

## イントロダクション

TDK-Lambda Americas 社 ALE システムズ製のキャパシタチャージング電源は、2つのモードで動作するように設計されています。最も汎用的なモードは、高電圧キャパシタを確実に充電する定電流キャパシタチャージング電源としてあるいはパルスフォーミングネットワーク(PFNs)としてレーザや変調器回路で使用されます。一方でこの電源は RF ジェネレータや直流負荷に連続してエネルギーを与える定電圧・連続出力の直流電源としても動作します。

## キャパシタチャージング電源と直流電源

キャパシタチャージング電源は、数 ms の持続時間あるいはある出力条件下で自己の平均出力の 2 倍以上の出力を出せるよう設計され、またそのように設定されています。

標準的なキャパシタチャージング電源を連続 DC モードで動作させると、およそ 500ms 後に内部の負荷異常 (Load Fault) 検知回路が働いて出力を停止し、電源や負荷をダメージから守るために 500ms 間隔で出力を断続的に ON/OFF を繰り返します。

連続した直流出力電源として信頼できる動作をさせるには、キャパシタチャージング電源の出力電流が、ユニットの平均出力定格を決して超えないように工場で低減されます。更に (連続出力の DC 電源にとっては) 不要な負荷異常検知回路の機能を無効にします。Lambda の ALE システムズ製キャパシタチャージング電源はすべて工場で、平均電力定格を超えることがないように連続した DC アプリケーションで動作するよう、上記のように調整されます。このように変更された電源は通常、型式指定で DC のように記載されます。例えば、500A-1kV-POS-DC や 303S-12kV-NEG-DC のようになります。

## 出力フィルタキャパシタンス

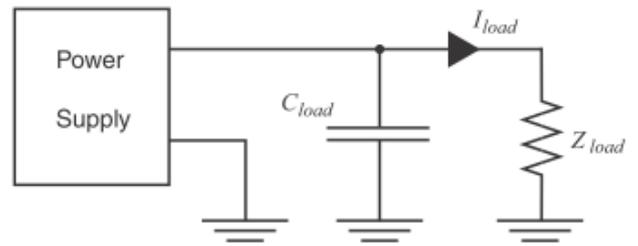
連続 DC アプリケーションに記述される必要があるキャパシタチャージング電源のもう一つの特徴が、出力フィルタキャパシタンスです。キャパシタチャージングアプリケーションの特質から、電源には非常に小さい内部フィルタ・コンデンサを必要とするだけです。電源内部には容量の大きいフィルタ用キャパシタンスは不要であり、高い繰返し率のアプリケーションにおいては大きな損失につながるからです。容量の低い出力フィルタキャパシタンスは、連続出力 DC アプリケーションにおいては多くの場合、リップル性能の低下につながりますが、負荷回路に顧客が外部フィルタ・キャパシタを追加することでリップルを容易に改善できます。

負荷回路に簡単に比較的小さいフィルタ・キャパシタを追加することで、1%領域の出力リップルを達成できます。ピークピークで 0.1%< のリップルが必要であれば、より複雑なパイ型の LC 出力フィルタが必要になるかもしれません。ALE システムズの最新の設計では、LC フィルタリングで、ピークツーピークで 0.015%以上のリップルを達成しています。更なる指導とサポートのために工場に連絡してください。

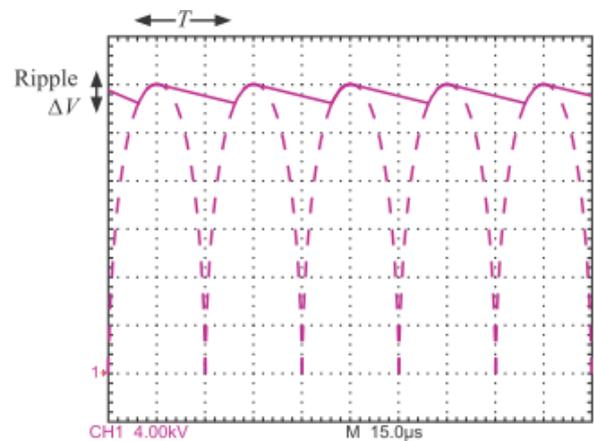
## 負荷リップルの計算

負荷リップルの問題は、多くの高出力 DC 回路において重要な課題です。例えば、ある RF 真空管の向こう側の電圧リップルはシステム性能を下げることに繋がる出力頻度リップルをもたらします。いくつかの回路パラメータがわかれば電圧

リップルに近似するのは、比較的容易です。図は、簡単な容量性フィルタ例と考えてください。



正確な負荷波形はかなり複雑ですが、下のスケッチに示された実線でそれに近似できます。



この場合、キャパシタの放電率を考えることで電圧リップルを簡単に計算できます。キャパシタに流れる直流電流 ( $I_{load}$ ) が一定とするならば、電圧損失は式 1 で決定できます。

$$I_{load} = \frac{\Delta Q}{T} = C \frac{\Delta V}{T} \quad \dots \text{式 1}$$

$\Delta V$  を求めるには次の式 2 が与えられます。

$$\Delta V = \frac{I_{load} \times T}{C} = \frac{I_{load}}{2 \times f \times C} \quad \dots \text{式 2}$$

$f$  : 電源内部のスイッチング周波数 (Hz)

$I_{load}$  : 負荷電流 (A)

$C$  : 負荷容量キャパシタンス (F)

$C$  を求めるには式 2 を次のように変更します。

$$C = \frac{I_{load}}{2 \times f \times \Delta V} \quad \dots \text{式 3}$$

【例題】定格 1kV の LC1202-DC モデル電源が 12A 負荷で運転されていて、リップルがピークツーピークで 10V 必要であるとするとフィルタキャパシタンスはどの程度のものが必要か?

