

EMCノイズ対策手法の評価と適用方法に関する研究

小澤一郎* 戸枝 保* 宗形隆史*

Study on Evaluation and application method of EMC noise measures technic

OZAWA Ichiro*, TOEDA Tamotsu*, MUNAKATA Takashi*,

抄録

EMC ノイズ測定の結果から効率的なノイズ対策が行える方法を検討した。スイッチング電源における雑音端子電圧測定を行い、被測定物のインピーダンス、ノイズのモードの違いが、対策結果にどう影響するのか検討した。その結果、効率的なノイズ対策を行うための要素について把握できるようになった。

キーワード：スイッチング電源，ノイズ対策，雑音端子電圧測定，インピーダンス

1 はじめに

様々な機器の電子制御化、デジタル化や高速化に伴い、電子電気機器における電磁ノイズの問題が拡大している。また、医療機器の EMC の JIS 化・法制化等、規制の強制化が行われており企業がノイズへの対応を迫られている。この際、特に電気分野を専門としていない企業にとっては、ブラックボックス化している電子制御部から出るノイズが困難な問題となる。

かつて当センターが企業に行ったアンケートにおいても、現状行われているノイズ対策はノウハウや試験後の試行錯誤による対策が多く効率的ではない事があげられている¹⁾。試験結果から原因推定や対策選択ができれば効率的なノイズ対策が可能になると考えられる。

ノイズの発生箇所の一つにスイッチング電源があり²⁾、これは多くの機器に組み込まれている。そこでスイッチング電源を対象に雑音端子電圧測定を行い、試験結果から原因の推定や対策の選択ができる効率的なノイズ対策手法について検討し

た。

2 実験方法

2.1 測定方法

実験機器の構成を図1に示す。スイッチング電源と LISN(擬似電源回路網)の間に対策部品を挿入し測定を行う。測定の周波数範囲は 10kHz ~ 30MHz。

実験に用いたスイッチング電源 A(以下：電源 A) と、スイッチング電源 B(以下：電源 B) の仕様を表1に、写真を図2に示す。

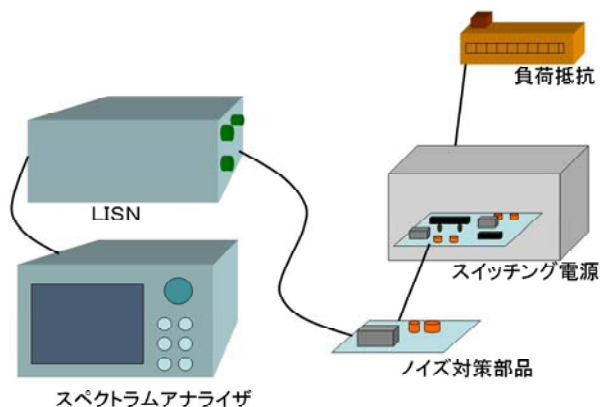


図1 実験機器構成

* 電子情報技術部

また、ネットワークアナライザを用い、対策用品の特性を評価する測定も行った。

表1 実験に用いたスイッチング電源

	電源 A	電源 B
スイッチング周波数	52 kHz	100 kHz
定格電圧	1.5 V	1.5 V
定格電流	2 A	1 A
方式	チョップパ型	他励フライバック

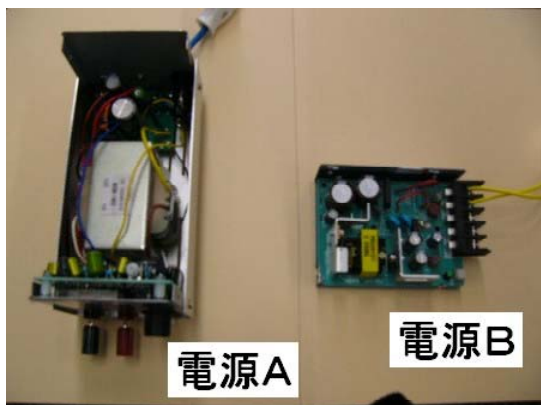


図2 電源の写真

2.2 実験条件

電源 A、電源 B は市販品であり元々ノイズ対策部品が付いているが、それらを取りはずし、別途用意したノイズ対策部品を用いた。

実験条件の一部を表2に示す。1から5の条件を、電源 A、電源 B に対して行った。実験は全て定格電圧、定格電流で行った。使用した対策部品は、Xコン（アクロスザラインコンデンサ）とコモンモードチョークコイルである。条件1は対策部品がない状態で、条件2から条件5は、それぞれの対策部品を付けた状態で測定を行った。例として条件5の回路図を図3に示す。

