



# 目 次

Page		
2	過渡現象と電力品質	Transients and Power Quality
3	過渡現象と高周波ノイズ	Transients and High Frequency Noise
4	雷サージ	Lightning Surges
5	開閉サージ	Switching Surges
6	多重回路の相互作用により発生する過電圧	Multiple System Interaction Over Voltages
7	金属酸化物バリスタ	MOV
8	吸 収	Absorption
9	DV / DV	DV/DT
10	性能試験手順と規格	Performance Testing Procedures and Standards
11	IEEE 試験標準	IEEE Test Standards
12	IEEE C62.45性能試験	IEEE C62.45 Performance Testing
13	A1波形の比較	Comparison Waveform A1
14	B1波形の比較	Comparison Waveform B1
15	B3波形の比較	Comparison Waveform B3
16	ノイズフィルター	Noise Filtration
17	EP - 2000高周波フィルター応答	High Frequency Filtering Response
18	EP - 2000周波数応答の事例	Frequency Response in Application
20	NEMA LS - 1型式仕様情報	NEMA LS-1 Format Specification Information
21	サージ保護機器のための仕様フォーマット	NEMA LS-1 Specifications Format for Surge Protection Devices
22	EP - 2000 仕様書	EP2000 Specifications
24	EP - 2500 仕様書	EP2500 Specifications
26	APPLICATION1 商業施設	Application 1 : Commercial Site
27	APPLICATION2 医療施設	Application 2 : Medical Facility
28	APPLICATION3 産業施設	Application 3 : Industrial Site
29	APPLICATION4 サーババンク	Application 4 : Server Bank
30	APPLICATION5 UPS	Application 5 : Uninterrupted Power Supply (UPS)
31	APPLICATION6 放送施設	Application 6 : Broadcast Facility
32	設置工事要領	Installation Procedures

## 過渡現象と電力品質

### Transients and Power Quality

AC電源で動く機器は、きれいなサイン波（正弦波）で動作するのが、最も効率よく動くように設計されています。

高周波によって誘発された電気ノイズ、過渡現象や非線形負荷及び負荷反射によりできる歪んだ波形など、品質の悪い電気は、電力システムのラインの中で接続され稼働している機器に、常に悪い影響を与え続けています。

現在の電力システムにおいては、いろいろな機器から、サージは常時発生し、電力ラインの電圧及び電流の波形を歪ませる大きな要因になっています。

雷や静電気など自然現象に起因するサージ、モーター、トランス、ソレノイドなどからの人工的に発生するサージなど、電力システム内においてはサージの影響を避けることはできません。

このサージは単なる電気ノイズに比べ、数倍から数十倍の高電圧、高電流のレベルになります。

電力システムは、システム内に接続された機器が出し続ける、スパイクや過渡現象の害に耐え続けています。

配電された電気がサイン波（正弦波）から歪むことで、運転効率が低下し、不必要な熱が発生します。

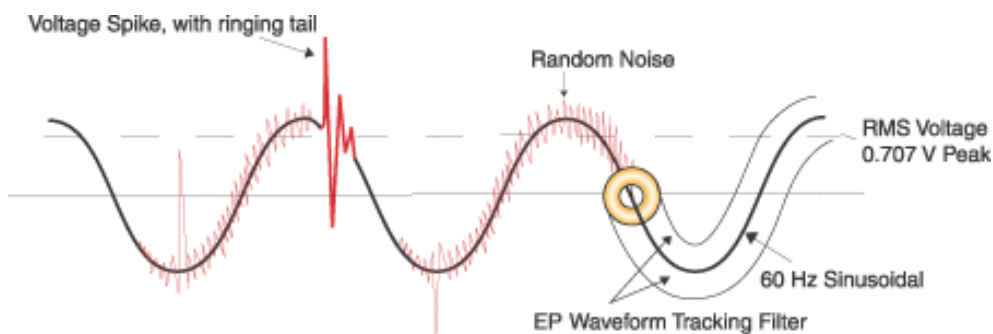
また、電力システム内にある機器の劣化を早めたり誤作動を誘発したりすることになります。

デジタル制御のシステムは、0, 1のビット列で制御信号を送りますが、ランダムに発生するノイズで、あるビットが消えたり、存在すべきでないところにビットが発生し、制御信号の意味が変化し、誤動作を起します。

電力システムの内部、外部でランダムに発生するノイズやサージが高性能な回路及び機器に到達する前に、クランプし、フィルターにかけ、吸収し、取り除くことが解決策になります。

### 電力品質の結論

サージや高周波ノイズをキャッチし、フィルターにかけ、吸収することで、負荷へ、きれいなサイン波（正弦波）を提供するのがEP社の“トラッキング・フィルター装置”の利点です。時間が経つにつれ機器の運転効率が向上し、生産の増進と運用経費の低下に貢献します。



## 過渡現象と高周波ノイズ

### Transients and High Frequency Noise

電力システム内においては、いつでも“ON”と“OFF”の動作で反応する負荷(Reactive Load)含み、高周波過渡電圧(a high frequency transient voltage)が電源ラインに現われます。この過渡現象から生まれる電圧は一般のライン電圧に比べ、格段に高い値になります。また過渡現象(transient)はリングング・テールや多くの高周波成分を含んでいます。

過渡現象等で発生した高周波成分は、トランス、モーター、発電機等の磁気回路のコアで渦電流(eddy currents)を発生させます。そしてヒステリシス電力ロスがコアの中で熱の発生を促進します。全般的にみれば、効率をある程度低下させることとなります。運転効率の低下に加え、時間の経過とともに故障の原因にもなります

最近の産業機械システムやコンピュータシステムは目に見えにくい原因で、生産ラインの停止やコンピュータネットワークのダウン等、いろいろな障害を起こす傾向にあります。

**生産システムのシステムダウンによる時間の損失、材料の損失等の方が、電気機器設備の故障・破損による取り替えコストの損失に比べ、重大な損失をもたらすことは明確です。**

また、電子機器や回路(Circuit)は、最近、小型化と高密度実装になり、サージやノイズの影響を受けやすくなっています。一旦、サージを受けてしまうと、0.1  $\mu$ s もの短さで回路は破壊されてしまいます。他の工業用部品も、多量のサージを繰り返し受けることにより、機器の劣化が進みます。

低品質の電力が起こす外乱(サージや高周波ノイズ等)は、観察が難しく、発生の時間が一瞬だったりしますので、高性能な計測器を利用してしか検出できません。

一瞬であり、ランダムに発生する電力の外乱(Power Disturbance)は、理由不明のデータの誤り、プログラム制御誤り、メモリーからのデータ消滅、ヘッドクラッシュ等でシステムの稼働スケジュールを何時間、何日間も遅らせることとなります。

**停電は大半のコンピューターでは問題になりませんが、きれいで正確な電力の供給は重要な課題となってきています。**

電力品質問題を起こし、ノイズやサージの影響を受けやすい機器は：

無停電電源装置	UPS
可変周波数制御機器	Variable frequency drives
充電器	Battery chargers
始動電流の大きい回転機器	Large motors during start up
電子照明制御装置	Electronic dimming systems
アーク溶接機と他のアーク機器	Arc welders and other arc devices
照明用安定器	Lighting ballast
医療機器(MRI、レントゲン機器)	Medical equipment (MRI's and X-ray machines)

EP社のアプローチは高周波のノイズやサージ等の影響を電源回路や回路システムに残らないようにすることです。これらの異常(高周波ノイズやサージ等)はEPSPD(Surge Protective Device)の内部に吸収され、熱として放散されます。

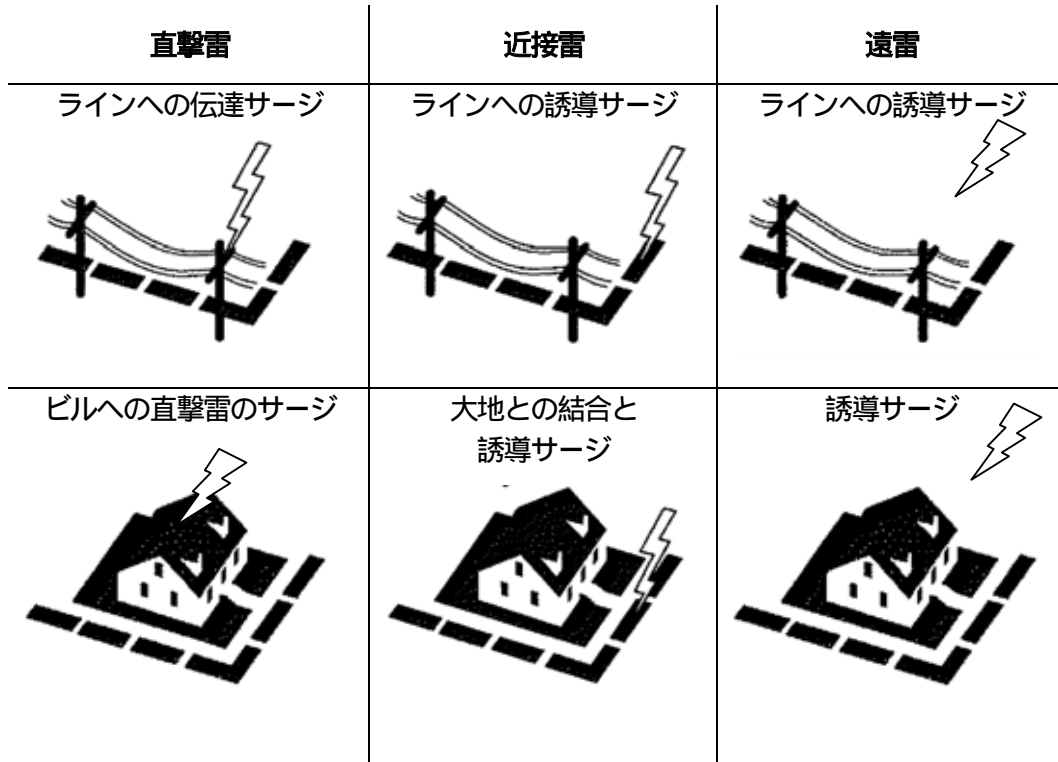
IEEE C62.41ではサージの発生源として、3つのカテゴリーを定義しています：

1. 雷サージ Lightning Surges
2. 開閉サージ(スイッチングサージ) Switching Surges
3. 多重回路の相互作用により発生する過電圧 Multiple System Interaction over Voltages

# 雷サージ

## Lightning Surges

雷サージは、電離層と地表の間での、大きな電位差で発生する、避ける事ができない自然現象です。大気圧と気温が理想的な状態になると、1インチ（約25.4mm）あたり約3万ボルトの電界強度で放電（雷）が起きます。雷はたえず発生していますが、いつも見えるわけではありません。



雷の属性と影響

属性	直撃雷	近接雷	遠雷
影響-機器	構造		
影響-温度	構造と回路		
エネルギー	引込口開閉器 （高負荷）	引込口開閉器 （中負荷）	導入開閉器 （低負荷）
電流の変化率	隣接回路	近接回路	大きいループ回路
地電位の上昇	隣接回路	近接回路	
磁氣的結合	隣接回路	近接回路	大きいループ回路
静電結合	隣接回路	近接回路	
抵抗結合	接続回路	近接回路	
系統事故波及度合	引込口開閉器 （高負荷）	引込口開閉器 （中負荷）	導入開閉器 （低負荷）

## 開閉サージ

### Switching Surges

サージとして最も一般的なのは開閉サージ(switching surge)です。

#### (A) 負荷開閉(Load Switching) :

負荷の開閉により磁界が発生、消滅します。ここでの負荷は抵抗性負荷、リアクティブ負荷(無効性負荷)、および両方の組み合わせと定義します。リアクティブ負荷は、誘導性負荷(Inductance)であれ、容量性負荷(Conductance)であれ、電圧と電流の関係に“時間”の要素が加わります。

例えば、誘導性負荷では、時間  $dt$  における電流  $di$  の変化で  $V = L \cdot di/dt$  の電圧を発生させます。

容量性負荷では、時間  $dt$  における電圧  $dv$  の変化で  $I = C \cdot dv/dt$  の電流を発生させます。

リアクティブ負荷(抵抗性成分を含む)の開閉では、電圧サージまたは電流サージが発生し、開閉時間(dt)が短くなればなるほど、非常に大きい値になります。

#### (B) 振動性開閉(Oscillatory Switching) :

サイリスタ・スイッチを使用する照明調光装置は振動性開閉の良い例です。サイン波(正弦波)は調光のため、入力波形の各サイクルで繰り返し切り取られ、平均電圧は低下しますが、それぞれのサイクルにおいて固有の、大きな  $dv/dt$  または  $di/dt$  を含み、反復性のサージをもたらします。波形を繰り返し切り落とす調光は、結果としてサージが起きます。

#### (C) キャパシター開閉(Capacitor Switching) :

容量性負荷素子である キャパシター(コンデンサー)は、常に  $I = C \cdot dv/dt$  という形で電流サージを発生します。負荷としてのコンデンサーの時も、また回路の中のどこにあっても電流サージを発生することには変わりはありません。キャパシター(コンデンサー)は電圧印加時はショート回路または短絡であり、大きい電流サージを発生させます。

