

雑音端子電圧対策用電磁界プローブの開発

上野 武司*¹⁾ 高松 聡裕*¹⁾

Electromagnetic field probe for measuring terminal voltage noise

Takeshi Ueno*¹⁾, Toshihiro Takamatsu*¹⁾

1. はじめに

情報機器，医療機器等，様々な電子機器は EMC（電磁両立性）試験が求められている⁽¹⁾。EMC 試験の一つとして，電源線を伝導して外部に放出される電氣的雑音を測定する雑音端子電圧測定の試験があり，規制値以上の電氣的雑音が発見された場合には，EMC 対策を施す必要がある。EMC 対策の方法としては対策部品を回路基板に接続すること，電子回路の設計変更等様々があり，限度値以下に電氣的雑音を抑えること等が必要である。そのためには，電氣的雑音の詳細な内容である電氣的雑音の発生源の確認，雑音の大きさ，方向等を明確にする必要がある。ただし雑音端子電圧測定の結果は，機器から電源線に集約された電氣的雑音を測定するものであり，この雑音の詳細な内容を検出するものではない。そのため，対策も，経験や勘に頼る場合があり，EMC 対策に時間がかかることが多い。そこでこの雑音端子電圧測定に電磁界プローブを併用して，電氣的雑音の内容を確認し，適切な対策を行えるようにする必要がある。

従来から電磁界プローブが開発されてきているが，通常放射雑音測定用が一般的に市販されていて，これに対して本研究では周波数 150 kHz から 30 MHz までの電源線を伝導する電氣的雑音を対象とすることから，電氣的配線に合わせた電磁界プローブを作製する必要がある。そのためには，形状及び寸法を最適化することが求められている。電氣的雑音の検出には，電磁界プローブとして電圧プローブ，電界プローブ，磁界プローブの 3 種類があり，それらの出力特性を明確に示す必要がある。

そこで，本研究では，これら 3 種類のプローブを試作し，それぞれの出力特性を評価した。また試作した各種プローブの基本的な特性について，マイクロストリップラインを用いて評価した。さらに，これらのプローブを効果的に使い分けることで，実際の製品の電氣的雑音を評価し，適切な EMC 対策に結びつけた事例も一部紹介する。

2. 実験方法

作製したプローブを図 1 に示す。

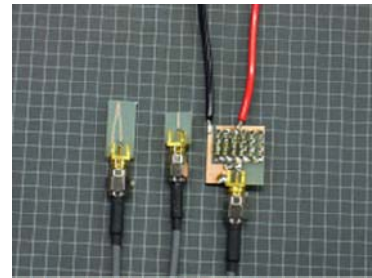


図 1. 作製したプローブ

(左：磁界，中央：電界，右：電圧)

2.1 電圧プローブ 電圧プローブは，試験品である電子回路基板の配線に接触させて電氣的雑音を取り出すプローブであり，抵抗とコンデンサによるフィルタ回路で構成されている。信号から雑音成分を取り出し，オシロスコープやスペクトラムアナライザを用いて，電氣的雑音を観察するものである。この回路の抵抗の抵抗値とコンデンサの静電容量は，電子回路シミュレータを用いて解析を行い，150 kHz から 30 MHz の周波数で測定可能であることを確認した。プローブの出力については，50 Ω 系のマイクロストリップライン（近似式から特性インピーダンスが 50 Ω になるように設計した。）に発信器を用いて正弦波を印加し，プローブを接触させたときの周波数特性を評価した。また雑音端子電圧測定結果と電圧プローブの出力とを比較し，電気低雑音が同様に検出できることを確認した。

2.2 電界プローブ 電界プローブは，試験品である電子回路基板の配線から放出される電界を測定するものであり，非接触で用いるものである。これは，電圧プローブと動作原理は同じであり，配線とプローブ間の空隙がコンデンサの役割を，また測定機の内部抵抗（例えば，スペクトラムアナライザであれば 50 Ω，オシロスコープであれば 1 MΩ あるいは 50 Ω 等）が抵抗の役割を果たしている。この空隙の静電容量をインピーダンスアナライザで測定した。また，このプローブの周波数特性を測定するとともに，プローブの出力とマイクロストリップラインとの位置，角度との関係を明らかにした。

*¹⁾ 多摩支所

2.3 磁界プローブ 磁界プローブは、電界プローブと同様に非接触で用いるプローブであり、試験品である電子回路配線の周囲に形成される磁界を検出するものである。この磁界プローブは、ループ型をしており、このループを差交する磁界の時間微分成分を検出する。そのため、試験品の配線に矩形波電流を流しても、出力波形は時間微分した成分が現れる。この波形を確認し、電界プローブと同様、周波数特性を測定した。また、電界プローブの出力とマイクロストリップラインとの位置、角度との関係を明らかにした。

