

Basic Buck Converter — Step-Down DC–DC Conversion

This paper is part of the Power Electronics Learning Portfolio, a self-study documentation series.

Mini Research Paper By Altanbaatar Enkhsuld

November 2025

要旨

本研究では、DC-DC コンバータの一種である降圧形（バック）コンバータの基本動作を検証した。PSIM を用い、入力 50 V をオープンループ PWM 制御で 25 V に降圧した。スイッチング、インダクタ、コンデンサの各値が出力電圧、リップル、過渡特性に与える影響を評価することを目的とした。

はじめに

バックコンバータは、DC-DC コンバータの中でも最も基本的で広く使用されている回路構成の一つである。

本回路は、高周波スイッチングとエネルギー蓄積素子（インダクタおよびコンデンサ）を利用し、高い直流電圧を効率的に低電圧へ変換する。

本研究では、PSIM シミュレーションを用いてバックコンバータの動作を解析し、デューティ比、インダクタンス、キャパシタンスが出力電圧の安定性に与える影響を検討した。

基本原理

動作モード

スイッチ ON 時:

入力電圧がインダクタに印加され、磁界にエネルギーが蓄えられる。

$$V_L = V_{in} - V_{out}$$

スイッチ OFF 時:

インダクタに蓄えられたエネルギーがダイオードを介して負荷に供給され、電流は連続的に流れ続ける。

$$V_L = -V_{out}$$

平均出力電圧:

$$V_{out} = D * V_{in}$$

ここで、 D はデューティ比を表す。

例: $V_{in} = 50V$ 、 $D = 0.5$ の場合、 $V_{out} \approx 25V$ 。

回路パラメータ

パラメータ	記号	値	説明
入力電圧	(V_{in})	50 V	電源電圧
負荷抵抗	(R)	5 Ω	負荷を模擬
インダクタ	(L)	1 mH	電流リップルを抑制
コンデンサ	(C)	100 μF	電圧リップルを平滑化
スイッチング周波数	(f_s)	5 kHz	リップルと損失を決定
デューティ比	(D)	0.5	目標出力比