#### (D) 多重打撃開閉(Multiple Re-strike Switching) :

打撃(Strike)の概念は短時間に電圧を印加することをいいます。ここでの時間とは、周波数の逆数( $t=1/f$ )のことです。従って、多重打撃開閉(Multiple Re-strike Switching)は、電源ラインの上に、誘導性負荷または容量性負荷のサージを多発させることとなります。

#### (E) 電力システム開閉(Power System Switching) :

電力システムは内部に、抵抗性負荷とリアクティブ負荷を導体線(電線)によって接続しています。電力システム機器の開閉動作において、 $di/dt$  又は  $dv/dt$  が発生し、システム系統内のすべての負荷に対し波及し、影響を与えます。

#### (F) アーク発生(Arcing Fault) :

隙間の電圧が放電レベル(3.000V/インチ)になるとアークが発生します。この高電圧は“ $dv/dt$ ”イベントを出現させ、つくりだされるサージは増殖し、共振してシステム内にあるリアクタンスに負荷を掛けます。

#### (G) アーク停止(Fault Clearing) :

アーク停止は電圧または電流の大きさが突然変化するためにおこる開閉動作に関連します。これは  $dv/dt$  作用であり、サージを促進します。

#### (H) 電力システムの復旧(Power System Recovery) :

電力システムにおいて停電後の復旧には ON/OFF 動作をしなければなりません。この ON/OFF 動作は電力システム内の各種のリアクティブ(無効性)負荷素子は  $di/dt$ 、 $dv/dt$  動作を起こし、サージが発生します。

## 多重回路の相互作用により発生する過電圧

### Multiple System Interaction Over Voltages

今までIEEEや他の組織のほとんどが電力品質問題の原因をアースや配線の問題として考えてきました。しかし、新しいIEEE C62.41 ドラフトは、電源品質問題の原因をグラウンド・ループやコモンモードからの多重システム相互作用として認識しています。

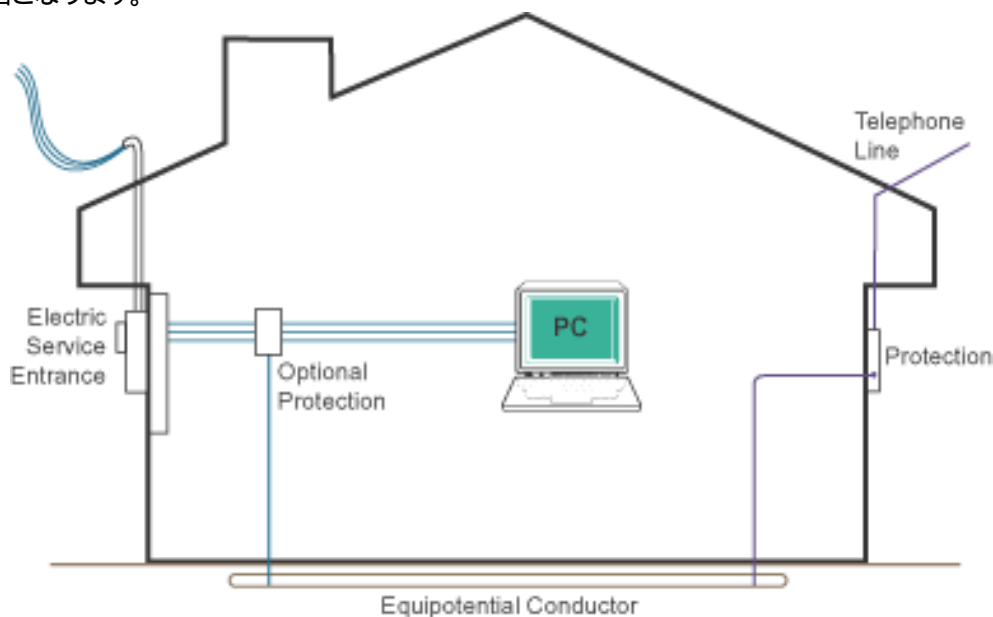
この20年間に建てられたビルの多くはグラウンディング（接地）していますが、このグラウンディングは漏電等の事故が起きた時に、人命を助けるためのものであり、今日の新しい技術によって引き起こされる、電力品質を悪化させる原因を除去するためのものではありません。

#### [参考] IEEE C62.41 ドラフトより：

家庭や会社の中では多くの電子機器が導入、設置され、これらの多くは電線引込口と通信線引込口を伴います。

電源ラインと電話ラインに両方とも接続された典型的な電子機器は、モデム接続をしたパソコンやファクスです。これらの機器には電源ラインや通信ラインに対し、各々にサージ保護を施しています。サージ発生回路から生じるサージ電流は参照の電位基準点の電位シフトを引き起すのに対し、サージのない回路の電位基準点は変化しません。

結果として、この2つの電位基準点の電位差は、パソコンとモデムの2点間に表れ、機器の動作を狂わせ、故障の原因となります。



一般的な例として、電力引込口と電話引込口は家の反対側にあるとします。このような状況では、アース接続 (the earthing connection of the NID) は接地系の最も近い位置に施されます。通常接続されるのは、金属水道管、専用接地線、または等電位接地導体などです。どの場合でも、接地の接続線の長さは重要な問題となります。アース接続線を通して流れるサージ電流のループにより誘起される電圧は、サージ電流の変化率が大きければ大きいほど、電位基準点は大きく変移します。

# 金属酸化バリスタ (MOV)

## Metal Oxide Varistor

S P D (Surge Protect Device: サージ保護機器)の中で最も一般的なものは金属酸化バリスタ (MOV) です。MOVの電流電圧特性は並列キャパシタンスと直列インダクタンスを持つ等価回路で表すことができます。電流電圧特性は、電流 (I) の関数としてコントロールされる電圧 (V) により関連付けられます。このことは、デバイス (MOV) が可変抵抗をもち、電圧をクリップする動作をするということです。

外部の回路において、電圧がクリップ電圧レベルに達し、レベル以上の電圧の値に到達すれば、抵抗値が“高い抵抗”から“低い抵抗”に変化して、レベル以上の電圧をクリップ (カット) します。

電圧クランプデバイスは可変インピーダンスの部品であり、デバイス又は端子間を流れる電流によって、インピーダンスが変化する非線形特性を示します。オームの法則においては“抵抗変数 R”は線形 (Linear) ですが、電圧クランプデバイス (MOV) の特性は連続性ですが非線形になります。

このデバイスの内部で、“電圧 (V) × 電流 (I) × 時間 (t)” (ジュールの法則) でエネルギーが発生し、ブレイクダウン・レベルまでエネルギーを蓄積する特性を持っています。

また、電圧クランプデバイスは、クランプ・レベル以下の定常電圧時 (瞬間的な過電圧の発生の前と後) においては回路への影響はありません。

**電圧をクランプする動作は、電圧が増加するにつれ、このデバイスを通して、電流が引張られるように増加していくという結果からもたれされます。(図1 <Fig.1>)**

この“電流増加率”が“電圧上昇率”より高い場合、このデバイスのインピーダンスが非線形になります。

<図1 (Figure 1)> そして、増加した電流により、電圧クランプデバイスのインピーダンスの中で、電圧ドロップ ( $V=IR$ ) が起き、過電圧 <Over Voltage> をクランプします。すなわち、このデバイスのクランプ動作は電圧クランプデバイスの元 (ソース) のインピーダンスにより決まります。

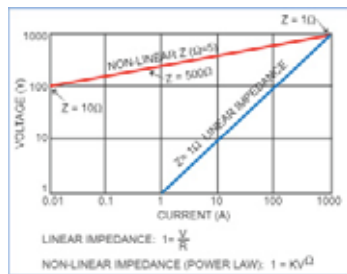


Figure 1: VOLTAGE/CURRENT CHARACTERISTIC FOR A LINEAR  $1 \Omega$  RESISTOR AND NON-LINEAR VARISTOR

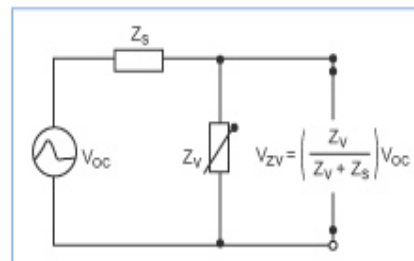


Figure 2: VOLTAGE CLAMPING DEVICE

回路の中では電圧分割比は一定でなく変化します。図2 (Figure 2) は電圧分割の等価回路で電源ソース部とインピーダンスの構成を示します。比較的小さな動作として、機器の直列インダクタンス (誘導性負荷) が立ち上りの電流を抑制し始めると、並列のキャパシタンス (容量性負荷) が過電圧 (over-voltage) をチャージし始めます。しかし、急速に上昇していく電流の増加は著しく、MOVは一種のパルス電流発生器としての動作をするとみなすことができます。(それは非常に高速に上昇するパルスです)

電圧クランピング動作は過渡現象やサージにより起動し、クランピング動作の結果として、電圧クランピングデバイスが引き起こす電流スパイクは電力ライン上に“過渡現象のなだれ”を発生させます。この現象を抑えるには、MOVへの並列キャパシタンスによる限られた方法しかありません。MOVのクランピング動作の結果として起きる過渡現象の悪影響を完全に取り去るには、MOVが持つパルス電流発生器としての悪影響を、ローパスフィルタリング、補正・吸収するネットワーク (回路) を組込む必要があります。

これがE P社の“トラッキング・フィルター装置 S P D”の利点です。

# 吸 収

## Absorption

電気用語で吸収を考えると、電力×電力使用時間はエネルギーと等しくなります。このエネルギーはインダクターやキャパシターのようなリアクタンスの中に一時的に蓄積されます。リアクタンスはエネルギーを受けとりますが、直接ソース側（電源等）に戻します

しかしながら、エネルギーは抵抗性エレメントで保持され、熱エネルギーとして吸収され、消散します。抵抗とリアクタンスの組み合わせに、エネルギーが加えられると、エネルギーの一部が抵抗成分で消散し、残りのエネルギーがリアクタンスで電源側に返されることとなります。

これによって回路内で電圧と電流の間に位相差ができ、電圧×電流×時間（ジュールの法則）で回路の中でエネルギーが発生します。

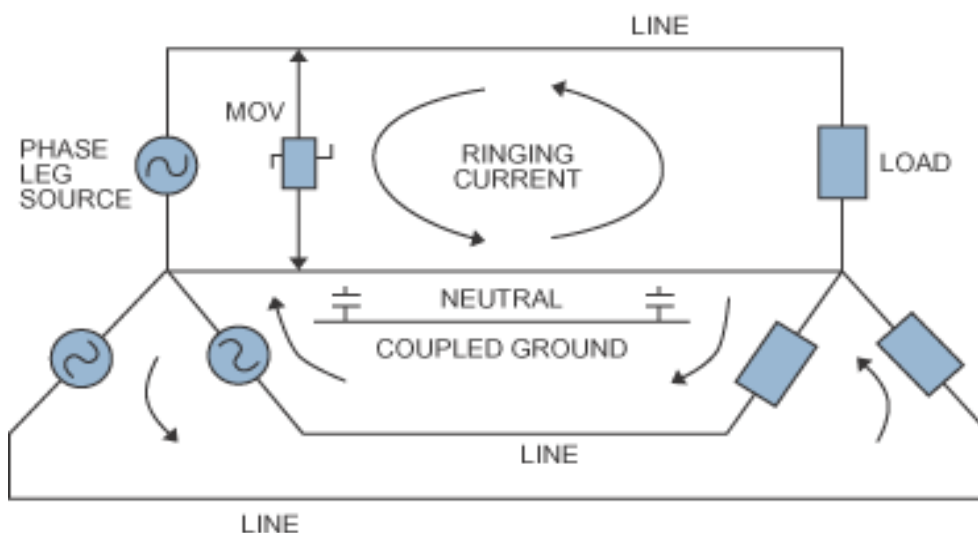
これらの原理の応用で、EP社のEP2000システムは、電源周波数のサイン波（正弦波）波形に乗る、電圧と電流の“歪み波形”部分に働き、選択的フィルタリング、時間拡張、吸収の動作を行います。

例えば、電力波形に、高電圧の過渡現象またはサージが表れた瞬間に、サイン波（正弦波）の最高値を超えたレベルのところでもクランプされます。

このクランプ動作で発生するエネルギーは、

- ・ クランプ電圧と過渡現象のピーク値との電位差
- ・ EP2000内のクランプデバイスのインピーダンス
- ・ および、過渡現象の持続時間

によって量が決定されます。この発生したエネルギーはある程度の時間で拡散し、最終的には熱として吸収されます。これらの動作が、全てEP2000の中で行われます。



クランプの結果発生した電圧サージからの電流を完全に吸収しなければ、リングング発振が起きます(注)。残電流により回路内で電圧降下が生じ、それがリングウエーブを発振します。リングング波形であるが為に、回路内で共振を起こし、更にシステム上で外乱は回路を通しての歪みを拡大、増幅させます。

(注)ここでの電源線は、相線、中性線、アース導電体 (ground conductor) をさします。これらのラインは閉ループとなり、総回路システムを形成します。

# DV / DT

## DV/DT

$dV/dt$ とは : 時間変化の差( $dt$ )に対する電圧変動の差( $dV$ )です。  
例えば、車の運転で1時間に60マイル運転すると、それは60マイル/時間ということになります。

