

# 同軸線路フィルタによる伝導ノイズの低減に向けた基礎検討

©TRAN NGUYEN PHUONG LINH, 日下 佳祐(長岡技術科学大学)

## 1. はじめに

SiC/GaN 半導体パワーデバイスの適用により、スイッチング時の立ち上がり・下がり時間が短縮され、スイッチを高周波で動作させることが可能となりつつある。しかし、高周波動作は回路動作で生じる伝導ノイズ増加の原因となため、伝導ノイズを低減するフィルタ回路が必要となる。

従来の LC フィルタ回路は、低周波領域でノイズに対する抑制効果があるが、フィルタが有する寄生インダクタンスと寄生キャパシタンスにより高周波領域での抑制効果が低下する<sup>(1)</sup>。そこで本研究では、高周波領域での伝導ノイズ低減効果を有する同軸線路フィルタのパワエレ回路への適用を目指し基礎検討を行ったので報告する。

## 2. 同軸線路フィルタの原理

Fig. 1 に同軸線路フィルタを用いたノイズ低減手法の基礎原理を示す。高周波でノイズ低減効果が低下する従来の LC フィルタの補助として、同軸線路フィルタを応用する。同軸線路では、伝送線路長を信号の 1/4 波長とした場合、線路の片方を短絡させると、他方から見たインピーダンスが無限大になる。この特性を利用し、同軸線路の長さにより特定の周波数の奇数次倍で理想的には無限大のインピーダンスを得ることが可能である。

## 3. 同軸線路フィルタの特性

同軸線路フィルタのパワエレ回路への適用可能性を検証するため、まず同軸線路フィルタの特性について検討を行う。検討対象として、長さ 20m の同軸線路 RG174 をフェライトトロイダルコアに 210 回巻き付けた同軸線路フィルタを作成した。本フィルタの設計周波数  $f$  は(1)式により 2.475 MHz である。ここで、 $l$  は同軸線路の長さ(m)、 $c$  は光速度(m/s)、 $\epsilon_r$  は同軸線路の誘電率である。なお今回使用した同軸線路の誘電率は 2.3 である。

$$f [\text{Hz}] = \frac{c}{4 \times l \times \sqrt{\epsilon_r}} \dots \dots \dots (1)$$

伝導ノイズはディファレンシャルモードノイズとコモンモードノイズの 2 種類がある。ディファレンシャルモードノイズは入力電源のプラス側とマイナス側で流れる電流の向きが異なる。一方、コモンモードノイズではプラス側とマイナス側で流れる電流の向きが同じとなる。同軸フィルタのパワエレ回路適用に向けて、それぞれのインピーダンス測定を実施した。Fig. 2(a) がディファレンシャルモードインピーダンス、Fig. 2(b) がコモンモードインピーダンスの測定方法である。なお、測定には RF デ

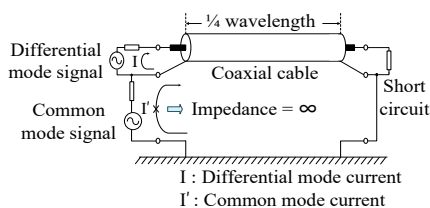


Fig. 1. Operating principle of coaxial cable filter.

バイスの特性の測定において使用される Enhanced Network Analyzer (ENA) E5061B を用いた。

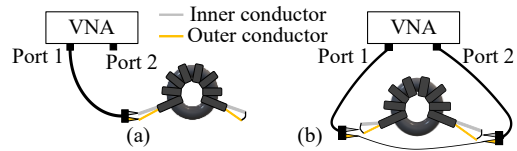


Fig. 2. Measurement method of filter's impedance.

## 4. 同軸線路フィルタのインピーダンス特性の実験結果

Fig. 3(a)には作成したフィルタのディファレンシャルモードインピーダンスの実験結果を示す。インピーダンスがピークをとる周波数が(1)式により計算される周波数とおおよそ一致した。また、基本波以降のインピーダンスのピークがみられる周波数が基本周波数の奇数倍となることが確認された。このことより、ノイズ発生周波数において同軸線路の一端を低インピーダンス状態とすることでノイズ抑制効果が得られる可能性を示した。

Fig. 3(b)はコモンモードインピーダンスの測定結果である。40kHz くらいにおいて原因不明のインピーダンスの上昇が観測されているが、コモンモードにおいても同様に基本周波数の奇数倍成分においてインピーダンスピークが現れることが確認できた。以上の結果より、ディファレンシャルモードとコモンモードの両者においてノイズフィルタとして適用可能である見込みが得られた。

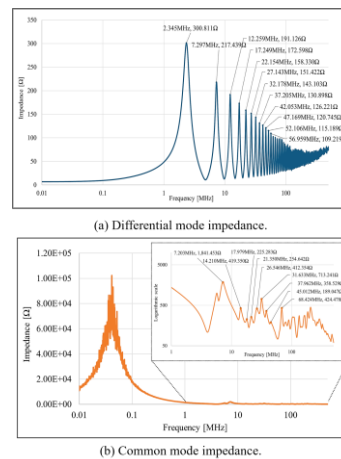


Fig. 3. Impedance characteristics of coaxial cable filter.

今後は、同軸線路フィルタをパワエレ回路に適用するにあたり、有効なフィルタの挿入箇所及び手法の検討を行う予定である。

## 参考文献

- (1). Takahashi, S., et al., "Review of Modeling and Suppression Techniques for Electromagnetic Interference in Power Conversion Systems" in IEEJ Journal of Industry Applications, Vol.11, No.1, pp.7-19 (2022).
- (2). 山村 英穂, 改訂新版 定本 トロイダル・コア活用百科 - トロイダル・コイルの理論・製作と応用回路 (2006).