ハイブリッドリカバリレス方式ソフトスイッチング 昇圧チョッパ回路

正 員 山本 真義* 学生員 戸田 浩隆*
学生員 川島 崇宏* 非会員 吉田 俊幸*

Hybrid Recovery-less Method Soft Switching Boost Chopper Circuit

Masayoshi Yamamoto*, Member, Hirotaka Toda*, Student Member,
Takahiro Kawashima*, Student Member, Toshiyuki Yoshida*, Non-member

(2011年2月16日受付, 2011年4月14日再受付)

The conventional recovery-less boost type converter cannot achieve the soft switching operation in case of the turn off transition. In this paper, the novel hybrid recovery-less boost type converter, which can achieve the soft switching turn off transition, is proposed. Furthermore, the proposed hybrid recovery-less boost type converter has the switch function between the conventional recovery-less mode and the proposed soft switching mode. In general, the efficiency in the soft switching converter is less than the hard switching in case of the lower output power condition. However, using the switch function of the proposed boost type converter, the hybrid recovery-less boost type converter can achieve the high efficiency performance in the whole output power area in spite of the soft switching operation. The proposed hybrid recovery-less boost type converter is evaluated and discussed from experimental point of view.

キーワード: 昇圧チョッパ回路, リカバリレス, ソフトスイッチング

Keywords: boost chopper circuit, recovery-less, soft switching

1. はじめに

補助共振回路を付加するタイプのソフトスイッチング回路方式において, 全出力領域にて高効率を実現することは難しい。特に低容量出力領域において, その困難性は顕著となる。これはソフトスイッチング実現のため補助共振回路に損失成分を補償するだけの余裕を持った電流を流す必要があり, この電流による損失成分がソフトスイッチングによる損失改善成分を上回ることによる。

この問題に対して筆者らは, 低容量出力領域においては補助共振回路を用いないリカバリレス動作, 大容量出力領域においては補助回路を用いたソフトスイッチング動作へと切り替えを行うことが可能な, ハイブリッドリカバリレス方式ソフトスイッチング昇圧チョッパ回路を提案している¹⁾。本報告では提案したソフトスイッチング昇圧チョッパ回路について連続モード動作条件下で実機構築を行い, 効率の実測によりその切り替え機能を有する提案方式の有効性を確認している。

2. 提案回路

提案するハイブリッドリカバリレス方式ソフトスイッチング昇圧チョッパ回路を Fig. 1 に示す。従来のリカバリレス昇圧チョッパ回路²⁾に対して, 点線部で示した補助共振回路を付加した回路形態を構成している。昇圧用インダクタンス L_t はトランス T の一次巻線の励磁成分であり, 昇圧比に依存せずソフトスイッチングを実現するためトランス巻線 n_1 , n_2 に分割される。補助インダクタンス L_a の効果により, 主スイッチのターンオン時にはゼロ電流ターンオンが実現可能であり, 同時にダイオード D_1 , D_2 においては緩やかなソフト転流により各ダイオードにおけるリカ

Fig. 1. Proposed hybrid recovery-less boost chopper circuit.

* 島根大学総合理工学部
〒690-8504 松江市西川津町 1060
Dept. of Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering,
Shimane University
1060, Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan

Table 1. Circuit parameter of transformer-linked boost chopper circuit.

Input DC voltage	V_i	100V
Output DC voltage	V_o	230V
Switching frequency	f_s	50kHz
Boost inductor	L_t	300 μ H
Auxiliary inductor	L_a	15 μ H
Resonant inductor	L_r	5 μ H
Resonant capacitor	C_r	56nF
Number of windings	$n_1:n_2:n_3$	1:1:1