キャパシターやインダクターなど電気エネルギーを蓄積するエレメントが電圧や電流の変化を受けると、以下の関係となります :

$$V = L \frac{di}{dt}$$

1. インダクター間の電圧は、電流の時間変化率にインダクタンスの大きさを掛けたものに等しい。

$$i = \frac{1}{L} \int v dt$$

逆に言えば、インダクターを通る電流は、インダクターにかかる、超過電圧の積分(蓄積)をインダクタンスで割ったものに等しい。

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

2. キャパシターの電流は、電圧の時間変化率にキャパシタンスの大きさを掛けたものに等しい。

$$V = \frac{1}{C} \int i dt$$

逆に言えば、キャパシターにかかる電圧は、キャパシターを通る電流の超過時間の積分をキャパシタンスで割ったものに等しい。

$$I = C \frac{dv}{dt}$$

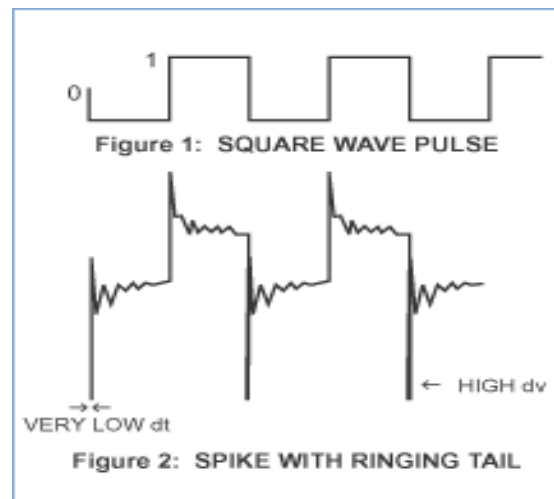
3. インダクターを介して、パルスやトランジェントによって、急激に電流値が変化すると、非常に高い電圧が発生します。キャパシターに急上昇する電圧  $dV/dt$  が与えられると、上昇率に比例して、非常に高い電流が生じます。

電圧の差の大きさは時間の差に関係します。例えば、**Figure 1**のようなパルス波形列になります。

パルス波の0から1への変化は非常に短い時間で起きます。 $dt$ はおよそゼロと言うことです。

$dV$ を大変小さな値(0に近い $dt$ )で割れば、非常に大きな電圧になります。

従って、パルス波形列が抵抗とキャパシターにより構成された回路の中に入力されたら、出力の電圧波形は**Figure 2**で示されるような、リングング・テールを含む大きなスパイクとなります。

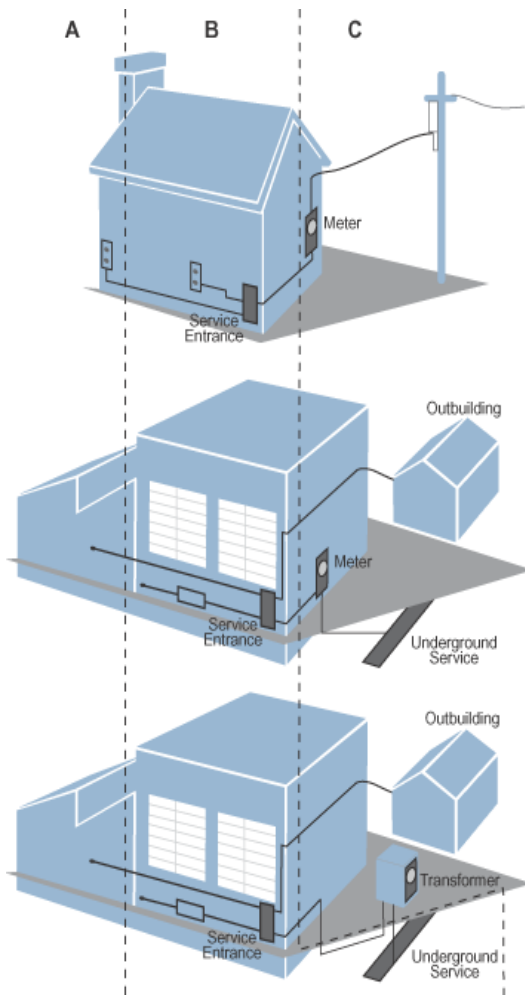


## 性能試験手順と規格

### Performance Testing Procedures and Standards

#### IEEE C62.41 標準 (SPD動作環境カテゴリの定義)

適切にSPDを試験するため、施設内での動作環境の定義化が必要でした。IEEE C62.41 標準ではカテゴリ-A、カテゴリ-B、カテゴリ-C、の3つの定義で、動作環境を下図のように示しています。



#### カテゴリ-A :

カテゴリ-Aの環境は、長い分岐回路と出力端子を、カテゴリ-Bの環境より30フィート(約9.15m)、カテゴリ-Cのロケーションより、60フィート(約18.3m)以上離れています。

#### カテゴリ-B :

カテゴリ-Bの環境は直接、負荷側のサービス分離ブレーカーと隣接しています。

カテゴリ-B環境の特長は、短い分岐回路と給電線を持つことです。

- ・分電盤
- ・バス線と機器(産業プラント機器等)への給電線
- ・引込口まで、短い結線をした高負荷機器用出力端子
- ・大きい建物用の照明システム

#### カテゴリ-C :

この環境はサービス分離されたライン側に位置します。

- ・外側と引込口
- ・柱から建物までの引込電線
- ・メーターとパネル間の電線
- ・離れた建物までの空中配線
- ・井戸ポンプまでの埋設電線

# IEEE 試験標準

## IEEE Test Standards

組み合わせ波形とリング波形が定義化されたので、IEEEは、カテゴリ-A、B、Cで発生する、両方の波形を用いた試験標準を仕様化しました。カテゴリの中、影響度を3レベルで標準化しています。

例えばカテゴリ-Cでは、C1試験標準は影響度の最も小さい波形組み合わせを表し、C2では中間、C3では最も大きいものを表しています。各カテゴリの影響度の試験値は以下の表に示します。

カテゴリ-AとBにおける 0.5μs-100kHz 標準リング波形の 電圧と電流サージの影響度				
<ul style="list-style-type: none"> <li>・影響度：高、中、低</li> <li>・単相モード：L-N、L-G、[L&amp;N]-G</li> <li>・多相モード：L-L、L-G、[L's]-G</li> </ul>				
カテゴリ	影響度	ピーク値		実行インピーダンス(Ω)
		電圧(kV)	電流(kA)	
A1	低	2	0.07	30
A2	中	4	0.13	30
A3	高	6	0.2	30
B1	低	2	0.7	12
B2	中	4	0.33	12
B3	高	6	0.5	12

カテゴリ-BとCにおける 1.2/50μs-8/20μs 標準組み合わせ波形の電圧と電流サージの影響度				
<ul style="list-style-type: none"> <li>・影響度：高、中、低</li> <li>・単相モード：L-N、L-G、[L&amp;N]-G</li> <li>・多相モード：L-L、L-G、[L's]-G</li> </ul>				
カテゴリ	影響度	ピーク値		実行インピーダンス(Ω)
		電圧(kV)	電流(kA)	
B1	低	2	1	2
B2	中	4	2	2
B3	高	6	3	2
C1	低	6	3	2
C2	中	10	5	2
C3	高	20	10	2

カテゴリ-Cの環境では、組み合わせ波形の過渡現象のみの試験であるのに対して、カテゴリ-Bの環境では、リング波形と組み合わせ波形の両波形でのテストがされます。カテゴリ-Aの環境はリング波形のみの試験です。

カテゴリ-Bの環境で6kVの過渡現象の試験に限定している理由は、カテゴリ-Bの適用が設定されている、商業、工業、家庭用の特性を持つ典型的な配線機器を使用しているためです。

IEEEは電線、中性線、グラウンディング(アース)のコンセントやメーター・パネルのネジ端子間に、機器から出た線を接続し、6kVを超える電圧をかけると、アークが発生すると断定しました。その上、カテゴリ-Bでは過渡現象を引き起す雷に関する組み合わせ波形は3kAに限定しました。

また、IEEEは、施設内配線のインダクタンス配線への、誘導雷電流の振幅は3kA以下に制限されると結論付けました。

しかし、異なる見解を持つ専門家は、カテゴリ-Bの電流は35kAにまで到達すると言っています。保護装置メーカーによっては施設は250kAから1000kAの雷電流を吸収できなければならないと主張しています。この数値でさえ不合理ではかたに低いと思われる。また、この主張でさえ、過渡現象を引き起す雷誘導電流は統計的確率5%未満という研究結果からすると疑わしいと思われる。

しかし、このことより重要なことは、最も大きい雷電流試験装置の発電機は、各相当たり、信頼出来る、8μs×20μsの正確な波形を180kAまでしか出力できないことであります。

性能確認試験の手立てがなく、これらの値を超えたいくつかのSPDの最大のサージ電流格付けは無意味です。

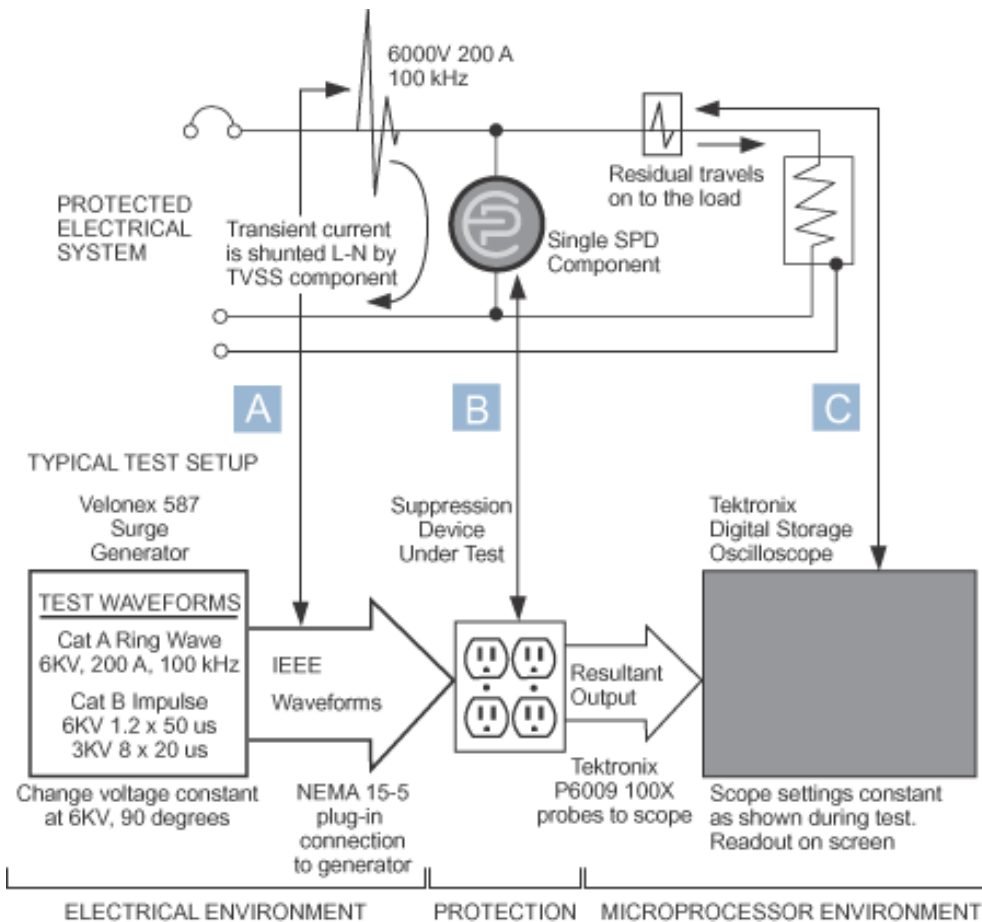
# IEEE C62.45 性能試験

## IEEE C62.45 Performance Testing

ANSI / IEEE C62.45の「低電圧交流電力に接続された設備のサージ試験のためのガイド」はサージ保護機器 (SPD) に対して世界的に受け入れられる機能評価を確立しました。この試験は、市販の機器を用い、ANSI / IEEE C62.45 の厳密な試験手順により実行されます。試験結果は世界中の相応の設備を備えた研究所で再現できるはずで

各種のサージ抑制製品の通過、残留、クランプ電圧はIEEE波形を用いてAではラインに乗る過渡現象、BではSPD代用サンプルで、Cではデジタルストレージオシロスコープを用いての残留クランプ電圧の測定です。

全てのSPDサンプルは、指定された入力波形で独特な特性を示します。この特性は波形によって比較ができます。もちろん、より低く、より鮮明な特性 (滑らかで、高調波を含まない) の方が性能はよくなります。