表2 実験条件

	アクロスザライン コンデンサ(C)	コモンモードチョ ークコイル(L)	並び順
1	無し	無し	
2	100nF	無し	
3	無し	18mH	
4	100nF	18mH	スイッチング電源-C-L
5	100nF	18mH	スイッチング電源-L-C

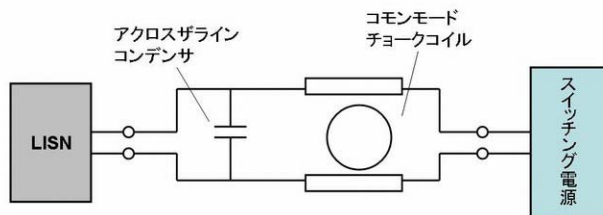


図3 条件5の回路図

3 結果及び考察

3.1 ノイズのモードの検討

図4が電源 A における測定結果であり、図5

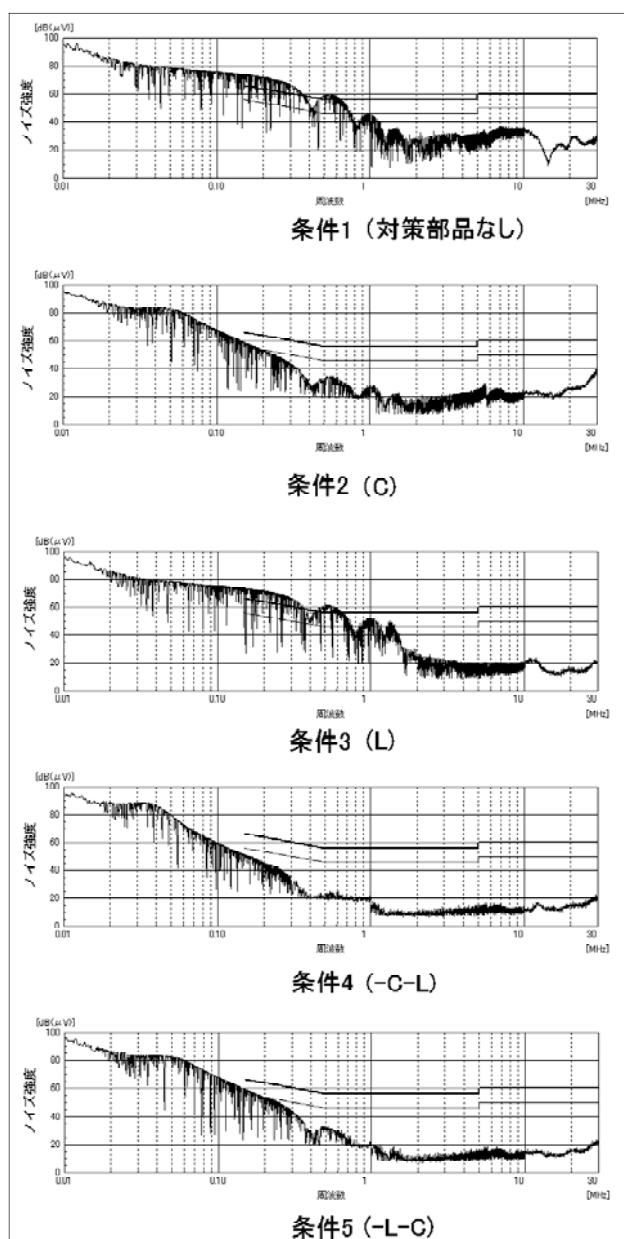


図4 対策部品を取り付けた時の電源Aのノイズ測定結果

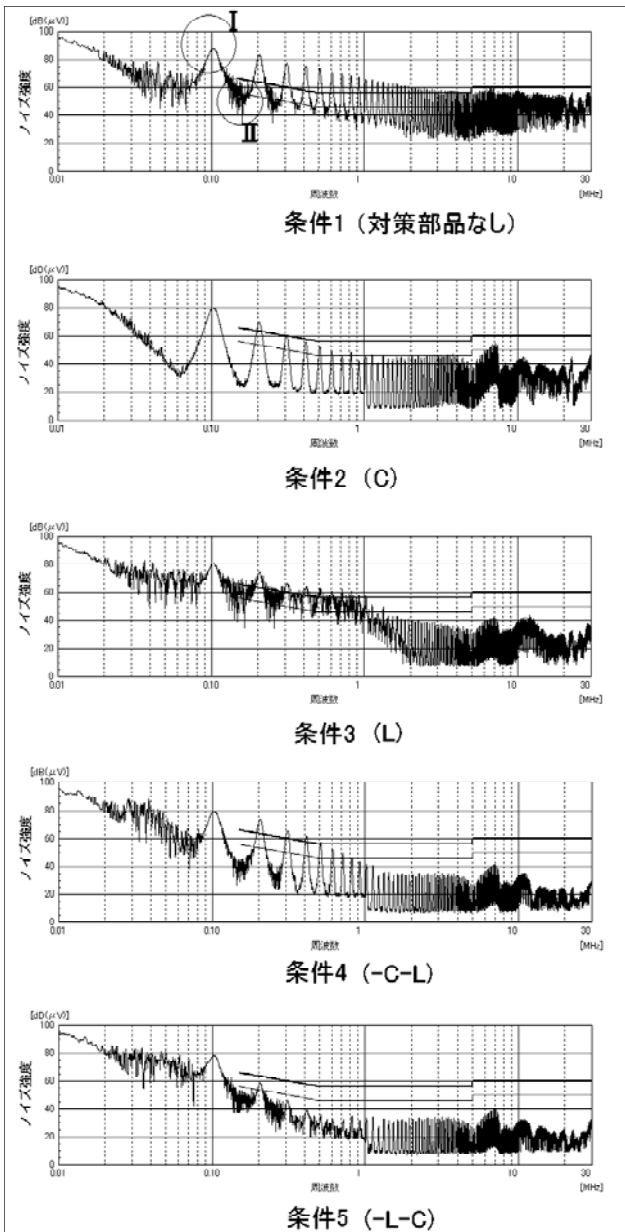


図5 対策部品を取り付けた時の電源Bのノイズ測定結果

が電源 B における測定結果である。測定結果は縦軸がノイズの強度、横軸が周波数である。