バリ現象を最小限に抑制可能となる。

これに対して主スイッチのターンオフ時に初めて補助共振回路が駆動する。ターンオフ時には補助共振キャパシタ C_r がロスレススナバとして動作し、ゼロ電圧ターンオフを実現する。さらに補助共振キャパシタ C_r に蓄積された電荷は、主スイッチ S_1 がオンしている期間に補助スイッチ S_2 を介して補助共振インダクタ L_r と補助共振キャパシタ C_r との共振現象を利用して電源側へ回生される。このとき S_2 はオン、オフ時共に、直列に接続された L_r の効果によりゼロ電流スイッチングを実現する。しかしながら、理想素子では考慮されないインダクタ損失、各半導体デバイスの導通損失等により、補助共振回路駆動時に損失を発生する。特に低出力領域に見られる、主回路におけるソフトスイッチング実現によるスイッチング損失の低減分を、補助共振回路での損失が上回る条件下においては、補助共振回路の付加が効率向上を阻害することになる。

これに対して、提案するハイブリッドリカバリレス方式ソフトスイッチング昇圧チョップパ回路は補助スイッチ S_2 がターンオンしない限り補助共振回路を無視することができる。また、補助共振回路を駆動させない状態においても、主スイッチにおけるターンオン、ダイオードにおけるターンオフについてはソフトスイッチング実現できており、従来のハードスイッチングに対して効率向上が可能となる。

3. 実機動作確認

Table 1 の回路条件の下に提案回路方式に対する実機構築を行う。Fig. 2 に実機におけるスイッチ S_1 における電圧電流波形を示す。ここで Fig. 2(a) は提案ハイブリッドリカバリレス方式、Fig. 2(b) は従来リカバリレス方式における実験結果である。実験波形より原理通り動作しており、従来方式と比較して提案方式ではターンオフにおける電圧立ち上がりが緩やかに抑制されており、理想的なソフトスイッチング動作を確認できる。Fig. 3 にダイオード D_1 における電圧電流波形を示す。この図より提案方式においてスイッチ S_1 におけるソフトスイッチングターンオフを実現しながらも、従来方式と同等のリカバリレス動作が実現できている。

Fig. 4 に効率測定結果を示す。700 W 以下の低出力領域において、提案方式では前述の理由により、補助共振回路を駆動させることで従来のリカバリレス方式と比較して効率の低下が見られる。しかしながら、出力が増大していく

Fig. 2. Voltage and current waveforms in switch S_1 . Fig. 3. Voltage and current waveforms in diode D_1 .

Fig. 4. Comparative data of efficiency.

に従いソフトスイッチング効果が効率に対して大きくなり、提案方式における効率は従来方式と比較して向上する。提案方式と従来方式の効率が一致する 700 W 時点で提案方式において補助共振回路の駆動を開始すれば、全領域における効率向上が見込める。

4. まとめ

全出力領域において効率向上が可能なハイブリッドリカバリレス方式ソフトスイッチング昇圧チョップパ回路を提案し、実機動作確認を行った。さらに効率測定結果より、全出力領域における提案回路の効率向上性能を示唆した。

文 献

- (1) T. Kawashima, S. Funabiki, M. Yamamoto, M. Tsuruya, and M. Ochiai: "Recovery-less Boost Converter for Electric Vehicle", Journal of the Japan Institute of Power Electronics, Vol.33, pp.107-114 (2008) (in Japanese) 川島崇宏・船曳繁之・山本真義・鶴谷 守・落合政司:「電気自動車用昇圧コンバータのリカバリレス化」, パワーエレクトロニクス学会誌, Vol.33, pp.107-114 (2008)
- (2) T. Toda, T. Kawashima, and M. Yamamoto: "Hybrid Recovery-less Method Soft Switching Boost Chopper Circuit", The 2010 Annual Meeting Record of IEEJ, No.1, pp.355-356 (2010) (in Japanese) 戸田浩隆・川島崇宏・山本真義:「ハイブリッドリカバリレス方式ソフトスイッチング昇圧チョップパ回路」, 平成 22 電気学会産業応用部門大会, No.1, pp.355-356 (2010)