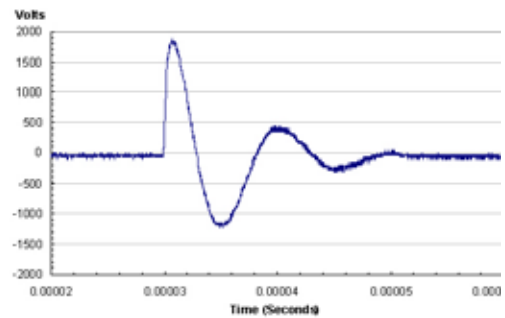
## A 1 波形の比較

### Comparison Waveform A 1

以下の波形における評価は、2001年3月のESA Power System 研究所での、EP2000及び2つのプレミアムフィルターの比較試験です。

#### 基本A 1 リング波形

この波形形状はIEEE C62.41のカテゴリA 1のリング(low system exposure)波形です。波形は100kHzのリングで、電圧上昇時間0.5 $\mu$ s、開放電圧では2kVのピーク電圧、短絡電流は70Aを供給しています。波形は厳密に2kVでピークに達していませんが、比較としては十分です。この開放回路試験はピーク電圧とリングが同一であることを確認するために繰り返し行われました。

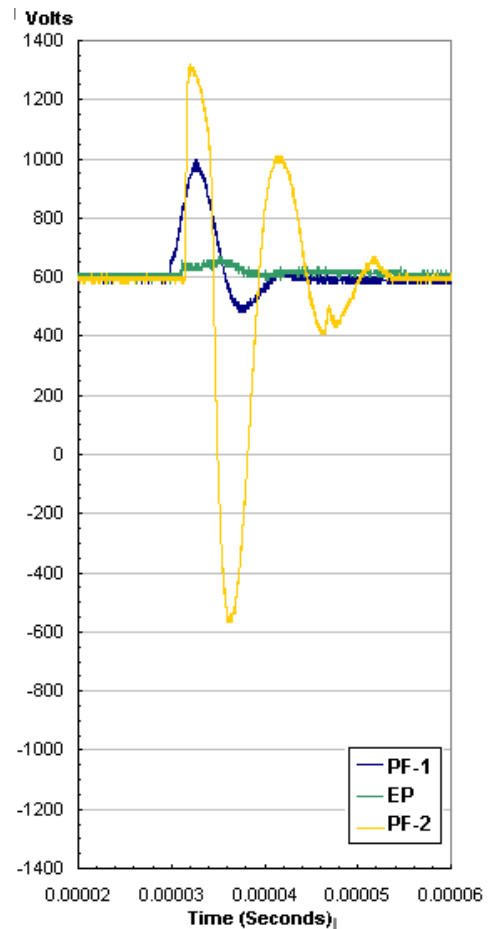


#### 基本波形のピークで応用されたA 1 リング波形

基本電圧波形のピークでのA 1 リング波形の比較ではEP2000(緑色)の吸収が最も大きいことを示します。

プレミアムフィルター1のユニット(青色)もまた顕著な吸収を示しています、プレミアムフィルター2のユニット(黄色)は大きく負に振れる電圧ピークを示しています。負のピークは通過電圧を計算するために表に使用されたのではなく、正だけが使用されたことに留意して下さい。

適用されるインパルスの性質により、負より正ピークが大きくなることを見込みました。通過電圧を負ピークとして使用することにより(正しい適用ですが)さらに大きな値をもたらします。



基本波形のピークにて  
適応されるA 1 リング波形  
(90°)

## B 1 波形の比較

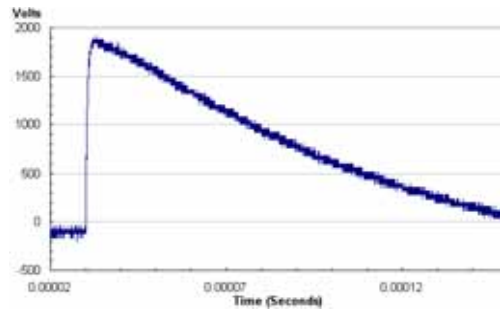
### Comparison Waveform B1

#### 基本B 1 組み合わせ波形

この波形はIEEE C62.41のカテゴリーB1の組み合わせ波形です。

この波形は開放電圧で、2 kVのピーク電圧、1.5  $\mu$ sの上昇時間、50  $\mu$ sの減衰時間の電圧波形であり、短絡時1000 Aでは8  $\mu$ sの上昇時間、20  $\mu$ s減衰時間の波形を持ちます。

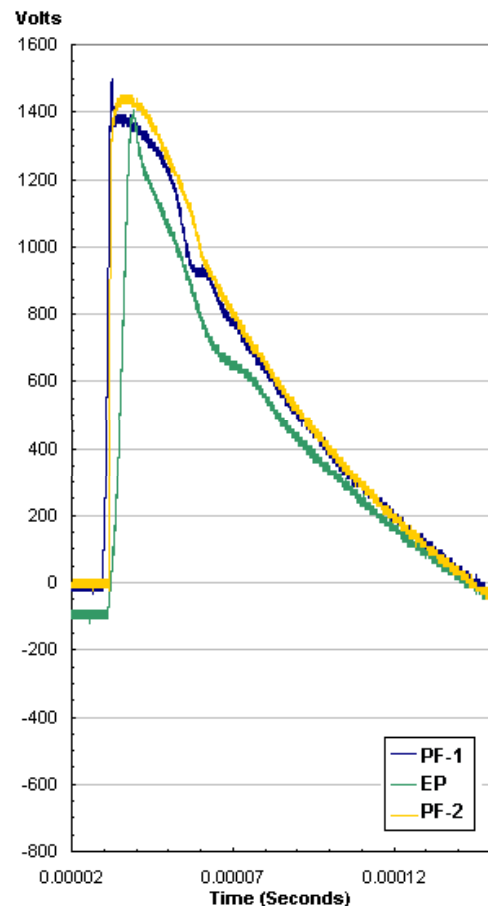
波形は厳密には2 kVでピークに達していませんが、比較としては十分です。この開放回路試験はピーク電圧とリングが同一であることを確認するために繰り返し行われました。



#### 基本波形のピークで適用される B 1 組み合わせ波形

各ユニットはB 1 組み合わせ波と同様の反応を示します。前述のように、これは雷のような外的な要素をシミュレートすることを意図とし、恐らく各機器に用いられる電圧クランプデバイスに頼ることになります。

波形の性質上、フィルター作用は(リング波形試験での効果は絶大でしたが) 視覚的变化はあまり見られません。



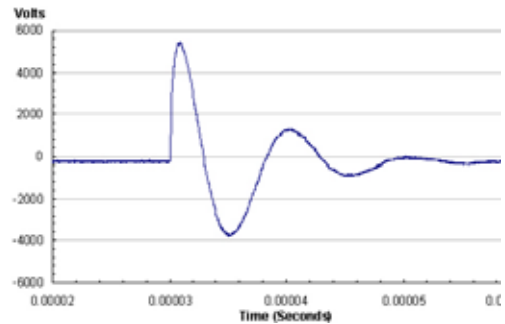
基本波形のピークにて  
適応されるB1 組み合わせ波形  
(90°)

## B 3 波形の比較

### Comparison Waveform B3

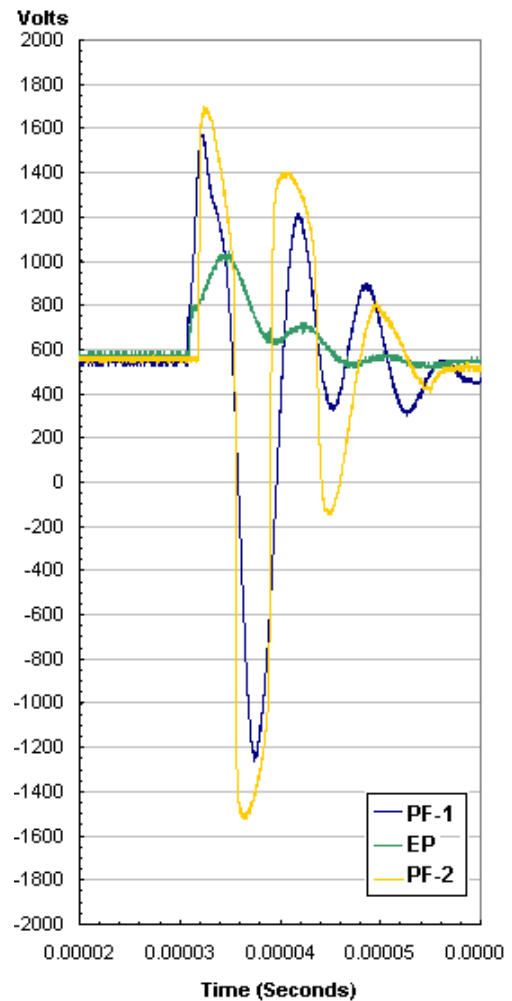
#### 基本 B 3 リング波形

この波形は I E E E C 6 2 . 4 1 のカテゴリー B 3 のリング波形です。波形は 1 0 0 kHz のリングで、  
0.5  $\mu$ s 電圧上昇時間、オープン回路では 6 k V のピーク電圧、短絡では 5 0 0 A です。  
波形は厳密に 6 k V でピークに達していませんが比較としては十分です。  
このオープン回路試験はピーク電圧とリング波形が同一であることを確認をするため繰り返し行われました。



#### 基本波形のピークで適用される B 3 リング波形

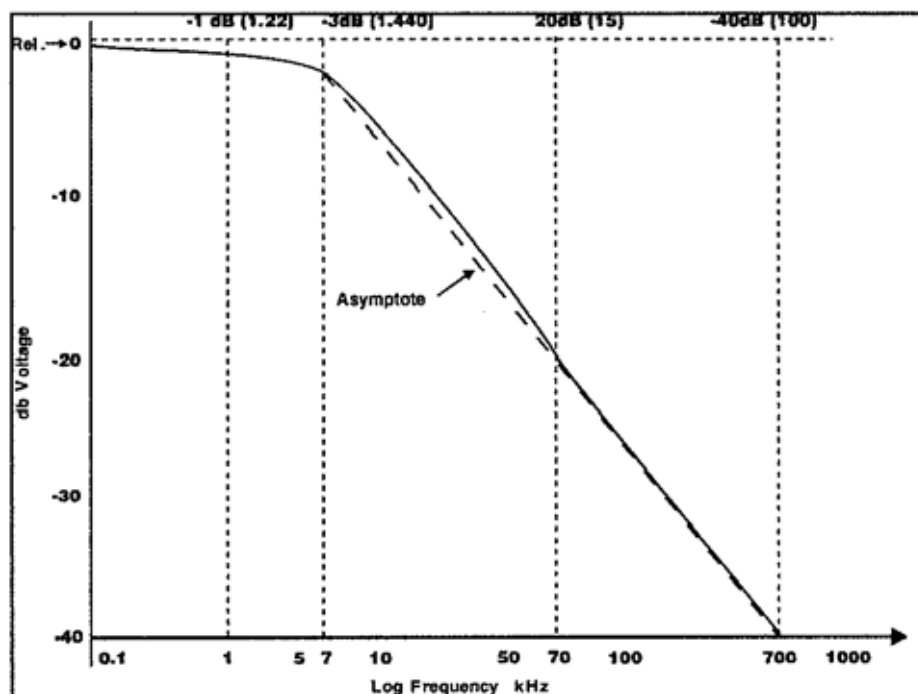
更に顕著な B 3 リング波形では、プレミアムフィルター 1 とプレミアムフィルター 2 の両ユニットで、激しく負に振れているのに対し、E P 2 0 0 0 では A 1 リング波形の時と同様に、優秀な吸収特性を示しています。



基本波形のピークにて  
適用される B3 リング波形  
(90°)

## ノイズフィルター

### Noise Filtration



EP - 2000の減衰特性：

- 7kHzでブレイク・ポイントがあります。  
また、これをカットオフ周波数とも呼びます。
- 60Hz～7kHz間で、電圧の歪に対し、3dBの減衰。  
ここでの測定はノイズの大きさを表します。
- 60Hz～70kHz間では20dB減衰(1/10)。
- デイケイド(10倍)ごとに20dB減少します。  
7kHz～700kHz間では、40dB減衰します(1/100)。

