

安全評価試験

- A 用語の説明
- B 電気／電子機器の安全性を評価する
4つの試験
 - ・ 耐電圧試験
 - ・ 絶縁抵抗試験
 - ・ アース導通試験
 - ・ 漏洩電流試験

A 用語の説明

安全関連試験の解説に使用する用語を説明します。各用語の具体的な定義につきましては、対象とする安全規格を参照ください。

ここに示した用語については、基本的に IEC 61010-1 2nd Edition での用語の定義を引用しています。別の規格を引用している用語には、括弧内にその規格名を示してあります。

安全に関する基礎用語

危険 Hazard	危害をもたらす可能性の源。
危険な充電部 Hazardous Live	正常状態または単一故障状態で、電撃または電気火傷をもたらす可能性のある部分。
接触可能な部分 Accessible (of a part)	安全規格で規定される標準試験フィンガまたは試験ピンで触れることができること。
基礎絶縁 Basic Insulation	破壊が発生したときに、電撃のリスクをもたらすことが想定される絶縁。
補強絶縁 Supplementary Insulation	基礎絶縁が破壊したときに、電撃に対する保護のために、基礎絶縁に追加して施す独立した絶縁。
二重絶縁 Double Insulation	基礎絶縁と補強絶縁の両方を含む絶縁。
強化絶縁 Reinforced Insulation	二重絶縁と同程度以上の対電撃保護を提供する絶縁。
安全超低電圧 SELV	正常状態および単一故障状態で、人が触れることのできるあらゆる 2 箇所の相互間電圧。
空間距離 Clearance	二つの導電部間の最短空中距離。
沿面距離 Creepage Distance	二つの導電部間の絶縁材料表面に沿った最短距離。
エンクロージャ Enclosure	感電防止、機械的物理的危険による障害の防止、または防火のために設けられた機器の部分。
型式試験 Type Test	ある特定の設計について、その設計および構造が、安全規格の一つまたは複数の要求事項に適合しているかどうかを検証するために、一つまたは複数の供試機器（または機器の部品）について実施する試験。
定期試験 Routine Test	製造時または製造後の、各単体装置（機器）が所定の基準に適合しているかどうかを確認するための試験。
主電源 Mains	機器に電力を供給するために、関連機器が接続されるように設計された低電圧供給系統。
主回路（一次回路） Mains Circuit (Primary Circuit)	機器に電力を供給するために、主電源に導電的に接続することを意図した回路。

機器の型式（分類）および状態に関する用語

クラス 0 機器 Class 0 Equipment	感電に対する保護を基礎絶縁だけに頼るもの。
クラス 0I 機器 Class 0I Equipment	少なくとも基礎絶縁を持ち、外部保護接地系統に接続するようになっているもの。主電源コードの中に保護接地導体の入っているものを用いて、接地極付きの固定主電源ソケットに接続することができないもの。（JIS C 1004-96）
クラス I 機器 Class I Equipment	基礎絶縁に加え、基礎絶縁が破損した場合に、危険電圧が加わる恐れのある部分を外部保護接地系統に接続するようになっているもの。
クラス II 機器 Class II Equipment	感電に対する保護を基礎絶縁のみに頼らず、二重絶縁または強化絶縁といった補足の安全対策を講じている機器であって、保護接地に頼らないもの。
クラス III 機器 Class III Equipment	感電に対する保護を SELV 回路からの電源に頼っている機器であって、危険電圧が存在しないもの。
正常状態 Normal Condition	危険を防止するための、全ての手段が損なわれていない状態。
単一故障状態 Single Fault Condition	危険を防止するための手段の一つに欠陥があるか、または危険をもたらすことが想定される一つの故障が顕在している状態。

耐電圧・絶縁抵抗試験に関する用語

電圧試験、絶縁耐力試験、 ハイポットテスト Voltage Test, Dielectric Strength Test, Hipot Test	どれも耐電圧試験（Withstanding Voltage Test）と等価です。安全規格上の表現としては絶縁耐力試験と呼ばれる場合が多いようです。装置製造メーカーの商品名などでもいろいろな呼び名があります。
---	--

