

令和 5 年 4 月 14 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04431

研究課題名（和文）スイッチング電源の抵抗負荷におけるイミュニティノイズ評価・対策法の開発

研究課題名（英文）Immunity Noise Evaluation and Development of Countermeasure for Resistive Load of Switching Power Supply

研究代表者

西島 健一（Nishijima, Kenichi）

富山高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：70804532

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、スイッチング電源単体のイミュニティ性能における定量的な指標として、負荷側に透過するノイズの大きさによる評価を検討した。具体的な評価方法は、スペクトラムアナライザによって実負荷が誤動作したバーストノイズ印加電圧の透過ノイズを測定し、実負荷が誤動作に至るノイズレベルが複数種類の電源装置において一致するかを検証した。実負荷の誤動作レベルがスイッチング電源の負荷側で把握できるようになれば、電源メーカーにおいても実負荷への影響を考慮した電源開発が可能となり、よりスムーズなイミュニティ対策を目指せると考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた結果は、1) 実負荷が誤動作する負荷側に透過するノイズレベルは周波数依存性を検討する必要があるがおよそ同一であると特定できたこと、2) スwitching電源単体のイミュニティ評価に加え、負荷側に透過するノイズのレベルを測定することで、実負荷の誤動作を考慮した検討ができることが見いだせたことである。本評価方法を適用し、抵抗負荷で行う電源単体のイミュニティ評価において、透過ノイズが実負荷の誤動作レベル未達を予め確認することで、実負荷側のイミュニティ対策が容易になる。これによって実負荷側のノイズ対策に起因するリメイクに費やす時間・コスト軽減につながることを期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, as a quantitative index for the immunity performance of a switching power supply unit, we examined the evaluation based on the magnitude of noise transmitted to the load side. As a specific evaluation method, we measured the transmission noise of the burst noise applied voltage that caused the actual load to malfunction using a spectrum analyzer, and verified whether the noise level that causes the actual load to malfunction matches in multiple types of power supplies. If the malfunction level of the actual load can be grasped on the load side of the switching power supply, it will be possible for the power supply manufacturer to develop the power supply considering the effect on the actual load, and it will be possible to aim for smoother immunity countermeasures.

研究分野：スイッチング電源，EMCノイズ

キーワード：スイッチング電源 実負荷 電磁両立性 イミュニティ バーストノイズ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

電子機器に悪影響を及ぼすノイズとして、誘導性負荷の開閉時に発生する逆起電力や、リレーのチャタリングなどによって発生するバーストノイズが挙げられ、このノイズを模擬し、イミュニティ性能を評価する試験として、EFT/B (IEC61000-4-4)がある。欧州 CE マーキングの取得に必要なため、電子機器の電源として用いられるスイッチング電源単体にもこの試験は適用されている。

電源メーカーは、抵抗負荷を用いて試験を行い、ノイズ印加時に出力電圧が正常であるか否かにより評価されている。そのため、入力側から印加された EFT/B ノイズが出力側に透過する大きさについては定量的に評価されていなく、各電源によって透過するノイズの大小が異なるという問題点がある。負荷側透過する EFT/B ノイズが大きい場合、電子機器メーカーが電源メーカーから電源を購入し、パソコンといった実負荷を接続した条件で EFT/B 試験を行うと、画面が点滅するといった誤動作が発生することがある。電源を購入して使用する場合、電源側でフィルタを強化するなどの対策ができないため、実負荷側においてイミュニティ対策を行う必要があり、実負荷の開発費用や期間に影響を及ぼしている^{[1]・[2]}。

2. 研究の目的

本研究では、スイッチング電源単体のイミュニティ性能における定量的な指標として、負荷側に透過するノイズの大小による評価を検討した。具体的には、スペクトラムアナライザによって実負荷が誤動作した EFT/B 印加時の透過ノイズを測定し、実負荷が誤動作に至るノイズレベルが複数種類の電源装置において一致するかを検証した。実負荷の誤動作レベルがスイッチング電源の負荷側で把握できるようになれば、電源メーカーにおいても実負荷への影響を考慮した電源開発が可能となり、よりスムーズなイミュニティ対策を目指せると考えた。

3. 研究の方法

3種類の電源において、以下に記述する実験1～実験4を行った。

実験1) スwitchング電源単体(抵抗負荷)の EFT/B 試験

実験2) スwitchング電源の負荷側に、実負荷を接続した条件での EFT/B 試験
(実負荷が誤動作するバーストノイズ印加電圧を調査)

実験3) 実験2で特定した実負荷の誤動作時における透過ノイズ測定

実験4) 誤動作レベルを考慮したイミュニティ対策

なお、バーストノイズはスイッチング電源の AC 入力に L,N,PE 相に一括、バースト周波数は 5kHz(15ms に 75 回)で 1 分間印加した。

4. 研究成果

表1に実験1,2の実験結果を示す。抵抗負荷で行うスイッチング電源単体の評価では、Class A (2kV) を満足するが、実負荷を接続した条件では、電源装置の P.S1, P.S2 および P.S3 のいずれも、実負荷が誤動作したため、Class A

(2kV)を満足しない結果となった。P.S1 を用いた時はP.S2 とP.S3 を用いた場合に比べて実負荷が動作できる EFT/B の印加電圧が高くイミュニティ性能が良い電源と判断した。図1,2に実験3,4の結果(代表としてP.S1 を用いた場合)をそれぞれ示す。測

