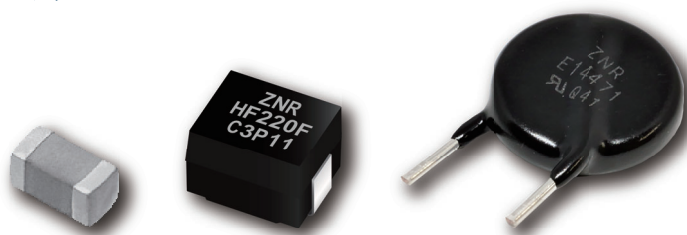


テクニカルガイド

“ZNR®” サージアブソーバ チップ形積層バリスタ



IN Your
Innovation



“ZNR®” サージアブソーバ

テクニカルガイド

1. “ZNR®” とは	1
1-1. “ZNR®” とは	1
1-2. バリスタの基本特性	1
2. バリスタの種類	2
2-1. ツェナーダイオード	3
2-2. 酸化亜鉛バリスタ	3
2-3. ギャップ式サージ防護素子	3
2-4. その他のバリスタ	3
3. “ZNR®” の適用の基礎	4
3-1. サージ電圧の吸収	4
3-2. 異常電圧の分類と対策部品	4
4. “ZNR®” の内部微細構造	5
4-1. “ZNR®” の電子顕微鏡写真	5
4-2. “ZNR®” の微細構造	5
4-3. 結晶粒子・粒界層の電気特性	6
5. サージ電圧について	7
5-1. サージ電圧とは	7
5-2. 雷に起因するサージ電圧	7
5-3. 回路開閉によるサージ電圧	9
5-4. 静電気の放電によるサージ電圧	9
5-5. ロードダンプサージ	9
6. 技術用語の解説	10
6-1. バリスタ電圧	10
6-2. 最大許容回路電圧	10
6-3. 制限電圧	11
6-4. サージ電流耐量	11
6-5. エネルギー耐量	11
6-6. 最大平均パルス電力	11
7. “ZNR®” の品番選定	12
7-1. ZNR-D タイプの選定方法	12
(1) バリスタ電圧の決定	
(2) シリーズ (ø) の決定	
7-2. チップ形積層バリスタの選定方法	14
8. “ZNR®” の製品概要	15
8-1. 主な製品と特長	15
8-2. 主な製品の品番呼称法	17
9. “ZNR®” を用いたサージ対策	18
9-1. 電源サージ対策	18
9-2. 誘導性負荷開閉サージ対策	19
9-3. “ZNR®” 選定フローチャート	20
9-4. “ZNR®” の代表的選定フロー	21
(1) 電源ラインのサージ対策	
(2) リレーからの開閉サージ対策	
(3) サージ試験規格を適用した選定方法	

1-1. “ZNR®” とは

ZNR とは Zinc-Oxide Non-linear Resistor（酸化亜鉛非直線抵抗器）の略称でパナソニック（旧松下電器）が 1968 年に開発した画期的な電圧依存性抵抗器の商品名（登録商標）です。
一般的には酸化亜鉛バリスタなどの名称で呼ばれています。

1-2. バリスタの基本特性

通常の抵抗器に直流電圧 E、直流電流計 A、抵抗器 R を接続し、その時流れる電流を I とするとき次式①に示す関係があります。

$$I \text{ (電流)} = \frac{E \text{ (電源電圧)}}{R \text{ (抵抗値)}} \quad \dots\dots ①$$

流れる電流 I は印加電圧 E に比例し接続された抵抗値 R に反比例します。（オームの法則）

この関係を縦軸（Y 軸）に電流、横軸（X 軸）に電圧を目盛り、電圧を 0 V から上昇させ、その時の電流をプロットすると図 1.2 に示すように直線になります。
通常の抵抗器は加える電圧によって抵抗値が変化することはありません。

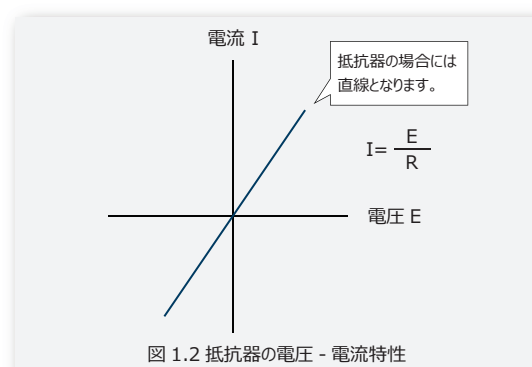
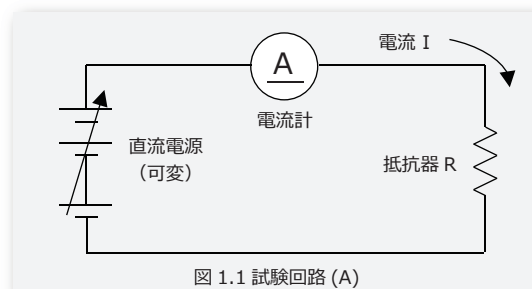
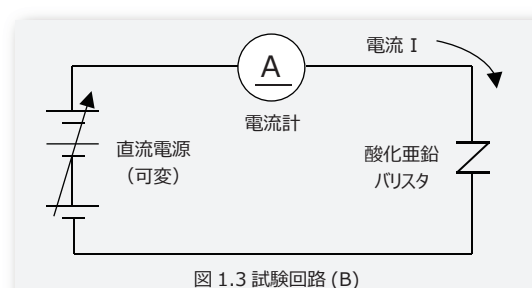


図 1.3 の試験回路 (B) のように抵抗器 R に替え、ZNR を接続し、電圧を 0 V から徐々に上昇させ、その時の回路に流れる電流をプロットすると、通常の抵抗器の場合とは異なる現象が観察されます。（図 1.4 参照）



- ①電圧を 0 V から徐々に上昇させてもある一定電圧までほとんど電流が流れません。
- ②ある一定の電圧を超えると電流値 I が指数関数的に急激に増加します。

これが「バリスタの基本特性」です。

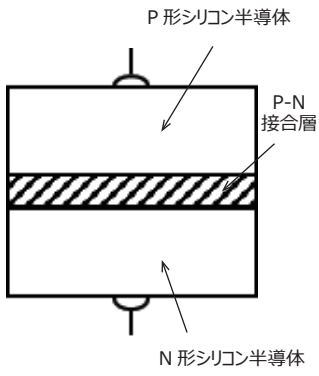
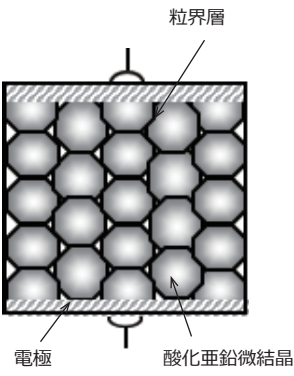
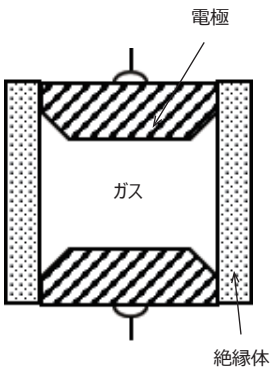
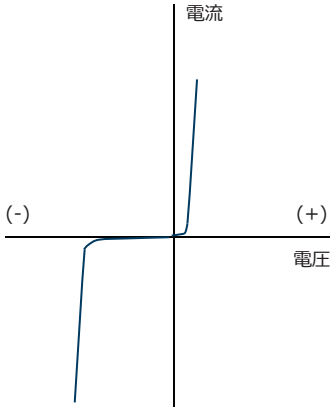
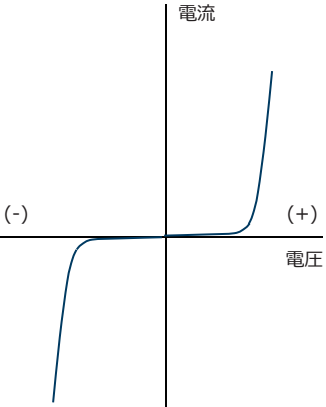
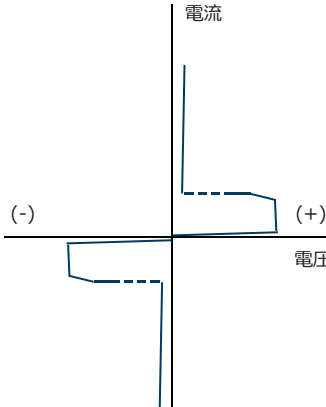
バリスタの場合には、抵抗器と異なり電圧 E と電流 I との関係は図 1.4 (バリスタの電圧 - 電流特性) に示すように曲線となり次式②によって表現されます。

$$I = \left(\frac{E}{C} \right)^a \quad \dots\dots ②$$

I : バリスタに流れる電流
E : バリスタの端子間電圧
C : 材料によって決定される定数
a : 電圧非直線指数 ($a > 1$)



各種バリスタの内、代表的なツェナーダイオードと酸化亜鉛バリスタ（パナソニック商品名“ZNR®”サージアブソーバ）、またバリスタと同じようにサージ対策に用いられるギャップ式サージ防護素子（ギャップ式 SPD / Surge Protective Device）の構造・原理及びその特性（電圧 - 電流特性）について下表に示します。

	ツェナーダイオード	酸化亜鉛バリスタ	ギャップ式サージ防護素子
構造・原理	 シリコン単結晶の P-N 接合部の電圧非直線性を利用	 酸化亜鉛微結晶粒子と酸化ビスマスなど高抵抗層との粒界の電圧非直線性を利用	 電極間の電圧が上がってくると、アーク放電が起こり電流が流れます
電圧電流特性	 電圧電流特性：非対称型 電流の立上りが急峻 (電圧非直線指数$\alpha = 30 \sim 70$)	 電圧電流特性：対称型 電流の立上りが急峻 (電圧非直線指数$\alpha = 20 \sim 50$)	 電圧電流特性：対称型 放電現象による非連続な特性 続流が発生する

参 考 用語の解説

- ・ ZNR
⇒ 酸化亜鉛非直線性抵抗器（Zinc-Oxide Non-linear Resistor）“ZNR®” は Panasonic の登録商標です
- ・ 可変抵抗器（Variable Resistor）
⇒ Varistor（バリスタ）
- ・ 電圧依存性抵抗器（Voltage Dependent Resistor）
⇒ VDR
- ・ 金属酸化物バリスタ（Metal Oxide Varistor）
⇒ MOV（モブ）特に北米、欧州ではこの呼び方が一般的
- ・ サージ防護素子、避雷器
⇒ SPD（Surge Protective Device）
- ・ 過渡電圧抑制器
⇒ TVS（Transient Voltage Suppressor）

2-1. ツェナーダイオード

Si ツェナーダイオードは Si 単結晶の P-N 接合部の電圧非直線性を用いたもので、電圧 - 電流特性は、Y 軸（電流）に対して左右非対称形で、順方向で 0.6~0.8 V 付近において電流が立上り、逆方向の立上り電圧（ツェナー電圧）は数 V~100 V の範囲にあります。その電圧 - 電流特性は非常に急峻なカーブ（電圧非直線指数 $\alpha = 30 \sim 70$ ）を示します。ツェナー電圧は P-N 接合層の厚さと不純物濃度によって制御することが可能です。

2-2. 酸化亜鉛バリスタ

酸化亜鉛 (ZnO) バリスタは、酸化亜鉛セラミック焼結体で構成され ZnO 微結晶粒子を酸化ビスマス (Bi_2O_3) など高抵抗層が取り囲み、この粒界層を介して、多数の ZnO 微結晶粒子が接続された構造を持っています。

ZnO の微結晶粒子と高抵抗の粒界層の電圧非直線性を用いたもので、その電圧 - 電流特性は Y 軸（電流）に対して左右対称形で Si ツェナーダイオードに匹敵する急峻な立上りカーブ（非直線指数 $\alpha = 20 \sim 50$ ）を示します。

バリスタ電圧は、ZnO 微結晶粒子の大きさや粒界層の厚さ、接続数などを窯業的な手段を用いることにより制御することが可能で、数 V~数 kV まで広範囲に変えることができます。

パナソニックの ZNR サージアブソーバ各種、チップ形積層バリスタがこれにあたります。

2-3. ギャップ式サージ防護素子 (SPD / Surge Protective Device)

放電現象を利用したもので、不活性ガス雰囲気中に一对の放電電極を配したものが一般的で、ガス入り放電管 (GDT=Gas Discharge Tube) と呼ばれています。

サージ電圧により放電電極間に放電が生じると電極間の抵抗が低下して短絡状態となることによりサージ電圧を低減することができます。サージが印加され放電が始まるまでにはある程度の時間を要します（応答遅れ）。

