

抵抗を使った簡単な保護

同軸ケーブル（例えば Lambda EMI/ALE システムズ製高電圧キャパシタチャージ電源に付属）を使って高電圧を送電する場合、ケーブルの特性インピーダンスと同等或いはそれ以上の抵抗値で終端する必要があります。抵抗は、ケーブルがショートした場合の反射エネルギーが電源出力段に達するのを制限します。この反転電圧は不安定な動作の原因となり、電源出力部が実際の損傷につながる可能性があります。下の図1は、典型的な高電圧キャパシタチャージ電源の負荷接続を示しています。

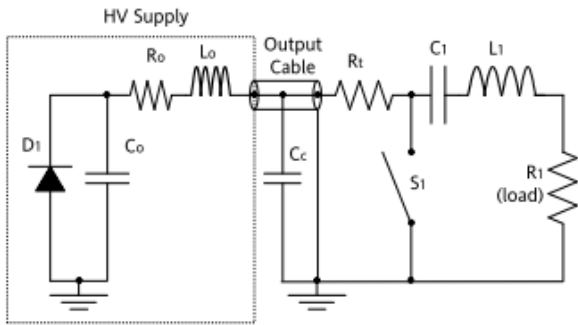


図 1. Generalized 高電圧電源の負荷接続

R_t が回路に無い場合、スイッチ S_1 で電源を遮断すると、電源出力ケーブル（PFN を形成）は C_1 のエネルギーを伴って S_1 を通って放電が起こります。出力ケーブルの放電によって起きるパルスは、閉じられたスイッチ S_1 で反転され、反射して、高電圧電源の出力段に戻ります。回路に R_t を挿入することで電源の出力ケーブルのインピーダンスに負荷整合を提示し、したがって、 S_1 が閉じたときに発生するパルスは R_t で消費されます。 R_t の値は通常、出力定格 200W に対し 50~500Ω です。この定格であれば放電が起きている間、十分な電圧が起きない能力を提供できるのに十分な大きさです。例えば出力電圧 40kV の 303 シリーズについては、終端抵抗の電力定格は次のように計算できます：

$$I_{out} = 1.88A, R_t = 50\Omega$$

$$\text{平均電力} = 1.88 \times 50 = 176 \text{ Watts}$$

消費電力を数桁増加させるような原因には更に 2 つの流れがあります。最初のソースは、電源の出力ケーブル容量 C_c に蓄えられた分配エネルギーです。図 1 に関していうと、電源の内部キャパシタンス C_o は C_c と共に、 S_1 が閉じるたびに R_t と R_o (R_o は電源の出力抵抗を表し通常、数オームかそれ以下) を通して放電されます。

C_o は通常 200pF です。 C_c の値は出力ケーブル長 (~30pF/フィート) に関係し、標準の 10 フィート長のケーブルで通常 300pF です。回路の充電電圧を 40kV と仮定すると、 C_o と C_c 蓄積されるエネルギーは以下の方程式で簡単に計算できます。

$$E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times (500\text{pF}) \times (40\text{kV})^2 = 0.4 \text{ Joules}$$

放電回路が 1kHz の繰返し率（レップレート）で動作しているとすれば、 R_t と R_o で消費される平均出力は、 $0.4\text{Joules} \times 1000$ つまり 400W になります。

R_t における電力消費は更に、 S_1 スwitchの両端の電圧反転で引き起こされます。例えば、正出力の電源でスイッチ S_1 を閉じて放電回路がダンプされると、高電圧ケーブルの電圧はアンダーシュートし過渡的な負の電圧が電源の出力部にかかります。これが起こると、電流は順方向になっている出力整流器と R_t を通って電源からグラウンドに向かって流れます。これを下の図 2 で示します。

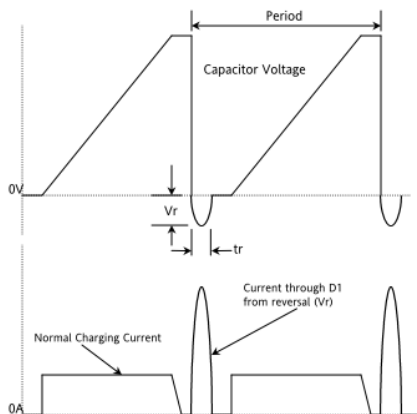


図 2 電圧反転時の高電圧出力ダイオードの電流

負荷電圧反転に関連した電流のピーク値が十分大きいと、出力整流器に対する損傷が発生するかもしれません。

電圧反転についての損傷閾値は定量化するのが難しいのですが、反転によって電源の定格出力電流値より大きな出力電流が引き起こされるなら、負荷回路に保護ダイオードを加えるべきです。反転保護ダイオードを必要とするかどうか決めるとき、ガイドとして以下の公式を使用できます。

