

電源回路の安全設計で部品メーカーに要求すること

**JEITA 標準化専門委員会
電源グループ**

**オリジン電気(株) 技術部
寺本 進**

2014. 10. 20

電源回路の安全設計で部品メーカーに要求すること

1. 電源の安全上の位置づけ
2. 電源に要求される安全規格
3. 電源の安全性の評価
4. べからず集(部品使用に関する失敗事例)
⇒【部品メーカーに要求すること】
5. まとめ

1. 電源の安全上の位置づけ(1)

- スイッチング電源は、情報・通信機器やAV機器をはじめ、ほとんどの電気・電子機器に使用されています。また、太陽光発電システムなどの再生可能エネルギー用途や屋外設置製品などに広く使用されており、安全規格の対応範囲が広がっています。
- 電源出力の一部は、他の電気・電子機器とのコミュニケーションラインにも使用されており、一般使用者が直流出力に触れる可能性があるため、特に絶縁に関して厳しい安全基準が設けられています。
- 使用者の生命、財産の保護の立場から、主要各国では電気・電子機器に関して安全基準を制定しており、販売に先立ってはこの基準をもとに製品の安全性確保が要求されています。

1. 電源の安全上の位置づけ(2)

- 電源は各国安全規格を取得すると共に、特に感電事故を防ぐため、ガード・注意表示等を施し、漏えい電流の抑制に配慮しています。
- 万一の故障による事故においても、発煙・発火しないように取り組んでいます。
- 電磁環境保全として、電磁的両立性(EMC)が規定されています。ノイズを出さない(EMI)、受け取らない(EMS)。

2. 電源に求められる安全規格(1)

- 絶縁に関する要求事項としては、沿面距離、空間距離、耐電圧、絶縁抵抗、漏えい電流、特に商用電源と直流出力間を絶縁するトランス等の部品には感電防止の為、特に強化された絶縁である二重絶縁(強化絶縁)が要求されています。
- 構造に関する要求事項としては、電源及び接地・接続方法、機械的強度等の要求事項があります。ICT機器で一般的な構造であるクラス I 機器では、保護接地の接地接続性の維持が要求されています。
- 部品の短絡・開放及び過負荷運転等の異常動作時における安全性の確認試験の実施が要求されます。
- その他、定格等の表示に関する要求、耐熱性、耐湿性の要求事項があります。

2. 電源に要求される安全規格(2)

○ 各種分野別の各国安全規格代表例

(2012年9月1日現在)

用途・分野	国際規格 (IEC規格)	米国 (UL規格)	カナダ (CSA規格)	欧州 (EN規格)	日本 (J規格)
ICT 機器	IEC 60950-1	UL 60950-1	CSA C22.2 No.60950-1	EN 60950-1	J 60950-1
AV 機器	IEC 60065	UL 60065	CSA C22.2 No.60065	EN 60065	J 60065
生活家電機器	IEC 60335-1	UL 60335-1	CSA C22.2 No.60335-1	EN 60335-1	J 60335-1
医療機器	IEC 60601-1	UL 60601-1	CSA C22.2 No.601-1	EN 60601-1	JIS T 0601-1
計測機器	IEC 61010-1	UL 61010-1	CSA C22.2 No.61010-1	EN 61010-1	-

3. 電源の安全性の評価(1)

電源は多種多様の電子機器に使用されるため、たいへん広範囲の環境で使用されます。

よって、安全性の評価は、あらゆる角度から行わなければなりません。

電源の安全性評価の例

- **アブノーマルテスト(部品の短絡、開放試験)**

FMEAによる分析と安全性確保の対策が適切であるかを評価します。

スイッチング電源内部の単一部品故障による破損時や、異常な条件下での動作による破損時などで、発煙・発火や感電などの重大な障害が起こらないことを評価し、使用者の安全を保証しています。

3. 電源の安全性の評価(2)

○ 耐久テスト

故障要因(ストレス)		故障モード (代表例)	スイッチング電源への影響 (代表例)	耐久テスト例
電氣的ストレス	雷サージ	内部部品の破損・不良 内部部品の劣化・寿命 導通部分の接触不良等 回路内の絶縁劣化 内部回路の誤動作	出力電圧が出ない 出力電圧が低い 出力電圧がすぐ停止する 出力電圧が不安定 リップル・ノイズが大きい	雷サージ試験
	静電気			静電気試験
	入力に高電圧印加			高電圧印加試験
機械的ストレス	振動			振動試験
	衝撃			衝撃試験
	落下			落下試験
熱的ストレス	高温			高温通電試験
	低温・氷結			高温放置試験
	温度サイクル			低温放置試験
湿度	高湿度・結露			温度サイクル試験
				熱衝撃試験
雰囲気	腐食ガス			湿中放置試験
				高温高湿動作試験
		耐腐食性ガス試験		
		耐ガス性試験		
偶発故障	排気ガス	耐油性試験		
		油性雰囲気	塩水噴霧試験	
		塩水	-	
偶発故障		-		
磨耗故障	部品寿命	-		

