

わかる!!

## 電源回路教室

## ⑫ 昇降圧型コンバータ

～電圧を昇圧/降圧するには～

馬場 清太郎  
Seitaro Baba

昇降圧型コンバータは、出力電圧が入力電圧変動範囲に含まれるときに使用します。出力電圧が入力電圧よりも高い場合は昇圧型コンバータとして動作し、出力電圧が入力電圧よりも低い場合は降圧型コンバータとして動作します。

最近では太陽電池に代表される自然エネルギー源の利用が増えてきましたが、供給電圧は不安定であり、出力電圧が供給電圧変動範囲に含まれる場合の出力電圧安定化には昇降圧型コンバータが最適です。

エネルギーの一時的貯蔵手段として、充放電回数に制約のない電気2重層キャパシタの使用も増えてきました。2次電池と異なり、電気2重層キャパシタは放電時の端子電圧が大幅に変動するため、昇降圧型コンバータを使用すると高効率で一定の出力電圧を取り出すことができます。ここに昇圧型コンバータを使用すると、端子電圧が低下したときの昇圧比が昇降圧型コンバータに比べて大きくなり、効率が大幅に低下します。

昇降圧型コンバータは、基本的に降圧型コンバータと昇圧型コンバータを縦続接続して構成されていますが、次回で紹介するSEPICコンバータも昇降圧型コンバータです。

## 昇降圧型コンバータの設計

## ● 昇降圧型コンバータの基本構成

昇降圧型コンバータは、降圧型コンバータと昇圧型コンバータを縦続接続すれば構成可能ですが、図12-1に示すように接続の仕方によって必要部品点数が異なります。昇圧型コンバータから単独出力も取り出したい場合を除けば、必要部品点数が少ない図12-1(c)の構成を採用します。

制御の仕方は大きく分けて2種類あります(図12-2)。

一つは、デューティ・サイクル $D$ を降圧型コンバータと昇圧型コンバータで同一にします〔制御方式I, 同図(a)〕。

もう一つは、入力電圧 $V_{in}$ と出力電圧 $V_{out}$ の関係で、降圧型コンバータと昇圧型コンバータを順次動作させます〔制御方式II, 同図(b)〕。 $V_{in} < V_{out}$ のときには、降圧型コンバータは $Q_1$ を常時ONにして動作を停止させ、昇圧型コンバータだけを動作させます。 $V_{in} > V_{out}$ のときには、昇圧型コンバータは $Q_2$ を常時OFFにして動作を停止させ、降圧型コンバータだけを動作させます。

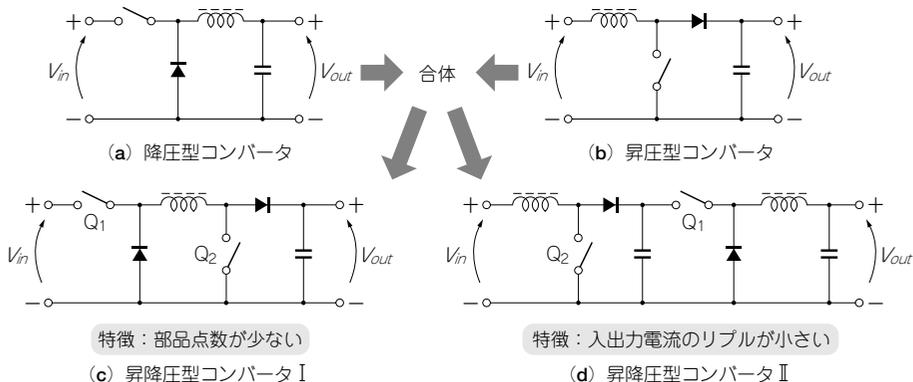


図12-1 昇降圧型コンバータの構成

昇圧型と降圧型コンバータの組み合わせ方で2種類の構成が考えられるが、部品点数の少ない昇降圧型コンバータIが採用されている

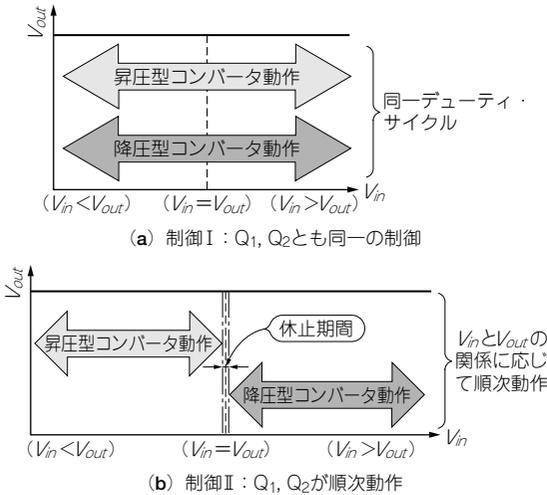


図12-2 昇降圧型コンバータの制御方法

$Q_1$  と  $Q_2$  の制御を同一タイミングで行う制御 I と、 $V_{in} < V_{out}$  のときは  $Q_1$  を ON して  $Q_2$  を制御(昇圧型コンバータとして動作)、 $V_{in} > V_{out}$  のときは  $Q_2$  を OFF して  $Q_1$  を制御(降圧型コンバータとして動作)する制御 II の 2 種類の制御方式がある。制御 I は簡単であるが、制御 II に比べて効率が悪い

