

新素材・新構造ラインフィルタ

原田 公樹・山内 亨康

要 旨

NECトーキンは加速するデジタル電子機器の小型化に寄与すべく、弊社開発の高透磁率フェライトを用いた高インピーダンスラインフィルタ「SCRシリーズ」と、巻線構造に伝送線路の概念を適用し特性接地端子を新設した5端子の疑似分布定数型ラインフィルタ「SDシリーズ」を開発しました。高レベルで発生する低周波のノイズ、広帯域に分布する高周波のノイズ対策の簡素化を実現する新しいソリューションを提供します。

キーワード

- 高透磁率フェライト ●高インピーダンス ●低周波対策 ●疑似分布定数 ●接地容量 ●広帯域特性

1. はじめに

ユビキタスな情報通信端末の普及と温室効果ガスに対する問題意識の高まりなど、電子産業を取り巻く環境はここ数年で大きく変化しています。このような状況下において、デジタル電子機器では小型化に加えて省エネルギー化への取り組みが急速に進んでいます。その結果、機器に搭載される電子デバイスにも小型化・複合化などへの対応がより強く求められています。

一方、電子情報通信の普及に伴い電磁両立性（Electro-Magnetic Compatibility : EMC）の確保がますます難しくなってきています。すなわち、電子機器の高速化・小型化・多機能化で電磁障害のリスクが高まって、電磁妨害（Electro-Magnetic Interference : EMI）と耐雑音障害性（Immunity）の問題が従前に増して深刻化しています。

このような背景に対応するため、NECトーキンではデジタル電子機器の電源に必要不可欠なEMIフィルタの主要デバイスであるラインフィルタの新製品を開発しています。本稿では高インピーダンスラインフィルタ「SCRシリーズ」と疑似分布定数型ラインフィルタ「SDシリーズ」を紹介します。

2. 高インピーダンスラインフィルタ「SCRシリーズ」

2.1 特徴

「SCRシリーズ」は弊社が独自開発した高透磁率フェライト材「S15H」をコアとしたラインフィルタです。

図1に弊社における高透磁率フェライト材の開発ロードマップを示します。「S15H」は2009年新Hi- μ 材Ver.1の位置付けとなり、既存のフェライト材が具備する最大透磁率=



図1 高透磁率フェライト材の開発ロードマップ

10,000を13,000の領域まで高め、かつ高抵抗化に寄与する因子を解明し、組成及び製法を制御することによって、高透磁率と高抵抗の両性能を実現した新素材です。

「SCRシリーズ」は $Z \approx \omega L$ に近似される低周波領域では「S15H」の有する透磁率の作用により、また、 $\omega L \approx 1/\omega C$ となる共振周波数領域では高抵抗の作用により、既存品対比で大幅な高インピーダンス特性（ノイズ反射特性）を実現しました。

2.2 特性

「SCRシリーズ」の高インピーダンス特性をコア外径 $\phi 19mm$ （トロイダル形状）の場合を例にし、既存製品と比較しながら説明します。**図2**にコア外径 $\phi 19mm$ 品の「SCRシリーズ」とコア外径 $\phi 25mm$ の既存製品及びコア外径 $\phi 19mm$ の既存製品2個分（直列接続）のインピーダンス特性を同一グラフ上に示しました。コア外径 $\phi 19mm$ の「SCRシリーズ」のインピーダンス特性は、コア外径 $\phi 25mm$ の既存製品のインピーダンス特性及びコア外径 $\phi 19mm$ の既存製品2個分のインピーダンス特性に匹敵するポテンシャルが獲得できます。すなわ

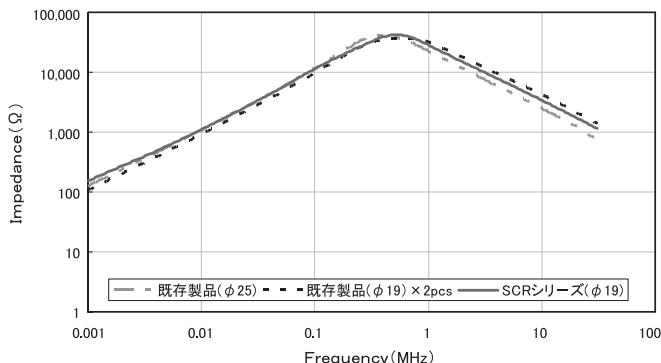


図2 SCRシリーズのインピーダンス特性

ち「SCRシリーズ」によって、既存製品を置き換えた場合は体積対比で約30%、既存製品同一体積品2個を1個で置換した場合は、約50%の小型化メリットが得られます。

2.3 製品ラインナップ

「SCRシリーズ」の標準製品ラインナップを写真1、図3、表1に示します。定格電流2~6A (rms) インダクタンス7~25mH (min.) に対応する小型 ($\phi 27.5\text{max.} \times h24\text{max.}$) ラインフィルタとして4種類の製品をラインナップしました。また、今後はさまざまなデジタル電子機器に対応できる広範囲なソリューションをお客様へ提供すべくラインナップ拡大を行っていきます。