また電源に接続される場合にはサージ吸収後も電源から供給される電流により放電が継続し電源の短絡電流が流れ続けることがあるため（続流）、ギャップ式 SPD を電源に使う場合はバリスタと直列接続して使用するなど続流防止の対策を行う必要があります。

このためギャップ式 SPD は電源 1 次側の線間に単独で使われることはまれで、線大地間にバリスタと直列に併用されることが多いようです。線大地間では接地抵抗の影響によりバリスタ故障（ショート）時に電流ヒューズが切れずにバリスタの外装樹脂が発煙・発火する可能性があり、この対策としてギャップ式 SPD とバリスタを直列接続して使用するケースがあります。

2-4. その他のバリスタ

チタン酸ストロンチウム、チタン酸バリウムを主原料としたセラミック焼結体を用いたバリスタがあります。電圧電流特性は対称形でバリスタ電圧は数 V~数十 V の範囲にあります。

このバリスタは並列に大きな静電容量（コンデンサ機能）を持つ多機能バリスタでデジタル機器から発生するクロックノイズや高速パルスの吸収に効果があるので、その応用に期待がかけられています。

パナソニックのチップ形積層バリスタ EZJS シリーズがこれにあたります。

参 考

バリスタ（電圧依存性抵抗器）の電圧 - 電流特性を数式で表すと一般に次式①で表現されます。

$$I = \left(\frac{E}{C} \right)^{\alpha} \dots \dots \textcircled{1}$$

I : バリスタに流れる電流
E : バリスタの端子間電圧
C : 材料によって決定される定数
 α : 電圧非直線指数 ($\alpha > 1$)

測定電流 I1、I2 に対応するバリスタの端子間電圧をそれぞれ V1、V2 とする時、バリスタの電圧非直線指数 α は②式によって算出することができます。

$$\alpha = \frac{\log I1 - \log I2}{\log V1 - \log V2} = \frac{\log \left(\frac{I1}{I2} \right)}{\log \left(\frac{V1}{V2} \right)} \dots \dots \textcircled{2}$$

また、 $I1/I2 = 10$ の場合、電圧非直線指数 α は③式で算出することができます。

$$\alpha = \frac{1}{\log \left(\frac{V1}{V2} \right)} \dots \dots \textcircled{3}$$

バリスタの電圧非直線指数 α は 1 より大きく α の値が大きいほどバリスタ効果が大きいということになります。

（すなわち電圧 - 電流特性が急峻に立上がるということになります）

シリコンツェナーダイオードの場合 $\alpha = 30 \sim 70$ 、酸化亜鉛バリスタの場合 $\alpha = 20 \sim 50$ となります。

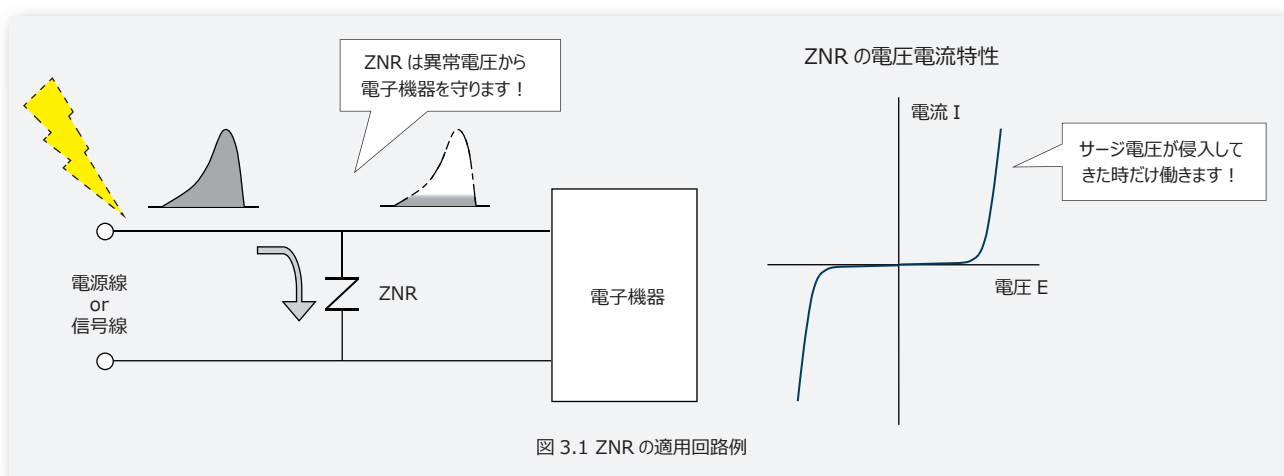
3-1. サージ電圧の吸収

トランジスタや IC を用いた電子機器は、雷（誘導雷）や電源スイッチング時の ON-OFF、さらには静電気の放電などによって発生するサージ電圧（百分の 1 秒 (1×10^{-2}) から 1 億分の 1 秒 (1×10^{-8}) 程度、即ち数十 m (ミリ) 秒から数十 n (ナノ) 秒の瞬間的な高電圧）に非常に敏感で、誤動作したり、時には破壊してしまうこともあります。

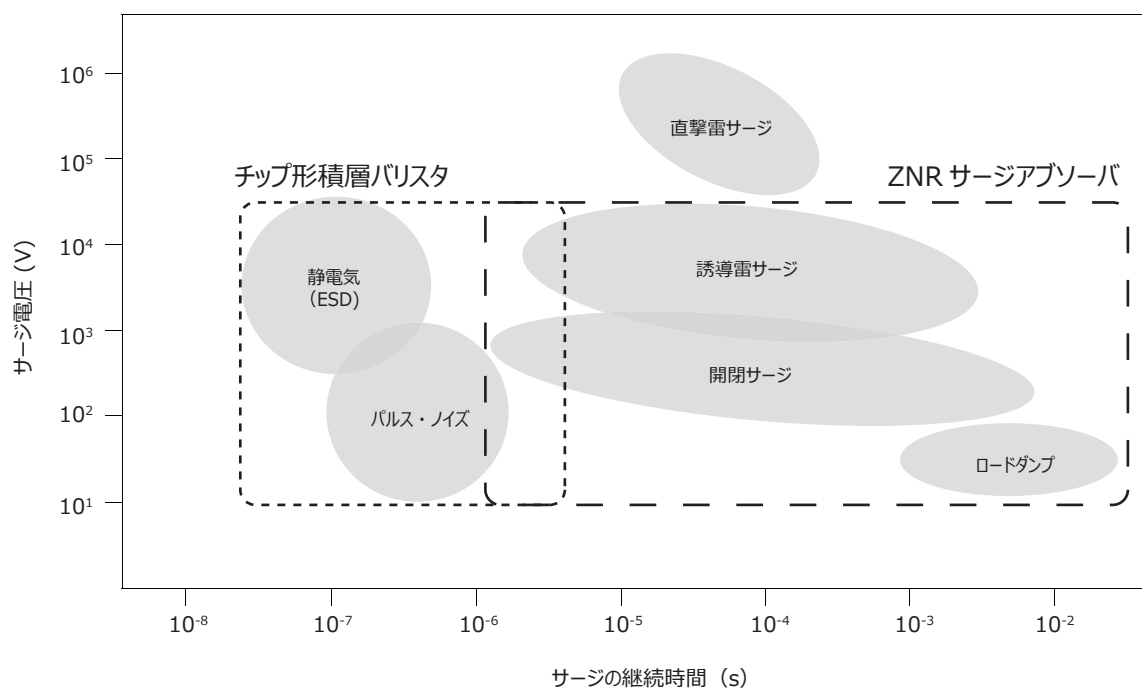
ZNR はその特性を活かしてこのような有害なサージ電圧を瞬時に吸収し、電子機器を破壊から保護する目的に使用されています。

この用途に使用する場合には、通常は ZNR が動作しないようバリスタ電圧を選定する必要があり、サージ電圧が侵入した時のみ有効に働くようにしなければなりません。この時 ZNR は異常電圧に対するガードマンとして働きます。

トランジスタや IC を用いた OA 機器、通信機器、家電製品、自動車はもちろんのこと、電気を運ぶ送電線にも多く使用されています。



3-2. 異常電圧の分類と対策部品



パルス：極めて短い時間だけ流れる電流や電波。また、その繰返し。
ノイズ：処理対象となる情報以外の不要な情報のこと。

4-1. “ZNR®” の電子顕微鏡拡大写真

ZNR（酸化亜鉛バリスタ）は、酸化亜鉛（ZnO）を主原料として Bi_2O_3 （酸化ビスマス）などの微量添加物を添加、混合・粉碎、造粒工程を通った粉末原料をプレス成形し、高温で焼成されたセラミックです。

このセラミック焼結体は外観からは一般のセラミック（瀬戸物、磁器など）と変わりありません。

この ZNR 素体の表面を電子顕微鏡で拡大すると写真 4.1 に示すように粒のそろった多数の結晶粒子が石垣を並べたように多数個集まって構成されているのが分かります。

ZNR のセラミックは多数の酸化亜鉛（ZnO）結晶粒子とそれを取り巻く粒界層（結晶粒子と結晶粒子間にできる層）によって構成されており、これを模型的に表現すると図 4.1 のようになります。

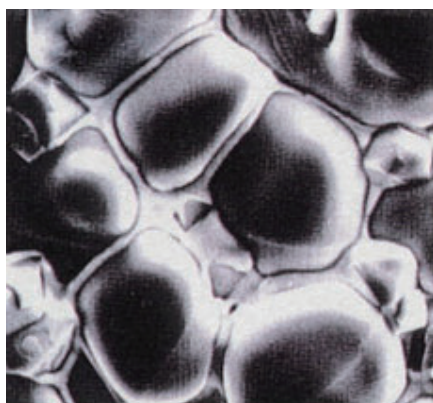


写真 4.1 ZNR の電子顕微鏡拡大写真（例）

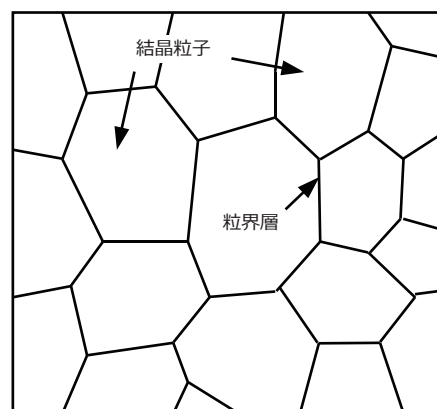


図 4.1 多結晶集合体の構造模型

4-2. “ZNR®” の微細構造

次に X 線マイクロアナライザを使って 4-1 項の粒界層を詳しく解析すると、写真 4.2 に示すように結晶粒子間にできる粒界層には酸化ビスマス（ Bi_2O_3 ）が高密度に析出しているのが観察されます。

写真 4.2 の白い部分が酸化ビスマスです。

すなわち、この粒界層を構成する物質は、酸化ビスマスを主体とする層で、この層が酸化亜鉛結晶粒子一個一個を取り囲んでいる構造であることが分かります。

又、このセラミック焼結体を特殊なエッチング液を用いて、ZnO 結晶粒子のみを溶解し、残った粒界層のみを電子顕微鏡を用いて観察すると、写真 4.3 に示すように、酸化ビスマスの粒界層の骨組みが遊園地にあるジャングルジムのように立体的な構造で連続しているのが分かります。

ZNR は「ZnO 結晶粒子を酸化ビスマス粒界層が取り囲み、これらのユニットが立体的かつ網の目状に多数個接続された構造」になっています。

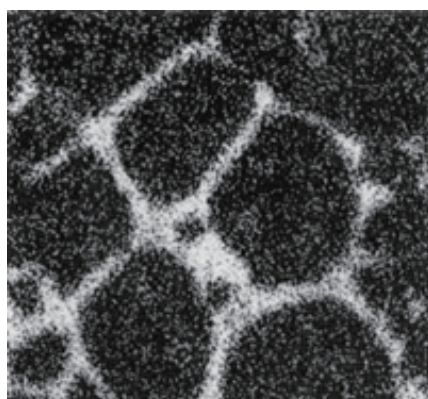


写真 4.2

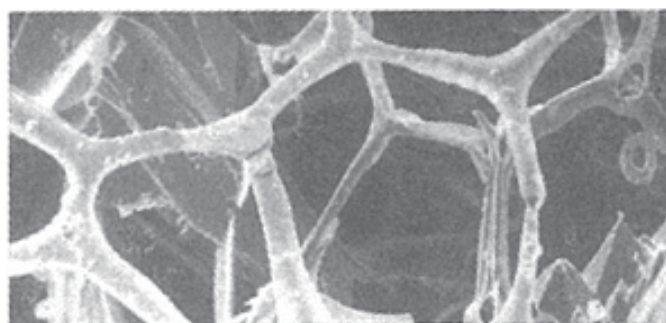


写真 4.3

4-3. 結晶粒子・粒界層の電気特性

セラミック焼結体を構成する基本ユニット「ZnO 結晶粒子 - Bi₂O₃ 粒界層 - ZnO 結晶粒子」をモデルとして、この電気特性について説明します。

[結晶粒子・粒界層の比抵抗]