表1イミュニティ試験の結果

	P.S	Load side condition	ClassA	Malfunction voltage of actual load
			2kV	
①	1	Resistive load	Pass	/
	2			
	3			
②	1	Actual load	Fail	1.4k(NG)
	2			0.6k(NG)
	3			0.5k(NG)

定範囲は、1kHz-100kHz、分解能RBW=200Hzで測定した。図1はP.S1が誤動作した印加電圧における透過ノイズのレベルである。FGがないP.S1とP.S2では、1kHz-100kHzで60dB μ Vのノイズが透過して誤動作が発生した。FGがあるP.S3では800kHz-100kHzで60dB μ Vのノイズが透過して誤動作が発生した。したがって、誤動作が発生するノイズの周波数依存性を検討する必要があるが、本研究で用いた実負荷の誤動作レベルはおおよそ60dB μ Vであると特定できた。図2では電源の2次側にコモンモードチョークコイルCMC(20 μ H)を追加し、誤動作レベルとして特定した60dB μ Vを下回することで、Class A(2kV)印加時に、実負荷が動作できるかを検証した。図1と図2を比較すると、CMC(20 μ H)を追加

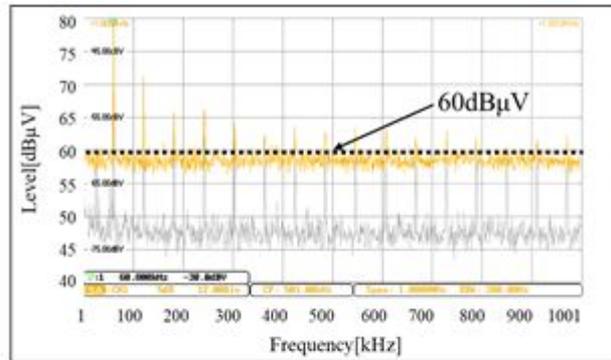


図1 実負荷が誤動作した透過ノイズのレベル

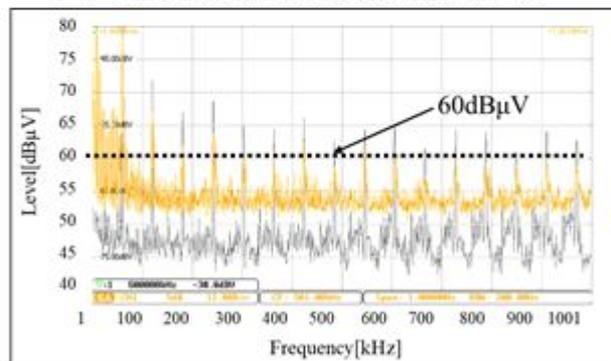


図2 CMCを追加した場合の透過ノイズのレベル

した図2では特定した誤動作レベルである60dB μ Vを下回っていることが確認できる。またCMC(20 μ H)を追加することで、P.S1~P.S3いずれもClass A(2kV)印加時に誤動作は発生せず、正常に動作することが確認できた。したがって、スイッチング電源の負荷側に透過するノイズを低減することで、実負荷のイミュニティ性能の向上が見込めることが分かった。

以上の結果より、スイッチング電源のイミュニティ性能は負荷側に透過するノイズを測定することで把握できると考えられる。

本評価方法を適用し、抵抗負荷で行う電源単体のイミュニティ評価において、透過ノイズが実負荷の誤動作レベル未滿を予め確認することで、実負荷側のイミュニティ対策が容易になる。これによって実負荷側のノイズ対策に起因するリメイクに費やす時間・コスト軽減につながることを期待できる。

<引用文献>

- [1] 西島健一：スイッチング電源ノイズとEFT/Bノイズが及ぼす負荷側への影響に関する検討，パワーエレクトロニクス学会誌 Vol.46，pp.36-41 (2021)
- [2] 橋本竜大，西島健一：実負荷を用いたスイッチング電源のイミュニティ性能に関する検討，電気学会マグネティックス研資，MAG-22-056(2022)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 橋本竜大, 西島健一	4. 巻 48
2. 論文標題 実負荷の誤動作有無に基づいたスイッチング電源のイミュニティ性能	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 パワ・エレクトロニクス学会誌	6. 最初と最後の頁 107-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 西島健一	4. 巻 46
2. 論文標題 スイッチング電源ノイズとEFT/Bノイズが及ぼす負荷側への影響に関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 パワ・エレクトロニクス学会誌	6. 最初と最後の頁 36-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 橋本竜大, 西島健一
2. 発表標題 実負荷を用いたスイッチング電源のイミュニティ性能に関する検討
3. 学会等名 電気学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本竜大, 西島健一
2. 発表標題 実負荷の誤動作有無に基づいたスイッチング電源のイミュニティ性能
3. 学会等名 パワ・エレクトロニクス学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本竜大, 西島健一
2. 発表標題 EFT/B印加時のスイッチング電源に及ぼす影響に関する検討
3. 学会等名 電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本竜大, 西島健一
2. 発表標題 実負荷を有するスイッチング電源のイミュニティ性能検討
3. 学会等名 パワーエレクトロニクス学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西島健一
2. 発表標題 スイッチング電源ノイズとEFT/Bノイズが及ぼす負荷側への影響に関する検討
3. 学会等名 パワ・エレクトロニクス学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------