

# インパルス法を用いた高周波テスターの開発

井 尻 和 夫\*<sup>1</sup>

麦 田 雅 和\*<sup>2</sup>

## [要 旨]

電子機器の効果的なノイズ対策のため、電波暗室を使用しない、ローコスト EMC 対策の簡易ツールとしての製品化を目指し、インパルス法を用いた高周波テスターの試作開発を行った。EMC 問題が頻発する低周波域において、インピーダンス・伝送測定機能、FFT アナライザの測定機能について良好な結果が得られ、製品化への試作品として完成することができた。

## 1 はじめに

ノイズ問題の多くは、共振系とその過渡応答に起因したものであるが、その対策には電波暗室とスペクトラムアナライザなど高額な装置を多用し、多大な時間を要しているのが現状である。ノイズの発生源と伝送路を特定するためには、EMC 測定周波数帯域の共振回路網の現象を測定し解析することが必要であり、この測定解析に有効な時間・周波数の領域の統合的な測定機能を有するローコストな簡易測定器の開発が求められていた。

本研究は、J S T の平成18年度シーズ発掘試験の「インパルス法を用いたノイズ解析装置の開発」において試作研究した装置について良好な結果が得られたので、日本電気化学株式会社と共同で、試作装置をローコスト EMC 対策の簡易ツールとして製品化することを目指し、装置の基本機能と、精度、操作性等を高めるために、測定回路の小型化、信号処理・表示部の操作性の改善、測定結果のファイリング・データ管理等の付加機能拡充などの課題を実現する研究を実施したものである。

## 2 研究開発の主要な課題の実現

本研究は、様々な E U T の EMC 問題の原因となっている配線網と筐体を含めた高周波回路網の局部共振とその過渡応答に起因したノイズ伝送路と送・受信経路を特定するのに有効な、時間・周波数の両領域の統合的な測定機能を有するローコスト EMC 対策用ツールとして製品化することを目指し、次の2つの機能を有する簡易測定器を実現することにした。

- ① 電波暗室を使用せずノイズの発生源・伝送路・受信経路のメカニズムを迅速に特定できる機能
- ② プローブ信号にインパルス電圧を使用したネットワークアナライザ機能と、FFT アナライザ機能を有し、高周波域の部品・回路網のインピーダンス特性と伝送特性の測定並びに、回路網や配線網に内在する共振系とその過渡応答解析ができる時間・周波数の両領域の統合的な測定機能

試作開発した装置は、測定部と信号処理・表示部から成り、測定部は、プローブ信号発生回路、測定回路、測定用プローブと、オシロスコープとで構成した。信号処理・表示部は、FFT アナライザ機能、ネットワークアナライザ機能の一部であるインピーダンス測定機能と伝送特性の測定機

\* 1 中丹技術支援室 副主査

\* 2 日本電気化学株式会社

能を実現する信号処理部と、測定モード選択・表示部とで構成した。

装置の測定周波数域は、0.1~200MHzとし、EMC問題が頻発する低周波域において、次のような測定・評価ができるようにした。

＜FFTアナライザの測定機能＞

- ・回路網のスイッチング時の過渡応答波形とその周波数分析
- ・配線網からの放射ノイズの波形とその周波数分析

＜インピーダンス・伝送特性測定機能＞

- ・回路部品と回路網の局部共振の特定とその周波数分析
- ・回路パターン、伝送線路の定在波（共振波）を発生させる主要な伝送路の特定

ロゴマークを表示した“高周波テスター”とし

て試作開発した装置の全景を図1に示す。図2に、近接プローブを装着した高周波テスターの外装を示す。

＜基本測定機能の評価試験結果＞

以下の測定結果は、平成19年度に実施した「インパルス法を用いたネットワークテスターの開発研究」において試作した装置での評価試験結果である。

インピーダンス特性測定の評価試験では、寄生インダクタンスを持つセラミックコンデンサの共振周波数域のインピーダンス特性について、図3-aに示す良好な結果を確認した。図3-b、cに測定用サンプルとその等価回路を示す。図4に、ネットワークアナライザで測定した結果を参考値として示す。