ZnO 結晶粒子の比抵抗の値は、 $\rho = 1 \sim 10 \Omega \cdot \text{cm}$ と非常に小さく、一方 ZnO 結晶粒子を取り囲む Bi₂O₃ からなる粒界層の比抵抗の値は、 $\rho = 10^{12} \sim 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ と桁違いに大きな値を示します。

「ZnO 結晶粒子 - Bi₂O₃ 粒界層 - ZnO 結晶粒子」からなる基本ユニットにある電圧を印加すると、その電圧のほとんどが Bi₂O₃ 粒界層に印加されることになります。

このことを言葉にかえて表現しますと「電気特性は主に Bi₂O₃ 粒界層の性質によって決定される」ことになります。

(図 4.2 参照)

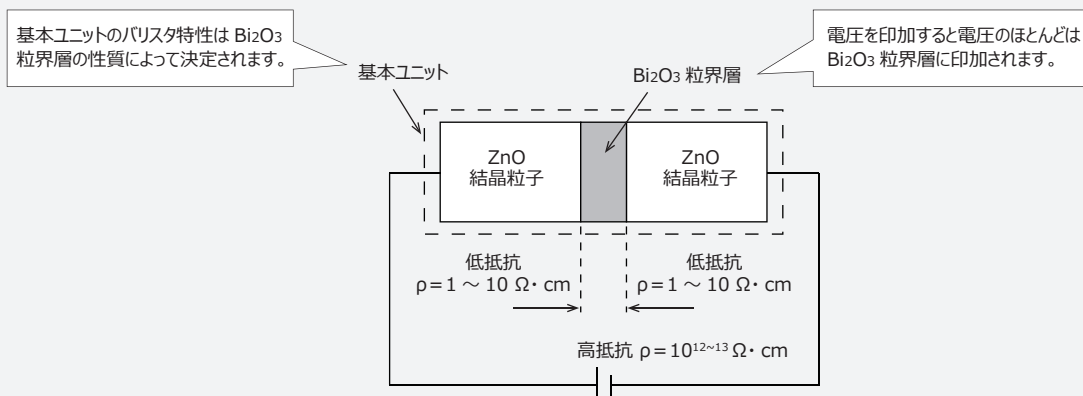


図 4.2

[結晶粒子・粒界層間のエネルギー障壁]

「ZnO 結晶粒子 - Bi₂O₃ 粒界層 - ZnO 結晶粒子」の基本ユニットに電圧を印加すると、不思議な現象が観察されます。

図 4.3 及び図 4.4 のイラストを参照してください。

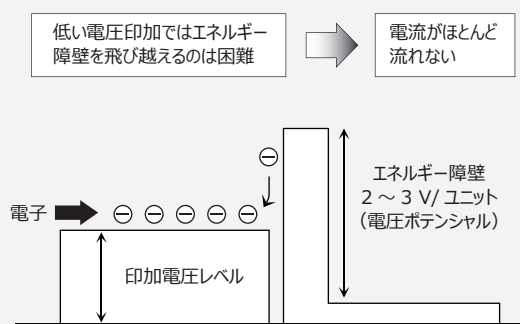


図 4.3

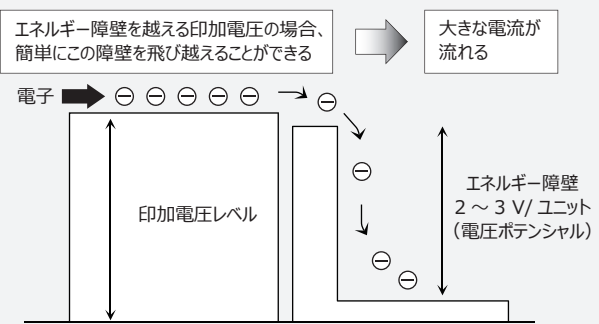


図 4.4

「ZnO 結晶粒子と Bi₂O₃ 粒界層の間に固有のエネルギー障壁（2 ~ 3 V 相当）があり、この基本ユニットにエネルギー障壁（2 ~ 3 V）未満の電圧を加えても電流はほとんど流れませんが、このエネルギー障壁を超える電圧を加えると急激に電流が流れだします。」（この基本ユニット 1 個 1 個が独立した“バリスタ”であることが分かります。）

[対称形電圧 - 電流特性]

ZNR の場合は、ツェナーダイオードなどシリコン半導体の PN 接合とは異なり構造原理上、電氣的に極性がないので（印加する電圧の極性⊕⊖を変えても電圧 - 電流特性は変化せず）対称形の電圧 - 電流特性を示します。

5-1. サージ電圧とは

「サージ電圧」とは正式な英語では“Transient Surge Voltage”と言い「過渡的かつ瞬間的な異常電圧」という意味になります。（「サージ電圧」は“Surge Voltage”を直訳したものととなります。）

一般にサージ電圧と呼ばれる電圧は「電気（電子）回路あるいは送電線において定常電圧を超えて瞬間的に発生する異常電圧」と定義されます。

各種の要因で発生したサージ電圧は、電源ライン、信号ラインを減衰、反射などを繰り返しながら伝播し、電力・電子機器に侵入して機器の機能を停止させたり、誤動作・劣化・破壊を招くなど機器の信頼性に大きな影響を与えます。

サージ電圧（異常電圧）を要因別に分類するとおおむね次のようになります。

- ① 雷に起因する電源線間又は通信線間の異常電圧
- ② 電源のスイッチ ON-OFF による異常電圧（特にコイル、トランスなどの誘導性負荷の場合）
- ③ 静電気の放電による異常電圧
- ④ その他（地絡事故等に伴う異常電圧）

5-2. 雷に起因するサージ電圧

雷に起因するサージ電圧は要因別に分類すると、直撃雷と誘導雷とに大別されます。

直撃雷とは「雷雲に蓄積された非常に大きな電気エネルギーが地面又は電源経路に直接放電する現象」で、放電の経路にある電気設備や電子機器などは直撃雷の大きなエネルギーにより、フラッシュオーバー、破壊など致命的なダメージを受けます。直撃雷の放電エネルギーは、現在の避雷器などでは吸収することが出来ず一般的な対策としては、避雷針を設けるとか送電線であれば架空地線を設けることなどが行われています。

一方、誘導雷とは、静電誘導や電磁誘導によって発生するもので図 5.1 に示すように正負に帯電した雷雲が発生、接近すると、送配電線、通信線、各種制御信号線上に非常に高い電圧を持った正の電荷が誘導されます。

次に雷雲はある程度電荷が蓄積すると空気絶縁を破り雲放電あるいは大地放電しますが、雷雲の底部に帯電していた負電荷が急激に消滅するため、「雷雲の負の電荷によって誘導・拘束されていた正の電荷は、その拘束を解かれ、図 5.2 のように線路の両方向へ進行波伝播する。このように誘導された正の電荷が移動する現象」を誘導雷と呼び、このサージ電圧のことを誘導雷サージ電圧、または静電誘導によるサージ電圧と呼びます。

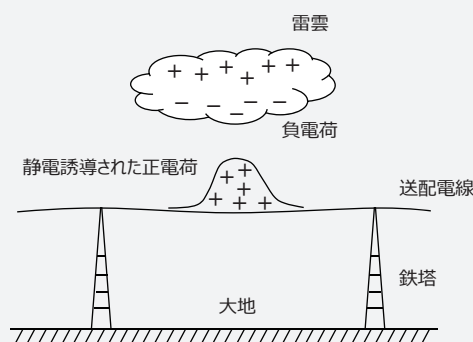


図 5.1 静電誘導によって誘導された線路上の正電荷

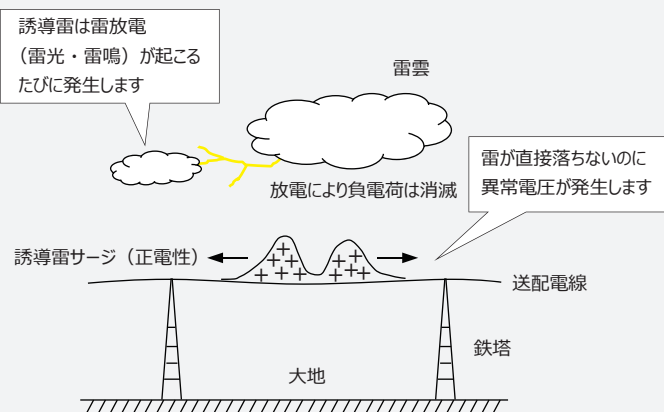


図 5.2 静電誘導によって誘導された線路上の正電荷

表 5.1 に直撃雷及び誘導雷の性質を示します。

項 目	直撃雷	誘導雷
電圧波高値	5000 kV 程度	50 kV 以下
電流波高値	数万 A を超える	5000 A 以下
サージ電圧波形	波頭長 : 1 ~ 7 μ s 波尾長 : 約 40 μ s 波頭しゅん度 : 270 kV/ μ s 程度	波頭長 : 1 ~ 30 μ s (特に 20 ~ 30 μ s が多い) 波尾長 : 40 ~ 200 μ s 波頭しゅん度 : 5 kV/ μ s 程度
極 性	負極性 (単一極性) が一般的	正極性 (単一極性) が一般的
サージエネルギー	極めて大きく、電気設備の絶縁は全てフラッシュオーバーを生じる。 防護装置 : 避雷針、架空地線 (サージ吸収器では吸収不能)	それほど大きくなく、フラッシュオーバーを生じることも少ない。 保護装置 : サージ吸収器で吸収可能
頻 度	少ない	多い
その他	時期的には夏季に多い。 (但し冬季雷もある。) 近接設備にも大きく影響を与える。	時期的には夏季に多い。 (但し冬季雷もある。)

表 5.1 直撃雷及び誘導雷の性質

雷サージに関する試験方法、条件が IEC61000-4-5 (国際規格) として制定されています。
 この規格に基づいたサージ試験機を使用して機器設計メーカーや部品メーカーなど色々な所でサージ試験が実施されバリスタの有効性確認や、機器の認証テストが行われています。

5-3. 回路開閉によるサージ電圧

電源回路にトランジスタやコイルなどの誘導負荷を接続しスイッチを開閉させた時に負荷の両端にサージ電圧が現れます。これは誘導負荷が接続されている場合、スイッチによって開閉された瞬間における電磁エネルギーが $1/2 \times L \times i^2$ の形で取り残され（図 5.3 参照）、このエネルギーが安定な状態で保持されることなく、サージ電圧の形で負荷両端に現れるためです。（図 5.4）。

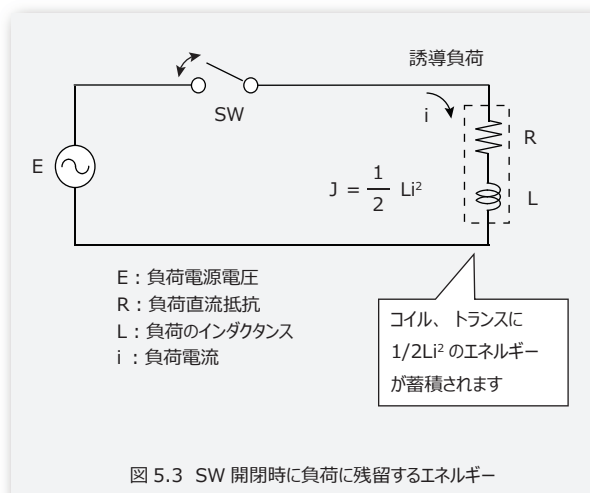


図 5.3 SW 開閉時に負荷に残留するエネルギー

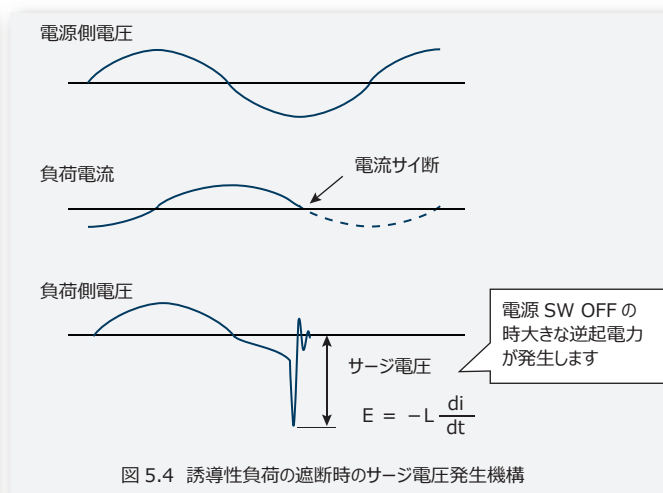


図 5.4 誘導性負荷の遮断時のサージ電圧発生機構

この電圧のことを逆起電力と呼び次式①の関係があります。

$$E \text{ (逆起電力)} = -L \frac{di}{dt} \quad \dots \dots \text{①}$$

L : インダクタンス
 i : 電流
 t : 時間

逆起電力 E は、誘導性負荷のインダクタンス（ H : ヘンリー）の値に比例し、 di/dt すなわち電流遮断の開閉速度が速ければ速いほど大きな値となります。

di/dt の値は、真空スイッチのように極間絶縁回復特性の優れたもの、接点材料によって遮断電流が大きな値を示すものなどが大きく、高い逆起電力が発生します。

マイクロスイッチ、真空スイッチ、リードスイッチ、減流ヒューズなどは遮断速度が速く大きな逆起電力が発生します。

5-4. 静電気の放電によるサージ電圧

テレビアンテナに蓄積した高い電荷の映像機器への放電、人体に蓄積した静電気の回路素子への静電気放電などのいろいろな静電気放電がありますが、電圧波高値が非常に高いのが特徴です。（但し、エネルギーはそう高いものではありません）静電気試験の規格としては、IEC 61000-4-2、IEC 61340-3、ISO 10605（国際規格）などがあり、この規格に基づいた静電気試験機を使用して、機器の認証テストやバリスタの有効性確認が行われています。

