

ENVIRONMENTAL POTENTIALS

IEEE の 2003 年改訂基準書の「高周波ノイズ」に関する記述抜粋

2003 年の I.E.E.E.(米国電気電子学会)の改定基準書 (通称: Emerald Book) より抜粋

4. 7. 2. 4 (最終段落)

高調波で作られるものより高い周波数で、高出力抵抗が負荷 (即ち、 $-e=L \text{ di}/\text{dt}$ 切替) から発生するような高周波過渡という有益な濾過作用をもたらします。そしてトランスの入力供給回路にそれらが不必要に加えられる前に減衰させることが出来ます。一度これが起きると、それらは配電システムの他の部分に遡って、増殖していきます。トランスの出力抵抗は周波数と共に徐々に上昇します。しかし、トランス内の寄生誘導抵抗は一連の共振を許し、それが特定周波数でのより低い出力抵抗を可能にします。そして、それらの周波数の入出力時のトランス通過を容易にします。

4. 7. 2. 6 (最初段落)

トランスは追加のキャパシターとインダクターで機能を高め、低域フィルターの機能を生み出します。それはフィルター設計の必須部分としてトランスの誘導抵抗を使います。もしこれが注意して処理されれば、結果としての低域フィルターは有効的に、フィルター-3dB カットオフ点以上で、そして、最終製品製作で使用される追加誘導抵抗のエネルギー取扱容量範囲内で、高周波通過を減衰します。しかし、4.7.2.5 で述べたように、グラウンドシステム (即ち、静電シールド経由、キャパシターからグラウンドへの短絡接続) に短絡されるノイズ電流がグラウンドシステムの設計 (8. 5 参照 Lewis[B38]) に抛り問題を起す事があります。

4. 8. 2 (ページ最終段落) pg122

一般的に、接地は周波数の抵抗増加を示します (図 4-52 参照)。これが絶対的に高周波ノイズ管理力との関連で接地電極の効果を制限します。これは明確に、接地電極システム単独では、雷サージの高周波部分を伴う不必要な影響を管理する有効な手段と成り得ない事を意味しています。

4. 8. 5. 1 (最初段落) pg130

“隔離接地” 単点接地に関する多くの混乱があります。SPG の目的は接地ループでの電流循環に起因する干渉問題の低減です。これは NEC 要求の接地システムに従って作られた接地接続の場所を管理する為の絶縁された EGC を使用することで達成されています。絶縁された EGC の起源は取り付け棒から隔離された接地ピンを持つ特別なコンセントの接地ピンにあります。元の名称は隔離された接地コンセントです。それは電気機器のアース端子ブロック部分に起源を持つことも出来ます。絶縁された EGC は単一の電源、或は別々に引き出される電源で中性とグラウンドが結合されているところで終わります。

4. 8. 5. 3 (#3) pg138

しかし、SRS の必要性は下記の 3 つの条件が作られた場合の要求に容易に対応します。

1) 付随電気機器に使われているロジック AC/DC 電源供給器がその機器の金属フレーム/ケースに接続されているターミナル (“common”) の 1 つに装着される時 これは、商業的 ITE、電気的業務機器業界、その他同様の分野での代表的で、推奨すべき処置です。

2) 信号レベル回路とロジック AC/DC 電源供給器の共通ターミナルが OEM の推奨処置に対抗した機器のグラウンドから誘電絶縁され、或は直流電氣的に隔離されているか、或は外部的に装着された信号設置参照回路に接続を意図されている“絶縁された”ターミナルに接続される時

2

3) 機器に発生する実際の性能上の問題があり、それらは共通モードの電気ノイズ、或は、設計が何であれ、接地システムを持っている機器が信号レベル内部ケーブルシステムに関連している類似共通モード干渉に振り分けられます。

絵 4-63 に一般的に描かれているように長い接地導体を持っている接地システムは高周波数で高い電気抵抗を示し、一般的に、これが最も望まれないものです。接地通路の電気抵抗は基本的に管理されず、通常数千ヘルツ以上の周波数では大変高い。それ故、有用な SRS は接地構造の存在を必要とし、それは関心のある周波数範囲（大抵、dc からメガヘルツの数十倍まで）で等電接地面の理想を真似たものです。そのような設計は一般的に、絵 4-64 の配線図に示されています。

4. 9. 2 (EM シールド) pg152

効果的な電磁シールドも高周波接地電気誘導防壁、金属ケース、金属管、回路周りの導線皮膜等の対策から成り立っています。電磁シールドの目的は攻撃（例えば、電力）源から犠牲（例えば、制御か信号）回路への電磁束結合（相互インダクタンス）の最小化です。下記の一般化は適切なものです。