写真1 SCRシリーズの製品外観

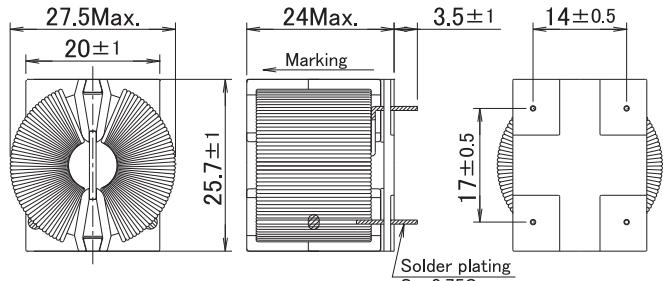


図3 SCRシリーズの製品図

表1 SCRシリーズの製品ラインナップ

仕様名	定格電流 (A)	インダクタンス (mH) min.	直流抵抗 (mΩ /line) max.	温度上昇 (K) max.	線経
SCR-020-0R55A250J/JH	2	25	200	55	Φ0.55
SCR-030-0R6A170J/JH	3	17	145	75	Φ0.6
SCR-040-0R8A100J/JH	4	10	65	62	Φ0.8
SCR-050-0R9A070J/JH	5	7	47	70	Φ0.9

3. 疑似分布定数型ラインフィルタ「SD」シリーズ

3.1 特徴

「SDシリーズ」の動作原理を図4の模式図で説明します。ラインフィルタの巻線構造に分布定数型伝送線路の概念を導入し、特性接地端子を設けて5端子化した新しい発想のラインフィルタです。原理的には巻線と特性接地端子間に容量を持たせることで、巻線間に生じる巻線容量の一部を相殺し、巻線ごとに一定の接地容量を形成し加算することでラインフィルタ内部に疑似的な分布定数構造を実現したものです。

図5（左）に既存のラインフィルタの等価回路図を示します。ここで、自己インダクタンスLcと巻線の抵抗Rsが直列に形成され、これらに対して巻線容量Cpと抵抗Rpが並列に形成されます。

EMIが深刻な問題となる高周波領域では、 $Rs << Rp$ の関係が成立するので、LcとCpとRpの直列共振回路となり、短絡伝達インピーダンスZpが得られます。

これに対して「SDシリーズ」は、図5（右）に示した等価回路にみる通り、Lc、Rs、Cp、Rpは従来のラインフィルタと同一ですが、巻線と特性接地端子間に接地容量Cgが新たに形

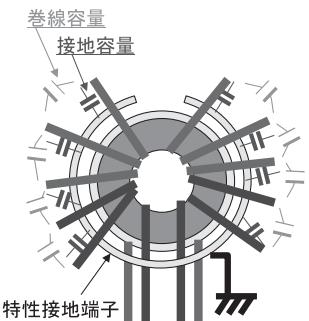


図4 SDシリーズの模式図

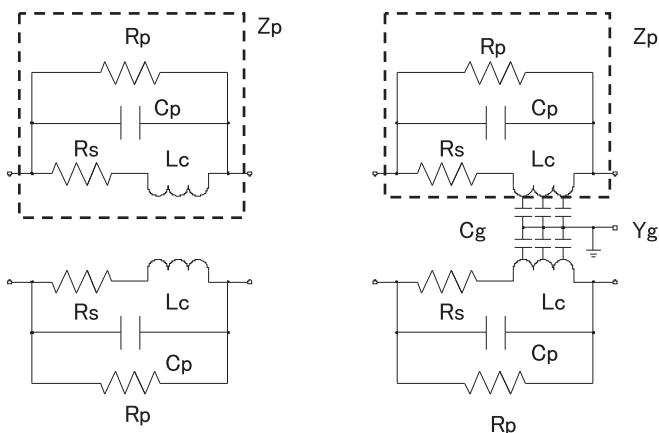


図5 (左) 既存品の等価回路 (右) SDシリーズの等価回路

成されるため、特性接地端子間にに対して開放伝達アドミタンス Y_g が獲得できます。このアドミタンス Y_g により、EMI 対策が必須となる高周波領域において、 Z_p と Y_g による二次のローパスフィルタ回路として作用します。

3.2 特性

まず、「SDシリーズ」の減衰量の周波数依存性を既存のラインフィルタと比較して説明します。図6に「SDシリーズ」の減衰量の周波数依存性を既存のラインフィルタの特性とともに示します。既存のラインフィルタの減衰特性は短絡伝達インピーダンス Z_p により、誘導性領域においては角周波数の増加に伴って減衰量が増加し、その値は自己共振周波数