EP - 2000は動作範囲内の電源ラインに存在する、あらゆるタイプのノイズに対応します。

例えば、入力1Vは、70kHzで1/10、700kHzで1/100にまで減衰します。

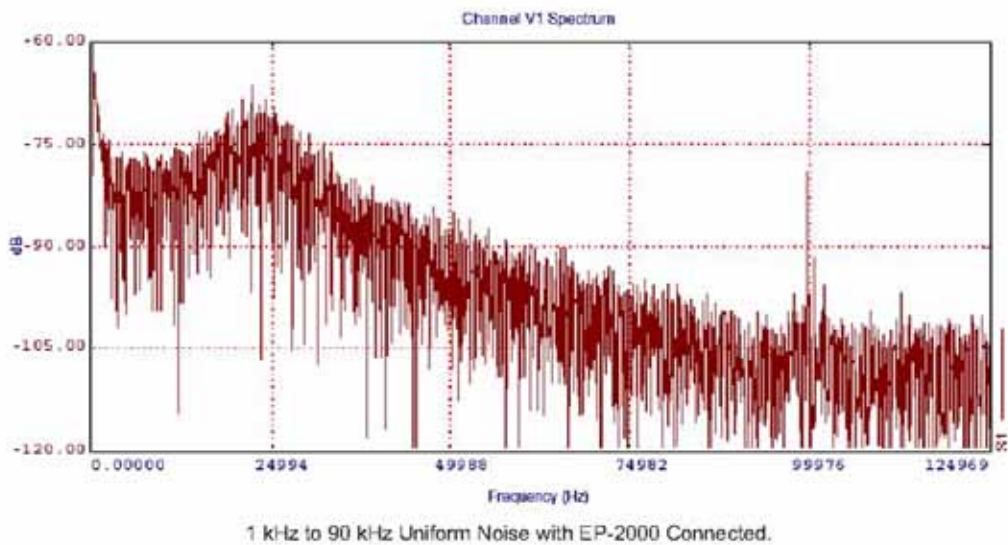
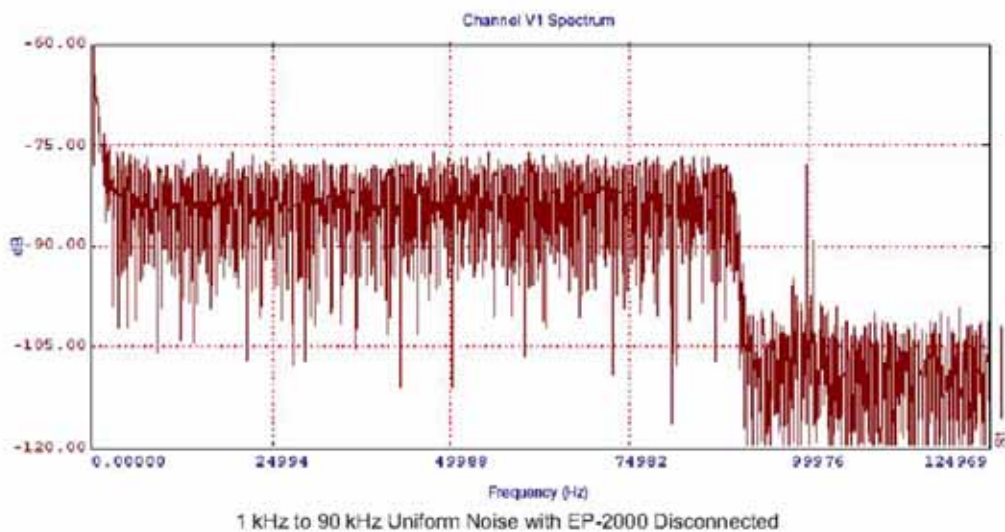
EP社の内部フィルター回路のノイズ吸収性能をテストするため、ノイズ発生器と高出力アンプを用いて、ランダムノイズを起こしました。このノイズは、以下のような機器の設備負荷による電力配電系統に反射する、雑音を再現するのに用いられました。

可変周波数ドライブ、DC整流器、電子バラスト(安定器)、スイッチング電源、アーク接触装置などです。

## EP - 2000 高周波フィルター応答

### EP-2000 High Frequency Filtering Response

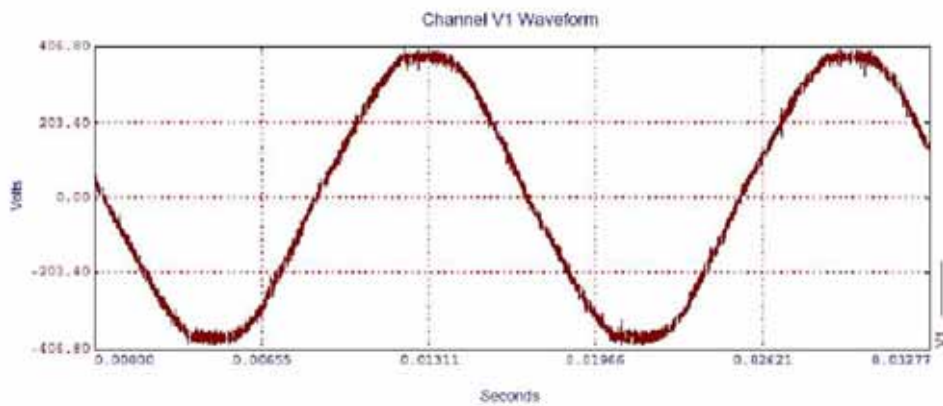
EP2000は、高周波フィルターとして顕著な特性を持ちます。  
EP2000ノイズスペクトラムにおいて、-77dB以下のポイントで素晴らしいフィルター特性を示します。  
70kHzにおいては、-77dBより19dB低く、約10分の1にノイズを減衰しています。



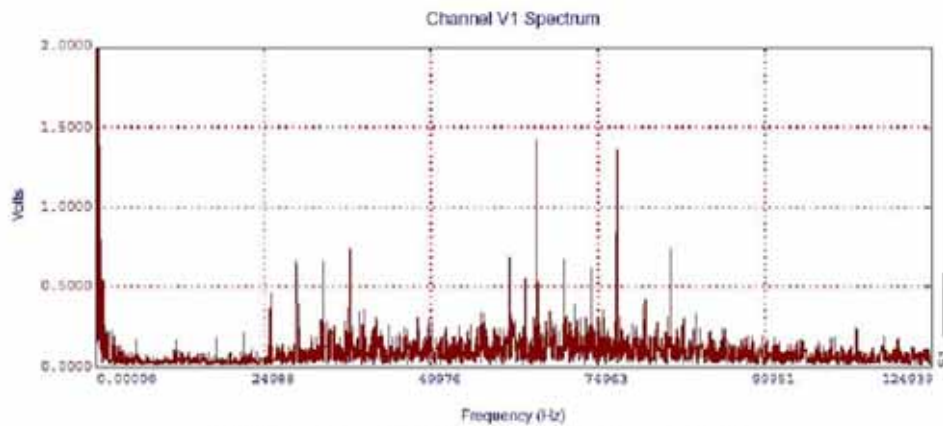
## EP - 2000 周波数応答の事例

### EP-2000 Frequency Response in Application

下図のケース・スタディはEP - 2000設置前のペプシ・ポートランド・ボトリング工場の波形グラフです。はじめの測定では電圧波形に著しくノイズが乗っていることが分かります。このノイズは、非線型開閉を含む、内部プラントの負荷によって生じていると思われます。機器動作の不具合、故障を引き起してはいないとしても、このノイズでは工場プラントの状態は健全とは言えません。ノイズ成分は66 kHz 付近が最も高いが、スペクトラム上では、波形全体に顕著な広がりが見うけられます。電圧のスペクトラムプロットは実行値であり、周波数スペクトラムの帯域の中で、最も高い電圧は1.5Vに過ぎません。しかし、ピークからピークのノイズ電圧が40Vを超えているのが確認できます。



480 V Main Phase 1 LG Voltage - Initial.



480 V Main Phase 1 LG Voltage - Spectral Content - Initial.

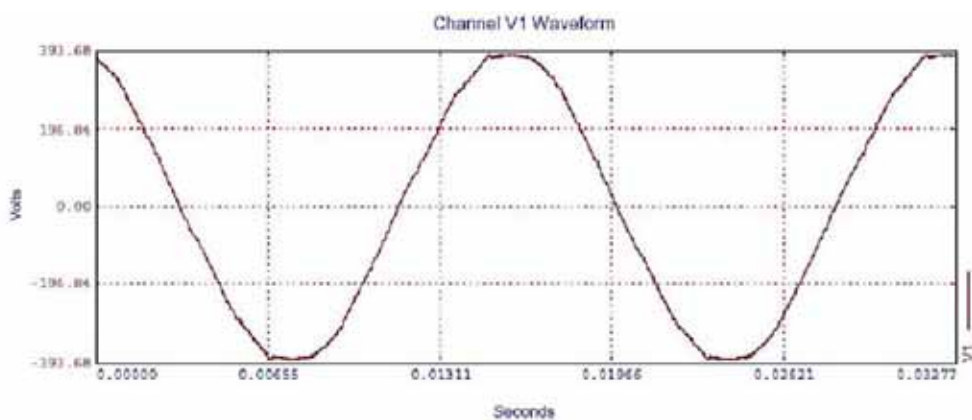
下記はEP2000設置後の測定値であり、効果は一目瞭然です。

設置前は、メインパネルの電圧の乱れは明白でしたが、設置後は、非常にきれいになっています。

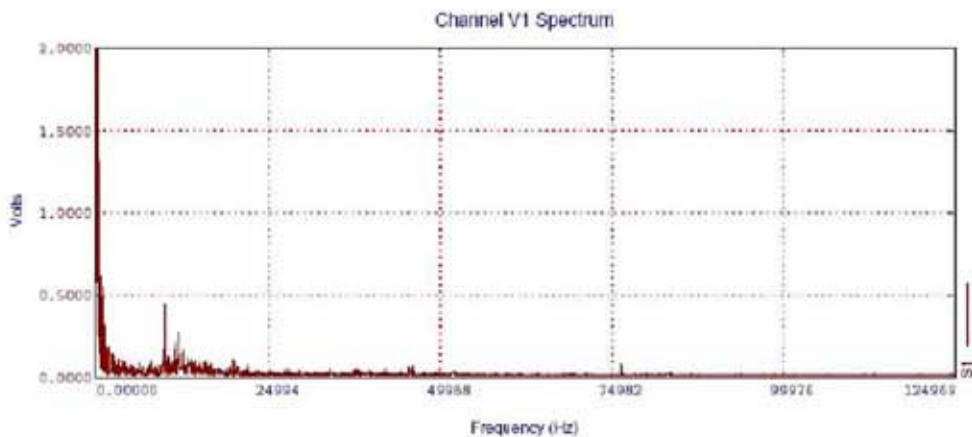
このEP-2000の効果を実証するため、EP2000のリードの周りに電流プローブが接続され、計測しました。

その結果、多量の高周波電流が吸収されているのが確認できました。これはEP2000の遮断周波数10kHzと合致します。過渡現象から生じる高周波ノイズ、ドライブ・システムからの乱れ、他の静的負荷からの発生ノイズも、EP2000によって大幅に吸収されました。

波形上で、フィルターが作動している、10kHzを超えたあたりから、残留ノイズが徐々に少なくなっていることを顕著に示します。このことから周波数が高ければ高いほど、吸収量も大きくなることを示しています。



480 V Main Phase 1 LG Voltage - Follow-Up.



480 V Main Phase 1 LG Voltage - Spectral Content - Follow-Up.

# NEMA LS-1 型式仕様情報

## NEMA LS-1 Format Specifications Information

NEMA LS-1 サージ保護機器 (SPD) 仕様型式を記述するための詳細を以下に示します。

### 1. 機器名称と型番：

- ・製造元発行の仕様の記載。

### 2. 機器の回路詳細：

- ・過渡現象、電圧サージを抑える、SPDの部品が定義されています。  
例えば、含まれているコンポーネントが、一つまたは複数の金属酸化バリスタ (MOV)、ガスチューブアレスター、ハイブリッド回路など等です。デバイスの接続方 (直列、並列) の記載もあります。

### 3. 公称電源電圧：

- ・適用電源電圧が記載され、パネル取付け型、プラグ・イン・ユニット型、直結ユニット型についても記載されています。

### 4. 最大連続動作電流：

- ・回路設計上、ライン上に直列接続されるSPDの“電流量”の上限値の定格を明確にしています。

### 5. 最大連続動作電圧 (MCOV)：

- ・MCOVはSPD内にある、MOV等の定格を明確にします。MOVの定格はSPDメーカーでなく、MOVの製造元で決まります。機器が破損するライン電圧の上限値を規定しています。

### 6. 接続方法：

- ・ラグ端子型、ネジ端子型、ワイヤー・リード型、プラグ・イン型等デバイスの形により異なります

### 7. 保護モード：

- ・ライン-中性線、ライン-大地間、中性-大地間、の3つの設置ポイントでのサージ保護モードとクランピング・データが示されています。パネル取り付けユニット、特にデルタ系統やグラウンドと中性線が結合している引込口には、全ての保護モードが適応できないが、適切な保護機能は備えています。

### 8. 最大サージ電流：

- ・SPDに非常に強い電流 (雷に伴うサージ等) が流れた際の耐久測定です。  
標準測定はIEEE C62.45で規定している、シングルパルス  $8 \times 20 \mu s$  波形で実施します。この試験は、製造元の機器の仕様の計算に基づいたデータだけではなく、実際に機器を用いて行うことが大切です。

### 9. クランプ電圧：

- ・SPDのクランプ評価は、IEEE標準波形に基づいた、試験の結果です。この値は、ゼロ大地レベルに合わせ、ライン電圧が生きている状態での、クランプ・レベルであることが大切です。各機器の保護モードに対してもクランプデータは有効です。

### 10. EMI / RFI ノイズ耐性：

- ・電磁波障害 (EMI) や無線周波数妨害 (RFI) はSPDの仕様に明示されている周波数の範囲内で衰減しなければなりません。  
試験方法は、MIL-STD 200A 内の501/2の挿入損失手順に基づきます。

### 11. 安全機関の承認：

- ・UL、CSA、NOMのような認証組織の適切な試験標準、製品カテゴリー、参照ファイル番号を記してください。  
例えば、プラグ線の場合、ULではUL1449 TVSS (XUHT)標準とUL1363仮設電源ソケット (XBYS) の評価に基づきます。更に、製造元は部品にファイルNoが付いています。XUHTとXBYSはUL製品の識別コードです。(CNディレクトリー・コード)

