

信号に影響を与えず放射ノイズの根源を絶つコモンモードフィルタ

TDK株式会社 マグネティクスビジネスグループ 友成 寿緒

1 | ディファレンシャルモード電流とコモンモード電流

図1に示すように、信号を伝送する2本の平行ケーブルに流れる電流はディファレンシャルモード電流とコモンモード電流の2つに分けられます。

▶ ディファレンシャルモード電流

伝送したい信号成分そのものです。電流の振幅が等しく逆向きに流れるため、発生する放射電界も逆向きになり互いにキャンセル合います。実際の基板では2本の導体が隙間なく描かれているわけではありませんが、発生した磁界の大部分が打ち消されます。その結果、放射電界は比較的小さい値になります。

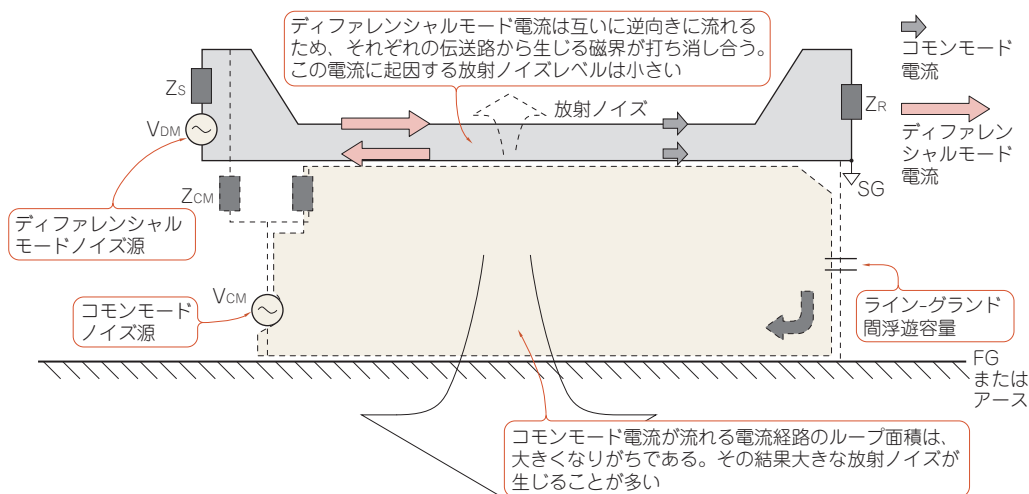
▶ コモンモード電流

振幅が等しく同じ向きに流れる電流です。ケーブルとグランド間の寄生容量や電磁誘導による結合が原因で生じる不要な電流です。ディファレンシャルモード電流に比べてとても小さいですが、大きなループを描いて流れるため、発生する放射電界は大きくなります。放射ノイズの主な原因はコモンモード電流であるといっても過言ではないでしょう。

2 | コモンモードノイズだけを除去する

放射ノイズ対策部品としてよく使われているビーズは、コモンモードとディファレンシャルモード電流の両方を減衰させるため、動作に必要な信号成分も減衰させる可能性があります。コモンモードフィルタ（以下、CMF）は、この問題を解決してくれます。CMFはディファレンシャルモード電流にまったく影響を与えず、コモンモードノイズだけを低減します。

図1 コモンモード電流とディファレンシャルモード電流の流れる経路



3 | 分割巻きとバイファイラ巻きがある

CMFの構造は、巻き線の方法によって次の2つに分けられます。

- 分割巻き
- バイファイラ巻き

図2に示すように、CMFはトロイダル形状やE形状のコアに巻き線して作られています。巻き線方法やコアの種類により、巻き線間の結合係数や周波数特性に差があります。漏れ磁束がゼロ、つまり全磁束がコア内部を通過しており、すべての磁束がお互いの巻き線を通るCMFの結合係数は1です。これは、ディファレンシャルモード電流への影響がまったくない理想的なCMFです。