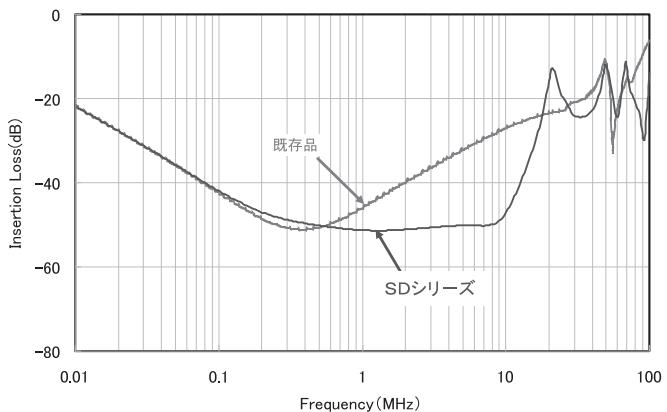


図6 SDシリーズの減衰特性

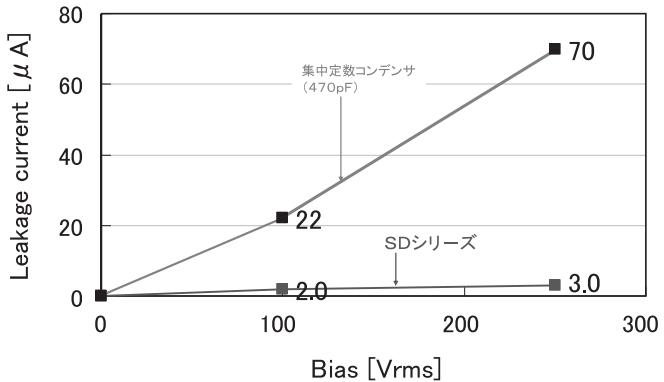


図7 SDシリーズの漏えい電流特性

($\omega L_c = 1/\omega C_p$) で最大となり、容量性領域において減少に転じる V 字型の減衰特性を示します。これに対して「SDシリーズ」は疑似分布定数構造に伴う巻線と特性接地端子間の接地容量によって自己共振周波数以降の減衰量の低下が抑圧され、逆台形型の減衰特性が得られます。その結果、LCローパス型ノイズフィルタ回路の L 素子に「SDシリーズ」を用いることで、集中定数コンデンサ C_y の容量低減、あるいは C_y コンデンサ自体の削除が可能となります。

次に、「SDシリーズ」の低漏えい電流特性を既存の集中定数型コンデンサと比較して説明します。図7に「SDシリーズ」と 470pF の容量を持った集中定数型コンデンサの漏えい電流の AC バイアス (0~250Vrms) 特性を示します。既存の集中定数コンデンサが 100Vrms において 22 μA、250Vrms において

70 μ Aの電流が漏えいするのに対し、「SDシリーズ」ではAC250Vrmsのバイアス時において3 μ A程度の非常に微少な電流しか漏えいせず、万一の感電といった危険性が極めて低く、安全性においても大きなメリットが得られます。

3.3 製品ラインナップ

「SDシリーズ」の標準製品ラインナップを写真2、図8、表2に示します。定格電流2~8A (rms) インダクタンス2.5~11.5mH (min.) に対応する広帯域ラインフィルタとして3種類



写真2 SDシリーズの製品外観

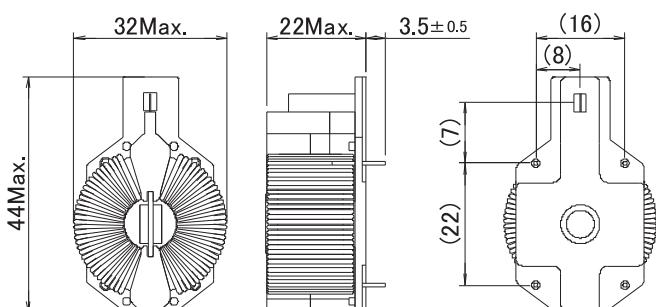


図8 SDシリーズの製品図

表2 SDシリーズの製品ラインナップ

仕様名	定格電流 (A)	インダクタンス (mH) min.	直流抵抗 (mΩ / line) max.	温度上昇 (K) max.	線経
SD22-020-0R6A115JH	2	11.5	130	50	Φ 0.6
SD22-050-0R8A70JH	5	7.0	62	50	Φ 0.8
SD22-080-1R0A25JH	8	2.5	25	50	Φ 1.0

の製品をラインナップしました。また、今後は更に広帯域な周波数に対応できるソリューションをお客様へ提供すべく開発を行っていきます。

4. むすび

以上述べた通り、高インピーダンスラインフィルタ「SCRシリーズ」は主として150kHz~300kHzの低周波対策に有効に機能し、疑似分布定数型ラインフィルタ「SDシリーズ」は自己共振周波数以降の帯域に有効に機能します。その結果、ラインフィルタの小型化、員数減、接地コンデンサの容量低減、及び削除の効果が期待でき、いずれの場合においてもデジタル電子機器電源の小型化やノイズ対策部品の簡素化に寄与できるものです。今後は幅広いソリューションを提供すべく両シリーズの製品ラインナップを拡大していくとともに、更なる高特性、広帯域の製品を開発・製品化してまいります。

執筆者プロフィール

原田 公樹
NECトーキン
EMC事業部
第一製品技術部
マネージャー

山内 亨康
NECトーキン
EMC事業部
第一製品技術部
主任