伝送特性測定の評価試験では、広帯域バンド遮



図1 高周波テスターの全景

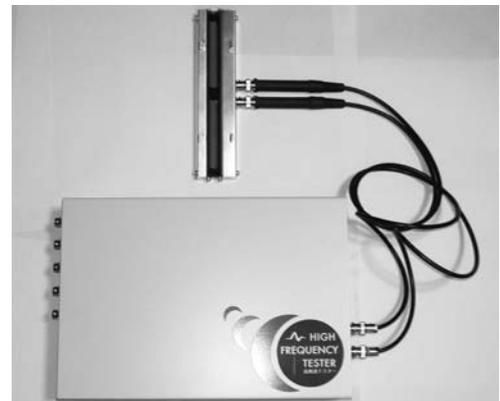
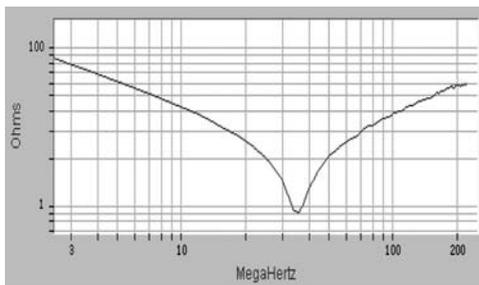
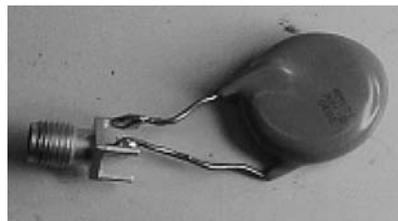


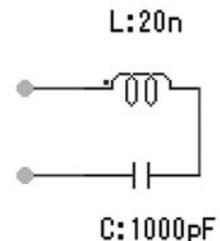
図2 近接プローブを装着した高周波テスターの外装



a インピーダンス測定の結果



b 1 nFのセラミックコンデンサ



c コンデンサの等価回路

図3 セラミックコンデンサの共振周波数域のインピーダンス特性

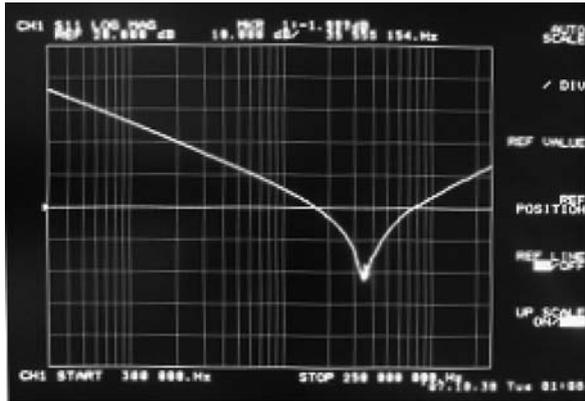


図4 ネットワークアナライザでセラミックコンデンサのインピーダンス特性を測定した結果

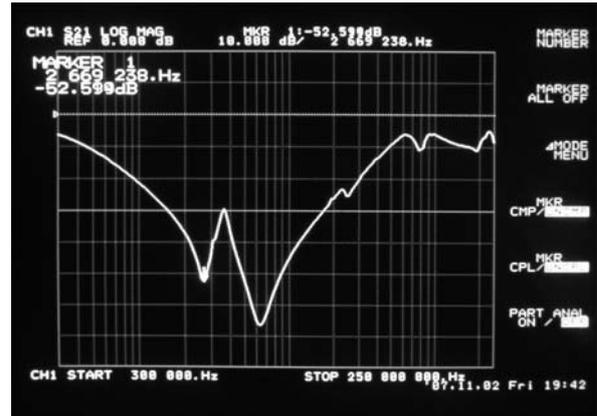


図6 ネットワークアナライザでラインフィルタの伝送特性を測定した結果

断特性を持つラインフィルタの伝送ロス特性について、図5-aに示す良好な結果を確認した。図5-b、cに測定サンプルとその等価回路を示す。図6にネットワークアナライザで測定した結果を参考値として示す。