5-5. ロードダンプサージ

自動車のバッテリー端子外れ（断路・遮断）に起因して発生するサージです。オルタネータ（バッテリー充電用発電機）が電源ラインに電流を供給しバッテリーを充電している状態でバッテリーの接続が途絶えた場合に発生するサージでエネルギーが大きく、電圧が 100V を上回ることもあり、また時間も数百ミリ秒にも及ぶため各種 ECU の電子部品の破壊を招きます。

ロードダンプ試験の規格としては、JASO A-1（日本）や ISO 7637-2 Pulse 5 / ISO 16750-2 Test A（国際規格）などがあり、この規格に基づいたサージ試験機を使用して、機器の認証テストやバリスタの有効性確認が行われています。

下表は ZNR-D タイプのカタログの抜粋です。

品 番	バリスタ電圧	最大許容回路電圧		制限電圧 (max.) *Ip	最大平均 パルス 電力	エネルギー耐量		サージ電流耐量 (8/20 μ s)		静電容量 (max.)
	V _{1mA} (V)	AC rms (V)	DC (V)	(V)	(W)	(10/1000 μ s) (J)	(2 ms) (J)	1回 (A)	2回 (A)	at 1 kHz (pF)
ERZV14D820	82(74~90)	50	65	135	0.6	28	20	6000	5000	3700
ERZV14D101	100(90~110)	60	85	165	0.6	35	25	6000	5000	3200
ERZV14D121	120(108~132)	75	100	200	0.6	42	30	6000	5000	2700

6-1. バリスタ電圧

ZNR は電圧依存性抵抗器で、ある電圧以下では絶縁体で、ある電圧を超えると電氣的に導体となり、急激に電流が流れます。(図 6.1)

バリスタ電圧は定性的に「電圧電流特性カーブの立上り電圧」を示すことになり、動作開始の目安となる電圧です。

通常、バリスタ電圧は直流電流 1mA で測定されますが、発熱の影響をさけるためにできるだけ短時間で測定します。(0.1 mA で測定される場合もあります)

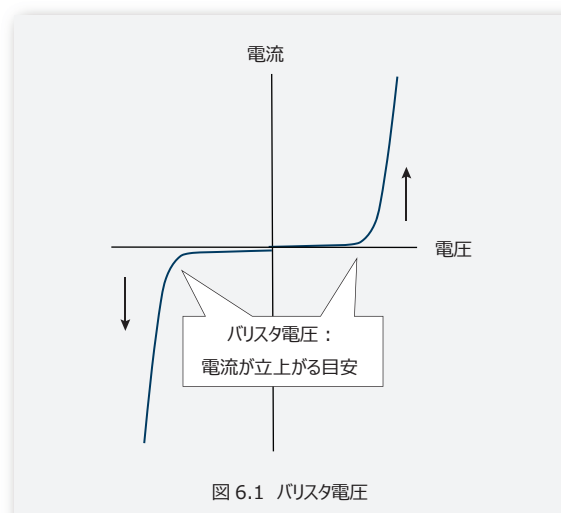


図 6.1 バリスタ電圧

6-2. 最大許容回路電圧

ZNR の端子間に印加することができる電源（回路）電圧の最大値です。

ZNR は通常図 6.2 に示すように交流又は直流電源に並列に接続して使用します。

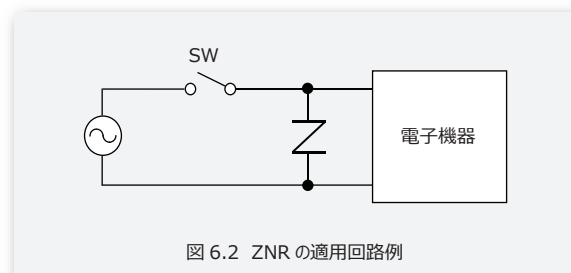


図 6.2 ZNR の適用回路例

この場合、通常状態では ZNR は動作せず異常電圧が侵入した時のみ動作することが重要です。「通常状態では動作しない」とは電源に接続してもほとんど電流が流れないようバリスタ電圧を選定する必要があることを意味しています。

最大許容回路電圧は連続して使用できる商用周波数 (50 Hz/60 Hz) 正弦波の実効値 (AC rms) の最大値または直流電圧 (DC) の最大値として品番毎に規定されています。

この電圧を超えて使用すると劣化または焼損などの事故を招く恐れがありますので、回路電圧の変動や電源系統の事故等による一時的な過電圧などを含めた電源電圧が最大許容回路電圧を上回らないことが必要です。

6-3. 制限電圧

誘導雷などのサージ電圧が印加された時、ZNR はその電圧を何ボルトに押え込み電子機器を保護するのか？
ZNR が制限する電圧値を「制限電圧」と呼び図 6.3 に示す標準の雷サージ電流波形 “8/20 μ s” で定格の電流を流した時の ZNR の最大電圧値を最大制限電圧として規定しています。
制限電圧は ZNR に流れるサージ電流により決まり、規定電流値以外の電流における制限電圧の最大値は“電圧電流特性”から読取ることができます。（図 6.4 参照）
想定するサージの制限電圧が被保護回路（部品）のサージ耐電圧より低いことが必要です。

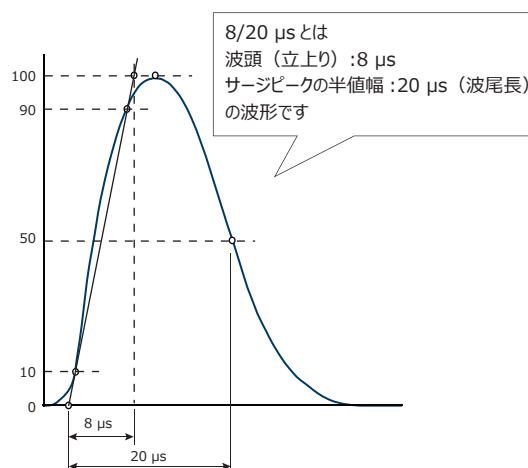


図 6.3 標準雷サージ電流波形

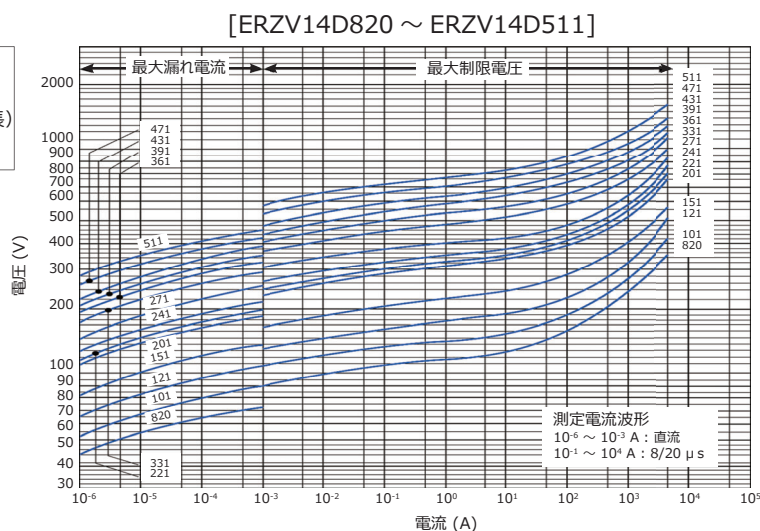


図 6.4 電圧電流特性曲線

6-4. サージ電流耐量

標準の雷サージ電流波形 “8/20 μ s” を印加した時、ZNR が耐えられる（バリスタ電圧の変化率が $\pm 10\%$ 以内）最大電流値をアンペア単位で表現したものです。

1 回、2 回印加時の電流値が規定されており、それ以上の回数における電流値は“インパルス寿命特性”から読取ることができます。（図 6.5 参照）

例えば 8/20 μ s、10 回、2000 A とは標準雷サージ電流波形（8/20 μ s）、波高値 2000 A の電流を 10 回加えても実質上障害を起こさず使用できる（バリスタ電圧の変化率が $\pm 10\%$ 以内）ことを意味します。

なお、サージ印加の間隔については発熱の影響が無いように規定があります。

発熱の影響をさけるためにできるだけ短時間で測定します。（0.1mA で測定される場合もあります）

サージ電流耐量は素子の電極面積の大きさに依存し、電極径が大きいほど大きくなります。

6-5. エネルギー耐量

ZNR がどの程度のエネルギーに耐えられる（バリスタ電圧の変化率が $\pm 10\%$ 以内）のか？その最大値をジュール単位で表現したもので、インパルス電流波形 “2 ms”（矩形波）及び “10/1000 μ s”（減衰波）で規定しています。（図 6.6 参照）

各電流波形の波尾長は
・ 8/20 μ s $\rightarrow$ 20 μ s
・ 2ms $\rightarrow$ 2 ms
・ 10/1000 μ s $\rightarrow$ 1000 μ s

6-6. 最大平均パルス電力

短い間隔で連続して印加されるパルスに対して耐えられる（バリスタ電圧の変化率が $\pm 10\%$ 以内）最大の電力です。

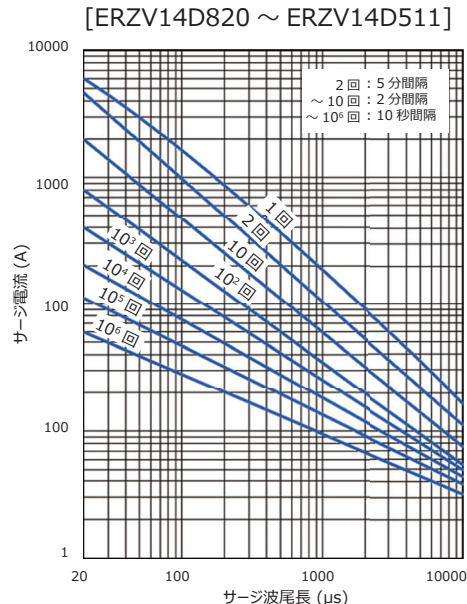


図 6.5 インパルス寿命特性

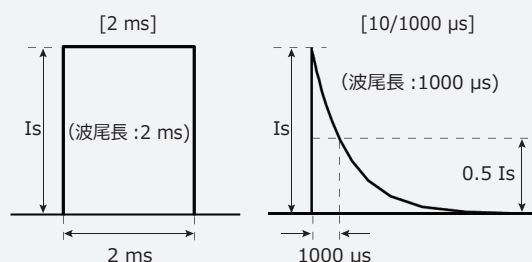


図 6.6 インパルス電流波形

7-1. ZNR-D タイプの選定方法

(1) バリスタ電圧の決定

バリスタ電圧は、最大許容回路電圧（＞使用回路電圧）と制限電圧（＜被保護部品のサージ耐電圧）の関係から決定し ZNR の仕様と被保護回路並びにサージ条件との保護協調をとることが必要です。

[バリスタ電圧の下限值検討]

ZNR によるサージ対策を行う場合、電源（回路）電圧のみが印加されている状態では ZNR に電流が流れず、サージ電圧が印加された時に ZNR にサージ電流が流れることが必要です。