図4で条件2と条件3の測定結果を比較すると、電源 A は条件2の方がノイズが低減しており、Xコンの方がよく効いている。Xコンがノーマルモードノイズに効果があることから³⁾、電源 A はノーマルモードノイズが主であるといえる。

図5の条件2及び条件3では、周波数に対して周期性のあるIのようなノイズは共に減少しているが、大きな効果は得られていない。このことから、電源 B の周期性のあるノイズはノーマルモ

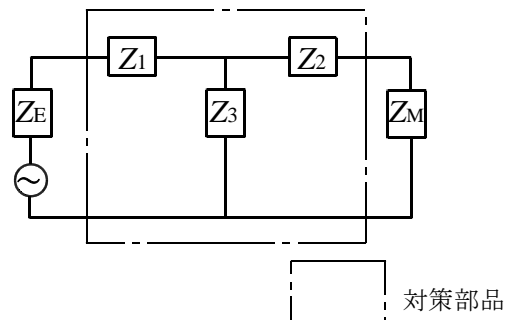
ードノイズとコモンモードノイズであるといえ、このような場合は他方のノイズが残ってしまうため、単独の対策ではどちらもあまり効果がないように見えてしまい、注意を要する。また、図5の条件2より、周波数に対して周期性のないIIのようなノイズは、Xコンで低減していることがわかる。このことから電源 B の周期性のないノイズはノーマルモードノイズであるといえる。

