

第 1 章

原理はシンプル! トレードオフの理解と調整力がかぎ

降圧型 DC - DC コンバータの構成と動作原理

本章ではよく利用する降圧型の DC - DC コンバータの動作原理や、最も重要な部品「インダクタ」の役割を説明します。実際の設計では、損失や電圧降下の影響を考慮しなければならないのでさまざまな計算が必要ですが、ここでは原理を理解するのに必要な最小限の計算式を紹介します。

1 - 1 降圧型 DC - DC コンバータの電圧変換のメカニズム

■ スイッチとダイオードがインダクタに交互に電流を流す

図 1-1 は、降圧型 DC - DC コンバータの動作を簡略化したものです。図 1-1(a) のようにスイッチ SW_1 が ON すると、電流が入力側からインダクタ L_1 に流れ、そのまま出力側に流れていきます。インダクタは、電流の変化を妨げる働きをもつ素子です。図 1-1(b) のように SW_1 を OFF すると、インダクタは電流を流し続けようとします。このときダイオード D_1 が導通し、GND からインダクタを経由して出力側に電流を流し続けます。図 1-1(a) と図 1-1(b) の動作を繰り返すことで、出力側に連続的な電流を供給します。

この回路の場合、ダイオードの順電圧 V_F と逆回復特性によって大きな損失が生じます。通常は、 V_F が低く逆回復特性が優れたショットキー・バリア・ダイオード(SBD)を使います。それでも損失が大きいため、最近ではダイオードの代わりに MOSFET も使われています。

■ 入出力の電圧比はスイッチの ON/OFF 比で決まる

おおざっぱに見ると、図 1-1(c) のようにスイッチとダイオードが交互に電流 I_{out} を流すことで、インダクタに連続的な出力電流 I_{out} が流れます。スイッチング周期を t_{CYC} 、ON 時間を t_{ON} 、OFF 時間を t_{OFF} とすると、デューティ比(1 周期の中での ON 時間の比率)は、

$$D_C = t_{ON} / t_{CYC} \dots\dots\dots(1-1)$$

です。

ここで、入力側から供給される電力 P_{in} と、出力側に供給する電力 P_{out} を考えます。 SW_1 が ON の期間は入力電圧 V_{in} 、入力電流 I_{out} なので、入力電力 $P_{in(ON)}$ は、

$$P_{in(ON)} = V_{in} I_{out} \dots\dots\dots(1-2)$$

で求められます。 SW_1 が OFF の期間は入力側からの電流が 0 なので、入力電力 $P_{in(OFF)}$ は、

$$P_{in(OFF)} = 0 \dots\dots\dots(1-3)$$