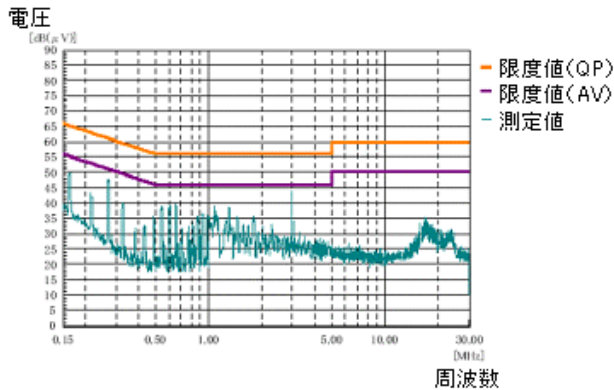


図2. 電圧プローブによる電氣的雑音の測定例

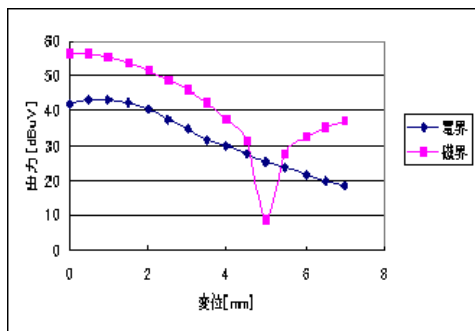


図3. マイクロストリップラインとプローブとの位置関係

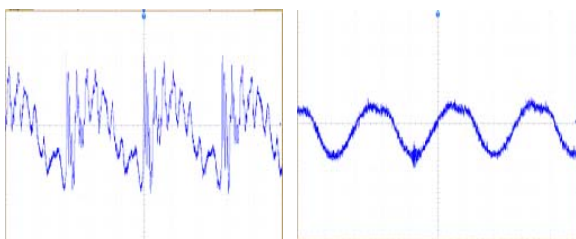


図4. 電氣的雑音の波形例

左：磁界プローブの波形，右：電界プローブの波形

3. 結果・考察

3.1 電圧プローブの実験結果 図2は、電圧プローブの出力特性を示したものである。周波数と電氣的雑音の電圧値を表したものであるが、ピークの周波数は、雑音端子電

圧測定の結果に対応している。電圧プローブを用いることにより、どの配線に電氣的雑音が流れているかを検出することができる。

3.2 電界プローブ及び磁界プローブの実験結果

図3は、マイクロストリップラインと電界プローブならびに磁界プローブとの位置と出力との関係を示したものである。磁界プローブは、徐々にマイクロストリップラインの配線から離していくと、出力において一部落ち込みが見られる。これは、磁界成分がプローブの差交する方向と垂直になり、磁界が検出できないことが考えられる。ただし、電氣的雑音によるクロストークを予測するために用いることが可能である。

図4は、ある製品の電子回路の雑音を検出したものである。上が磁界プローブによるもの、下が電界プローブによるものである。磁界プローブの出力は、電界プローブの出力の時間微分に対応することが、この結果から推測できる。

このように、各種プローブは、それぞれ特徴があり、実際に現場に適用する場合、おおよその電氣的雑音の位置を磁界プローブで測定後、電界プローブ、電圧プローブで検出すると効果的である。

4. 製品適用事例

実際に試験品にプローブを適用した事例を紹介する。試験品は、雑音端子電圧測定の結果、数MHzの周波数で電氣的雑音を検出された。そこで、電子回路のどの部分から電氣的雑音が生じているかを、磁界プローブでおおよその位置を確認し、さらに電界プローブで電氣的雑音が高い配線を確認した。回路図及び内部回路と照合した結果、配線と電源線との間にクロストークが生じていることが確認でき、電源線にクランプフィルタを挿入したところ、数dB電氣的雑音を下げる事ができた。

このように、各種プローブを用いて、雑音端子電圧測定で問題となる電氣的雑音の原因を究明し、適切なEMC対策に用いることができることが確認できた。

5. まとめ

各種電磁界プローブの出力例を示すことで特徴を明確にすることができた。また実際の現場に適用し、プローブの活用がEMC対策に有効であることが確認できた。

さらに実際の現場で、技術支援の一環として、これらのプローブを活用していく予定である。

(平成21年7月6日受付,平成21年8月21日再受付)

文 献

- (1) Clayton R Paul : "Introduction to electromagnetic compatibility", (2006)