

EFT/B 印加時のスイッチング電源に及ぼす影響に関する検討

橋本竜大（富山高等専門学校）・西島健一（富山高等専門学校）

1. はじめに

スイッチング電源の小型化と効率・ノイズを両立する研究が進められている。しかし従来研究では EMC のうち EMI に限定したものが多く、イミュニティについての詳細に研究されていないのが現状である。(1)

今回は、イミュニティ試験である EFT/B(バーストノイズ, IEC61000-4-4)をスイッチング電源に印加したときの影響について検討を行った結果について報告する。

2. 実験方法

実験に用いたスイッチング電源の主回路構成を図 1 に示す。フライバック方式の AC-DC コンバータ(スイッチング周波数 $f_s=55\text{kHz}$, 出力 $12\text{V}/1.4\text{A}$)を用いて行った。入力には 115Vac とし, EFT/B を印加した。AC-DC の AC ラインには EMC フィルタ (X コン, コモンモードチョークコイル) が搭載されている。

3. 実験結果

図 2 に EFT/B 印加時のスイッチング電源に及ぼす影響を確認した半波整流前のスペクトラムを示す。測定範囲は $1\text{k}-101\text{kHz}$ (縦軸 $10\text{dB}/\text{div}$, 横軸 $10\text{kHz}/\text{div}$) である。(a), (b)図を比較した際に基本波(55kHz)のノイズがおおよそ 10dB 低くなっているのは周波数拡散の効果によるものである。(c)図を見ると EFT/B 印加後に基本波 55kHz を中心に $\pm 5\text{kHz}$, $\pm 10\text{kHz}$... のスペクトラムが発生していることがわかる。すなわち, スwitching 周波数を搬送波として, EFT/B が振幅変調していると考えられる。次節でこのメカニズムを考察する。また 0dB を基準に(c), (d)図を比較すると, (d)図の拡散ありの方が 0dB を上回るノイズが少なく, イミュニティの改善も期待できる可能性がある。

4. 考察

EFT/B がスイッチング周波数を搬送波に振幅変調される現象は, コレクタ変調回路による振幅変調と同じ現象であると考えられる。コレクタ変調回路の搬送波に相当するものがスイッチング電源ではゲート波形となる。

ここで搬送波 V_c , 変調波 $V_p(t)$, 変調度 m をそれぞれ

$$V_c(t) = V_c \cos \omega_c t \quad (1)$$

$$V_p(t) = V_p \cos \omega_p t \quad (2)$$

$$m = V_p/V_c \quad (3)$$

とすると, 振幅変調波 $V_m(t)$ は次式のように与えられる。

$$V_m(t) = (1 + m \cos \omega_p t) \cos \omega_c t \quad (4)$$

式(4)を変形すると式(5)となり, コレクタ変調回路の搬送波は正弦波のため, 側帯波は式(5)のように上側波と下側波は 1 つずつとなる。

$$V_m(t) = V_c \cos \omega_c t +$$

$$\frac{m}{2} V_c \cos (\omega_c + p)t + \frac{m}{2} V_c \cos (\omega_c - p)t \quad (5)$$

スイッチング電源のゲート波形は矩形波なので, 搬送波 $f_s(t)$ は式(6)となる。(c)図に複数の側帯波が見られたのは振幅変調波 $f_m(t)$ が式(7)となり高調波を含むためである。

$$f_s(t) = \sum V_{ic} \cos (\omega_{ic}) t \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

$$f_m(t) = V_c \cos \omega_c t +$$

$$\sum \frac{m_i}{2} V_{ic} \cos (\omega_{ic} + p)t + \sum \frac{m_i}{2} V_{ic} \cos (\omega_{ic} - p)t \quad (7)$$

5. まとめ

スイッチング電源に EFT/B を印加すると, スwitching 周波数によって振幅変調作用が発生すること, 周波数拡散によってその影響を軽減する傾向があることがわかった。今後は抵抗負荷でない実負荷において誤動作を回避することにつながるかを検討したい考えである。

本研究は JSPS 科研費 JP20K04431 の助成を受けたものです。

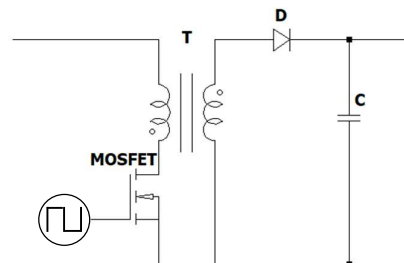


図1 スイッチング電源の主回路構成

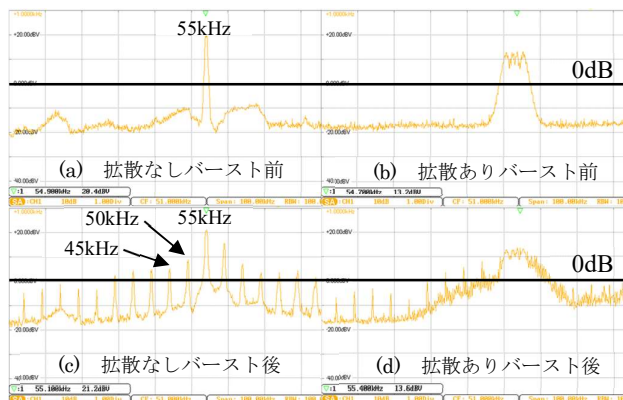


図2 負荷スペクトラム

参考文献

(1)西島健一:「スイッチング電源ノイズと EFT/B ノイズが及ぼす負荷側への影響に関する検討, パワーエレクトロニクス学会誌 Vol.46, pp.36-41(2021.3)