### 12. 安全機関評価：

- ・安全機関は適応試験標準の要求に基づいて圧縮 (クランピング) 評価を決定します。例えば、ULにリストされたSPDのクランプ動作の格付けにチャート3のUL1449評価レベルが用いられます。  
大事な注意点として、NEMA-3Rボックスで覆われ、保護されていない限り、CSA、UL共に、これらの機器の屋外での使用を禁止しています。

### 13. 物理的データ：

- ・機器寸法、重量、構成材料、その他の物理的特性は、製造元の仕様に記載されています。

# サージ保護機器のための仕様フォーマット

## NEMA LS-1 Specifications Format for Surge Protection Devices

SPDモデル SPD Model :

---

SPD回路詳細 SPD Circuit Description :

---

公称電源電圧 Nominal Line Voltage :

---

最大連続電源電流 Maximum Continuous Line Current :

---

最大連続動作電圧 Maximum Continuous Operating Voltage (MCOV) :

---

接続手段 Connection Means :

---

SPD保護モード SPD Protection Modes :

---

最大サージ電流 Maximum Surge Current :  
(Single Pulse, 8/20  $\mu$ s, Mode, Data obtained from actual tests)

---

最大サージ電流間のクランプ電圧 Clamping Voltage during Maximum Surge Current :  
(V<sub>peak</sub> measured):

---

クランプ電圧 Clamping Voltage:  
(Data taken at 90 degrees phase angle of power frequency voltage, polarity onry, applicable surge current)

---

EMI/RFI ノイズ耐性 EMI-RFI Noise Rejection :

---

安全機関の承認 Safety Approvals (Agency, Standard, File) :

---

安全機関格付 Safety Ratings (UL1449, V<sub>peak</sub>) :

---

適用環境 Application Environment :

---

### 物理的データ PHYSICAL DATA

外形寸法 Dimensions \_\_\_\_\_

重さ Weight \_\_\_\_\_

材質 Materials \_\_\_\_\_

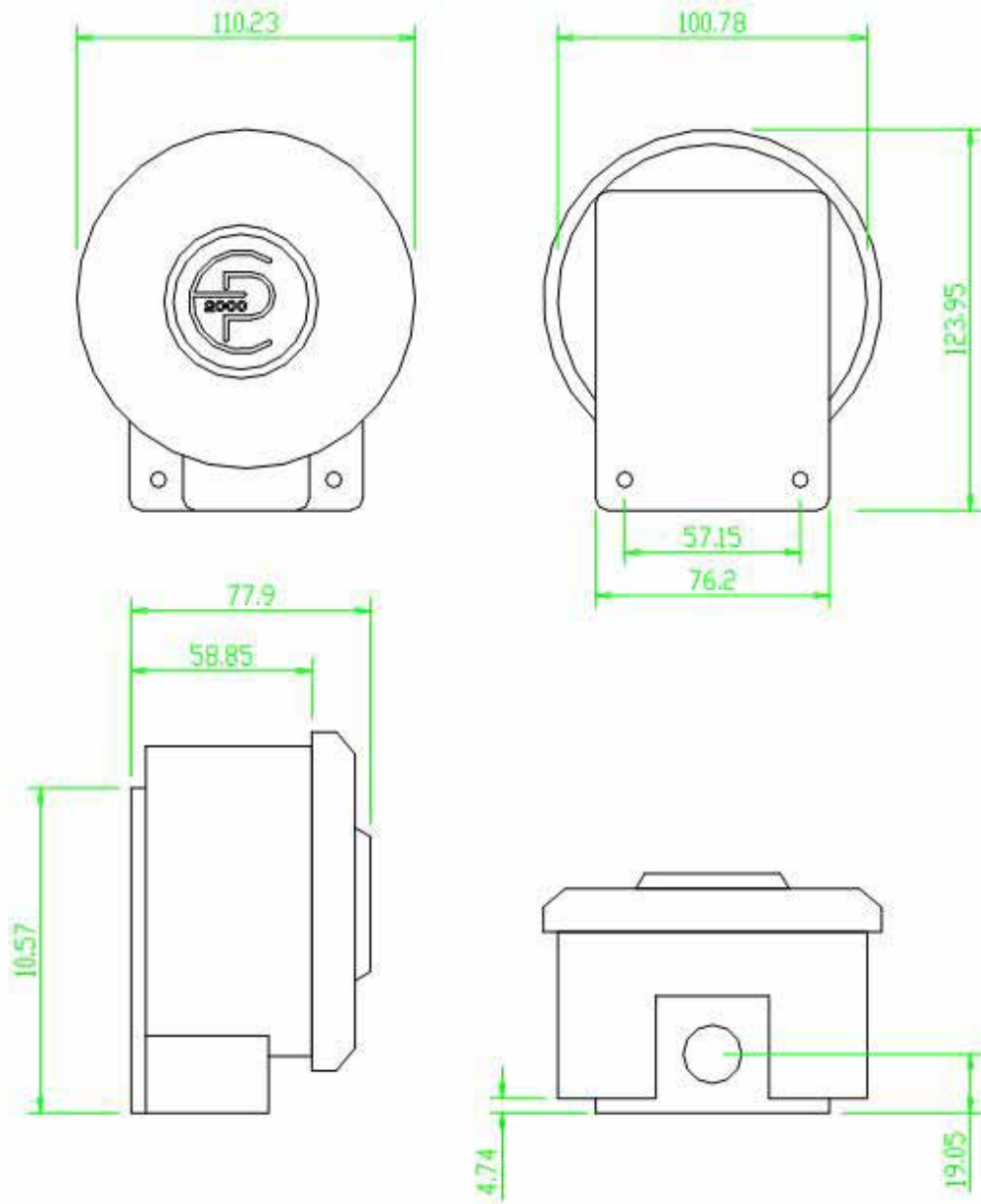
ワイヤーサイズと長さ Wire size and length \_\_\_\_\_

付属品 Accessories \_\_\_\_\_

## 仕 様      EP - 2000JA、EP - 2000JF

モデルタイプ	EP - 2000JA 単相	EP - 2000JF 三相デルタ
回路解説	Internal Circuit Breaker      Voltage Limit Clamp(MOV) Spectrum Multiplier      Low-Pass Filter Dissipative Absorber (Parallel Operated)	
相線 中性線電圧	100/200V	200V(DELTA)
最大連続動作電流	該当無し(パラレル接続機器)	
最大連続動作電圧(MCOV)	120Vrms	230Vrms
接 続	ワイヤーリード	
SPDの保護モード	相線 - 中性線	相線 - 相線
最大サージ電流	12,000Amps	
Vピーク	400V	500V
クランプ電圧	相線 - 中性線 155V	相線 - Ground 325V
EMI-RFI	60Hz ~ 700kHz    40dB 減衰	
安全機関承認	UL1449 2nd Edition TVSS Testing CSA Standards Class 9091 01 & 9091 81 CSA std22.2 No.8-M1986	
安全格付け	Fire Rating 94V-0	
適用環境	カテゴリーAとB	
外形寸法	寸法:100mm、奥行:123mm	
重 量	1.2kg	
材 質	アルミ製筐体、LEDインジケータランプ、 ワイヤー;14ga600V 不良モード時の構成回路の保護のため回路はエポキシで密閉	
ワイヤーサイズ、長さ	14ga、3フィート	
アクセサリ	黄色LEDインジケータランプ(活線相)	
反応速度	基本反応速度; ±1ナノセカンド	

EP2000 Case Diagrams

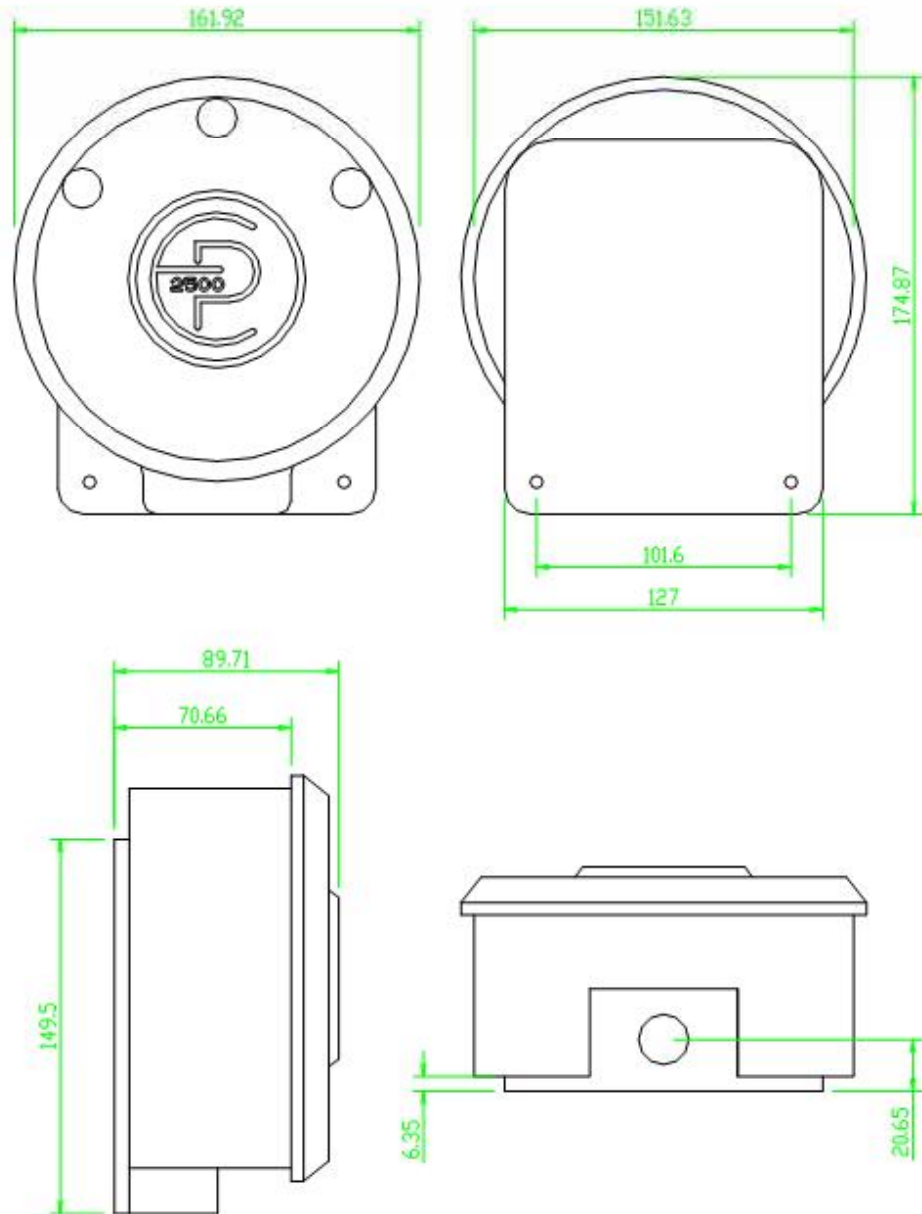


## 仕 様      EP - 2500JA、EP - 2500JF

モデルタイプ	EP - 2500A 単相	EP - 2500F 三相デルタ
回路解説	Internal Circuit Breaker    Voltage Limit Clamp(MOV) Gas Tube Varister    Spectrum Multiplier    Low-Pass Filter Dissipative Absorber    (Parallel Operated)	
相線 中性線電圧	100/200V	200V(Delta)
最大連続動作電流	該当無し(パラレル接続機器)	
最大連続動作電圧(MCOV)	120Vrms	230Vrms
接 続	ワイヤーリード	
SPDの保護モード	相線 - 中性線	相線 - 相線
最大サージ電流	22,000Amps	
Vピーク	400V	500V
クランプ電圧	相線 - 中性線 155V	相線 - Ground 325V
EMI-RFI	60Hz ~ 700kHz    40dB 減衰	
安全機関承認	UL1449 2nd Edition TVSS Testing CSA Standards Class 9091 01 & 9091 81 CSA std22.2 No.8-M1986	
安全格付け	Fire Rating 94V-0	
適用環境	カテゴリーC	
外形寸法	寸法: 162mm、奥行き175mm	
重 量	2.4kg	
材 質	アルミ製筐体、LEDインジケータランプ、 ワイヤー; 14ga600V 不良モード時、構成回路の保護のため回路はエポキシで密閉	
ワイヤーサイズ、長さ	14ga、3フィート	
アクセサリ	黄色LEDインジケータランプ(活線相)	
反応速度	基本反応速度; ±1ナノセカンド	