このためには電源（回路）電圧が ZNR の仕様項目である最大許容回路電圧を越えないことが必要であり、この関係から適用可能なバリスタ電圧の下限值が決まります。

最大許容回路電圧を超えて使用すると劣化または焼損などの事故を招く恐れがありますので、回路電圧の変動や電源系統の事故等による一時的な過電圧などを含めた電源電圧が最大許容回路電圧を上回らない様にする事が必要です。

[バリスタ電圧の上限値検討]

さらに、ZNR にサージが印加された時に被保護回路を保護するためには、ZNR にサージ電流が流れることにより制限されたサージ電圧（制限電圧）が被保護回路（部品）のサージ耐電圧よりも低いことが必要です。なお、一般的なサージ電圧は数マイクロ（ μ ）～数ミリ（m）秒と非常に短時間の過渡電圧であり、被保護回路（部品）のサージ耐電圧は、電源・回路電圧等を対象にした定格電圧、耐電圧よりも高いレベルとなります。この関係から適用可能なバリスタ電圧の上限値が決まります。

これら条件の協調関係を図 7.1 に示します。

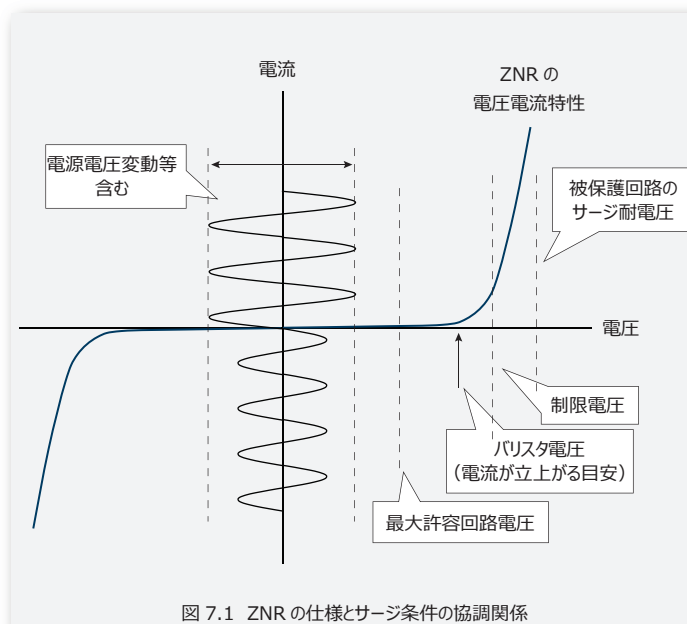


図 7.1 ZNR の仕様とサージ条件の協調関係

[電圧電流特性（V-I 特性）の見方]

ZNR の V-I 特性は、その大きな非直線性のため一般的に両対数グラフにて示されます。（図 7.2 参照）バリスタ電圧測定電流（ 10^{-3} A 又は 10^{-4} A）以上では雷サージ標準電流波形である“8/20 μ s”、それ以下の領域では直流電流（DC）での特性です。カタログや Web 資料に記載されている V-I 特性はバリスタ電圧測定電流（ 10^{-3} A 又は 10^{-4} A）以上では最大の特性を、それ以下の領域では最低の特性を記載しており最大制限電圧、最大漏れ電流（DC）が読み取れるようになっています。

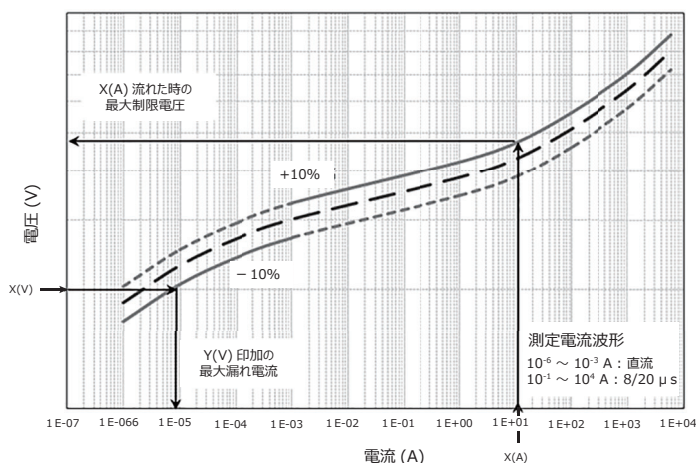


図 7.2 ZNR の電圧電流特性曲線

(2) シリーズ (ø) の決定

シリーズ (ø) はサージの吸収能力から選定します。

大きなシリーズ (サイズ) 程、大きなエネルギー、多数回のサージに対応することができます。

サージが印加されてもバリスタが実質上障害を起こすことなく動作するようにサージ電流耐量などの ZNR の仕様を検討します。

[サージ電流耐量]

仕様に定めているサージ電流耐量は標準雷サージ電流 “8/20 μs” を 1 回および 2 回印加する場合に許容できる最大のサージ電流値です。

[エネルギー耐量]

エネルギー耐量に規定されているエネルギーは、2 ms (矩形波) 及び 10/1000 μs (減衰波) 1 回における電流値とその制限電圧から算出したエネルギーです。

$$J = K \times I_s \times V_{I_s} \times T \text{ (J)}$$

K : サージ電流波形毎の定数 (図 7.3 参照)

I_s : ZNR に流れるサージ電流 (A)

V_{I_s} : ZNR に I_s の電流が流れた時の制限電圧 (V)

T : サージ電流の波尾長 (サージ電流継続時間) (s)

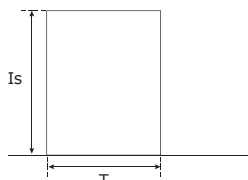
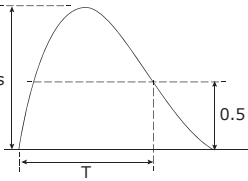
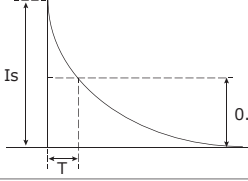
ZNR へ流入する サージ電流波形	サージ電流波形式	K
	I_s 矩形波	1
	8/20μs 雷サージ標準波	0.84
	$I_s \text{ Exp}(-t/1.441T)$ 減衰波	1.44

図 7.3 サージ電流波形毎の定数

多数回の繰り返しサージ／連続サージの吸収能力について

[インパルス寿命特性]

サージ電流耐量やエネルギー耐量ではそれぞれ ZNR が許容可能なサージ電流やエネルギーが規定されていますが、規定以外のサージ波形や回数に対する検討を行う場合、カタログや Web 資料に記載されている “インパルス寿命特性” からサージ波尾長 (サージ電流継続時間) とサージ電流値および許容可能 (バリスタ電圧の変化率が ±10 %以内) な回数の関係を読み取ることができます。

なお、サージ印加の間隔については発熱の影響が無いように規定があります。(図 7.4 参照)

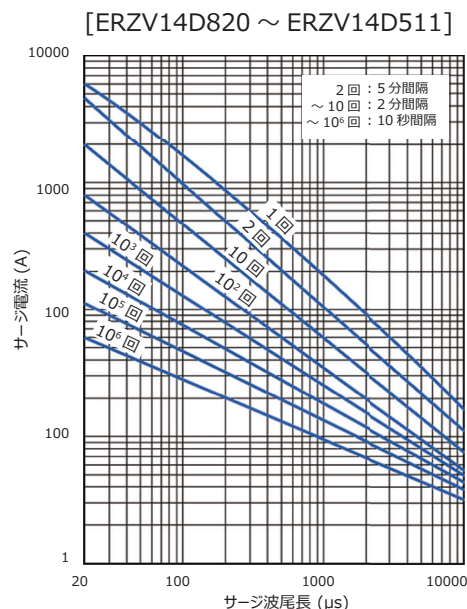


図 7.4 インパルス寿命特性

[最大平均パルス電力]

短間隔の連続的なサージに対して検討します。

次式で計算される電力が、仕様で規定されている最大平均パルス電力以下になるようにシリーズを選定します。

$$P = J / T_i \text{ (W)}$$

J : ZNR が負担するサージ 1 回のエネルギー (J)

T_i : サージ印加間隔 (s)

これらの項目を満足するシリーズ (ø) を選択する必要があります。

7-2. チップ形積層バリスタの選定方法

下表は静電気 (ESD/Electro-Static Discharge) 対策に用いられる、チップ形積層バリスタのカatalogの抜粋です。

サイズ	品番	最大許容 回路電圧 DC (V)	公称 バリスタ電圧 at 1 mA (V)	静電容量 (pF) [typ. 参考値]		サージ電流耐量 at 8/20 μ s, 2 回 (A)	静電気耐量 IEC61000-4-2
				at 1 MHz	at 1 kHz		
0603	EZJPZV6R8JA	3.7	6.8	220 max. [150 typ.]	175 typ.	5	接触放電: 8 kV
	EZJPZV6R8GA	3.7	6.8	100 max. [85 typ.]	100 typ.	5	
	EZJPZV080GA	5.6	8	100 max. [85 typ.]	100 typ.	5	
	EZJPZV120GA	7.5	12	100 max. [85 typ.]	100 typ.	5	
	EZJPZV120DA	7.5	12	27 max. [22 typ.]	33 typ.	1	
	EZJPZV120RA	7.5	12	20 max. [15 typ.]	18 typ.	1	
	EZJPZV150RA	9	15	20 max. [15 typ.]	18 typ.	1	
	EZJPZV270RA	16	27	20 max. [15 typ.]	16.5 typ.	1	
	EZJPZV270BA	16	27	10 max. [8 typ.]	10 typ.	1	

チップ形積層バリスタの選定方法は基本的に ZNR サージアブソーバと同じで、最大許容回路電圧やサージ電流耐量などは同様の考え方で選定することになります。

それに加えチップ形積層バリスタは小型・携帯機器の静電気対策を対象にした製品であるため、高速信号ラインへの適用、及び静電気に対する耐性を考慮し選定する必要があります。

(1) 最大許容回路電圧

使用する回路の電源電圧が最大許容回路電圧を越えてはいけません。

この最大許容回路電圧を超えて使用すると、バリスタは劣化、破壊してしまうことがあるので注意が必要です。

(2) 静電容量

バリスタ電圧が同じ場合、静電容量が大きいほど静電気吸収能力や静電気耐久性能が向上しますが、信号ラインで使用する場合、静電容量が大きいと信号品質に影響を与えるので信号に影響を与えない範囲で、できるだけ静電容量の大きいものを選択します。

主な通信ラインに対する静電容量の目安（バリスタ以外の部品の静電容量も含める）

- Ethernet、HDMI : 1 pF 以下
- USB、IEEE1394 : 3 pF 以下
- LIN、CAN など : 50 pF 以下

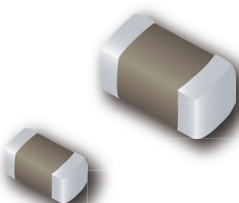
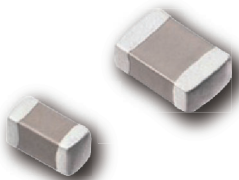
(3) 静電気耐量

公的規格に規定されている標準的な静電気試験条件に基づき規定しています。

- IEC61000-4-2 : 150 pF、330 Ω 、8 kV(接触放電) → 一般民生
- ISO10605 : 330 pF、2 k Ω 、25 kV(接触放電) → 車載電装

