

## スイッチング素子の損失を推定可能なシミュレーションモデルの提案と検証

大植悠斗 (道平研究室)

A Proposal and verification of Simulation Model which can Estimate Switching Losses

Yuto OUE (MICHIIHARA Laboratory)

キーワード：シミュレーションモデル, スwitchングデバイス損失, DC-DC コンバータ

Keywords: Simulation model, Switching device losses, DC-DC converter

## 1. まえがき

今日、回路の動作を確認するためのシミュレータは数多くある。しかし、搭載されている素子のほとんどは損失が発生しない理想的なものであるため、実際の回路で発生する損失を確認することは難しい。そこで本研究では、シミュレータに搭載されている理想的な素子を用いて実際のスイッチング素子に近いモデルを提案し、どのシミュレータでも回路の効率を推定できるようにする。

本報告ではシミュレーションモデルを提案し、IGBT を使用した回路の損失とシミュレーションで推定した損失と比較してその有用性を検証した。

## 2. 提案するシミュレーションモデル

提案するシミュレーションモデルを Fig.1 に示す。今回は PLECS 4.0.7 を使用した。以下はそのシミュレーション条件である。今回モデルのスイッチ IT は IGBT を使用しており、ON 抵抗が  $0\Omega$ 、スイッチの初期状態は OFF にしている。理想ダイオード ID は順方向電圧  $0V$ 、オン抵抗  $0\Omega$  で、これは IGBT のボディダイオードを模擬している。コンデンサ  $C_s$  は初期電荷を  $0F$  とした。導通損失は抵抗  $R_s$ 、スイッチング損失はコンデンサ  $C_s$  によりモデル化されている<sup>(1)</sup>。今回、 $R_s=1.875m\Omega$ 、 $C_s=9.28nF$  としてシミュレーションをおこなった。

## 3. DC-DC コンバータの製作

実際に Fig.2 に示す降圧形 DC-DC コンバータを製作し、IGBT の損失を測定した。回路のパラメータを Table1 に示す。ダイオードは IGBT に内蔵しているものを使用した。また、スイッチング損失の誤差となるスキュー<sup>(2)</sup>を補正するために Teledyne LeCroy 社のスキュー校正治具を用いてスキューが  $0$  になるように補正をおこなった。そして、測定した損失とシミュレーションで推定した損失を比較した。

## 4. シミュレーション結果

実際の測定結果とシミュレーションで推定した損失を比較した表を Table2 に示す。DC-DC コンバータの測定では、サージを抑制するスナバ回路などを取り付けていないため、測定した電圧電流波形にはサージが乗っていた。サージ分の損失を測定しシミュレーションの結果に加算すると、誤差率はすべて  $\pm 8\%$  以内に収まっていた。これらの結果から 2 つのパラメータを変えるだけで、実際に近い損失が算出できることが確認できる。

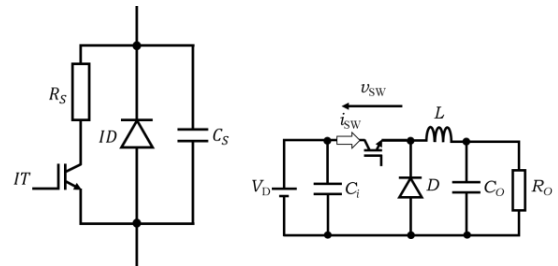


Fig.1 Proposed simulation Fig.2 Buck DC-DC converter

Table1 The experimental conditions

DC-source voltage $V_D$	400V, 300V, 200V
Capacitor $C_i$	3300 $\mu F$
Capacitor $C_o$	3300 $\mu F$
Inductor $L$	5mH
Load $R_o$	34.0 $\Omega$
IGBT	CM100DU-12F
Switching frequency	29kHz
Duty ratio	50%

Table2 A comparison in losses between simulation and experiment

		Voltage[V]		
		200	300	400
Losses[W]	Simulation	7.376	16.601	23.206
	Experimental	9.206	17.991	27.453

## 5. あとがき

提案モデルを使用してもその回路の損失が推定できることを確認した。今後は  $R_s$  と  $C_s$  の選定の仕方、他のシミュレーションソフトでの動作確認について検討していく予定である。

## 文 献

- (1) 谷口勝則：「ソフトスイッチング AC-DCAC 電力変換システム」, 電気学会研究会資料, SPC-17-013/MD-17-013 pp.7-12, 2017
- (2) 奥田 貴史, 引原 隆士：「大電力高速パルス生成器によるオシロスコープのスキュー補正」, 電気学会論文誌 C(電子・情報・システム部門誌), Vol. 138, No. 1, pp37