図2 コモンモードフィルタの2つの巻き線構造

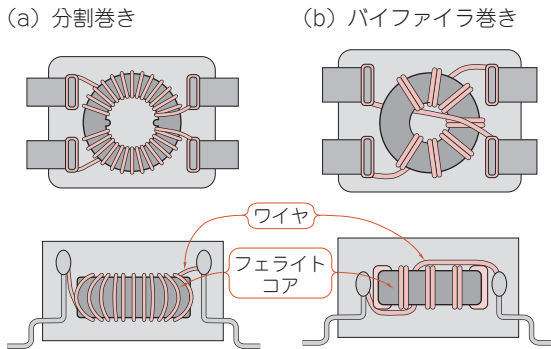


図3に分割巻き構造のCMFとバイファイラ巻き構造のCMFのインピーダンス周波数特性を示します。

図3 コモンモードフィルタのインピーダンス周波数特性

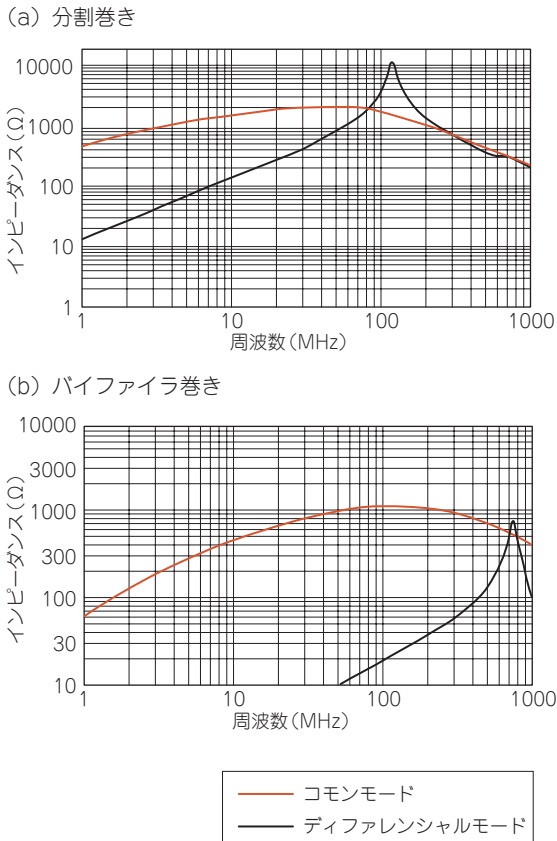


図3からわかるように、分割巻き構造はディファレンシャルモードインピーダンスが比較的大きいので、ノイズだけでなく信号成分も減衰させてしまいます。CMFとしては理想的ではありませんが、耐熱や耐圧の面でバイファイラ巻き構造より有利なため、ディファレンシャルモードインピーダンスが問題にならない用途、例えば、信号成分を含まないDC電源ラインなどに適しています。むしろ、大電流に対応し耐熱性を高めたり、ライン間の高耐圧化を実現するために分割巻き構造を採用しています。積極的にディファレンシャルモードインピーダンスを利用したフィルタ（2モードフィルタ）もあります。

バイファイラ巻き構造のCMFは、2つの巻き線の結合が高く、ディファレンシャルモードインピーダンスが小さいです。この構造は、伝送する信号波形に影響を与えにくいので、高速信号伝送ラインに適します。

● 各種CMFの用途

表1に信号ラインやDC電源ライン用のCMFの種類と主な電気的特性を示します。

信号ライン用CMFには、コモンモードインピーダンスが大きく、ディファレンシャルモードインピーダンスが小さいことが求められます。このタイプはバイファイラ巻き線構造を採用しており、USB、IEEE1394、HDMI、DisplayPortなどの高速インタフェースに使われます。

DC電源ライン用は、コアが飽和しない範囲では、ディファレンシャルモードインピーダンスが大きいても問題ないため、バイファイラ巻き線構造だけでなく分割巻き構造も多く採用されます。

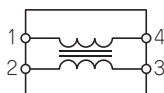







車載用では各ECU間での通信を行うための共通規格「CAN」[LIN]、次世代車載LAN規格「FlexRay」などにおいてコモンモードフィルタ（CAN/FlexRay）、LCフィルタ（LIN）などがEMC対策部品として使用されます。車載機器の放射ノイズ対策、外来ノイズに対する耐性（イミュニティ）を持たせることが目的となります。車載機器用部品では自動車の厳しい環境負荷を考慮した信頼性要求に対して応える必要があります。TDKのコモンモードフィルタは-40℃～+150℃という高負荷の中でも信頼性条件を満たすコモンモードフィルタを提供させて頂いております。

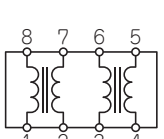
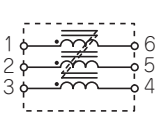




写真1に示すのはAC電源用のCMFです。150kHz～30MHzの伝導ノイズを低減できます。コアが飽和しない範囲内では、ディファレンシャルモードインピーダンスが大きいても使用上の問題はなく、むしろディファレンシャルノイズ対策として積極的に利用します。