3. 電源の安全性の評価(3)

例) 整流器の保守、メンテの考え方。(15年以上は装置更新を推奨)

No.	交換部品	交換推奨時期	推定寿命	No.	交換部品	交換推奨時期	推定寿命
1	警報用ヒューズ	約3年	3~4年	10	補助継電器	約12年	約15年
2	電解コンデンサ	約7年	7~8年	11	電圧検出器	約12年	約15年
3	ヒューズ管 ヒューズ	約8年	約10年	12	表示灯 (発光ダイオード)	約12年	約15年
4	メーター類	約10年	約15年	13	ブザー	約12年	約15年
5	可変抵抗器	約12年	約15年	14	固定抵抗器	約18年	約20年
6	切替器	約12年	約15年	15	半導体類 (ダイオード、トランジスタ/IC)	約18年	約20年
7	押ボタン スイッチ	約12年	約15年	16	巻線類 (変圧器、塞流線輪)	約25年	約25年
8	トグルスイッチ	約12年	約15年	17	ファン	約7年	7~8年
9	配線用遮断器	約12年	約15年				

4. べからず集

本編は【不具合事例集】のような正式な報告内容ではなく、新入社員からベテラン技術者が各知識の範疇で経験した失敗談を編集したものです。

《お断り》

- 設計現場において、部品使用に関しての限定的な失敗事例。
- ある条件下における、断定的な表現。(いましめ)
- 一般的に通用する事例ではない。

⇒【電源回路の安全設計で部品メーカーに要求すること】

べからず内容 NO.1

電解コンデンサ防爆弁近傍に筐体(FG)を配置してはいけない。

- もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか。

電解コンデンサの防爆弁が動作したときに筐体(FG)に接触すると絶縁が無くなる。

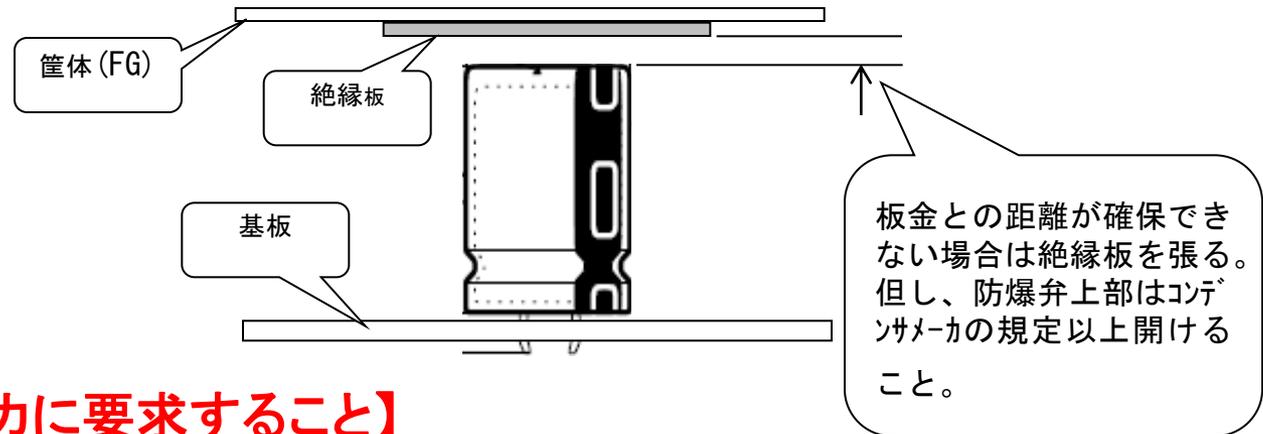
例えば、1次側のPFC電解コンデンサの防爆弁がFGに接触すると、1次-FG間の絶縁が無くなり地絡となって、最悪の場合、漏電ブレーカ動作でシステムダウンとなる。