3.2 対策部品の順序とEUTのインピーダンス

図4及び図5の条件4、条件5に示すように、ノイズ対策部品のノイズ源からの取り付け順序により効果の差が現れた。コモンモードチョークコイルには、ノーマルモードに対するインダクタンスも実際にはあるので、Xコンとの位置関係が影響すると思われる。図6に示す回路、対策部品における挿入損失は、式(1)で表される。

$$\begin{aligned} \text{挿入損失 (dB)} &= 20 \log \left(\frac{Z_E + Z_1 + Z_2 + Z_M}{Z_E + Z_M} + \frac{(Z_1 + Z_E)(Z_2 + Z_M)}{Z_3(Z_E + Z_M)} \right) \\ &= 20 \log \left(\frac{Z_E + Z_1 + Z_2 + Z_M}{Z_E + Z_M} + \frac{Z_E Z_M \left(1 + \frac{Z_1}{Z_E}\right) \left(1 + \frac{Z_2}{Z_M}\right)}{Z_3(Z_E + Z_M)} \right) \quad (1) \end{aligned}$$

第1項は、直列に挿入されたインピーダンスの増加分によるものである。第2項は Z_3 (Xコン)の効果であるが、同じチョークコイルを Z_1 、 Z_2 のどちら側に置く方が効果が大きいかは、 Z_1/Z_E と Z_2/Z_M の大小、すなわち Z_E と Z_M の大小関係により決定することがわかる。このことを逆に利用すると、対策部品の順序を変えてみることにより、EUT (Equipment Under Test : 被対策物)



Z_E : 被測定物のインピーダンス
 Z_M : 測定系のインピーダンス

図6 挿入損失計算対象回路

のインピーダンスの大小をある程度推測できると考えられる。なお、EUT は非線形な部品で構成されていることや、ノイズ毎に発生箇所が異なるため、インピーダンスを単純に測定することは困難である。

電源 A では条件5より条件4のほうがノイズが低減しており、電源 B では条件4より条件5のほうがノイズが低減している。このことより電源 A のノイズ源は高インピーダンスであり、電源 B のノイズ源は低インピーダンスであるといえる。

3.3 対策部品の周波数特性

図5の0.1MHzのノイズはいずれの対策においても十分な効果が得られていない。これは対策部品の周波数特性が、自己共振点より低い周波数では挿入損失がインダクタンスと周波数に比例するからであり⁴⁾、この場合はより大きな共通モードチョークコイルが必要である。図7は、電源 B に対して表2条件5の共通モードチョークコイルを33mHに変え測定した結果であり、0.1MHzのノイズも十分に低減される。このように、測定結果からノイズのモードを判断する場合、部品の特性を考慮する必要がある。

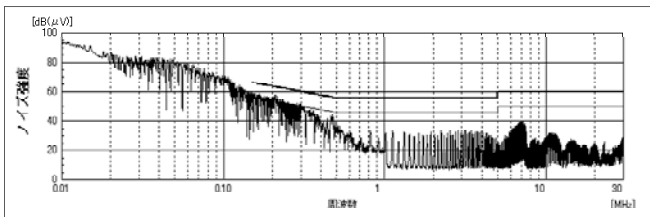
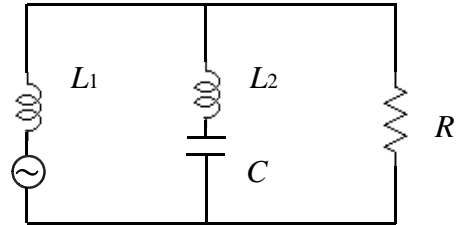