- a) 物理的に攻撃源を犠牲回路から離し、相互インダクタンスとそれらの間の近場 EMI 結合を最小化する。
- b) 犠牲回路の封印部分が減少し、攻撃 H 場 EMI 源からの近場束線数が減少します。
- c) 攻撃と犠牲回路のねじれた対導体がねじれの利点を得て、そこでのねじれ対での各方向の回路への漂遊磁束結合は半分です。このように、攻撃 EMI 源、或は犠牲回路から放射される小さな束線を得ることになります。
- d) ac 電力導体のようなねじれが実際的でない所では、導体の間隔を近接させることで、等価又は反対の電流を伴うひとつの導体のようになり、H 場の放射を最小化する事になります。
- e) シールド内に信号導体を包み込み、シールドを両端で接地する。これは、稲妻或は他のサージ電流が生み出す H 場効果からの包含導体保護の為の鍵になる考えです。

4. 10. 1 SPD(pg154) 興味のあるものと思われる。

ここにはいろいろな SPD の方法とそれらの Pro' s/cons に関するおおきな章があります。

8. 6. 1 (SPD の選択) pg301

SPD の選択は、典型的に、装置の位置に依存しています。SPD のサイズは、適切な調和を達成する為に、IEEE C62.41 と IEEE C62.45 の要求のなかに推奨されています。SPD は UL1449 に登録される方が良い。3相、4ワイヤー回路に使われる SPD は全ての組合せ（ラインーライン、ラインー中性、ラインー接地、中性ー接地）に接続されることが推奨されています。3相、3ワイヤー回路の SPD はラインーラインとラインー接地の双方のモードで取り付けられる事が推奨されています。SPD は高周波フィルターの特性も持っています。このフィルター機能は電力線搬送操作に逆向きには効果が無いことを確認するように注意して下さい。

9. 8. 5. 5 & 9. 8. 5. 6 (pg363)

3

代表的な現代のビルにはビルの電気アースに繋がっていない点から信号を搬送する多くのケーブルが供給されています。それらには FAX、モデムと共用の電話線、アンテナ、画像保安カメラシステム、外部電灯線等が含まれます。それらは GPR からの損傷というリスクを運んできます。いくつかのサージ防御の方式が決定さ

れるとすると、全ての電氣的設置に対する幅広い観点を持つ事が重要です(9.6 参照)。SPD を次のケーブルに取り付けることを考慮して下さい(もし、有れば)。

- a) AC 電力システム
- b) FAX, モデム、類似装置を提供する電話器
- c) LAN へのデータケーブル
- d) 遠隔操作、器具運転、制御用ケーブル
- e) アンテナケーブル
- f) 保安カメラケーブル
- g) 屋外照明ケーブル

いくつかの状況で、RFI が過渡切替などで電気供給に現れることがあります。例えば、コンピューター設置が通電時に干渉を受けやすい。そこでは、データ破壊とかその他は明らかに説明不能な動きの原因となることがあります。SPD は、SPD が機能するのに十分大きな過渡を容易に取り除くことが出来ます。しかし、このレベル以下でも干渉がコンピューター設置に問題を起す原因になります。

RFI フィルターは多くのメーカーから容易に手に入ります。これらは容易に干渉レベルを相当程度減少させることが出来ますが、設置に更に問題を起こします。高いエネルギーサージがフィルターに入ると、“唸り”と呼ばれる現象の原因となります。衝撃がフィルターを振動させ、破壊的増幅をもたらす高周波を生み出します。それ故、サージ防御はいつもメインのフィルター機器、出来れば同じケース内で、に取り付けられることが重要です。うなりが予想されるところに使用する SPD はうなりを取り除くいくつかのフィルター方式を提供すべきです。

9. 9. 15 (接地ループ)

接地ループは、関心のある周波数範囲により、必要であり、又望まれないものです。低い周波数では、接地ループは望まれません。なぜなら、その意図は、異なった潜在性と不必要な電流と過渡の均一化を引き起す他の接地から分離することだからです。高い周波数では、接地ループは強制的です。なぜなら、その意図は高周波電子を操作し、EMC を保持する為に近接の接地と堅く結合することだからです。歴史的に、接地ループは稲妻電流を搬送することに付随しています。