べからず内容 NO.1

電解コンデンサ防爆弁近傍に筐体(FG)を配置してはいけない。

○ では、どうするべきか

防爆弁が動作しても十分に空間距離を取るか、不可能な場合は絶縁板等で保護する。



【部品メーカーに要求すること】

防爆弁が開くための規定と、安全確保の規定は別途表記して欲しい。(破壊寸法の表現により、機器の構造・外形に影響)

べからず内容 NO.2

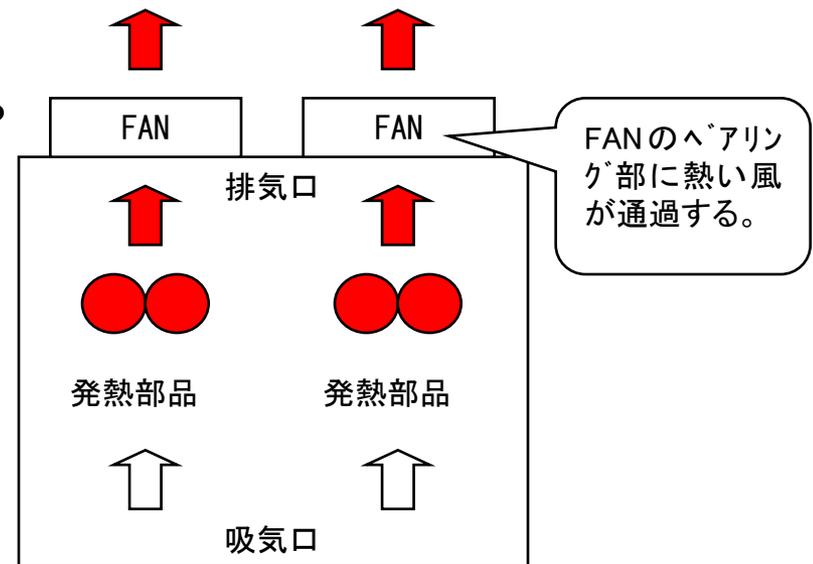
長期保証電源に使用するファンは吐き出し冷却してはいけない。

○ もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

ファンも電解コンデンサと同様に経時変化と周囲温度との関係式が成立する。(アレニウスの法則)

このことから周囲温度が 10°C 上がると寿命は約 $1/2$ 倍となる。

従って、ファンを吐き出しで使用すると高い温度の風がファンにあたることになり、寿命の低下の要因になる。

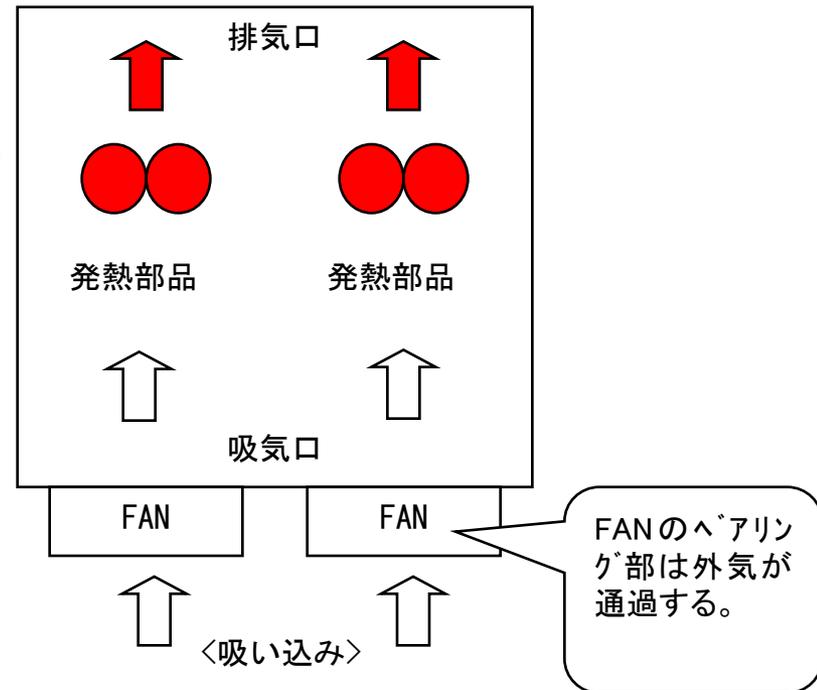


〈吐き出し〉

べからず内容 NO.2

長期保証電源に使用するファンは吐き出し冷却してはいけない。

- では、どうするべきか
- ① ファンを吸い込みで使用する。
(冷却効果は吐き出しに対し
落ちることが多いので注意)
- ② 長寿命ファンを使用する。
(高価、大型化)