アース導通試験に関する用語

保護導体端子 Protective Conductor Terminal	安全のために機器の導電部にボンディングされ、また外部保護接地系統に接続することを意図した端子。
保護接続（保護ボンディング） Protective Bonding	外部保護導体までの電気的導通性を提供する、接近可能な導電部または保護遮へいの電気的接続。

漏洩電流試験に関する用語

限流回路 Limited Current Circuit	通常状態および単一故障状態のもとで人体を流れる電流が危険レベルとならない回路構成。（IEC 60950-1）
接触電流 Touch Current	人が一箇所以上のアクセス部分に触れたときに、体を通じて流れる電流。人体の応答に合わせた適切な人体模擬ネットワーク（人体モデル）を用いて測定される電流。
保護導体電流 Protective Conductor Current	通常の動作状態で、保護接地導体を通して流れる電流。
人体模擬ネットワーク、測定回路網 Body Impedance Network, Measurement Network	接触電流を測定する際に用いられる、人体のインピーダンスを代表する回路網（人体モデル）。人体の応答の種類や安全規格による違いがありますが、基本的には抵抗器とコンデンサで定義されています。
人体の応答 Body Responses	有害な電流が流れたときの人体の応答。知覚（Perception）、反応（Reaction）、離脱（Let-go）、電気火傷（Electric Burn）の 4 種類の応答があります。（IEC 60990）

B 電気／電子機器の安全性を評価する4つの試験

電気製品は多くの部品で構成されています。基本的には電気を導く部品（導体）と電気を妨げる部品（絶縁体）で構成されています。人が接触可能な部分と危険な部分の間の絶縁物（体）に絶縁不良がある場合には、人間がその電気製品に触れると感電する可能性があります。絶縁不良部分が発熱すると火災を引き起こす可能性もあります。事故を防止するために、電気製品の安全性を評価することは非常に重要です。代表的な試験は耐電圧試験、絶縁抵抗試験、漏洩電流試験、およびアース導通試験です。

- 耐電圧試験／絶縁抵抗試験

危険な部分と人が触れる可能性のある部分との間の絶縁部分（固体絶縁、空間距離など）の絶縁性能が十分かどうかを確認する試験です。

- 漏洩電流試験

実際に人間が電気製品に触れた場合を想定して、どの程度の電流が流れるかを測定する試験です。

- アース導通試験

安全を確保するためにアースへ保護接続することを前提に設計されている機器に対して、その保護接続が低い抵抗値で実現されているかを確認する試験です。

4つの試験は、IEC、ULなどの安全規格や電気用品安全法でも設計上の型式試験として必ず実施するように規定されています。身近な危険源である一次回路（商用電源ラインに接続される部分）と人が接触できる箇所との間で行う耐電圧試験とアース導通試験は、定期試験として全生産品に対して実施するように義務付けられています。

Z1、Z2のインピーダンスが低いと感電します。

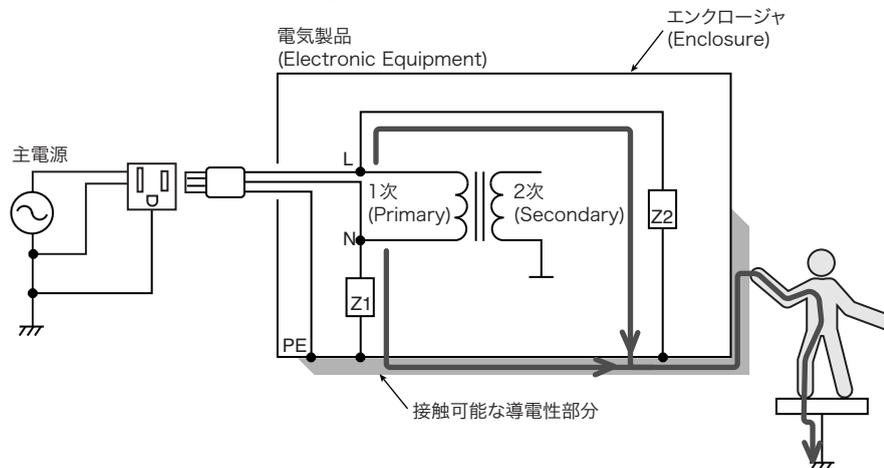


図 B-1 安全性評価試験

耐電圧試験

耐電圧試験は、電気製品や部品の電氣的絶縁部分に取り扱う電圧に対して、十分な絶縁耐力があるかどうかを評価する試験です。絶縁耐力試験やハイポットテストとも呼ばれることもあります。