図7 コモンモードチョークコイル33mHを用いたときの電源Bのノイズ特性

3.4 ノイズの増大についての検討

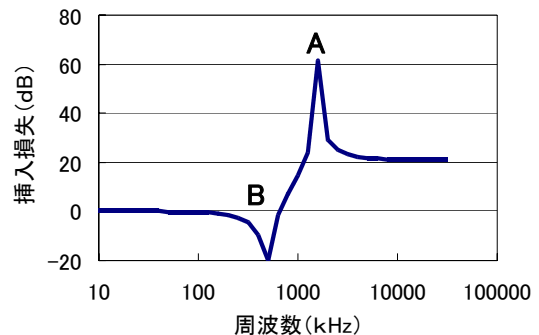
電源 A の条件3のように、一部ノイズが対策前より増大する現象が見られる。この原因を検討するため解析を行ったところ、EUT のインピーダンスが図8のようにインダクタンスである場合、図9に示すように挿入損失がマイナスとなる現象が見られた。グラフのA部はコンデンサの残留インダクタンスによる自己共振周波数であ

り、挿入損失は最大となる。B部は、更にEUTのインダクタンスL1を加えた共振周波数であり、挿入損失がマイナスになっている。したがってEUTと対策部品の共振によりノイズが増大する可能性があることがわかった。



- L_1 : EUTのインピーダンス
- L_2 : コンデンサの残留インダクタンス
- C : コンデンサの容量
- R : 測定系のインピーダンス

図8 ノイズの増大する回路



$L_1=0.1 \mu\text{H}$ $L_2=0.01 \mu\text{H}$ $C=1 \mu\text{F}$

図9 挿入損失解析結果

3.5 スペクトラムアナライザのゼロスパンによるノイズ成分の見極め

ゼロスパンで測定すると、特定の周波数におけるノイズ強度の時間変化が見える。

図5におけるI、IIの観察の結果、前者はダイオードの導通中のみ連続して測定されるのでスイッチングのノイズと推定でき、後者はダイオードの開閉時に発生しているので整流回路におけるものと推定できる。

3.6 Yコン（ラインバイパスコンデンサ）によるノイズ対策

Yコンは、共通モードチョークコイルの共振

周波数以上の周波数においてもコモンモードノイズ対策効果がある⁵⁾。これは、漏れ電流の制約から容量が制限されるため、結果的に高周波において効果が得られるためである。また、高インピーダンス機器ではコモンモードチョークコイルが効きにくい。そういった場合には、Yコンによるノイズ対策が有効であると考えられる。

3.7 対策部品の特性の評価

ネットワークアナライザ(50Ω系)を用いて対策部品の特性の評価を行った。結果として、高周波域における挿入損失がカタログデータと比べ低くなった。これは、測定時に対策部品の前後で電磁的に結合してしまったことが原因と考えられ、正確に対策するためにはパターンや配置に工夫することも必要である。

また、ネットワークアナライザによる実測とEUTに適用した場合で違いが見られた。これは、前述のように対策部品の挿入損失がEUTのインピーダンスにより変わってくるためと考えられる。

4 まとめ

(1) 静電容量の大きなXコン、インダクタンスの大きなコモンモードチョークコイルを用いて、ノーマルモードノイズが主であるか、コモンモードノイズが主であるか、両者が混ざり合っているものなのかの判断が可能となった。

(2) コモンモードチョークコイルとXコンの並び順を変えたもの試すことにより、EUTが高インピーダンスであるか低インピーダンスであるか判断できるようになった。

(3) 対策部品の効果とカタログデータの差は、EUTのインピーダンスの違いにより生じることが明らかとなった。

(4) スペクトラムアナライザのゼロスパンを用いノイズ強度の周期を見ることにより、ノイズの発生原因を把握ができるようになった。

今後、本研究を活用して当センター利用企業の

支援を行っていく。

参考文献

- 1) 戸枝保, 能戸崇行: 電磁波障害対策の効果的適用方法に関する研究, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, 1(2003)55
- 2) トランジスタ技術 SPECIAL 編集部: トランジスタ技術 SPECIAL No82, CQ出版株式会社, (2003)8
- 3) 蒲生良治: トランジスタ技術 SPECIAL No28, CQ出版株式会社, (1991)61
- 4) 坂本幸夫: ノイズ対策部品と EMC 設計, 工業調査会, (2005)116
- 5) 原田耕介: スイッチング電源ハンドブック, 日刊工業新聞社, (1993)422