【部品メーカーに要求すること】

ファンの温度耐量の規定により、電源の寿命・設計思想が大きく変化する事を考慮して欲しい。

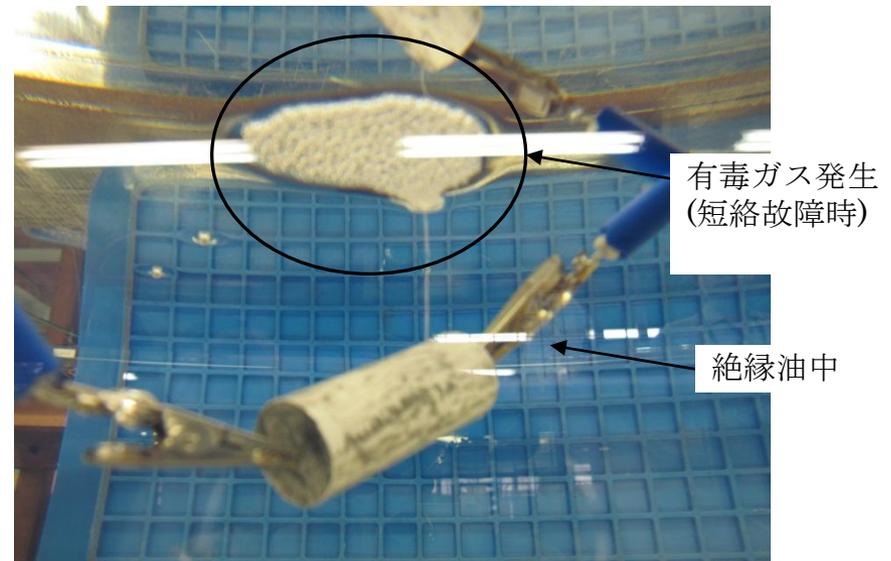
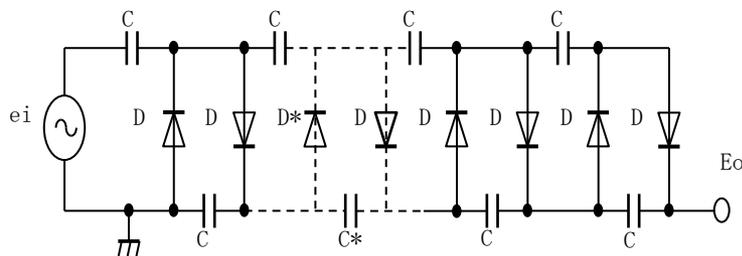
べからず内容 NO.3

コッククロフト回路にポリプロピレン・フィルムコンデンサを使用してはいけない。

- もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

コンデンサが短絡故障したときに、有害ガス(アルシン)が発生。

⇒半導体工場のガス
検知器が作動し、
システム全体がストップ
してしまい、損害も大。
(重大事故になる。)



べからず内容 NO.3

コッククロフト回路にポリプロピレン・フィルムコンデンサを使用してはいけない。

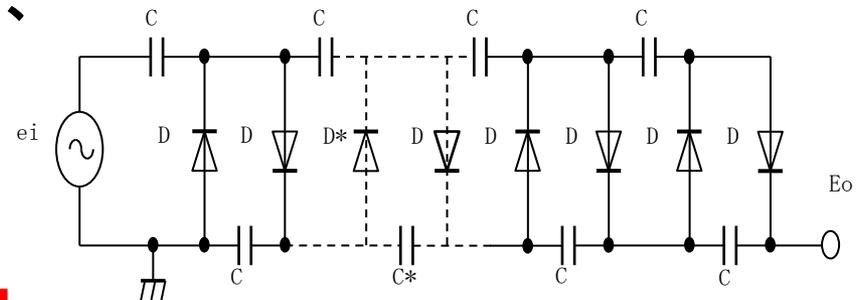
○ では、どうするべきか

CW回路にはセラミックコンデンサを使用する。

⇒前記と同じ条件で試験した結果、ガス発生なし。

破損耐圧もフィルムコンデンサが定格の**1.5倍**で破損に対し、
定格の**8倍**まで許容できた。

(短時間での実力値であり、
保証ではない)



