

高電力抵抗器の過大電力による破損

ニッコン株式会社 技術品証部、2005/04/01

高電力抵抗器、あるいはすべての抵抗器は、定格電力と短時間過負荷制限とパルス耐力を超えて動作させると、抵抗値増大を発生し、断線モードで破損します。使用する際は、定格電力と短時間過負荷制限とパルス耐力を超えない範囲で動作させる必要があります。

1. 定格電力を超えて破損する場合

定格電力は、データシートの定格あるいは仕様の欄に数値で記載してあります。たとえば、100W高電力抵抗器 RNP-50S では、定格電力 100Wが仕様です。この数値は、定常的に加え動作させることができる電力です。定常的に印加できる電力は、この抵抗器を取り付けたヒートシンクの大きさ（寸法）で決まります。空冷ヒートシンクの冷却能力は、空気温度に対する熱抵抗で表わされ、たとえば、1.0℃/Wあるいは 0.2℃/Wなどと規定されています。

当社のデータシートあるいは製品規格仕様書には図 1 のような負荷軽減曲線が記載されています。横軸は、ヒートシンクに取り付けた抵抗器のフランジ温度を示します。フランジ温度が高い状態で抵抗器を動作させると抵抗器は規定以上に温度上昇しゆっくり焼けて破損します。

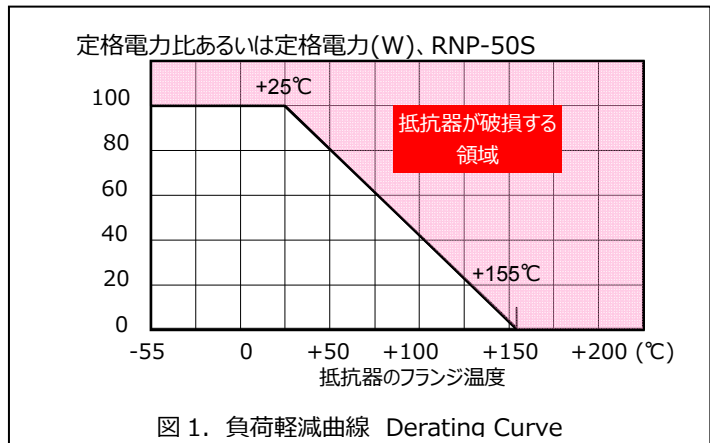


図 1. 負荷軽減曲線 Derating Curve

2. 限界を超える短時間電力あるいはパルス電力で破損する場合

パルス許容尖頭電力は、データシートあるいは製品規格仕様書に記載してあります。抵抗器で消費する平均電力は、直流電圧あるいは商用周波数の電圧の場合は、 $P=E^2/R$ で計算できます。パルス波形の場合に、平均電力が定格電力を超えないから、抵抗器に加えることができると考えると抵抗器は簡単に破損します。たとえば、パルス幅 $t=1\mu s$ 、繰返周期 $T=1000\mu s$ (周波数 1kHz)、パルス尖頭電力 $P_p=10kW$ の時の平均電力 P_a は、 $P_a=P_p \times t/T=10000 \times 1/1000=10W$ で計算して、10W は、抵抗器の定格電力 100W 以下である、さらに、図 1 の軽減曲線で、フランジの温度は 100℃なので、40W が許容電力であると計算し、パルス平均電力 P_a が許容電力 10W を下回っているから、正常な動作をさせることができると考えると、抵抗器は簡単に破損します。

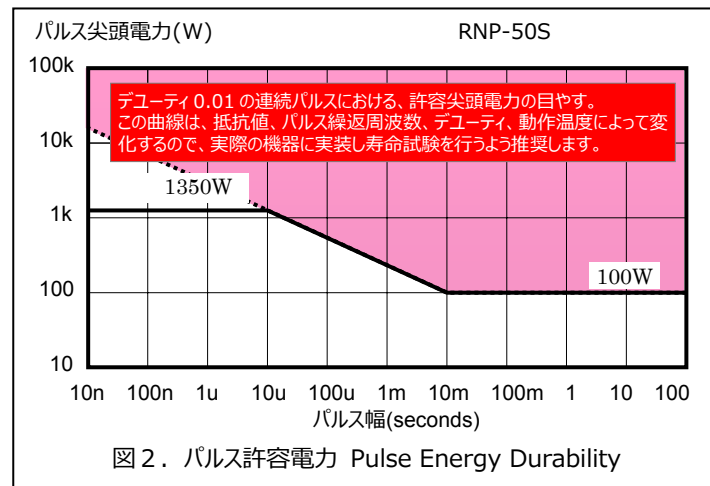


図 2. パルス許容電力 Pulse Energy Durability

抵抗器は、図 2 に示した赤色領域のパルス尖頭電力で破損します。たとえ、パルス幅 1 μs 幅、尖頭電力 10kW、1 回のパルスでも、抵抗器の破損が始まりますから、そのような動作を避けてください。抵抗器にパルス電圧を加える場合は、パルス尖頭電力をカタログ上の定格電力以内で動作させることを推奨します。図 2 のパルス許容電力の制限以下でパルス負荷でお使いになる場合は、事前に十分な試験をされることを推奨します。（抵抗器の破損の始まりは、破壊試験後の抵抗値変化率(%)で判定することをお勧めします）

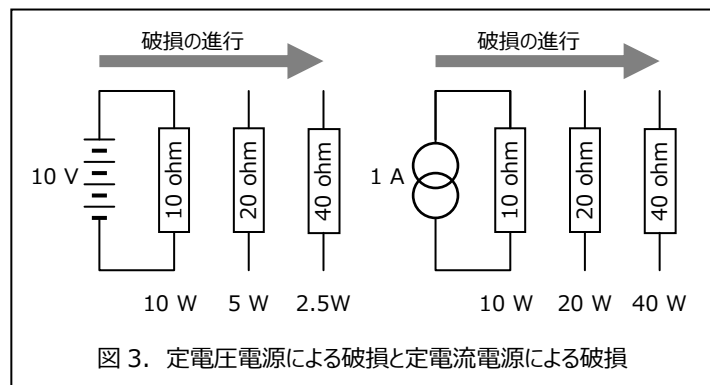


図 3. 定電圧電源による破損と定電流電源による破損

3. 抵抗器の定電圧電源印加、定電流電源印加

抵抗器の破壊モードは、抵抗値増大を経て断線に至ります。抵抗器の過大負荷が定電圧で駆動される場合は、破損が始まると抵抗値が増加しますから、抵抗器の消費電力は、 $P=E^2/R$ に従って減少します。しかしながら、定電流駆動する場合は、たとえば、モータなどインダクタンス負荷を駆動する PWM 増幅器のスナバ抵抗などでは、何らかの原因で抵抗器の破損が始まり、抵抗値が増加し始めると、 $P=I^2R$ に従って、消費電力は増加し、破損が加速される傾向があります。