8-1. 主な製品と特長

製品名・タイプ名	製品外観	製品概要・用途												
ZNR サージアブソーバ Type D ディスクタイプ／ラジアルリード形		特長 ●世界初の酸化亜鉛型バリスタ材料を開発した高い技術を用いたサージ性能 ●低電圧回路から世界各国の AC 電源に対応する品揃え ●サージ吸収能力を大幅に向上 (E シリーズ) 用途 一般民生、産業などあらゆる分野の電子機器のサージ対策 <table><tr><th>品番・シリーズ</th><th>バリスタ電圧</th><th>サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)</th></tr><tr><td>ERZV□□D□□□ (V シリーズ)</td><td>18 ~ 1800 V</td><td>250 ~ 10000 A</td></tr><tr><td>ERZE□□A□□□ (E シリーズ)</td><td>200 ~ 1100 V</td><td>1200 ~ 10000 A</td></tr></table>	品番・シリーズ	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)	ERZV□□D□□□ (V シリーズ)	18 ~ 1800 V	250 ~ 10000 A	ERZE□□A□□□ (E シリーズ)	200 ~ 1100 V	1200 ~ 10000 A			
品番・シリーズ	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)												
ERZV□□D□□□ (V シリーズ)	18 ~ 1800 V	250 ~ 10000 A												
ERZE□□A□□□ (E シリーズ)	200 ~ 1100 V	1200 ~ 10000 A												
ZNR サージアブソーバ Type SMD VF シリーズ 面実装形		特長 ●樹脂モールド形面実装品 ●リフロー / フロー / はんだ付け対応 ●小型・低背形 (6.0×8.0×3.2 mm) 用途 BS チューナー、ノートパソコン、SW 電源、ゲーム機器などの特に小型、薄形化が要求される回路のサージ対策 <table><tr><th>品番・シリーズ</th><th>バリスタ電圧</th><th>サージ電流耐量 (8/20 μs2 回)</th></tr><tr><td>ERZVF□M□□□ (VF シリーズ)</td><td>22 ~ 470 V</td><td>125 ~ 600 A</td></tr></table>	品番・シリーズ	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs2 回)	ERZVF□M□□□ (VF シリーズ)	22 ~ 470 V	125 ~ 600 A						
品番・シリーズ	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs2 回)												
ERZVF□M□□□ (VF シリーズ)	22 ~ 470 V	125 ~ 600 A												
車載用 ZNR サージアブソーバ Type SMD HF シリーズ 面実装形		特長 ●JASO A-1、ISO7637-2、ISO16750-2 などの各種車載サージに対応 用途 車載各種 ECU <table><tr><th>品 番</th><th>バリスタ電圧</th><th>最大許容回路電圧 短時間印加電圧</th><th>制限電圧</th></tr><tr><td>ERZVF2M220D</td><td>22 ~ 23.2 V</td><td>DC 16 V</td><td>35 V(max)</td></tr><tr><td>ERZVF2M270</td><td>27 V ± 20%</td><td>DC 24 V 5 分間</td><td>43 V(max)</td></tr></table>	品 番	バリスタ電圧	最大許容回路電圧 短時間印加電圧	制限電圧	ERZVF2M220D	22 ~ 23.2 V	DC 16 V	35 V(max)	ERZVF2M270	27 V ± 20%	DC 24 V 5 分間	43 V(max)
品 番	バリスタ電圧	最大許容回路電圧 短時間印加電圧	制限電圧											
ERZVF2M220D	22 ~ 23.2 V	DC 16 V	35 V(max)											
ERZVF2M270	27 V ± 20%	DC 24 V 5 分間	43 V(max)											
ZNR サージアブソーバ Type SC JIS 規格対応		特長 ●JIS C5381-11/IEC 61643-11 対応のサージ防護装置 (SPD) に組込むのに最適 ●コンパクトな形状で大きなサージ電流耐量 ●電気端子と固定端子の一体化 用途 産業機器、通信機器用電源、無線中継局の電源、発電所の配電盤、制御盤などのサージ対策 <table><tr><th>品 番</th><th>バリスタ電圧</th><th>公称放電電流 I_n (8/20 μs) 最大放電電流 I_{max} (8/20 μs)</th></tr><tr><td>ERZVS34C□□□</td><td>200 ~ 950 V</td><td>I_n : 20 kA I_{max} : 40 kA</td></tr></table>	品 番	バリスタ電圧	公称放電電流 I_n (8/20 μs) 最大放電電流 I_{max} (8/20 μs)	ERZVS34C□□□	200 ~ 950 V	I_n : 20 kA I_{max} : 40 kA						
品 番	バリスタ電圧	公称放電電流 I_n (8/20 μs) 最大放電電流 I_{max} (8/20 μs)												
ERZVS34C□□□	200 ~ 950 V	I_n : 20 kA I_{max} : 40 kA												

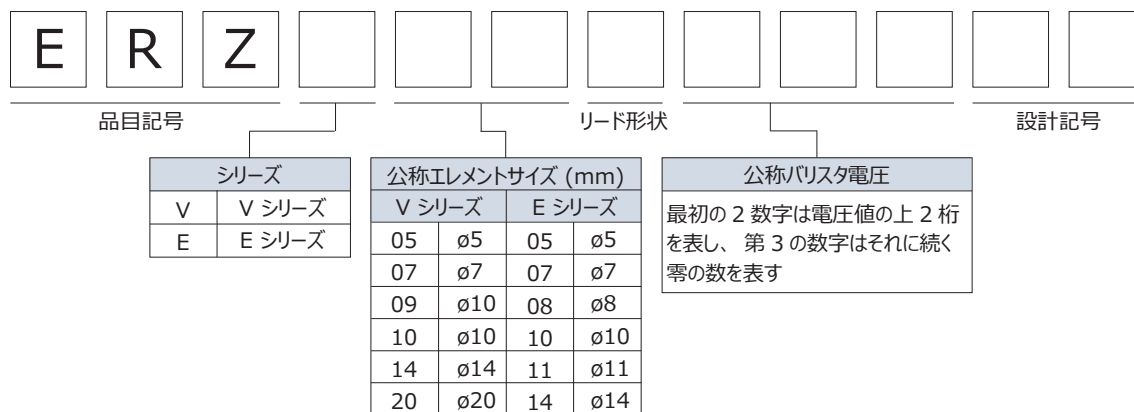
製品名・タイプ名	製品外観	製品概要・用途									
ZNR サージアブソーバ Type E ケースタイプ		特長 ●φ20、φ32 大型 ZNR 素子採用、樹脂ケース封入形 ●コンパクトな形状で大きなサージ電流耐量 ●分電盤などに直接取り付け可能 用途 鉄道信号装置、放送中継所機器、通信・制御装置、配電制御装置などのサージ対策 <table> <tr> <th>品 番</th><th>バリスタ電圧</th><th>サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)</th></tr> <tr> <td>ERZC20EK□□□</td><td>200 ~ 1100 V</td><td>8000 A</td></tr> <tr> <td>ERZC32EK□□□</td><td>200 ~ 1100 V</td><td>25000 A</td></tr> </table>	品 番	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)	ERZC20EK□□□	200 ~ 1100 V	8000 A	ERZC32EK□□□	200 ~ 1100 V	25000 A
品 番	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)									
ERZC20EK□□□	200 ~ 1100 V	8000 A									
ERZC32EK□□□	200 ~ 1100 V	25000 A									
ZNR サージアブソーバ Type CK タブ端子構造		特長 ●φ32、φ40 大型 ZNR 素子採用、タブ端子樹脂塗装形 ●電位端子と固定端子の一体化 ●コンパクトな形状で大きなサージ電流耐量 用途 産業用電子機器、通信機器用電源などのサージ対策 <table> <tr> <th>品 番</th><th>バリスタ電圧</th><th>サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)</th></tr> <tr> <td>ERZC32CK□□□</td><td>200 ~ 950 V</td><td>25000 A</td></tr> <tr> <td>ERZC40CK□□□</td><td>200 ~ 950 V</td><td>30000 A</td></tr> </table>	品 番	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)	ERZC32CK□□□	200 ~ 950 V	25000 A	ERZC40CK□□□	200 ~ 950 V	30000 A
品 番	バリスタ電圧	サージ電流耐量 (8/20 μs1 回)									
ERZC32CK□□□	200 ~ 950 V	25000 A									
ERZC40CK□□□	200 ~ 950 V	30000 A									
車載 / 一般用 チップ形積層バリスタ EZJP、EZJZ シリーズ 静電気・ノイズ対策用バリスタ		特長 ●積層構造による豊富な品ぞろえで電源から信号回路まで幅広いアプリケーションに適用可能 ●EIAJ サイズ：0603、1005、1608(mm) 用途 携帯電話、各種インターフェイスなどの ESD・ノイズ対策 <table> <tr> <th>品 番</th><th>バリスタ電圧</th><th>静電容量 (at 1 MHz)</th></tr> <tr> <td>EZJZ□V□□□□□ 高速信号用（低静電容量）</td><td>80 ~ 170 V</td><td>0.8 ~ 2.1 pF typ</td></tr> <tr> <td>EZJP□V□□□□□ 電源回路用（低電圧タイプ）</td><td>6.8 ~ 65 V</td><td>8.5 ~ 420 pF typ</td></tr> </table>	品 番	バリスタ電圧	静電容量 (at 1 MHz)	EZJZ□V□□□□□ 高速信号用（低静電容量）	80 ~ 170 V	0.8 ~ 2.1 pF typ	EZJP□V□□□□□ 電源回路用（低電圧タイプ）	6.8 ~ 65 V	8.5 ~ 420 pF typ
品 番	バリスタ電圧	静電容量 (at 1 MHz)									
EZJZ□V□□□□□ 高速信号用（低静電容量）	80 ~ 170 V	0.8 ~ 2.1 pF typ									
EZJP□V□□□□□ 電源回路用（低電圧タイプ）	6.8 ~ 65 V	8.5 ~ 420 pF typ									
チップ形積層バリスタ EZJS シリーズ 静電気・ノイズ対策用バリスタ (高静電容量タイプ)		特長 ●独自のバリスタ材料技術によるバリスタとコンデンサ機能の複合化による優れた静電気抑制効果 ●EIAJ サイズ：1608、2012(mm) 用途 各種電源、SSR、モーターなどの ESD・ノイズ対策 <table> <tr> <th>品 番</th><th>バリスタ電圧</th><th>静電容量 (at 1 MHz)</th></tr> <tr> <td>EZJS1□□□□□ 1608 タイプ</td><td>12 ~ 50 V</td><td>1800 ~ 8200 pF typ</td></tr> <tr> <td>EZJS2□□□□□ 2012 タイプ</td><td>12 ~ 50 V</td><td>4700 ~ 22000 pF typ</td></tr> </table>	品 番	バリスタ電圧	静電容量 (at 1 MHz)	EZJS1□□□□□ 1608 タイプ	12 ~ 50 V	1800 ~ 8200 pF typ	EZJS2□□□□□ 2012 タイプ	12 ~ 50 V	4700 ~ 22000 pF typ
品 番	バリスタ電圧	静電容量 (at 1 MHz)									
EZJS1□□□□□ 1608 タイプ	12 ~ 50 V	1800 ~ 8200 pF typ									
EZJS2□□□□□ 2012 タイプ	12 ~ 50 V	4700 ~ 22000 pF typ									

8-2. 主な製品の品番呼称法

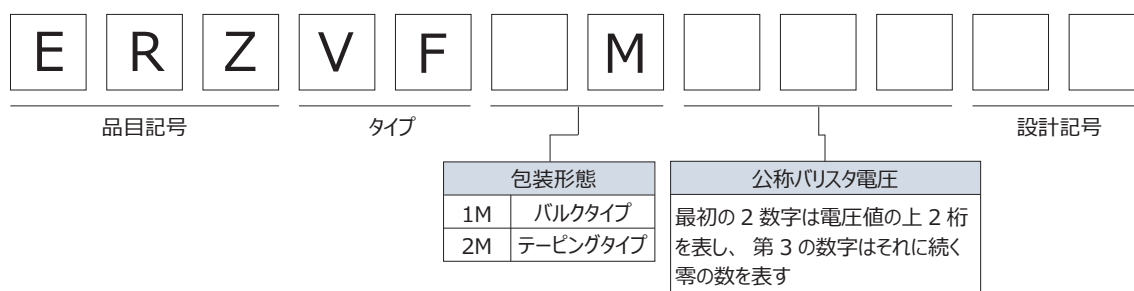
ZNR バリスタの品番は最大 12 桁です。

ZNR の共通記号 “ERZ”、チップ形積層バリスタの共通記号 “EZJZ”、“EZJP”、“EZJS” とそれぞれのシリーズ、形状記号、バリスタ電圧、静電容量記号などによって構成されます。（詳細はカタログを参照ください。）

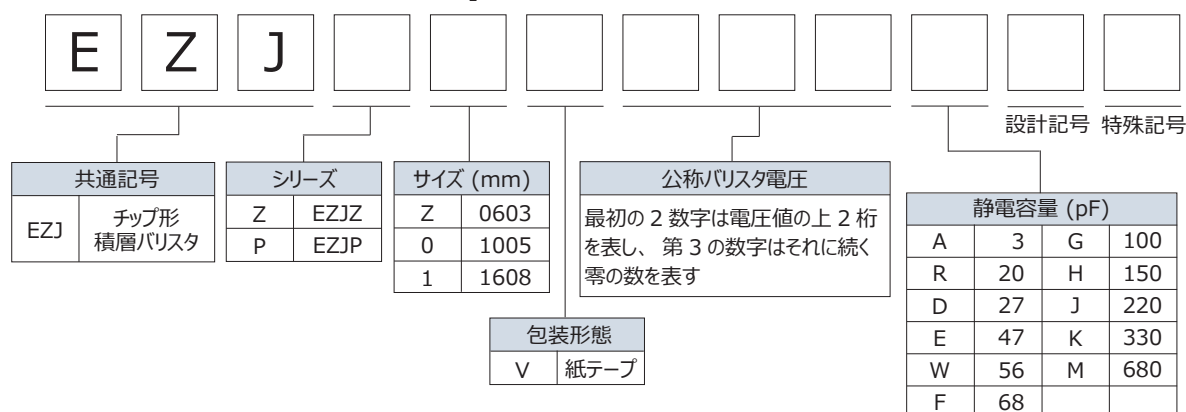
[Type D、V シリーズ、E シリーズ]



