

緑川 洋一、 早野 誠治、 斎藤 兆古 (法政大)

A Thin Film Noise Filter and Its Evaluation by Discrete Wavelet Transformation
Yoichi Midorikawa, Seiji Hayano, and Yoshifuru Saito (Hosei University)

1. まえがき

半導体技術などの進歩によって様々な電子機器が小型・軽量化されている。特に、ノート型計算機や携帯電話などがそのいい例である。他方、蛍光灯などの照明機器からファックスやパーソナルコンピュータなどの情報機器まで様々な電子機器が日常生活で使用され、小型・軽量化されてきている。これらの小型・軽量化は主に信号を扱う部品の集積回路技術に因るものである。これに対し電力を供給する電源部分は小型・軽量化するため動作周波数を高周波化し、変圧器やリアクトルなどの磁気部品の小型・軽量化を図っている⁽¹⁾。電源回路、主にスイッチング電源の高周波化により半導体素子のスイッチングにともなう電力系統への高調波ノイズの流しが問題になってくる。高調波ノイズは電力系統を通じ他の電子機器に影響を与え誤動作などの原因となる。いわゆる EMC 問題である。このためほとんどの電子機器は電力系統と電子機器のあいだに高調波ノイズを削減するためにノイズフィルタを装着する。しかし、従来型のフィルタでは装着性が悪く、小型・軽量化するために高周波化したことが無意味になってしまう。

このような問題を解決するため、我々は、導体間の分布容量を利用した並列共振回路を提案し、ノイズフィルタとして機能することを報告した⁽²⁾。本論文では、このフィルム型共振回路を用いてコモンモードフィルタを試作したので報告する。また、ノイズ波形の評価には、周波数領域に変換し解析を行うフーリエ解析を用いるのが一般的である。しかし、フーリエ解析では、時間領域情報が失われてしまう。周波数領域と時間領域の両方にまたがって解析が可能である方法としてウェーブレット解析を用いた方法がある⁽³⁾。本論文では、周波数領域と時間領域の両方にまたがって解析するウェーブレット変換を用いた多重画像解析を行う。

2. 共振型フィルムコイルを用いたコモンモードフィルタ

<2.1> フィルム型共振回路の原理 図1 (a) に示すような平行に並んだ導体を考える。この導体を図1 (b) に示すように結線すると、2本の導体間の電位差は導体の端から端まで等しくなる。このため、導体間のキャパシタンスが導体の中心点間を結ぶキャパシタンスCで代表されるとし、各導体の抵抗、自己インダクタンスおよび2本の導体間の相互インダクタンスをそれぞれR、L、Mとすると、図2 (c) に示すような等価回路が導かれる。

図1 (c) の等価回路より、共振角周波数 ω_r と共振時のインピーダンス Z_r は、それぞれ次式で与えられる。

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{(L+M)C}} \tag{1}$$

$$Z_r = R + \frac{L+M}{RC} \tag{2}$$

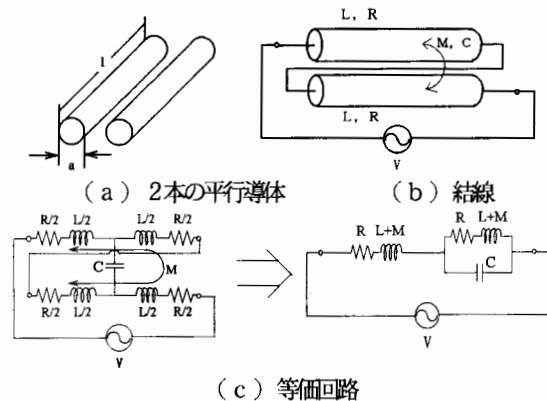


図1 共振型コイルの原理

Fig.1. Principle of resonant coil. (a) Two parallel conductors, (b) method of circuit connection, and (c) lumped circuit model.

<2.2> コモンモードフィルタ 試作した共振型フィルムコイルを図2に示す。この共振型フィルムコイルを薄型タイル状のフェライトでサンドイッチ状に挟んだコイルを用いたコモンモードノイズフィルタの回路図を図3に示す。

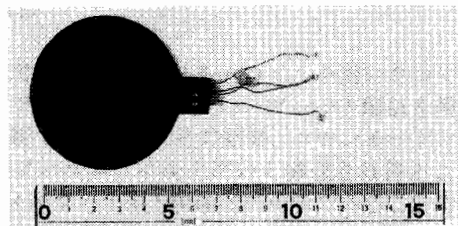


図2 共振型フィルムコイル
Fig.2. An example of film inductor

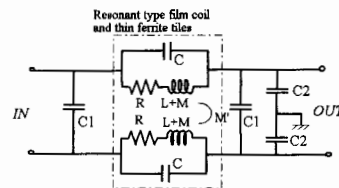


図3 共振型フィルムコイルを用いたコモンモードフィルタ

Fig.3. A common mode noise filter circuit employing the resonant type inductors.