絶縁部分に通常印加される電圧よりも遥かに高い電圧ストレスを規定された時間印加して、その間絶縁破壊を起こすかどうかを試験します。試験期間中、絶縁部分に流れる電流が限度値を超えた場合には、絶縁破壊をしたと判断します。絶縁破壊をしなければ、その絶縁物は十分な絶縁耐力を持つと判断されます。

耐電圧試験の測定原理

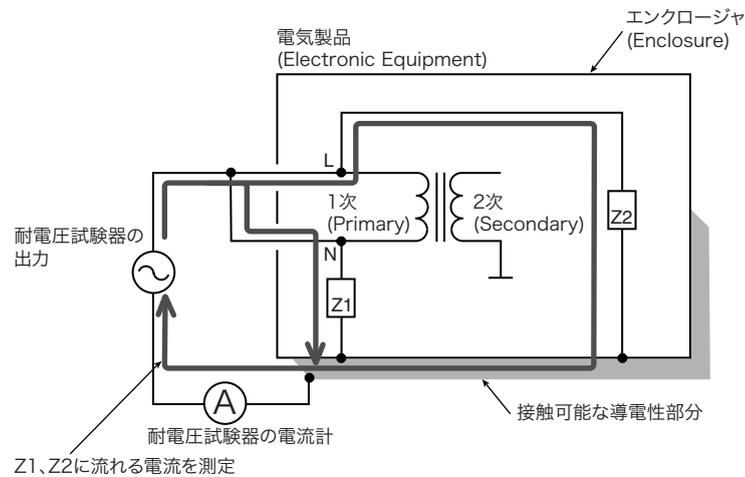


図 B-2 耐電圧試験

交流試験と直流試験

図 B-2 のような一次回路と接触可能な部分との試験の場合には、通常は交流電圧を印加して試験します。Z1、Z2 に該当する箇所に電磁障害除去用途のフィルタがあって、容量成分が大きい時には、絶縁破壊とみなされる電流との区別が困難になります。この場合には、規定の交流電圧の尖頭値に等しい直流電圧で試験することが推奨されています。

絶縁抵抗試験

製品の感電事故と火災事故を防止するための必要条件であること、また、絶縁物の機能または性能を確認するための試験であることでは耐電圧試験と同じです。耐電圧試験は絶縁破壊を起こすかどうかにより絶縁不良を検出します。絶縁抵抗試験は抵抗値を測定することで絶縁不良を検出します。

吸湿処理した後（しない場合もある）に通常取り扱う電圧の 5 倍から 10 倍の規定された直流電圧を印加して、流れる電流から抵抗値を測定します。十分絶縁抵抗値が大きければ製品は感電事故ならびに火災事故を防止する上での必要条件を備えていることになります。