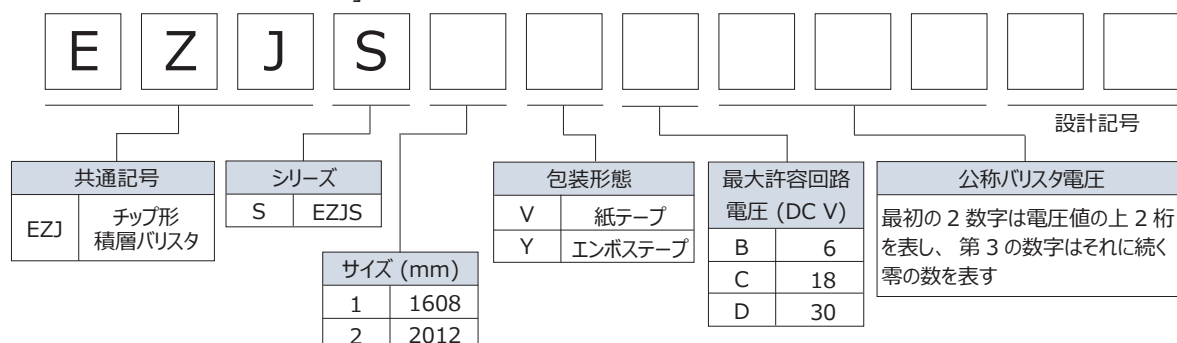
[Chip Type VF シリーズ]



[チップ形積層バリスタ (EZJP、EZJZ シリーズ)]



[チップ形積層バリスタ (EZJS シリーズ)]



サージ電圧発生要因別に適用事例・選定例を示します。
カタログ、仕様書に記載の使用上の注意事項と合わせて検討を行います。

9-1. 電源サージ対策

電源線を経由し侵入するサージ電圧の吸収には電源線間に ZNR を挿入する方法と電源線間及び電源線—大地間に ZNR を挿入する方法があります。また、機器の電源電圧により適用する ZNR のバリスタ電圧の値が異なりますので、下記の表に従って選定する必要があります。

表 9.1 電源線間サージ対策 [例]

ZNR の適用例	ZNR の選定例																					
DC、AC 単相 ZNR の定格を超えるサージが侵入してきた場合の対策としてヒューズが必要です。 f: 電流ヒューズ	線間適用 <table> <tr> <th>ZNR</th><th>電源電圧</th><th colspan="2">品 番</th></tr> <tr> <td rowspan="4">ZNR1</td><td>AC 100 V</td><td>ERZV□□D</td><td>201、221、241、271、361*</td></tr> <tr> <td>AC 200 V</td><td>ERZV□□D</td><td>471、511、621*</td></tr> <tr> <td>DC 12 V</td><td colspan="2">ERZV□□D220</td></tr> <tr> <td>DC 24 V</td><td colspan="2">ERZV□□D390</td></tr> <tr> <td>ZNR3</td><td>AC 200 V</td><td>ERZV□□D</td><td>471、511、621*</td></tr> </table>	ZNR	電源電圧	品 番		ZNR1	AC 100 V	ERZV□□D	201、221、241、271、361*	AC 200 V	ERZV□□D	471、511、621*	DC 12 V	ERZV□□D220		DC 24 V	ERZV□□D390		ZNR3	AC 200 V	ERZV□□D	471、511、621*
ZNR	電源電圧	品 番																				
ZNR1	AC 100 V	ERZV□□D	201、221、241、271、361*																			
	AC 200 V	ERZV□□D	471、511、621*																			
	DC 12 V	ERZV□□D220																				
	DC 24 V	ERZV□□D390																				
ZNR3	AC 200 V	ERZV□□D	471、511、621*																			
AC 3 相 ZNR の定格を超えるサージが侵入してきた場合の対策としてヒューズが必要です。 f: 電流ヒューズ	注意事項 1) 選定例に記載の品番は一例です、電源電圧最大上昇時でも最大許容回路電圧を超えないようにしてください。 2) 単独配線負荷、容量性負荷の場合はスイッチ開閉時の共振などで一時電源電圧が上昇しますので、AC 100 V、AC 200 V に対してはできるだけ*の品番を使用されることをお勧めします。 3) 海外向けの電子機器の電源サージ対策には海外安全規格をご確認の上ご使用ください。(カタログ参照)																					

表 9.2 電源線間および線大地間サージ対策 [例]

ZNR の適用例

DC、AC 単相

ZNR の定格を超えるサージが侵入してきた場合の対策としてヒューズが必要です。

f1: 電流ヒューズ
f2: 温度ヒューズ

AC 3 相

ZNR の定格を超えるサージが侵入してきた場合の対策としてヒューズが必要です。

f1: 電流ヒューズ
f2: 温度ヒューズ

ZNR の選定例		
線—大地間適用		
ZNR	電源電圧	品 番
ZNR2	AC 100 V	ERZV□□D471、511、621*
	AC 200 V	又は ERZV□□D821 以上 **
ZNR4	AC 200 V	又は ERZV□□D182***

注意事項

1) 機器の絶縁抵抗試験 (500 V メガテスト) を行う時は、ZNR による漏れ電流により不良と見誤ることがありますので、関係先の下承を得て ZNR を取り外して試験するか * の品番を使用してください。

2) 機器の耐電圧試験 (AC 1000 V または AC 1200 V) を行う時は、ZNR による漏れ電流により不良と見誤ることがありますので、関係先の下承を得て ZNR を取り外して試験するか * * の品番を使用してください。

3) 海外向けの電子機器の電源サージ対策には海外安全規格をご確認の上ご使用ください。(カタログ参照)

4) 線大地間に使用する場合は、ZNR が短絡しても接地抵抗により電流ヒューズが切れない可能性もあるため、電源側に漏電遮断器を設置してください。漏電遮断器が設置されていない場合は直列に温度ヒューズを併用してください。

9-2. 誘導性負荷開閉サージ対策

電源回路にトランス、リレー、モーターなど誘導性負荷を接続すると、スイッチの遮断時には大きな逆起電力が発生します。
(P9、5-3 参照)

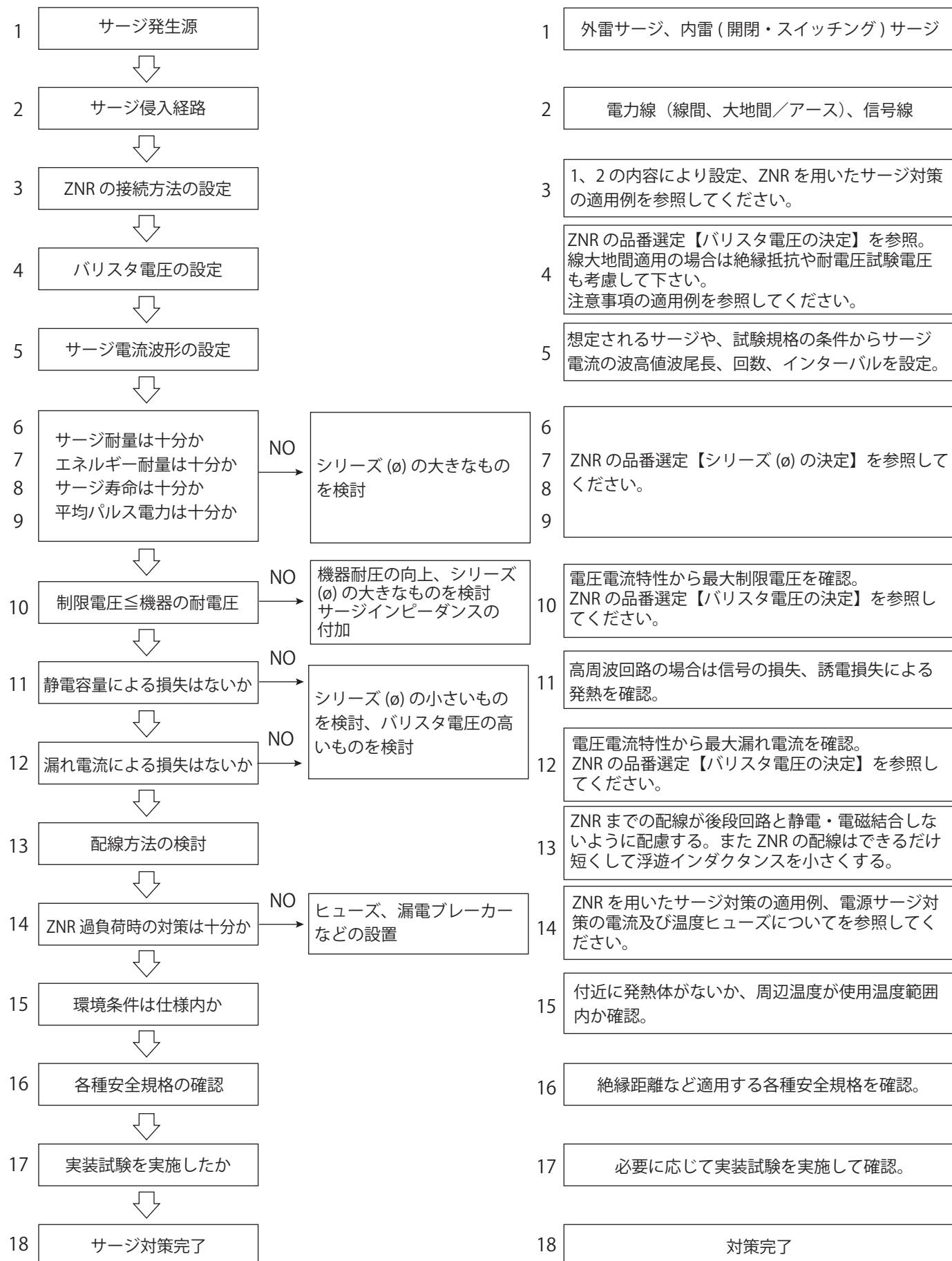
スイッチの遮断時毎に発生するため頻度も多く、また逆起電力によるサージ電圧のピーク値も大きく、電子機器の IC、トランジスタなどの破壊を招く原因となります。

また、このサージ電圧は機器のスイッチの接点火花としても観察され、スイッチの接点の摩耗や融着などのトラブルの原因となります。サージ電圧の吸収には誘導性負荷の両端に ZNR を挿入することが基本となります。

表 9.3 誘導性負荷開閉サージ対策、スイッチ火花消去対策 [例]

ZNR の適用例	ZNR の選定例										
(図 A) AC 電源 電源トランス (図 B) DC 電源 リレー又はソレノイドコイル	線間適用 <table> <tr> <th>電源電圧</th><th>品 番</th></tr> <tr> <td>DC 12 V</td><td>ERZV□□D220</td></tr> <tr> <td>DC 24 V</td><td>ERZV□□D390</td></tr> <tr> <td>DC 100 V</td><td>ERZV□□D151</td></tr> <tr> <td>AC 100 V</td><td>ERZV□□D221、241、271、361</td></tr> </table> 注意事項 1) 選定例以外の電源電圧で使用する ZNR の選定に際しては、電源電圧最大上昇時でも、最大許容回路電圧をこえないようにしてください。 2) サージ耐量（又はエネルギー耐量、最大平均パルス電力）の選定は負荷側から発生するサージエネルギーを十分配慮してください。 3) AC 電源対策の注意事項も十分配慮ください。（図 A の場合）	電源電圧	品 番	DC 12 V	ERZV□□D220	DC 24 V	ERZV□□D390	DC 100 V	ERZV□□D151	AC 100 V	ERZV□□D221、241、271、361
電源電圧	品 番										
DC 12 V	ERZV□□D220										
DC 24 V	ERZV□□D390										
DC 100 V	ERZV□□D151										
AC 100 V	ERZV□□D221、241、271、361										