【部品メーカーに要求すること】

部品の破壊時の発生ガスの種類により使用回路に制限が発生することを考慮して欲しい。

べからず内容 NO.4

交流で使用するコンデンサの耐圧はカタログ値(直流規定値)をそのまま適用してはいけない。

- もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

アルミニウム電極が局部的コロナ放電により酸化アルミニウム(絶縁物)となり容量が低下する。

使用電圧が高い程、容量低下の速度が速くなる。

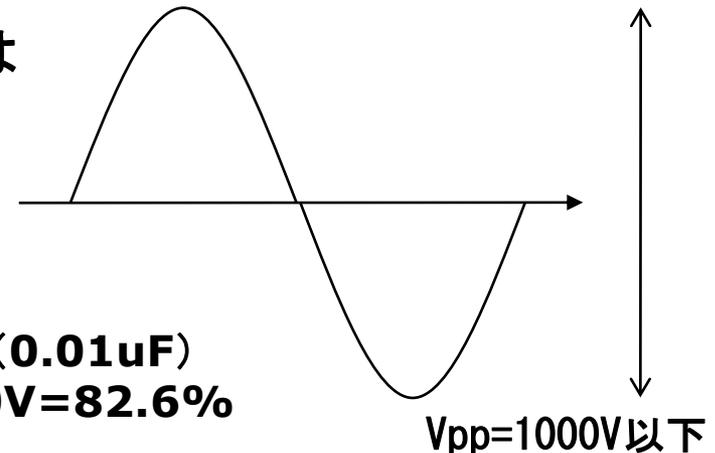
べからず内容 NO.4

交流で使用するコンデンサの耐圧はカタログ値(直流規定値)をそのまま適用してはいけない。

○ ではどうすべきか

例えば、DC1000Vのコンデンサを交流(正弦波)で使用する際には、ピーク to ピークで少なくとも1000V以下で使用しなければならない。

また、ACとDCのディレーティングは各メーカーで異なるのでカタログ等で確認すること。



カタログ例: 耐圧:DC3150V、AC920V (0.01 μ F)
ディレーティング= $920V \times 2\sqrt{2}/3150V=82.6\%$

【部品メーカーに要求すること】

部品使用条件による規格値、ディレーティングの表現を各社統一して欲しい。

べからず内容 NO.5

電源ラインにタンタル固体コンデンサを電流制限なしで使用してはならない。

- もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

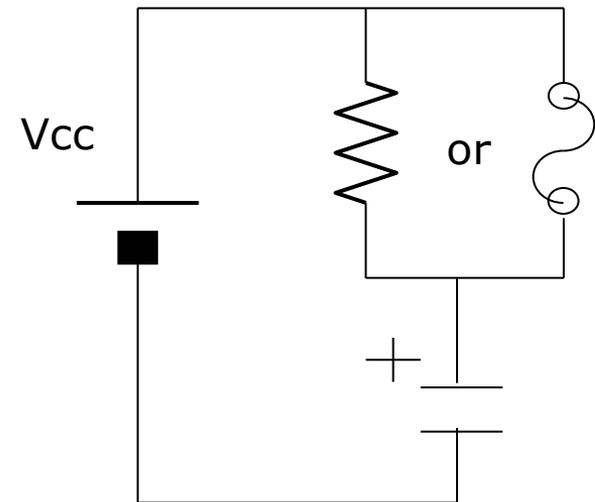
故障モードがほぼ(9割程度)短絡モードのため、
発煙発火の恐れがある。

べからず内容 NO.5

電源ラインにタンタル固体コンデンサを電流制限なしで使用してはならない。

- ではどうすべきか

タンタル固体コンデンサと直列に制限抵抗
または、ヒューズを挿入する。



【部品メーカーに要求すること】
故障モード等不利な特性、性能も前面に
提示して欲しい。

べからず内容 NO.6

抵抗器では、定格電力、定格電圧で連続使用してはならない。

- もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

連続使用すると抵抗器の過度な温度上昇が発生して、
発煙・焼損する恐れがある。

べからず内容 NO.6

抵抗器では、定格電力、定格電圧で連続使用してはならない。

○ ではどうすべきか

製品の環境温度と抵抗器のカタログを参照して定格電力以下で使用する。

長期安定運用を考慮して定格電力の $1/4 \sim 1/2$ 程度の使用とする。電圧に関しては定格電圧の80%以下とする。

【部品メーカーに要求すること】

実施条件化でのデレーティングを標準化して欲しい。

(各社の設計基準、ノウハウによる。海外メーカーとの設計思想に格差⇒定格、サイズ、価格に影響)