# EP-2500 姿図

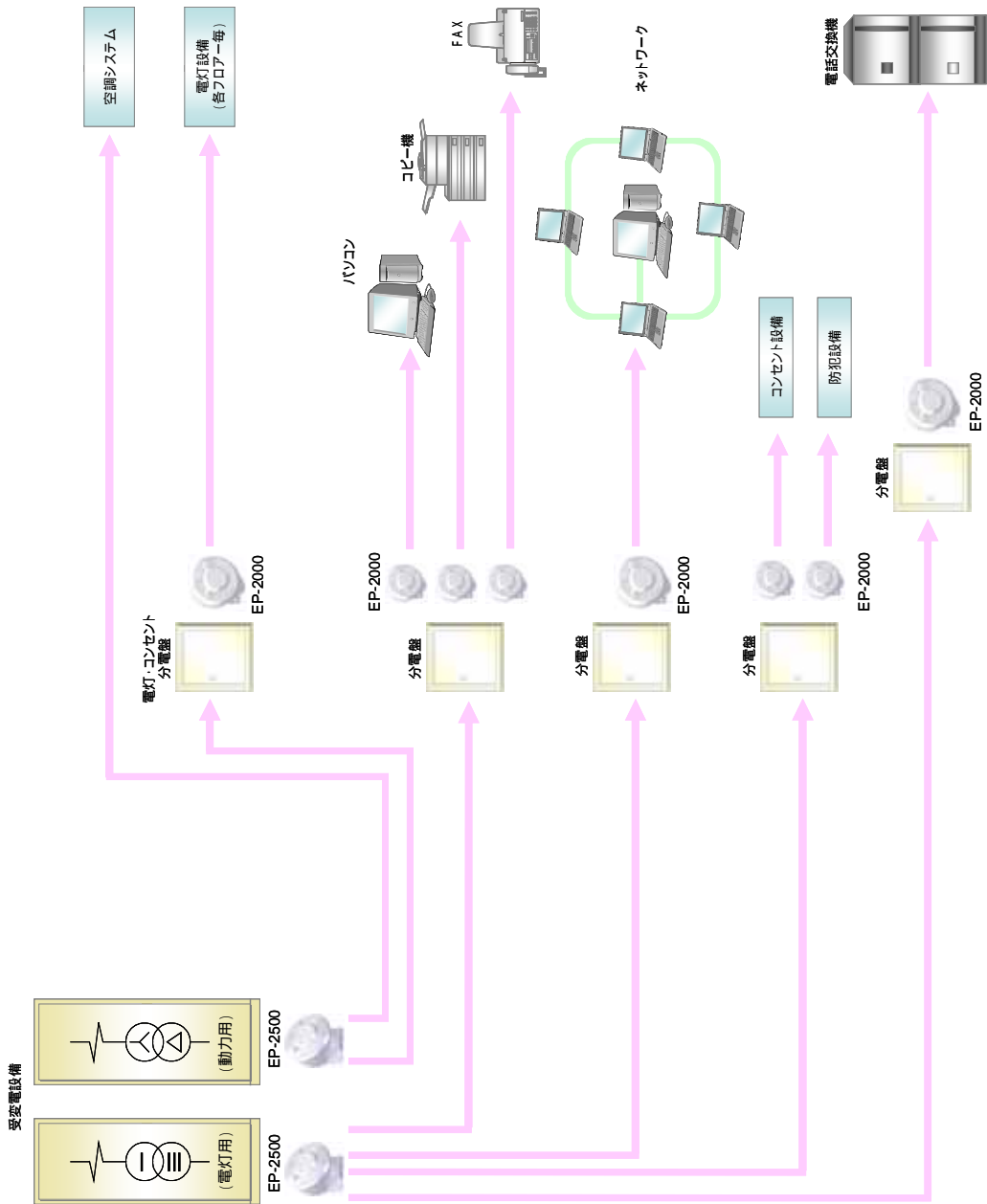
## EP2500 Case Diagrams



# APPLICATION 1 : 商業施設

## Application1 Commercial Site

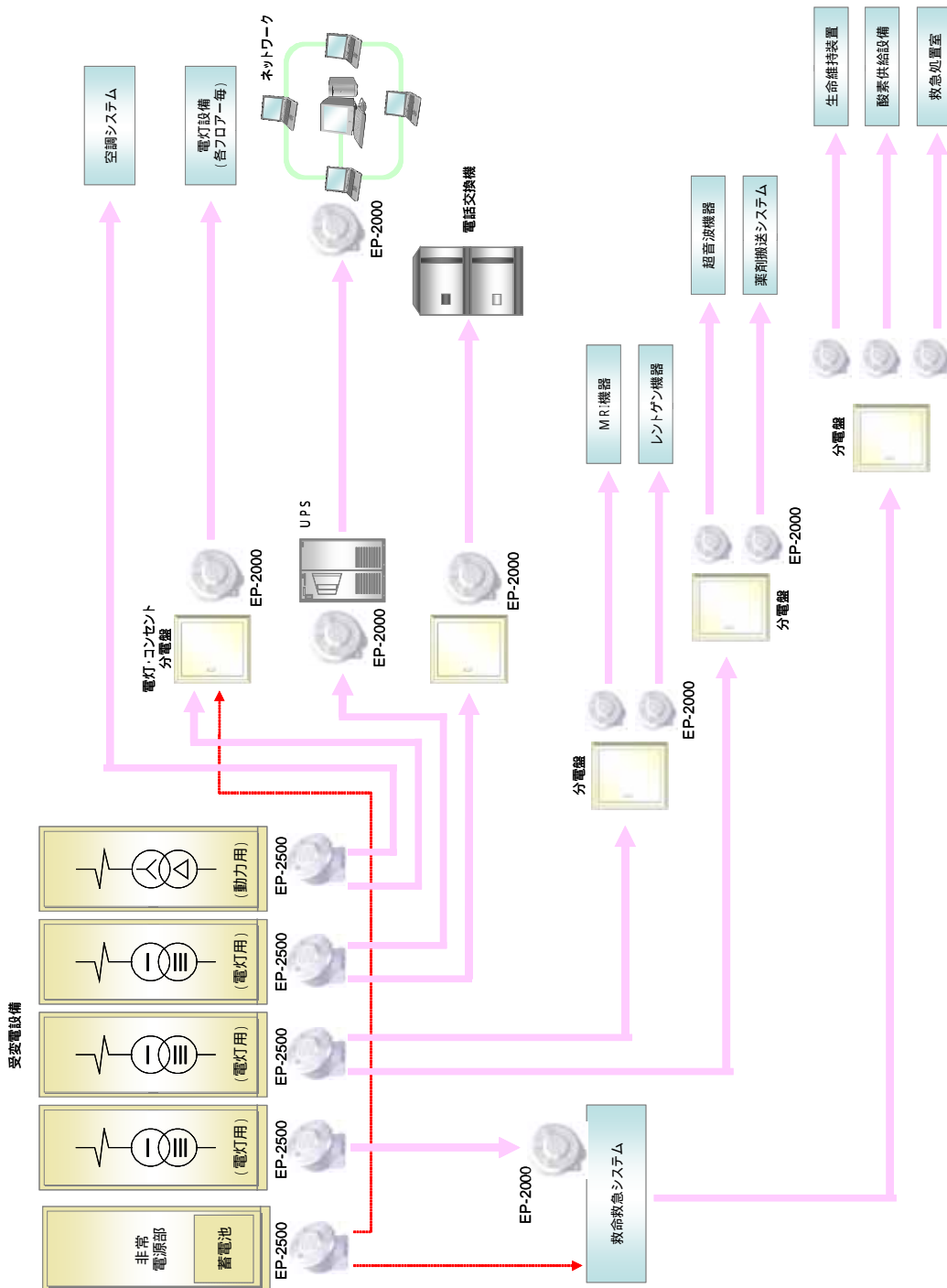
APPLICATION 1 : 商業施設 事務所



# APPLICATION 2 : 医療施設

## Application 2 : Medical Facility

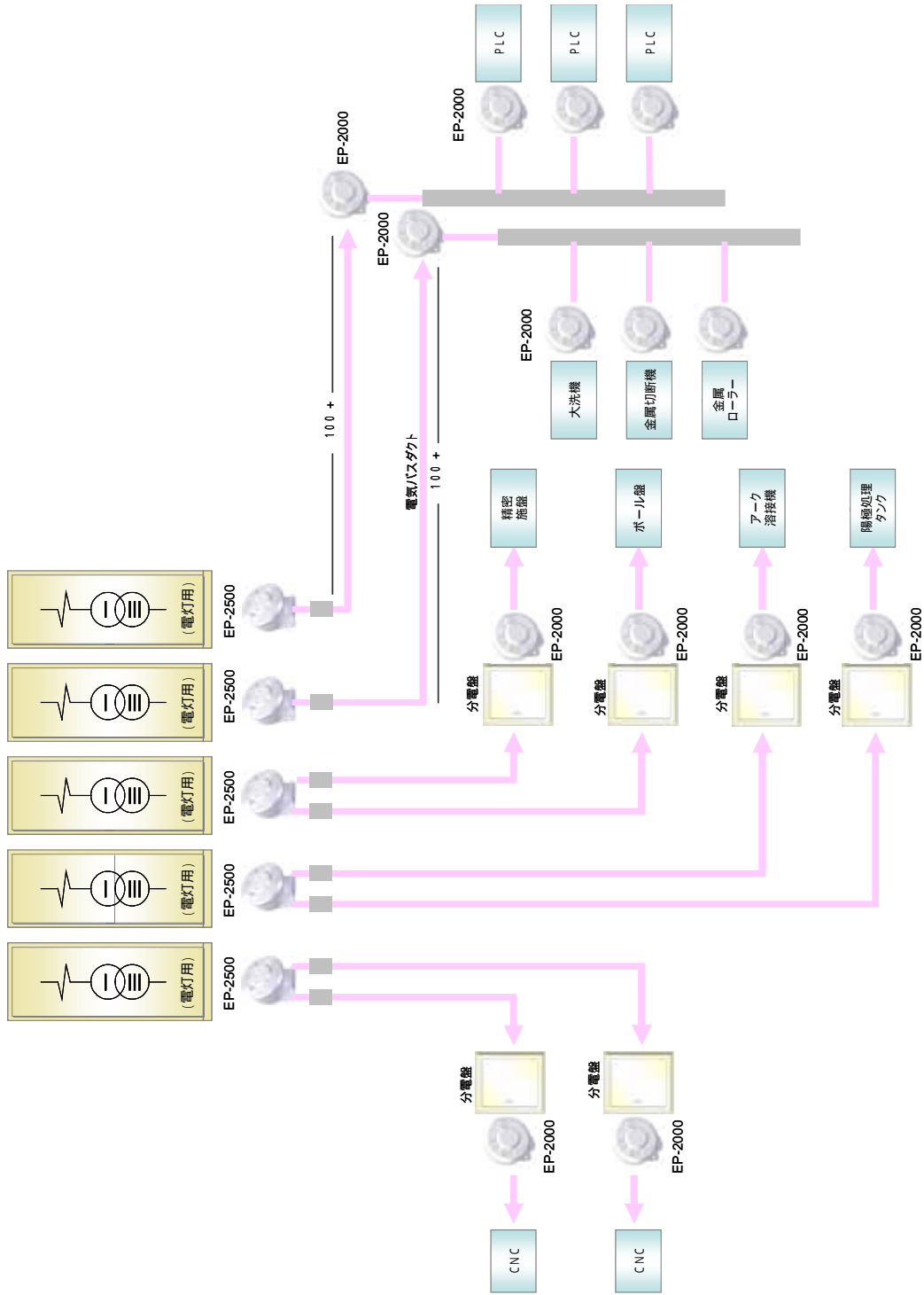
APPLICATION 2 : 医療施設 病院



# APPLICATION 3 : 産業施設

## Application 3 : Industrial Site

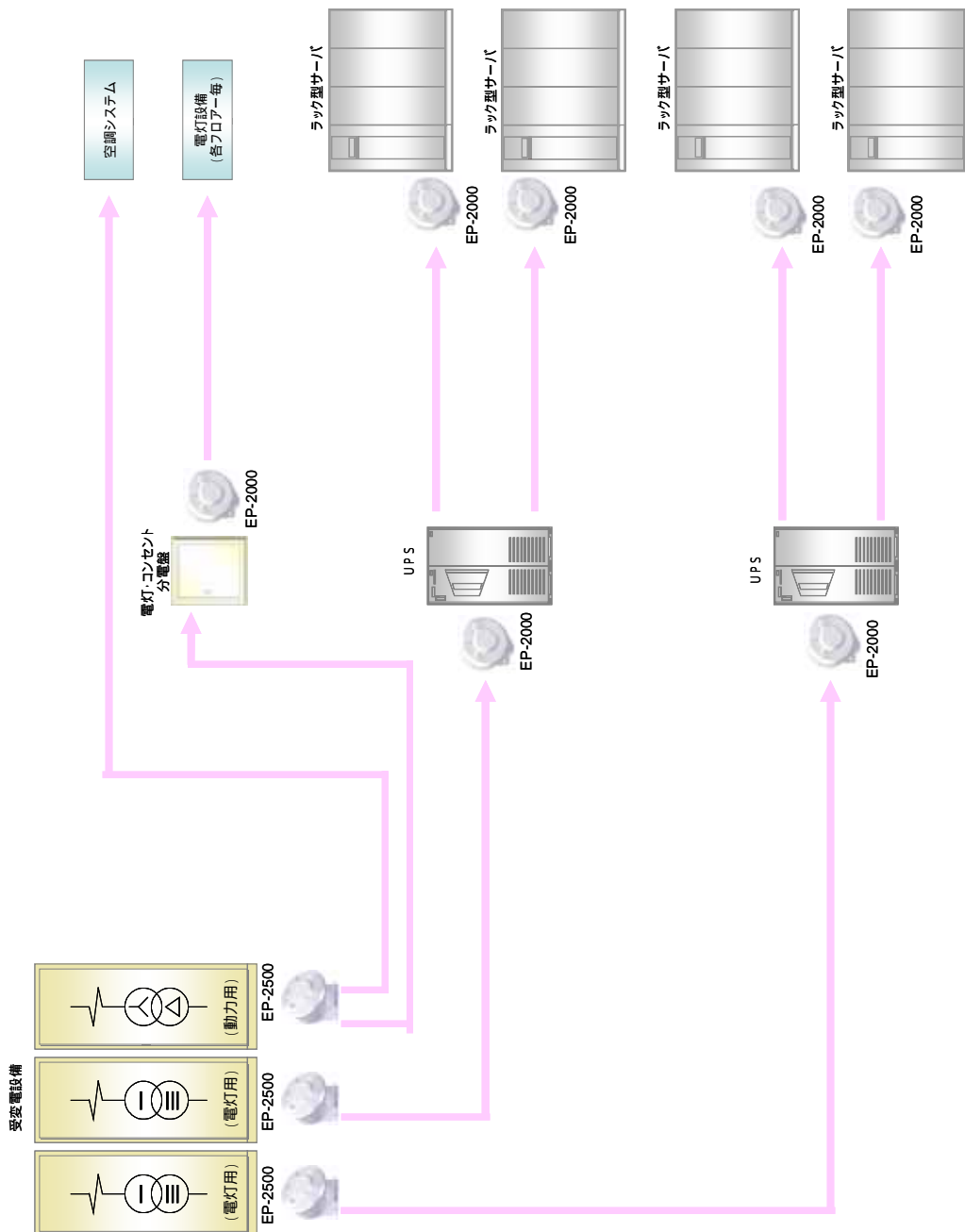
APPLICATION 3 : 産業施設



# APPLICATION 4 : サーババンク

## Application 4 : Server Bank

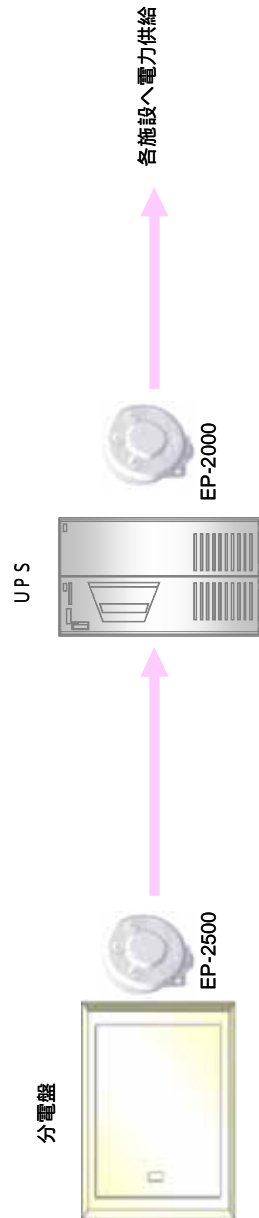
APPLICATION 4 : IDC コンピュータ・センター



# APPLICATION 5 : UPS

## Application 5 : UPS

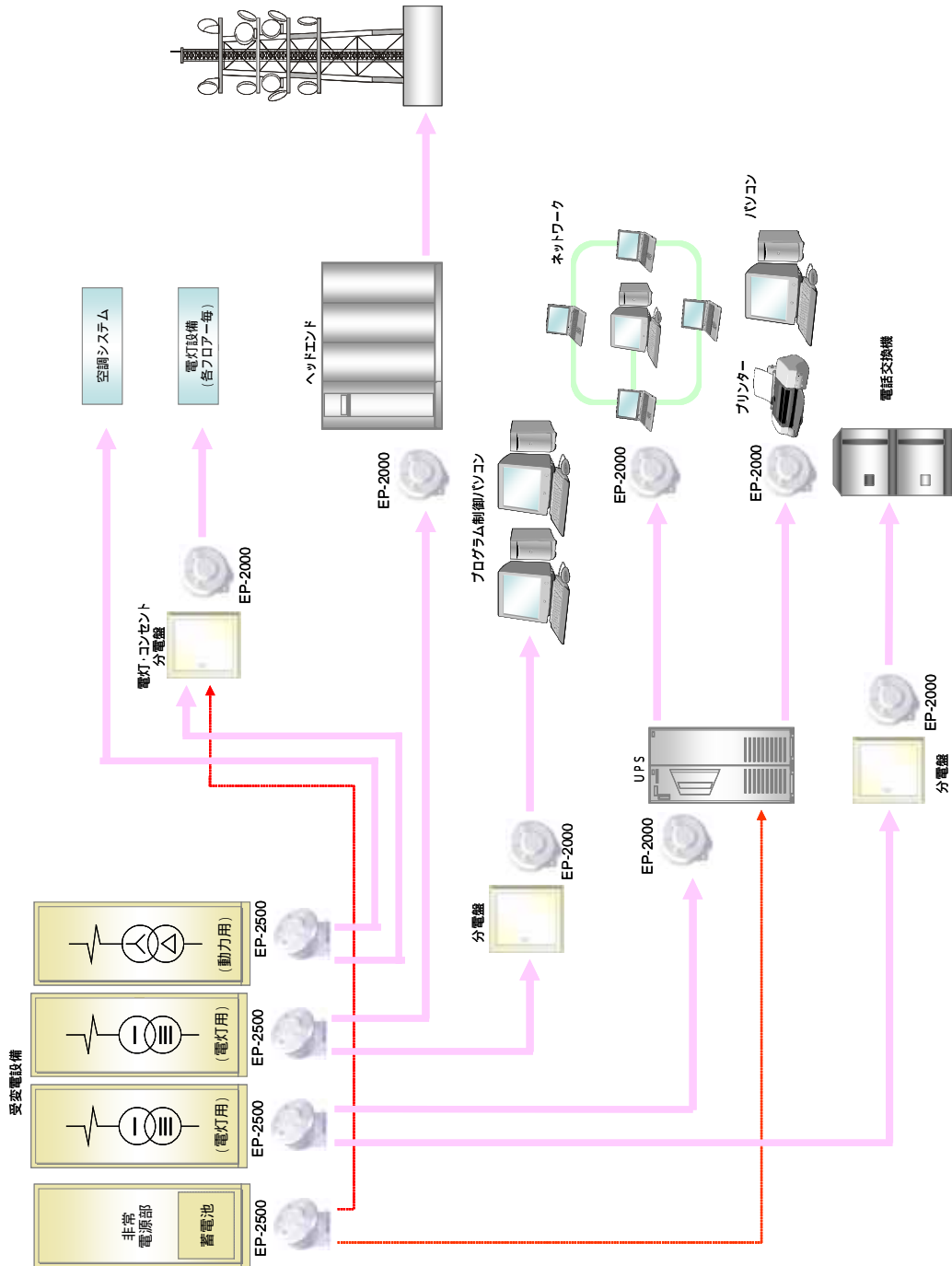
APPLICATION 5 : UPS



# APPLICATION 6 : 放送施設

## Application 6 : Broadcast Facility

APPLICATION 6 : 放送施設    テレビ局    携帯電話施設



## 設置要領

### Installation Procedures

- ・工事説明書に従って施工下さい。
- ・電気工事の有資格者によって作業を行ってください。
- ・端子への接続が不完全だと作動しない場合があります、設置完了後、全ての結線を再確認し、増す締め等を行ってください。
- ・相線（黒線）の長さはユニットの性能に影響を与えます、E Pユニットから負荷までのリード線（相線：黒）の長さは極力短くしてください（150mm以下が望ましい）。

### 安全：

- ・必ず電源を切って設置作業をして下さい。
- ・作業の間は、結線する端子（ターミナル）以外（他の金属、中性線、グラウンド、アース線、他の人等）の端子に接触しないよう注意してください。
- ・設置後は他の端子との接触が無いことを再確認してから、開閉スイッチを入れて下さい。

**必要な工具** ： 以下は据付の際に必要な基本的な工具の例です。

- 各種サイズのドライバー
- アレン・レンチのセット)
- ナット・ドライバーのセット
- 開放端レンチのセット
- 6インチの自在スパナ
- 懐中電燈 / 高電圧保護手袋 / 電気絶縁テープ
- 電圧テスター（600Vまで）
- ドリル / ドリルビットのセット

**ワイヤー** ： ワイヤーは電気法に従ってコード化されています：

- 黒 ... “負荷線” または “活線”
- 白 ... “中性線”
- 緑色 ... “ケース接地線”

- ・赤い線が接続されている場合、この赤い線はデルタ結線におけるハイ・レッグです。
- ・デルタ・ユニット上では青い線は位相Cを表し、電圧は“黒線”と同じです。
- ・黒の“活線”リードの長さは6インチ～10インチ（150mm～250mm）にしてください。
- ・中性線（白線）グラウンド（緑線）の線の長さは重要ではありません。

### 注意（重要）：

- ・E Pユニットから負荷（黒線）までのリードの長さを、できるだけ短くし、回路ブレーカーまで最短の距離で直結するように設置・接続してください。

## インストール:

### 1. 全第一:

必ず、乾いたところで作業をしてください。設置接続工事中は金属や配管などに触れないようにしてください。また、他の人との体にも触れないようにして下さい。

### 2. パネル・カバーの取り外し:

パネル・カバーを取り外します。または接続開閉用スイッチのドアを開けて下さい。