注) LC1202 のスイッチング周波数は約 40kHz です。

解：式3を使って必要なキャパシタンスを求めます。

$$C = \frac{12}{2 \times 40 \times 10^3 \times 10} = 15 \mu F$$

【例題】30kV出力のモデル303-DC電源に50nFの外部フィルタキャパシタンスが接続され、1.5Aの負荷で運転されています。負荷電圧リップルはピークツーピークでどの位ですか？

注) モデル303のスイッチング周波数は約30kHzです。

解：式2を使って負荷リップルを求めます。

$$\Delta V = \frac{1.5}{2 \times 30 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-9}} = 500V$$

このアプリケーション・ノートの末尾に高電圧フィルタ・キャパシタメーカーを記載しています。

### アプリケーション例

キャパシタチャージ電源は、許容できるリップルを実現するために外部にフィルタ・キャパシタを追加することで、広範囲の連続DCアプリケーションで非常によく働いています。それらの代表例は次の通りです。

- ・マイクロ波真空管
  - 誘導性出力管 (IOT)
  - クライストロンアンプ
  - マグネトロン
  - ジャイロトロン
  - 進行波管 (TWT)
- ・エックス線管のバーニン
- ・DCバス発生
- ・集塵装置の電源
- ・グリッド・バイアス
- ・四極管検波増幅
- ・プラズマ発生用
- ・汎用研究
- ・ハイパワーRFアンプ
- ・インバータの試験
- ・レーダ

ALE システムズ製のキャパシタ電源は、スペースシャトル追跡レーダ・陽子ビーム治療加速器・Naval レーダーシステム・精密熱器具・および指向性エネルギー兵器に電力を供給しています。従来のスイッチングモード電源やリニア直流電源と比べて、TDK-ラムダのALE システムズ製高電圧DC電源は、しばしばかなり小型でローコストの代替手段として見つかるでしょう。

### 直流出力定格

ALE システムズ製のキャパシタ電源の直流出力定格とスイッチング周波数は下の表に示されています。式2と式3で適切なフィルタ・コンデンサを求める際にこのデータを使います。

モデル	直流出力定格	スイッチング周波数
500A	500W	40kHz
102A	1kW	40kHz
152A	1.5kW	40kHz
202A	2kW	40kHz
402	4kW	30kHz
XR802	6kW	40kHz
802	8kW	30kHz
LC1202	15kW	40kHz
203	30kW	30kHz
303	50kW	30kHz

### ハイパワー並列システム

平均電力で50kW以上を必要とするアプリケーションについては、DC電源システムで複数の電源を並列に動作させることで可能です。この場合、電源ユニット間で効果的な負荷分割が確実になされるよう注意しなければなりません。これを実現する最も良い方法はシステムコントローラを使用することです。TDK-ラムダのALE システムズのチームは、主に303シリーズ電源を中心として主要なシステムコントローラを使用したハイパワーDCシステムに関して多くの経験があります。これらのシステムは高性能な制御技術を使い、低蓄積エネルギーの実現と共に素晴らしい低リップル・レギュレーション・安定度を提供しています。システム・パラメータのいくつかの際立った数値は次の通りです。

- ・平均電力：1MW
- ・リップル：<0.015%p-p
- ・蓄積エネルギー：<10J
- ・安定度：<10ppm/°C
- ・レギュレーション：<0.0001%
- ・効率：90%
- ・アーク応答：<50us

web サイトで更に詳細な情報があります。

[http://www.us.tdk-lambda.com/hp/product\\_html/HV\\_systems.htm](http://www.us.tdk-lambda.com/hp/product_html/HV_systems.htm)

### 高電圧キャパシタメーカーの紹介

#### CSI Technologies Inc.

2540 Fortune Way  
Vista, CA 92081-8420  
Tel: 760-682-2222  
Web: [www.csicapacitors.com](http://www.csicapacitors.com)  
Email: [info@CSicapacitors.com](mailto:info@CSicapacitors.com)

#### ICAR S.p.A.

Monza - ITALY  
Tel: +39-039-8395-292  
Web: [www.icar.it](http://www.icar.it)  
Email: [folli@icar.com](mailto:folli@icar.com)

Application Notes や製品に関するご質問等がある場合は Lambda Americas 社 (日本国内：ゼネラル物産) にお問い合わせ下さい。

この情報は保証するものではありません。また予告無く変更されることがあります。

日本販売代理店

**ゼネラル物産株式会社**

〒164-0001 東京都中野区中野2-18-2  
TEL 03-3383-1711 FAX 03-3383-1719  
URL: <http://www.general-bussan.co.jp>  
Eメール: [info@general-bussan.co.jp](mailto:info@general-bussan.co.jp)

Manufactured by  
**a.l.e. systems**  
© 2009 TDK-Lambda Americas Inc.

Distributed through  
**TDK-Lambda Americas**