

シングル形 LC 発振回路によるドライバでゲートに直列挿入されるインダクタの影響に関する考察

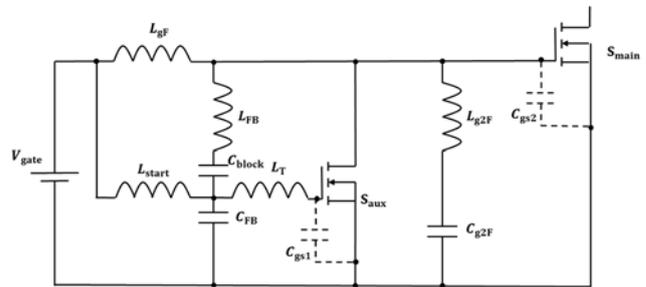
後藤 健斗

石橋 尚之
長崎大広川 正彦*
*TDK

甲木 昭彦

1 はじめに

近年求められているスイッチング周波数の高周波化による小型高効率な電源開発のために、共振形コンバータのスイッチング素子を駆動するゲートドライバについて、回路内の各要素、特にゲート直列インダクタ L_T がどのような働きをもっているのか探ることを目的として周波数条件および発振条件について解析を行った。解析ではミラー効果やコンバータの動作、 L_T の影響を考慮し、 C_{gs1} や C_{gs2} 、 L_T の値を変更し、それぞれの解析結果をシミュレーションや実験結果と比較することで C_{gs1} や C_{gs2} 、 L_T の働きを考察した。

Fig.1 ゲートドライバ回路図^[1]

2 LC 発振回路

今回解析の対象とした回路を Fig.1 に示す。この回路における 2 種類の MOSFET は S_{aux} が L8821P、 S_{main} が MRF6S9060 である。また S_{main} についてはゲート・ソース間容量 C_{gs2} のみを考慮する。Fig.2 にゲートドライバ回路の等価回路を示す。この回路内において X_1 、 X_2 、 X_3 はインダクタとキャパシタから構成される要素のインピーダンスである。

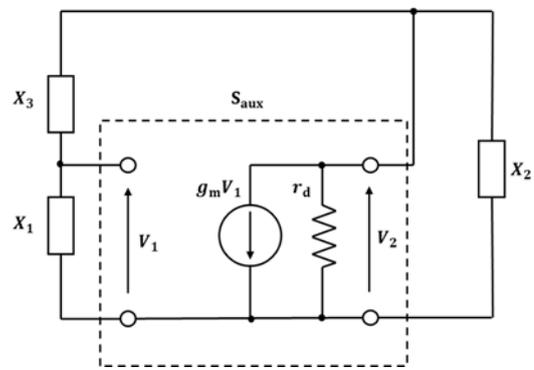


Fig.2 等価回路

3 周波数条件および発振条件

$X_1 + X_2 + X_3 = 0$ を満たす周波数を発振周波数の候補、 $\mu = g_m r_d = -(X_1 + X_3) / X_2 > 0$ を発振条件として解析を行い、その結果をそれぞれ Fig.3、Fig.4 に示す。図中の丸印は周波数条件と発振条件をともに満たし、周波数の低い順に色を変更している。白抜きの丸印は振幅条件が $0 < \mu < 1$ の場合であるため、塗りつぶした丸印の方が発振する可能性が高いと考えられる。実験に用いたコイルは $L_T = 68 \text{ nH}$ であり、候補は 2 個存在する。その中で発振する可能性が高いのは、2 番目の候補である約 110 MHz 付近である。Fig.4 においてその候補を L_T の変化とともにみると、 L_T の変化と比例していることがわかり、 L_T が減少しすぎると μ が 1 を下回ってしまう。その代わり緑色の丸印で発振する可能性が発生する。緑色の丸印は Fig.3 をみると約 220 MHz 付近に存在するが、約 220 MHz 付近には他の周波数候補も存在するため、一定の周波数で発振しない可能性が生じてしまう。そのためゲートドライバに挿入される L_T は発振を行う際、ほぼ一定の周波数に保つ役割をもつ可能性があるといえる。

また、パラメータを次に示す。 $C_{gs1} = 33 \text{ pF}$ 、 $C_{gs2} = 318 \text{ pF}$ 、 $L_{gF} = 4.5 \text{ nH}$ 、 $L_{start} = 12 \text{ nH}$ 、 $L_{FB} = 100 \text{ nH}$ 、 $C_{FB} = 56 \text{ pF}$ 、 $C_{block} = 100 \text{ pF}$ 、 $L_{g2F} = 2.6 \text{ nH}$ 、 $C_{g2F} = 139 \text{ pF}$

4 まとめ

L_T は発振周波数と発振条件の両方に影響を与えるため、約 64.5 nH から約 68.0 nH の範囲の値で挿入することで、発振を行う際にほぼ一定の周波数を保つ役割をもっていることがわかった。

参考文献

- [1] R. C. N. Pilawa-Podgurski, et al., "Very-High-Frequency Resonant Boost Converters," *IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 24, No. 6, pp. 1654-1665, June 2009.

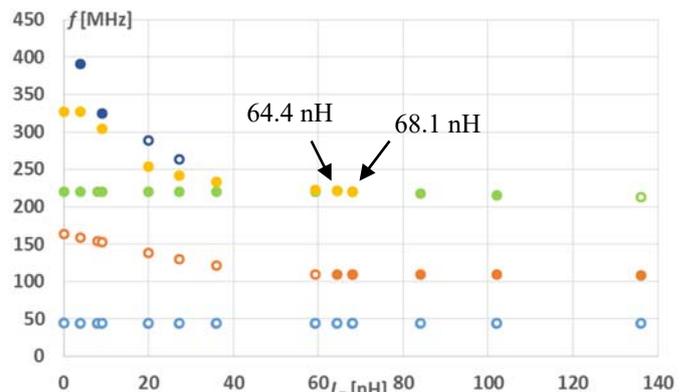


Fig.3 周波数条件(解析結果)

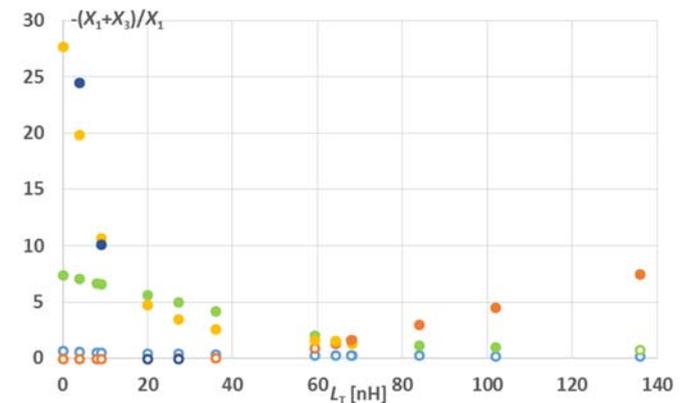


Fig.4 発振条件(解析結果)