FFTアナライザの機能評価試験では、サンプルとした方形波と、方形波の持つ高調波スペクトル分布の解析結果について、図7に示す良好な結果を確認した。

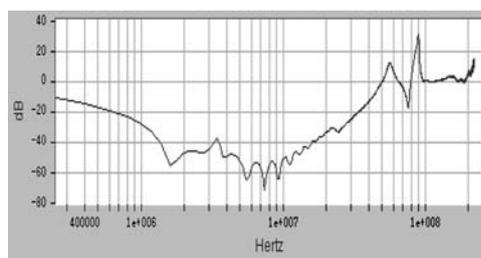
これらの測定結果によって、本研究の開発目的である製品化の課題を概ね実現したことを確認できた。

この実用化研究の過程で、インパルス電圧印加方法を用いて高周波回路網を解析する「応答特性測定装置」について特許を共同出願した。「応答特性測定装置」の概要を次に示す。

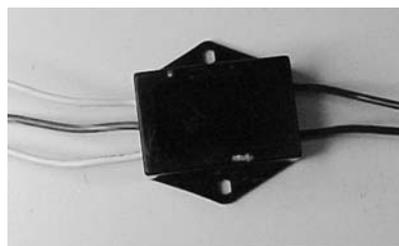
高周波回路網のSパラメータ法による解析において、プローブ信号に正弦波を使用した場合、プローブ信号である進行波と測定試料からの反射波を分離する方向性結合回路が必須の構成回路であるが、プローブ信号にインパルス電圧を使用した場合、進行波の送信端と測定プローブの間に遅延線を挿入することにより進行波と反射波を時間分離して測定できる。特許申請した装置は、後者の方法を用いて高周波回路網を解析する応答特性測定装置に関するものである。

### 3 測定装置を構成する回路部の試作結果

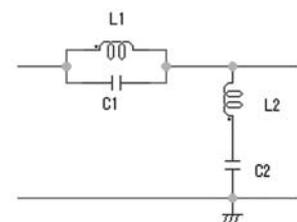
測定装置は、プローブ信号発生回路と測定回路、測定プローブ、サンプリングオシロの4つのユニットで構成した。サンプリングオシロは、カスタマイズ可能なポータブルオシロを採用した。



a 高周波伝送特性の測定結果



b ラインフィルタ



c ラインフィルタの等価回路

図5 ラインフィルタの伝送ロス特性



図7 方形波とその高調波スペクトル分布の解析結果

インパルス電圧発生回路と測定回路ユニットは、放電コンデンサと半導体スイッチで構成し、パルス幅：7 nS、最大振幅200Vのインパルス電圧を生成することができた。図8に試作した測定装置の内部配置を示す。

本測定ユニットを用いて、プローブ信号としたインパルス電圧波形と、セラミックコンデンサのインピーダンス特性と電源ラインフィルタの伝送特性を測定した時のインパルス応答波形を図9、図10、図11に示す。これらの測定波形を信号処理して得たインピーダンスと伝送特性結果は、先に示した図3、図5のとおりである。図12に、(非接触法による) 反射波測定用プローブを用いて、オープンワイヤの共振特性を測定した結果を示す。図13に、ネットワークアナライザで測定した共振特性を参考値として示す。

#### 4 まとめ

試作した装置は、効果的なノイズ対策用テス

ターとして、製品化への試作品として完成することができた。今日、電子機器のEMC規格への適合は、製品開発の必須要件になっているが、電波暗室や規格測定を目的とした高コストの設備に過度に依存しないローコストEMC対策を実現することが、開発した高周波テスターによって可能となる。