$V_r \geq I_{rated} R_t$ の場合に必要ダイオード
 R_t

V_r : 反転電圧 (V)
 I_{rated} : 高電圧電源の定格出力電流
 R_t : 図 1 電圧反転保護に示されていた直列抵抗

ダイオード抵抗保護

保護ダイオードを追加した典型的な負荷回路は以下の図 3 の通りです。

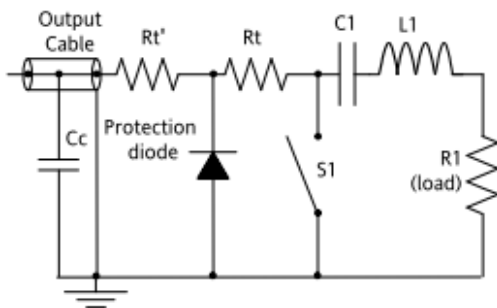


図 3 電圧反転保護回路

バイパスダイオードの選択は、信頼性があり効力のある反転保護を達成するために非常に重要です。ユーザは以下の 3 つのダイオードの定格が確実にアプリケーションに十分であるようにしなければなりません。

- ・ダイオードの逆電圧定格が回路の動作電圧、および電源の動作電圧より大きいこと
- ・ダイオードの RMS 電流がメーカーの定格値以下であること
- ・ R_t が使用されていない場合、コンダクション時のダイオードの順方向電圧降下は、電源内部のダイオードの順方向電圧降下より少ないはずであること

安全のためには、負荷回路で過電圧過渡現象が存在するなら、ユーザは定格電圧の約 1.5 倍のマージンを考慮すべきです。出力電圧 20kV の電源の場合では、反転保護ダイオードは定格で約 30kV であるべきです。

保護ダイオードの平均電流 (RMS) 定格値は負荷電圧の反転電圧による電流値より大きくなければなりません。RMS 定格値は、以下のステップで決定できます。

電圧反転時のピーク電流値 :

R_t : 図 3 の回路の抵抗。

パルス反転のために、一サイクル間の RMS 電流は :

反復性の負荷運転については、保護ダイオードの総合的な平均電流 (RMS) は、反転現象の一サイクルとデューティサイクルの電流値から次のように決定できます。

$$I_{rms} = I_{rms} (\text{pulse}) \times \sqrt{\text{duty cycle}}$$

高電圧プローブを使ってオシロスコープで V_r を測定できます。最初の測定値は、バイパスダイオードを付けずに電源を低出力電圧にセットしてから始めて、パーセント反転について計算してください。完全な電圧で予想すべきこととしてのガイドとしてこれを使用してください、その結果、完全な電圧でバイパスダイオードなしで操作を避けます。保護ダイオードを流れる順方向電圧降下は、有効な電源保護を達成するのに重要で、下の図 4 の回路で、電圧反転出力と同等な電源を示している。

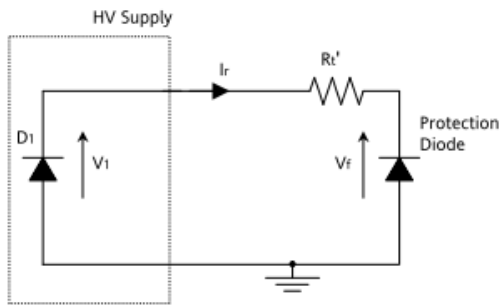


図 4 電圧反転保護ダイオードを伴った回路と同等の電源出力回路 Supply equivalent output circuit with reverse protection diode shown.

R_t の抵抗値は、 I_r が電源定格出力電流以下であるよう選択されるべきです。保護ダイオードを選択するにおいて重要な数値は、 V_f が確実にできるだけ低くなるようにすることです。反転保護ダイオードを選択するとき考察すべき重要なパラメータは次の通りです。

反転電圧定格：電源の動作電圧より大きい

RMS 電流定格：電圧反転をロードすることになっている I_{rms} よりすばらしいはずです。

順方向電圧降下：できるだけ小さいです。

注) 電圧反転保護ダイオードの回復時間は速い必要はありません。

反転保護ダイオードの製造メーカ

Semtech - 652 Mitchell Rd, Newbury Park, CA. 91320 USA.
Tel. 800-298-2111, 805-498-2111

CKE - P.O. Box 211, Lucernemines, PA. 15754 USA.
Tel. 724-479-3533. Web: www.cke.com

VMI - 8711 W. Roosevelt Ave, Visalia, CA. 93291. Tel. 209-651-1402. Web: www.voltagemultipliers.com
93008517 Rev. A. Page 2 of 2. c 2002 Lambda EMI