絶縁抵抗試験の測定原理

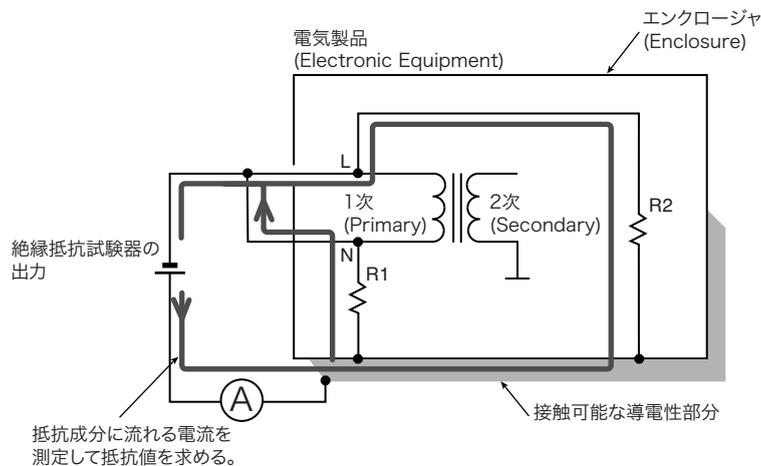


図 B-3 絶縁抵抗試験

絶縁抵抗試験はなぜ直流？

絶縁抵抗試験は絶縁物の抵抗成分を測定します。容量成分は無視します。ある値（規格などで決められた値）以上の絶縁抵抗値を保っていなければその製品は安全とは言えません。これを確認するために絶縁抵抗試験を行います。交流で絶縁抵抗試験を行うと、容量成分のインピーダンスも測定して、必要な絶縁抵抗値が得られません。絶縁抵抗試験は直流で行います。

アース導通試験

基礎絶縁とアースへの保護接地で安全性を確保するように設計された機器（クラス I 機器）の保護接続の完全性（連続性）を試験します。接地連続性試験、アース（グラウンド）ボンディングテストと呼ばれることもあります。

10 A ~ 60 A 程度の電流を 60 秒～数分間流します。電圧を測定することにより抵抗値を測定します。試験電流は配電系統の定格によって決定（配電系統の 1.5 倍、または 2 倍等）します。抵抗値の上限は、 0.1Ω 以下とする規格が多く（電圧降下で規定している規格もある）、開放電圧（無負荷電圧）は 6 V 以下または 12 V 以下に制限されているのが一般的です。

保護接続の連続性が確認できれば、一次回路と接触可能な導電性部分の間の絶縁が故障して配電系統に故障電流が流れても、感電を防止する必要条件を備えていると判断できます。

アース導通試験の測定原理

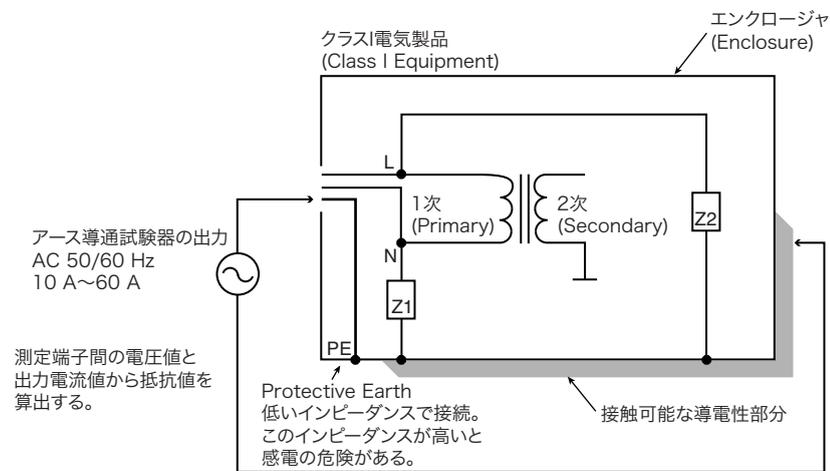


図 B-4 アース導通試験

漏洩電流試験

最新の国際規格 IEC 60990 では漏洩電流という言葉は使用しません。接触電流 (Touch Current) または保護導体電流 (Protective Conductor Current) と呼びます。

- 接触電流
人体が機器に接触したときに流れる電流。接触電流を測定して、安全規格等で規定された人体にとって有害な値を超えなければ、感電防止の必要条件を備えていることになります。
- 保護導体電流
通常の保護接続された機器の保護導体に流れる電流。保護導体電流の測定は、その機器の配電系統への適合性を確認する目的もあります。

耐電圧試験や絶縁抵抗試験との違い

耐電圧試験や絶縁抵抗試験は被試験器の絶縁物に流れる電流を測定します。接触電流の試験では人体を模擬したネットワークを介して流れた電流を測定して、保護導体電流の試験では保護導体を流れる電流を測定します。どの場合も「漏れ電流」という表現が用いられますが、一般的に「漏洩電流試験」や「漏れ電流試験」は、接触電流または保護導体電流を測定する試験のことをいいます。