制御方式 I は、両コンバータが常に動作していて、例えば入力電圧が 12 V で出力電圧が 12 V とすると  $D = 50\%$  となり、初段の降圧型コンバータでいったん 6 V に降圧し、次段の昇圧型コンバータで再度 12 V に昇圧するため、制御回路は簡単ですが効率は良くありません。

制御方式 II は制御回路は複雑になりますが、前回までの結果からわかるように、両コンバータとも  $V_{in}$  と  $V_{out}$  が接近すると効率が良くなるため、前者に比べて大幅な効率改善が望めます。

余談ですが、この回路を初めて見たのは本誌 1984 年 7 月号 p.480 の「パテント・レビュー」に載った「一般化 DC-DC コンバータ」です。特許公報(昭 54-40913)によると横河電機製作所の稲生清春氏を発明者として 1978 年 11 月 16 日に出願されています。オン・セミコンダクター(旧モトローラ)の技術資料「AN954」が 1985 年ですから、この回路の考案者は稲生清春氏と思われる。

### ● 制御方式 I の基本動作

図 12-2 の制御方式 I の昇降圧型コンバータの損失を無視した入出力電圧変換率  $M$  は、連載第 8 回で説明したように、 $M = D/(1 - D)$  です。実際の設計ではある程度の損失を仮定して行います。

能動スイッチ  $Q_1$ 、 $Q_2$  と受動スイッチ  $D_1$ 、 $D_2$  のオン電圧を与えた図 12-3 で考えると、 $Q_1$  ( $Q_2$ ) の ON/OFF により各部波形は図のようになります。ここで、インダクタ電流  $i_L$  は連続、直流出力電圧  $V_{out}$  は一定、

出力電流  $I_{out}$  も一定として考えます。降圧型コンバータの設計方法と同様にインダクタ電流のリプル率  $k$  を与えて計算すると、昇降圧型コンバータの基本的な関係は図中の式で表されるので、この関係を用いて設計計算を行います。

出力リプル電圧の計算は前回の昇圧型コンバータと同様に、図中の式(12-10)で概算します。この式は  $k$  が小さいときの単なる目安です。 $C_1$  の温度/電圧変動、ESR の温度変動を考えるとこの式で十分でしょう。ちなみに、採用した電解コンデンサの ESR は、20℃ から -10℃ の温度低下で約 3 倍に上昇します。 $k$  が大きいときはこの式は採用できず、パラメータ変動の大きさから考えて、実測するのが確実です。

### ● 制御方式 II の基本動作

図 12-2 の制御方式 II の昇降圧型コンバータは、前回までに説明した降圧型コンバータと昇圧型コンバータが  $V_{in}$  と  $V_{out}$  の大小関係に応じてどちらかだけが動作し、同時に両方のコンバータは動作しません。 $V_{in} \approx V_{out}$  では、両方のコンバータが動作しない休止期間があります。

設計は降圧型コンバータの設計と昇圧型コンバータの設計を個々に行います。前回までに説明していますから、ここでは省略します。

## 制御方式 I の昇降圧型コンバータ

### ● NJM2374AD による昇降圧型コンバータ

電源用 IC を使用して昇降圧型コンバータを作ってみます。使用 IC は前回と同じ NJM2374AD です。

設計仕様は下記とします。

- 出力電圧： $V_{out} = 12\text{ V} \pm 0.6\text{ V}$
- 出力電流： $I_{out} = 0.3\text{ A}$
- 入力電圧： $V_{in} = 12\text{ V} \pm 3\text{ V}$
- スイッチング周波数： $f_S = 80\text{ kHz}$
- 出力リプル電圧： $V_r = 120\text{ mV}_{p-p}$

ここで、 $I_{out} = 0.3\text{ A}$  としたのは、前回の結果から IC の内部損失を 0.875 W 以下に抑えるためです。

### ● パワー系の設計

前回までと同様に、効率  $\eta$  は 80% を仮定し、インダクタ電流のリプル率  $k$  も 30% として、表 12-1 に示す手順に従い設計します。

NJM2374AD の内蔵トランジスタはオン電圧が大きいため、ピーク電流を減らしたいところです。ピーク電流を減らすには、インダクタンスをできるだけ大きくします。ただし、飽和電流が  $I_{Lmax}$  に対して十分な余裕があることが条件です。ここでは、必要な値 305  $\mu\text{H}$  に対し、560  $\mu\text{H}$  と大幅に大きくしました。