3. ウェーブレット変換を用いたノイズ波形評価

〈3.1〉ウェーブレット解析 Wavelet 変換行列を W 、データ X とすれば、Wavelet spectrum S は次式で与えられる。

$$S = W \cdot X \quad (3)$$

Wavelet 変換行列 W は、隣どうしのデータの和と差をとり、Wavelet spectrum の始めの方に和を、後ろの方は差となるように並べ替え、和の部分にはさらに同様の変換を行っていくものである。このため Wavelet spectrum S には、変換された回数が異なる部分が存在する。この部分ごとに逆変換をすると、それぞれ周波数に対応するレベルごとの波形になる。

〈3.2〉ノイズ波形評価 測定に使用したスイッチング電源から電力系統へ流出するノイズ測定回路を図3に示す。図3の測定回路を用いて測定したスイッチング電源から電力系統へ流出する高周波ノイズのフーリエスペクトラムを図5に示す。同様のノイズデータをハール基底を用いたウェーブレット変換を用い多重解像解析をした結果を図6に示す。フーリエ変換では、すべての情報を周波数領域に変換してしまい時間領域情報は失われてしまう。このため、フーリエスペクトラムからは、どのような波形なのか判定が困難である。

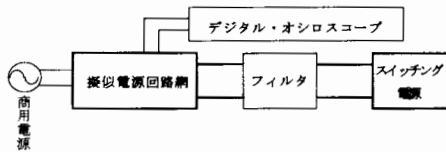
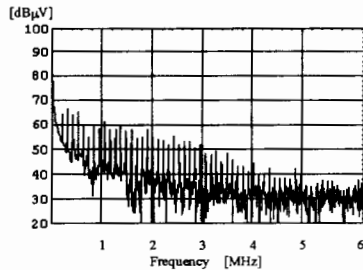
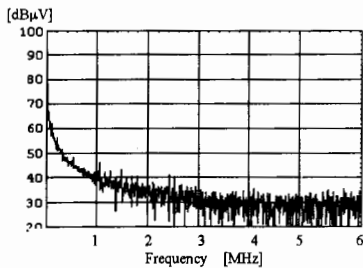


図4 測定回路
Fig.4. Measurement circuit.



(a) フィルタなし

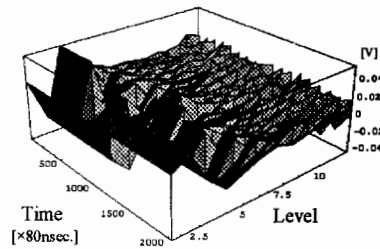


(b) フィルタ装着時

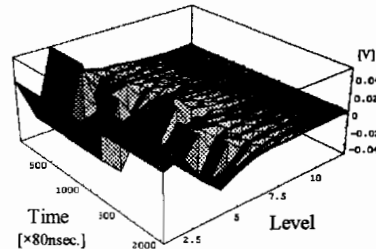
図5 フーリエスペクトラム

Fig.5. Fourier spectrum.
(a) Without filter,(b) With film filter

次に、図6のウェーブレット変換を用いた多重解像解析をした結果をみると、時間領域と周波数に相当する Level 領域の両方にまたがって解析されていることがわかる。Level は、大きいほど高周波に相当する。この結果をみると、高周波の部分にパルス状のノイズがのっていることがわかる。図6の結果により、共振型フィルムコイルを用いたコモンモードノイズフィルタにより高周波ノイズ成分が低減されていることがわかる。



(a) フィルタなし



(b) フィルタ装着時

図6 ウェーブレット解析を用いた多重解像解析
Fig.6. Multi dimensional analysis of the common mode noise. The vertical and level axes correspond to the noise amplitude and frequency, respectively. Higher level corresponds to a higher frequency. (a) Without filter,(b) With film filter

4. 結言

本論文では、共振型フィルムコイルを用いたコモンモードノイズフィルタに対してウェーブレット解析を用いた多重解像解析で検討した。その結果、コモンモードフィルタが共振型フィルムコイルを用いて構成され得ることが判明し、フィルタの小型・軽量化が可能であることを示した。

参考文献

- (1) T.Sato et al., IEEE Trans., Vol.30, No.2, pp. 217-223 (1994).
- (2) Y.Midorikawa et al., IEEE Trans., Magn., Vol. 30, No.6, pp. 4761-4763 (1994).
- (3) D.E.Newland, "Random vibrations, spectral and wavelet analysis" Longman Scientific & Technical, 3rd Edit. (1993).