後出のクランプフィルタもCMFに分類されます。放射ノイズの主要な発生源であるケーブルに装着して使うものです。

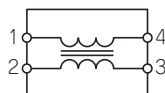







表1 信号ラインやDC電源ラインに使うCMFの種類と主な電気的特性

(a) 信号ライン用

| | | | | | | | |
|---|--|---|---|--|---|---|---|
| 等価回路 |  | | | | | | |
| タイプ | TCM0605 | TCM0806 | TCM1210 TCM1210U | ACM2012 ACM2012H | ACM2520 | ACM3225 | ZCYS1512 ZCYS8684 ZCYS9058 |
| コモンモード インピーダンス [100MHz]/ インダクタンス [100kHz] | 30~90Ω | 35~90Ω | 12~300Ω | 90~1000Ω | 300~ 1000Ω | 1000Ω | 0.47~ 20mH |
| 定格電流 (A) | 0.05~0.1 | 0.1 | 0.05~0.1 | 0.1~0.3 | 0.2~0.4 | 0.2 | 0.2~0.4 |
| 定格電圧 (V) | 5 | 5 | 10 | 50 | 20 | 50 | 80 |
| ライン数 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 外観 |  |  |  |  |  |  |  |
| 対象セット | 携帯機器 | 携帯機器 ゲーム機 など | AV機器 PC ゲーム機 など | AV機器 PC ゲーム機 など | AV機器 PC ゲーム機 など | AV機器 PC ゲーム機 など | モデム |
| アプリケーション | USB2.0 LVDS HDMI (Cコネクタ) など | USB2.0 LVDS HDMI (Cコネクタ) など | USB2.0 LVDS HDM/DVII SATA/SAS D-Port など | USB2.0 LVDS HDMI/DVI SATA/SAS D-Port Ethernet など | Audioライン Ethernet など | Audioライン | xDSL |

| | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| 等価回路 |  | |  | | |
| タイプ | TCM1608 | | ACM2520-3P | ACM4532-3P | ZCYS51R5 |
| コモンモード インピーダンス [100MHz]/ インダクタンス [100kHz] | 35~200Ω | | 800Ω | 1000Ω | 400Ω |
| 定格電流 (A) | 0.05 | | 0.15 | 0.2 | 0.5 |
| 定格電圧 (V) | 5 | | 20 | 50 | 50 |
| ライン数 | 4 | | 3 | 3 | 4、6 |
| 外観 |  | |  |  |  |
| 対象セット | AV機器 PC | | AV機器 PC | PC | AV機器 PC |
| アプリケーション | LVDS USB2.0 HDMI など | | Audioライン など | Audioライン など | RGBライン など |

(b) 電源ライン用

| | | | | | | | |
|-----------------------|--|---|---|--|---|---|---|
| 等価回路 |  | | | | | | |
| | タイプ | ACM3225-601 | ACM4532-601/801 | ACM4520 | ACM7060 | ACM9070 | ACM1211 |
| 共通モードインピーダンス [100MHz] | 600Ω | 600~800Ω | 100~1400Ω | 300~700Ω | 700Ω | 700~1000Ω | 550Ω |
| 定格電流 (A) | 1 | 1.5~2.0 | 1.5~6 | 4~5 | 5 | 6~8 | 10 |
| 定格電圧 (V) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| ライン数 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 外観 |  |  |  |  |  |  |  |

(c) 車載用








| | 車載LAN | | | | | 信号ライン | 電源ライン |
|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| タイプ | ACT45S | ACT45B | ACT45R | ZJYS81R5 | ZJYS90V | ACM2012 | ACM70V/90V/12V |
| 共通モードインダクタンス [100kHz]インピーダンス | 22μH | 11~100μH | 100μH | 1000~2000Ω [10MHz] | 100μH | 90~360Ω [100MHz] | 700Ω [100MHz] |
| 巻き方 | 分割巻 | バイファイラ巻 | バイファイラ巻 | 分割巻/ バイファイラ巻 | バイファイラ巻 | バイファイラ巻 | 分割巻 |
| 定格電流 (A) | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.22~0.4 | 4~8 |
| 定格電圧 (V) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 20 | 80 |
| 使用温度範囲 (°C) | -40 ~ +150 | -40 ~ +150 | -40 ~ +150 | -40 ~ +125 | -40 ~ +125 | -40 ~ +105 | -40 ~ +125 |
| 外観 |  |  |  |  |  |  |  |
| アプリケーション | CANBUS | CANBUS FlexRay | FlexRay | CANBUS | FlexRay | LVDS | 電源ライン |

写真1 AC電源用CMFの例

UF2327Lタイプ



HF2018Rタイプ



LHシリーズ (ギア巻き線品)

