

レーザー点火プラグシステム用駆動回路における出力コンデンサ容量値の最適化について

右手凌* 今岡淳** 庄山正仁**
 (九州大学大学院 *システム情報科学府 **システム情報科学研究所)

1 はじめに

従来の電気火花を用いたエンジン点火方式と比べ、レーザー点火方式では燃焼効率の改善や希薄燃焼などの低燃費化が期待されている[1]。そのエンジン点火用レーザーをパルス駆動する方式には、出力電解コンデンサの充放電により大電流パルスの生成を行う駆動方式が一般的に用いられている。しかし、従来のパルス駆動回路は大形の出力電解コンデンサの体積で占められている。その出力コンデンサの小形化を図り、最適な出力電解コンデンサの容量値を導くためにも、容量値と充放電電圧の関係を示すことが求められる。本稿では、レーザー駆動回路のメカニズムを明らかにすると共に、レーザー用大電流パルス発生回路における充放電特性と出力電解コンデンサの大きさの関係について明らかにした。

2 動作原理

2.1 レーザー駆動回路

図 1 にレーザー点火プラグシステムにおける駆動回路の構成を示す。半導体レーザーをパルス駆動させるため、まず AC-DC コンバータから出力電解コンデンサに静電エネルギーを蓄える。次に駆動 FET をリニア制御により駆動させ、コンデンサを放電させることで、図 2 に示すようにコンデンサ電圧 v_C が V_1 [V] から V_2 [V] に低下し、大電流パルス i_o が出力される。なお、半導体レーザーと駆動 FET を正常に動作させるため、

$$V_2 \geq V_{OP} + V_{DS_min} \quad (1)$$

を満たす V_2 を確保する必要がある。

2.2 コンデンサ容量と充放電電圧の関係

出力電解コンデンサに充電される電流 i_i は、出力される大電流パルス i_o に対して微小と見なすことができる。従って、充電電流 i_i を無視して近似した場合の出力電解コンデンサ容量 C と、充放電電圧の差分 ΔV との関係は

$$C = \frac{I_o \times \tau}{\Delta V} \quad (2)$$

と表される。

3 シミュレーション解析

例として、 $I_o = 500$ [A]、 $\tau = 0.5$ [ms]、 $V_{OP} = 4$ [V]、 $V_{DS_min} = 4$ [V] とした場合のレーザー駆動回路のシミュレーション解析を行った。図 3 にシミュレーション結果を示す。まず V_2 を 8V に固定し、 V_1 を増加させた場合のコンデンサ容量 C と ΔV の関係についてシミュレーションを行った。また V_1 を 12V に固定し、 V_2 を増加させた場合についても同様にシミュレーションを行った。結果より、 V_1 の増加にともない ΔV を増加させることで、式(2)に示すようにコンデンサ容量 C が低減されたことを確認した。また V_1 を固定し、 V_2 を増加させた場合についても同様にコンデンサ容量 C を低減することができたため、必要最低限の V_2 を確保することで C の値を小さくすることができ、回路の小形化が実現できる。

4 おわりに

本稿では、レーザー点火プラグシステム用駆動回路の動作原理と、出力電解コンデンサ容量と充放電電圧との関係について明らかにした。シミュレーション解析の結果、充放電電圧の差分 ΔV が大きくなるほど、出力電解コンデンサの容量値を小さくできることが明らかとなった。しかし、 ΔV が大きくなることでコンデンサのリプル電流が増加するため、今後の実験において半導体レーザーへの影響を確認しながら、最適な出力電解コンデンサの容量値を導く。

参考文献

- [1] 平等拓範:「レーザー点火技術の最新動向」, IEEJ Journal, Vol.136, No.5 (2016)
- [2] 高木浩一:「パルスパワー発生回路の設計と実践」, J. Plasma Fusion Res, Vol.87, No3 (2011)

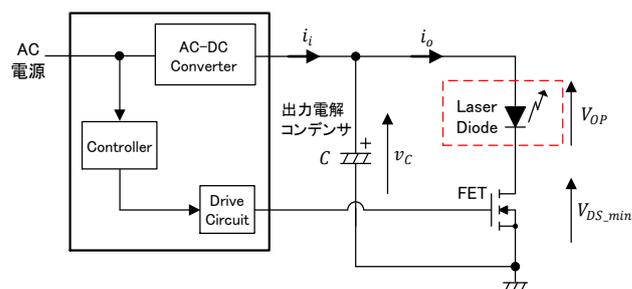


図 1 レーザー駆動回路

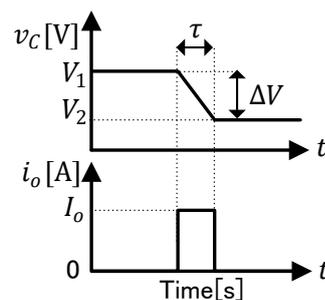


図 2 各種出力波形

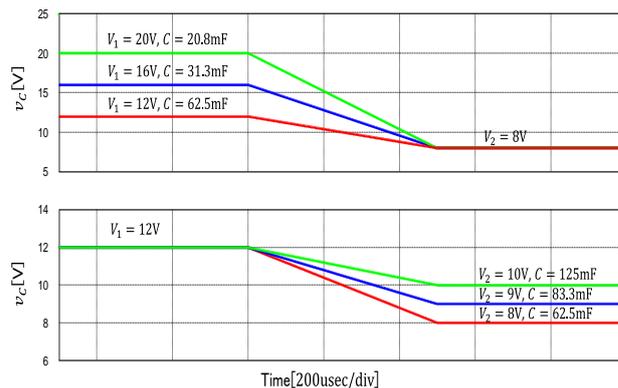


図 3 $C - \Delta V$ 特性のシミュレーション解析結果