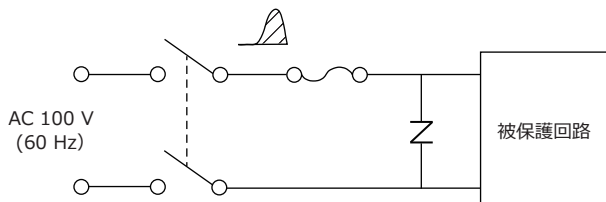
9-3. ZNR 選定のフローチャート



9-4. “ZNR®” 代表的選定フロー

(1) 電源ラインの外雷サージ対策

① 対象回路



② 回路とサージの条件

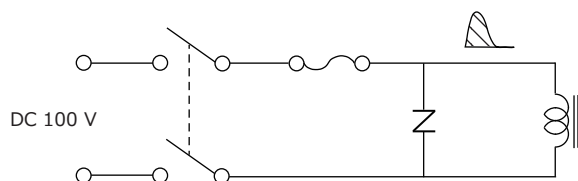
1. サージ電圧 : 線間 10 kV (1.2 / 50 μ s)
2. サージ回数 : 10 回 / 年 10 年間
3. サージインピーダンス : 50 Ω
4. 被保護回路のサージ耐電圧 : 1000 V

③ 選定フローチャートによる設計手順

1	サージ発生源	外雷サージ
2	サージ侵入経路	電源ライン
3	ZNR の接続方法の設定	電源ラインの線間に適用
4	バリスタ電圧の設定	回路電圧 AC 100 V 系の推奨品番 360 V を設定
5	サージ電流波形の設定	a) サージ電流波高値 $I = 10,000 \text{ V} / 50 \Omega = 200 \text{ A}$ となります。 b) 波尾長 ZNR にサージ電流が流れることによりサージ電圧は歪み、サージ電流の波尾長は 50 μ s よりも短くなるが、安全側をとって $T = 50 \mu$ s とします。
6	サージ耐量	サージの印加回数が 10 回 / 年 $\times$ 10 年 = 100 回となるのでサージ寿命より検討を行います。
7	エネルギー耐量	同上
8	サージ寿命	サージ電流波高値 = 200 A、波尾長 = 50 μ s、印加回数 = 100 回、インターバルは 5 分以上と推定 ERZV シリーズのインパルス寿命特性より ・ ERZV07D361 (ø7 シリーズ) 10 ~ 100 回 ・ ERZV10D361 (ø10 シリーズ) 100 ~ 1000 回 となるので、ERZV10D361 を選定
9	平均パルス電力	サージ印加回数が 100 回、印加インターバルが 5 分以上であり考慮する必要はありません。
10	制限電圧と機器の耐電圧	$V_{200A} \approx 750 \text{ V} < 1000 \text{ V}$ となり保護協調を満足しています。
11	静電容量による損失はないか	商用電源 AC 60 Hz ラインなので問題になりません。
12	漏れ電流による損失はないか	商用電源 AC100V ラインなので μ A オーダーの漏れ電流は問題になりません。
13	配線方法の検討	ZNR までの配線が後段回路と静電・電磁結合しないように配慮し、ZNR の配線はできるだけ短くして浮遊インダクタンスを小さくします。
14	過負荷時の対策	ZNR より電源側に 5 A 程度のヒューズを取り付けます。
15	環境条件	付近に発熱体がない場合は、周辺温度が使用温度範囲内か確認します。
16	安全規格	絶縁距離など適用する各種安全規格を確認します。
17	実装試験	必要に応じて ZNR を実装して確認試験を実施します。
18	ERZV10D361 を図のように適用し対策完了。	

(2) リレーからの開閉サージ対策

① 対象回路



② 回路とサージの条件

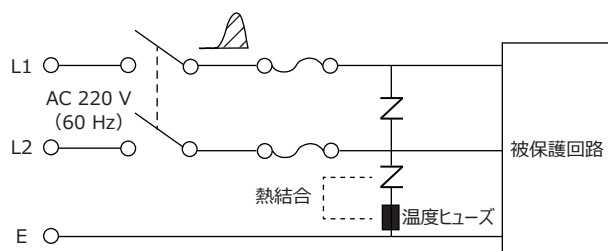
1. コイル定格 : $I=0.3 \text{ A}$ 、 $L=1 \text{ H}$
2. リレー動作回数 : 2 回 / 秒 合計 10^8 回
3. 抑制電圧 : 250 V 以下

③ 選定フローチャートによる設計手順

1	サージ発生源	内雷サージ（開閉サージ）
2	サージ侵入経路	リレーコイル間に発生し電源ラインを伝播
3	ZNR の接続方法の設定	電源ラインの線間（コイルに並列）に適用
4	バリスタ電圧の設定	回路電圧 DC 100 V の 110 % を想定し、最大許容回路電圧が DC 110 V 以上となるバリスタ電圧 150 V を選択
5	サージ電流波形の設定	下記机上検討の他、サージ波形を実際に観測すると精度の高い検討ができます。 a) サージ電流波高値 負荷電流と同等の 0.3 A とする b) 波尾長 サージ電流波形は矩形波とみなし次式より求める、 V_i は 150 V のバリスタに $I(\text{A})$ 流れた時の制限電圧の概算値 $J = (1/2) \cdot L \cdot I^2 = (1/2) \times 1 \times 0.3^2 = 0.045$ 、 $V_i \approx 200 \text{ V}$ $T = J / (I \cdot V_i) = 0.045 / (0.3 \times 200) = 7.5 \times 10^{-4} = 0.75(\text{ms})$
6	サージ耐量	サージの印加回数が 10^8 回となるのでサージ寿命より検討を行います。
7	エネルギー耐量	同上
8	サージ寿命	サージ電流波高値 = 0.3 A、波尾長 = 0.75 ms、印加回数 = 10^8 回、印加インターバル = 0.5 秒 印加インターバルが規定の 10 秒より短いのでインターバルを 10 秒とした時の等価印加回数を求めます。 等価電流値 = $0.3 \text{ A} \times (10\text{s}/0.5\text{s}) = 6 \text{ A}$ 、等価印加回数 = $10^8 \times (0.5\text{s}/10\text{s}) = 5 \times 10^6$ 回 ERZV シリーズのインパルス寿命特性より ・ ERZV07D151 (ø7 シリーズ) $10^4 \sim 10^5$ 回 < 5×10^6 回 ・ ERZV10D151 (ø10 シリーズ) ($> 10^6$ 回) > 5×10^6 回 となるので、ERZV10D151 を選定
9	平均パルス電力	$P = J \cdot f = (1/2) \cdot L \cdot I^2 \cdot f$ f は繰返し周波数 (回 / 秒) $P = (1/2) \times 1 \times 0.3^2 \times 2 = 0.09 \text{ W}$ 電力的には ERZV07D151 (ø7 シリーズ) の 0.25 W でも良いが、8 項のサージ寿命特性により ERZV10D151 (ø10 シリーズ) を選定
10	制限電圧と機器の耐電圧	$V_{0.3A} = 200 \text{ V} < 250 \text{ V}$ となり要求性能を満足しています。
11	静電容量による損失はないか	DC 電源ラインなので問題になりません。
12	漏れ電流による損失はないか	電源ラインなので問題になりません。
13	配線方法の検討	誘導を低減するため、できるだけ励磁コイルに近づけて配線します。
14	過負荷時の対策	ZNR より電源側に負荷電流より大きな 5 A 程度のヒューズを取り付けます。
15	環境条件	付近に発熱体がない場合は、周辺温度が使用温度範囲内か確認します。
16	安全規格	絶縁距離など適用する各種安全規格を確認します。
17	実装試験	必要に応じて ZNR を実装して確認試験を実施します。
18	ERZV10D151 を図のように適用し対策完了。	

(3) サージ試験規格を適用した選定方法

① 対象回路



② 回路とサージの条件

1. 試験規格 : IEC61000-4-5 レベル 3
2. 試験条件 : 線間 1 kV(2Ω)、線大地間 2 kV(12Ω)
位相角 0°, 90°, 180°, 270°に各 5 回印加
抑制電圧 : 線間 1500 V、線大地 5000 V

③ 選定フローチャートによる設計手順

1	サージ発生源	雷サージ試験機
2	サージ侵入経路	線間および線大地間
3	ZNR の接続方法の設定	電源ラインの線間および線大地間に適用
4	バリスタ電圧の設定	線間、回路電圧 AC 220 V 系の推奨品番 620 V を設定 線大地間、AC 220 V に加え機器の絶縁抵抗試験 (DC 500 V)、耐電圧試験 (AC 1000 V) を考慮して 1800 V を設定
5	サージ電流波形の設定	a) サージ電流波高値 線間 (L1-L2) : 位相角 90°における印加が最も高い電圧となるのでサージ電圧のピーク値は $AC\ 220\ V \times \sqrt{2} + 1000\ V \approx 1300\ V$ ZNR の動作抵抗を無視した場合は、$1300\ V / 2\ \Omega = 650\ A$ となるが、実際には ZNR の動作抵抗 650 A における ZNR の制限電圧 $V_{650A} \approx 1300\ V$ (バリスタ電圧 620V の場合) から $1300\ V / 650\ A = 2\ \Omega$ を付加して $I_p = 1300V / (2 + 2)\ \Omega \approx 300\ A$ となります。 線大地間 (L2-E) : 線大地間としてサージ電流が大きい L2-E で検討、線間と同様に、 $AC\ 220\ V \times \sqrt{2} + 2000 \approx 2300\ V$、$2300\ V / 12\ \Omega \approx 200A$、200 A における ZNR の制限電圧 $V_{200A} \approx 3200\ V$ (バリスタ電圧 1800V の場合) から $3200\ V / 200\ A \approx 16\ \Omega$、$I_p = 2300\ V / (12 + 16)\ \Omega \approx 80\ A$ となります。 b) 波尾長 線間 (L1-L2) : 規格では 20 μs の規定となるが、ZNR の動作抵抗の影響により 30 μs 程度となる。 線大地間 (L2-E) : 規格での規定はなくサージ電流の波尾長は 50 μs よりも短くなるが安全側をとって $T = 50\ \mu s$ とします。 波形を実測して設定しても可、精度の高い検討ができます。
6	サージ耐量	サージ寿命より検討を行います。
7	エネルギー耐量	同上
8	サージ寿命	線間 (L1-L2) : サージ電流波高値 = 300 A、波尾長 = 30 μs、印加回数 = 20 回 (4 位相角 × 5 回)、印加インターバル = 1 分 インパルス寿命特性より ERZV10D621 (φ10シリーズ) 10^2 回 > 20 回となるので、ERZV10D621 を選定 線大地間 (L2-E) : サージ電流波高値 = 80 A、波尾長 = 50 μs、印加回数 = 20 回 (4 位相角 × 5 回)、印加インターバル = 1 分 インパルス寿命特性より ERZV10D182CS (φ10シリーズ) $10^3 \sim 10^4$ 回 > 20 回となるので、ERZV10D182CS を選定
9	平均パルス電力	サージ印加回数が 20 回、印加インターバルが 1 分以上であり考慮する必要はありません。
10	制限電圧と機器の耐電圧	線間 (L1-L2) $V_{300A} \approx 1250\ V < 1500\ V$ 線大地間 (L1-E) 線大地間として制限電圧が高くなる L1-E で検討、200 A における ZNR の制限電圧 1200 V (バリスタ電圧 620 V) + 3200 V (バリスタ電圧 1800 V) から $(1200\ V + 3200\ V) / 200\ A = 22\ \Omega$ $I_p = 2300\ V / (12 + 22)\ \Omega \approx 68\ A$、$V_{68A} \approx 1100\ V$ (バリスタ電圧 620 V) + $V_{68A} \approx 3100\ V$ (バリスタ電圧 1800 V) = 4200 V < 5000 V となり保護協調を満足しています。
11	静電容量による損失はないか	AC 電源ラインなので問題になりません。
12	漏れ電流による損失はないか	AC 電源ラインなので問題になりません。
13	配線方法の検討	誘導を低減するため、できるだけ励磁コイルに近づけて配線します。
14	過負荷時の対策	ZNR より電源側に 5 A 程度のヒューズ、線大地間には温度ヒューズを取り付けます。
15	環境条件	付近に発熱体がない場合は、周辺温度が使用温度範囲内か確認します。
16	安全規格	絶縁距離など適用する各種安全規格を確認します。
17	実装試験	実機によるサージ試験確認にて、機器の誤動作・破壊の有無を確認。
18	線間 ERZV10D621、線大地間 ERZV10D182CS を図のように適用し対策完了。	

安全に関するご注意

ご使用の際は、仕様書等で使用条件・環境条件等をご確認のうえ、正しくお使いください。

Panasonic

INDUSTRY

“ZNR®” サージアブソーバ / チップ形積層バリスタ
テクニカルガイド

初版：2019年11月11日
改定：2019年11月26日
改定：2022年7月1日
改定：2022年11月1日

パナソニック
インダストリー株式会社
デバイスソリューション事業部
〒571-8506 大阪府門真市大字門真 1006 番地