漏洩電流試験の測定原理

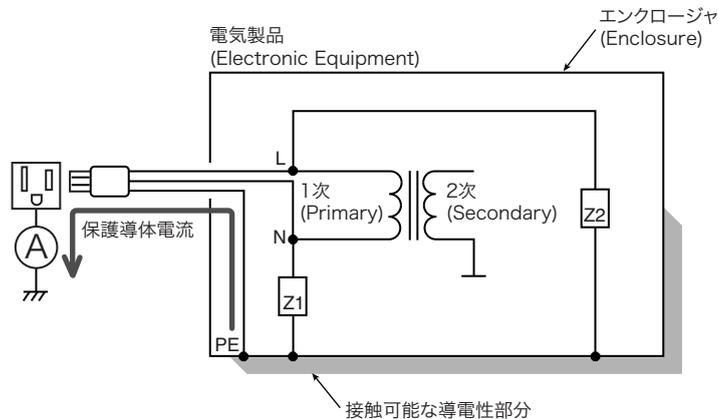


図 B-5 漏洩電流試験 -1
保護導体電流測定代表例

被試験機器に給電して、通常動作させた状態で保護導体を流れる電流を測定します。

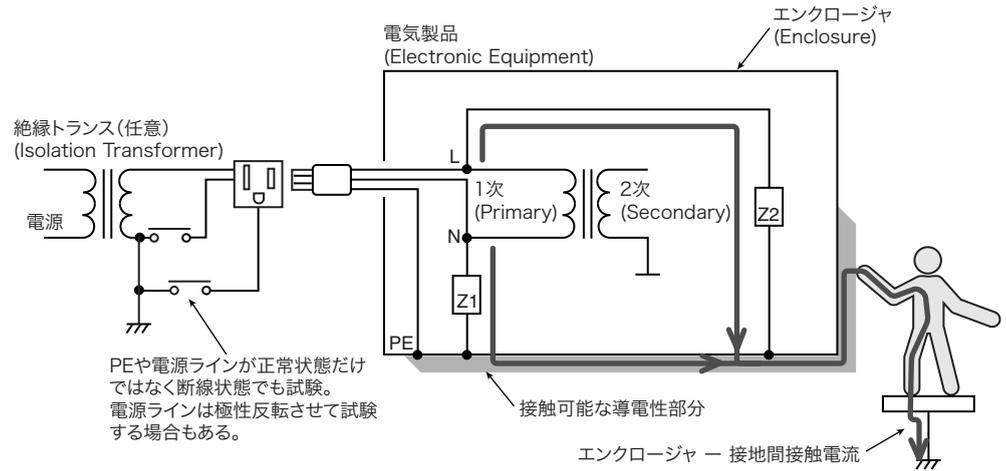


図 B-6 漏洩電流試験 -2
接触電流測定代表例

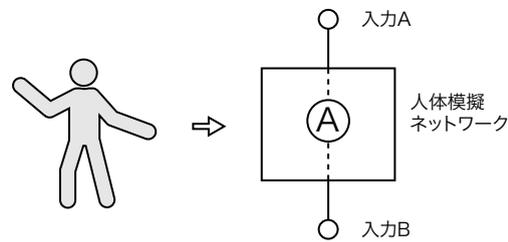


図 B-7 人体模擬ネットワーク

「人」の代わりに人体模擬ネットワークを接続して、ネットワークに流れる電流を測定します。また、エンクロージャと接地間だけでなく、エンクロージャと電源ライン間やエンクロージャとエンクロージャの間に流れる接触電流も測定する場合があります。

参考

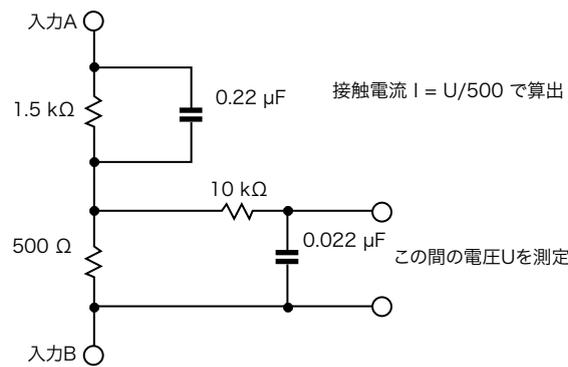


図 B-8 人体模擬ネットワークの例