これらのパラメータは、出力電圧リップルを 10% 未満に抑えつつ、安定した動作と波形の確認を目的として選定した。

シミュレーション結果

PSIM によるシミュレーション回路を図 1 に示し、出力電圧およびインダクタ電流の波形を図 2 に示す。

- 平均出力電圧は約 **25 V** で安定した。
- 立ち上がり時におよそ **34 V** のオーバーシュートが発生した。

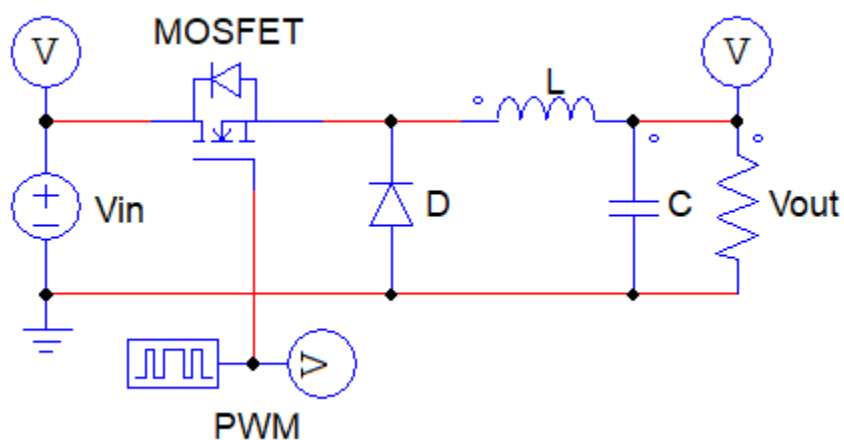


図1

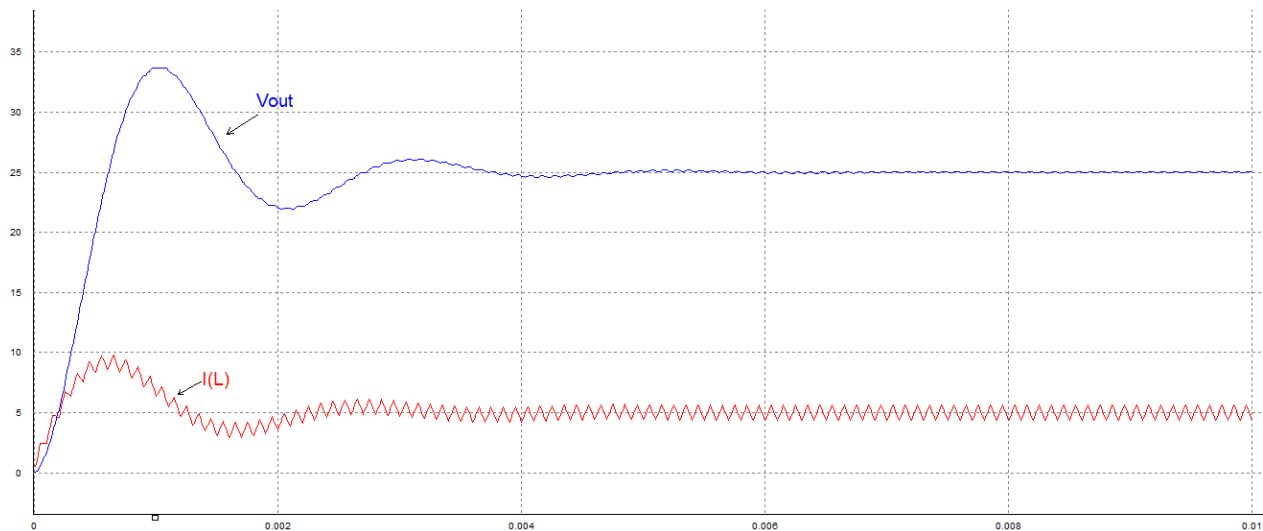


図 2

結果の考察

シミュレーションの結果、バックコンバータの起動時における電圧変化特性は、インダクタ (L) および コンデンサ (C) の値に強く依存することが確認された。

初期条件を $L = 1 \text{ mH}$ 、 $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$ とした場合、出力電圧は目標値である 25 V に到達する前に入力電圧付近まで上昇し、明確なオーバーシュートが発生した。

これは、出力電圧が目標値に達した後もインダクタ電流がコンデンサへの充電を続けたため、LC 回路がアンダーダンピング状態になったことに起因する。

この影響を検証するため、インダクタンスを 1 mH から 5 mH に増加させ、コンデンサ容量を $100 \text{ }\mu\text{F}$ から $50 \text{ }\mu\text{F}$ および $30 \text{ }\mu\text{F}$ に減少させた。

その結果、波形の立ち上がりは**緩やかで安定した単調増加 (monotonic rise) **となり、オーバーシュートはほぼ消失した (図 3)。

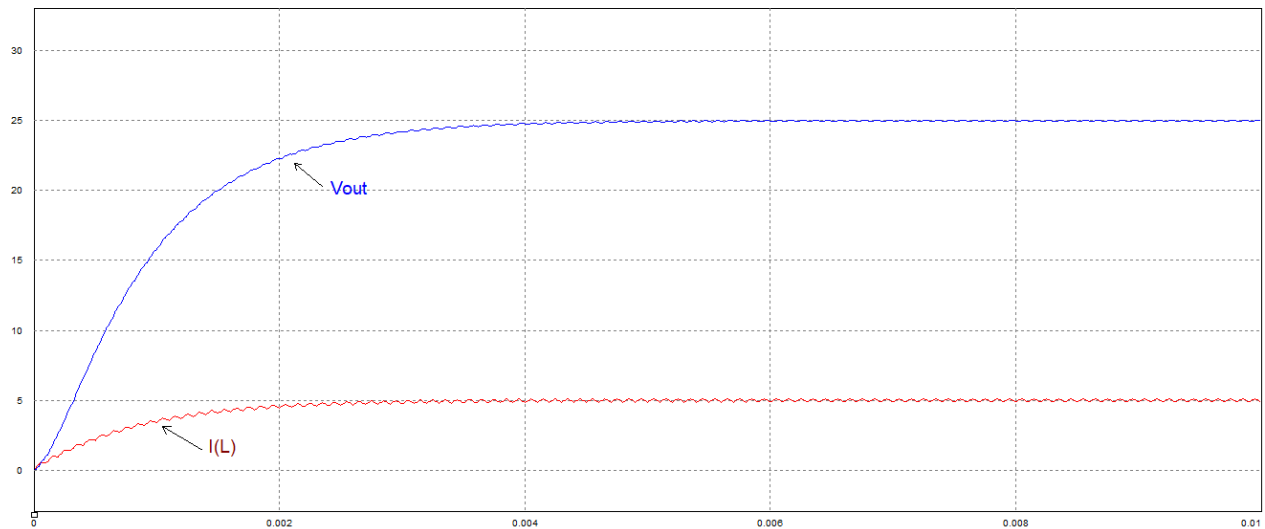


図 3

結論

本研究では、バックコンバータの基本動作を確認し、回路素子の値および設定条件が起動時の電圧変化や出力の安定性に直接的な影響を与えることを明らかにした。

入力条件を $V_{in} = 50 \text{ V}$ 、 $D = 0.5$ 、 $L = 1 \text{ mH}$ 、 $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$ とした場合、平均出力は適正に得られたが、起動時に顕著なオーバーシュートが発生した。

一方、インダクタンスを 5 mH に増加させ、コンデンサ容量を $30\text{--}50 \text{ }\mu\text{F}$ に減少させることで、オーバーシュートは完全に解消され、出力電圧は約 25 V まで滑らかに立ち上がり、安定状態に到達した。

これらの結果から、大きなインダクタンスは電流の変化を緩やかにし、コンデンサへの過剰なエネルギー供給を抑制する一方、小さなコンデンサ容量は減衰を強め、アンダーダンピング振動を抑えることが分かった。

これにより、過渡特性が改善された安定なシステム動作が得られた。

なお、小容量コンデンサは定常状態における電圧リップルをわずかに増加させる傾向があるが、インダクタンス値を大きくすることでその影響は軽減された。

今後は、ソフトスタート制御やクローズドループ電圧制御を導入することで、負荷条件や素子ばらつきに対しても、より安定した起動特性を得られると考えられる。