
[IEC 61000-6-6]	ダンプされた発振波ケーブルシールド試験	[IEC 61000-4-25]	B	4 kV	4 kV	2 kV	2 kV	1 kV	1 kV	0.5 kV

参考文献

- [b-ITU-T K.27] Recommendation ITU-T K.27 (2015), *Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building*.
- [b-IEC 60050-161] IEC 60050-161 (1990), *International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161: Electromagnetic compatibility*.
- [b-IEC 60050-601] IEC 60050-601 (1985), *International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*.
- [b-IEC 61000-4-12] IEC 61000-4-12 (2006), *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test*.
- [b-IEC 61000-4-24] IEC 61000-4-24 (2015), *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 24: Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance*.
- [b-IEC 61000-5-3] IEC 61000-5-3 (1999), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-3: Installation and mitigation guidelines – HEMP protection concepts*.
- [b-IEC 61000-5-4] IEC 61000-5-4 (1996), *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 4: Immunity to HEMP – Specifications for protective devices against HEMP radiated disturbance*.
- [b-IEC 61000-5-5] IEC 61000-5-5 (1996), *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 5: Specification of protective devices for HEMP conducted disturbance*.
- [b-IEC 61000-5-7] IEC 61000-5-7 (2001), *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 5-7: Installation and mitigation guidelines – Degrees of protection provided by enclosures against electromagnetic disturbances (EM code)*.
- [b-IEC 61643-21] IEC 61643-21 (2012), *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*.
- [b-IEC TR 61000-1-3] IEC TR 61000-1-3 (2002), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-3: General – The effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems*.