今後は、生産技術的要素も加味し、よりローコストで上限周波数域の高い製品とするため、一定

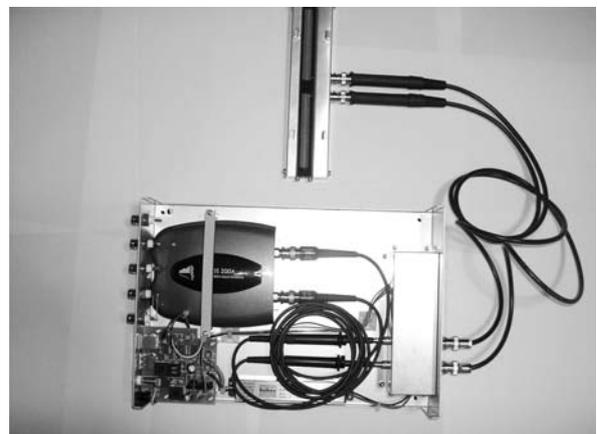


図8 測定装置の内部配置

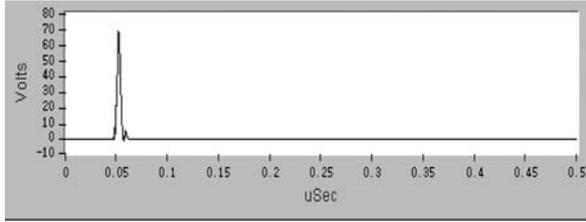


図9 インパルス電圧波形

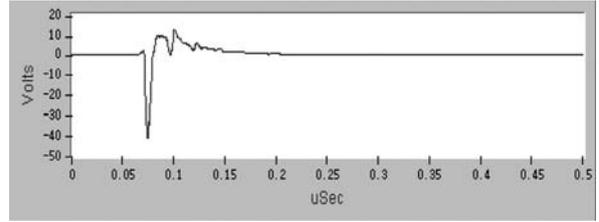


図10 コンデンサからの反射波

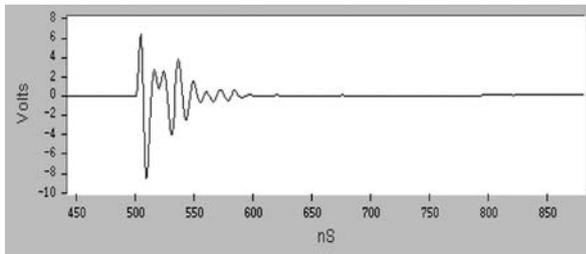


図11 ラインフィルタの透過波

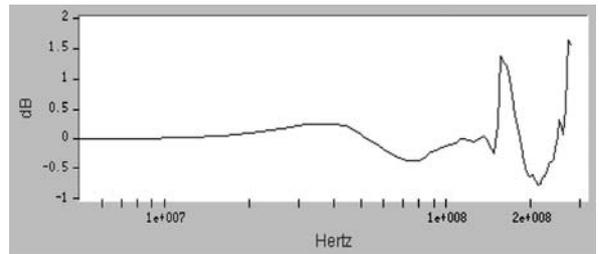


図12 オープンワイヤの共振特性

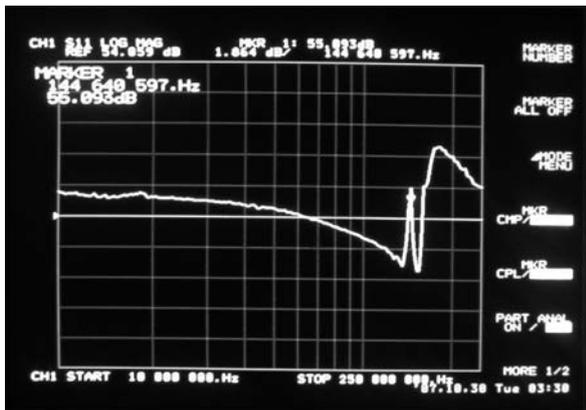


図13 ネットワークアナライザで測定した共振特性

の期間試作品のモニタリングを実施し、さらに改良を加えて市場に提示していく予定である。