べからず内容 NO.7

直列の電解コンデンサの分圧抵抗器に高抵抗炭素皮膜抵抗
(100kΩ以上)を使用してはいけない。

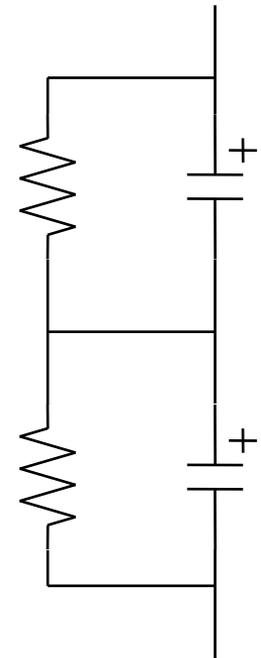
- もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

電蝕して断線する恐れがある。

結果、電解コンデンサの分担電圧が崩れ、

過電圧や逆電圧で電解コンデンサが破損する。

発煙、発火に繋がることもある。



べからず内容 NO.7

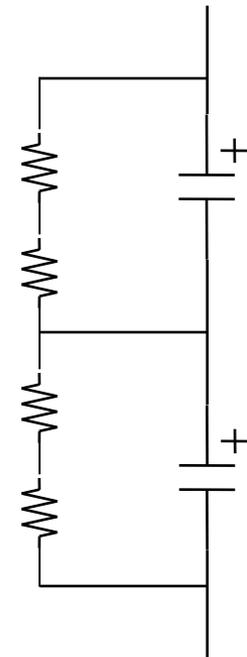
直列の電解コンデンサの分圧抵抗器に高抵抗炭素皮膜抵抗
(100kΩ以上)を使用してはいけない。

○ ではどうすべきか

電解コンデンサの分圧抵抗器には電蝕しにくい
酸化金属皮膜抵抗を使用するか、
100kΩ以下の抵抗を組合せて使用する。

【部品メーカーに要求すること】

電蝕、ウイスカ等、起こりうる不利な現象に対する
使用上の注意点も前面に提示して欲しい。



メカ式リレーの実装方向は、ノーマルオープンでは重カ、
接点が閉じる向きに取り付けてはいけない。

ノーマルクローズでは、接点が開く方向に取り付けてはいけない。

- もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

断線等でリレーの制御が不能となった場合にリレーが
ON してしまい誤動作などを誘発してしまう。

メカ式リレーの実装方向は、ノーマルオープンでは重力方向に接点が閉じる向きに取り付けてはいけない。

ノーマルクローズでは、接点が開く方向に取り付けてはいけない。

○ ではどうすべきか

重力方向に対してリレーが動作しない向きに取り付けること。

【部品メーカーに要求すること】

実装方向による、安全対策を考慮して欲しい。

(標準電源では実装方向が未確定での販売がある)

べからず内容 NO.9

高周波巻線・回路近傍にFANを配置してはいけない。

○ もし、そのようにしたら(使ったら)どうなるか

電磁ノイズ(電磁誘導)の影響や、ファンの電源線を経由して加わる高周波ノイズの影響でファンの回転軸ベアリングに誘導電流が流れる場合がある。

電流が流れると、ベアリングの表面の油膜が破壊され、ベアリングおよびベアリングの滑走面に損傷が生じる。

(ファンの電食)

べからず内容 NO.9

高周波巻線・回路近傍にFANを配置してはいけない。

○ ではどうすべきか

高周波巻線・回路から離して配置する。

ファンにEMCシールドを取付ける。

電食防止ファン(セラミックスベアリング)を用いる。

【部品メーカーに要求すること】

電磁ノイズ(電磁誘導)の影響、対策を考慮して欲しい。

5. まとめ 【電源回路の安全設計で部品メーカーに要求すること】

- 部品、電源(電子機器)において、**小型・高性能・低価格・短納期化**は日々努力・達成されており、また**永遠のテーマ**でもあります。
- 機器設計者が安全設計を考慮しなくて済む部品開発をお願いします。
- 実使用上、誤解のない規格定格の表記、わかりやすい使用上の注意事項の明記をお願いします。**常識的な事柄**でも設計者が知らなかったことで起きる事故が多々あります。
- 破損しないことが理想ですが、**安全に破損**することが機器設計者にとって最も重要なファクターであることを考慮し、部品開発をお願いいたします。
- 電源(電子機器)は、設計者の想定外の使用が避けられません。設計現場では、もしもの事態を想定し、いかに回避できるかを考え、**シンプルな安全設計**をすることが製品完成度の重要な要素となります。

ご清聴ありがとうございました。