### 3. 取付け:

カバーを外した後、またはドアを開けた後、回路ブレーカーパネルに約13mmの穴を開けてください。まず、先にワイヤー（線）を中に通し、その後E P - S P Dユニットを取付けてください。その際、ワイヤーの被覆がむけた金属部分を他の配線に触れないのようして下さい。ユニットが穴に取付けられた後、ワイヤーの上に約13mmの止めナットをはめ、パネル内部のユニットから出ている継手をネジ止めします。その際、止めナットがきつく締められているかどうか、ドライバーで叩いて、確実にして下さい。これで、ユニットはしっかりと固定して下さい。

### 4. 配線接続:

低電圧保護手袋をはめた状態で、緑色の線を大地バー（グラウンド）に接続します。白線がある場合は中性接続バーに接続して下さい。次に片方の手で「活」線のリードを持ちながら、慎重にもう片方で、線が端末から飛び出さないよう注意しながら、「活」リード末端を緩めます。そして、S P Dからの黒線を「活」線に重ねて接続し、リードをゆるまないよう締めます。赤線はハイ・レグ（高脚）接続用であり、デルタ結線のハイ・レグにのみ接して下さい。黒線および他の線をデルタ結線のハイレグ（高脚）に決して接続しないでください。

### 5. 再確認:

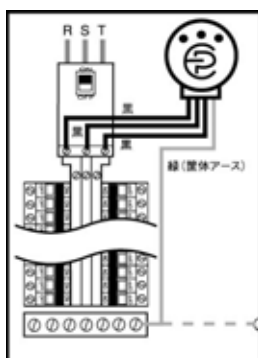
全ての接続が確実にきつく閉められているよう確認します。

### 6. パネルの取付け:

パネル・カバーまたは接続開閉用スイッチのドアを元に戻します。

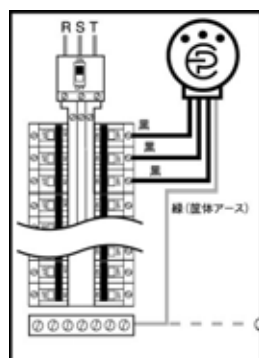
## 設置事例

事例A



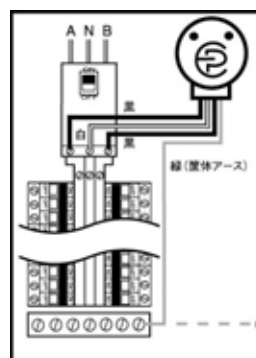
Fタイプ

事例B



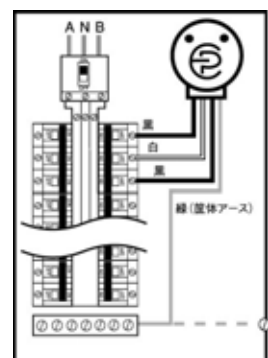
Fタイプ

事例C



Aタイプ

事例D



Aタイプ

**注意** : 記載されている内容は工事事例の一つです。設置機器、場所の環境により変わります。電気工事資格者にて法律等に従って実施ください。

## 参考 ( REFERENCE )

### 略語 ( Abbreviations ) :

ANSI	American National Standards Institute
CSA	Canadian Standards Association
EMP	Electromagnetic Pulse
EMI	Electromagnetic Interference
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
RFI	Radio Frequency Interference
UL	Underwriters Laboratories

### 参考 ( References )

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Standard 100-1988**

**Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms**

<b>C62-IEEE</b>	Guides and Standards for Surge Protection
<b>C62.41-IEEE</b>	Guide for Surge Voltages in Low Voltage AC Power Circuits
<b>C62.45-IEEE</b>	Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low Voltage AC Power Circuits
<b>UL 1449</b>	Standard for Safety Transient Voltage Surge Suppressors
<b>NEMA LS-1</b>	Low Voltage Surge Protective Devices

エンバイロンメンタル・ポテンシャルズ・ジャパン有限会社  
**Environmental Potentials JAPAN**

〒150-0032 東京都渋谷区鶯谷町7 - 2

電話：03 - 5728 - 3153 FAX：03 - 5728 - 3154

All rights reserved © 2003 Environmental Potentials, Inc.

本資料の本文および写真の無断転載、複写は法律で禁じられています。(REV 12/03)