SPG システムは、ac 或は dc 電源の電話システムの部品間のシステムレベル循環電流を避ける為に必要です。各々別々部品が独自の EGC を持っている時、接地ループを避ける事は困難になります。接地ループを循環する電流は RFI 問題を起こし、或は、悪化させます。例えば、ac システム中性の複数設置は NEC 違反のみならず、RFI 問題に大きく関係している接地ループを生み出します。

注記—RFI の為には、フェライトチョークを各 ac コードに取り付けることが出来ます。設置ループはまだ ac 側に残っていますが、フェライトが RFI を軽減します。更にこの件に関する事項については、3.5.2, 8.5.3.1, 4.9.2.1. を参照。

9. 6. 26. 4 (最初段落) pg417

相互連結電気機器間の設置接続を通して直接結合している高周波ノイズにより失敗したシールドケーブルシステムの実例があります。回路の一端で設置接続を隔離する事が接地帰還路を通した電流ノイズの流入を低減することに役立つこともあります。しかし、そのような兆候は接地接続を開放しておくべきだという事を意味する訳ではありません。安全とかその他の要求事項を考慮すれば、接地接続は無傷なままにしておくべきで、緩和は他の許容される方法でなされるべきです。

シールドケーブルシステムは配置機器の EMC 性能を維持することに効果があります。

4

そして、シールドされていないもの(その他の全ては考慮されている)よりも良い結果を示すことができます。その考慮には、接地ループノイズ、システム全体の貫したシールドを確実にすることに関わっている全ての接地と結合問題を含んでいます。

良く釣合の取れたねじれた対ケーブルシステム(きつくねじった一対)は非常に低い放出を生み出し、高いノイズ免疫性を提供します。シールド追加は状況を著しく改善しません(受容結合干渉の低減以外では)。

そして、他の問題を起こします。

もし貧弱なシールドが RF 電流をシャーシの外に流出させると、設置ワイヤーはその条件を除きません。内部的には、シャーシ接地は RF を適切な回路に保存しておく助けに使われます。喪失或は、抵抗的内部接地接続は RF エネルギーが予想しないところに現れることを許容します；多分、普通 RF を放射しないようなシールドされていない回路です。内部考慮の一部はシャーシ設置が製造者の設計により機能していることを確認することも意味しています。

9. 9. 26. 11 pg419

AC 電力入力ワイヤーはアンテナと見做すことができます。それが内包されている機器内部でそれに結合している高周波信号がその機器の外に放射されます。推奨処置は ac 電力入力ワイヤーを物理的に電力供給からの負荷接続を含む高周波信号を搬送するあらゆる回路から遮断することです。

章 10. 2. 4 は多分興味があるでしょう。(pg 533)

10. 4. 4. 1 pg552

直接減少させられるひとつの潜在的なノイズ源は切換誘導負荷を妨害することで誘導される過渡電圧です。抵抗的負荷を作っている回路でも配線インダクタンスにより大きな切換ノイズを生み出します。機械的切換によるアークも高周波ノイズを導きます。このように、あらゆる切換接触が抑制を必要としています。システム内の全ての切換誘導負荷を抑制することを推奨します。これは全ての産業制御システムでの基準行為です。Ac 機器で接触抑制を要求する例は以下のものを含んでいます。

- a) ソレノイドコイル
- b) コンタクターコイル
- c) リレイコイル
- d) 1 次トランス
- e) 指示灯用トランス
- f) 机上蛍光管照明 (ランプ近辺でのラインフィルターも必要)
- g) ラインフィルター (時々、誘導負荷を示す。)

唯一の例外は固体出力のようなゼロ交差検出回路により動かされる負荷です。ゼロ交差切換はノイズ発生を実質ゼロまで減少させます。それらは頻繁な操作、或は低ノイズ域に近いで好まれます。

11 章 は 症例の記録に関連しています。

(英文オリジナル)

Emerald Book Excerpts

4.7.2.4 (Last Paragraph)

At higher frequencies than those produced by the harmonics, a high-output impedance provides some beneficial filtering of high-frequency transients as generated from the load(s) (e.g., due to $-e = L di/dt$ switching) and which can attenuate them before they can be unwantedly impressed onto the transformer's input supply circuit. Once this occurs, they are unwantedly propagated upstream to other parts of the distribution system. Transformer output impedances generally rise with frequency, but parasitic reactances within the transformer can allow series resonances that may lower output impedance at specific frequencies and unwantedly allow these frequencies to easily pass across the transformer from the output to the input.

4.7.2.6 (First Paragraph) pg 111

Transformers can be enhanced by using additional capacitors and inductors to create low-pass filter arrangements that use the reactances of the transformer as an integral part of the filter's design. If this is carefully done, the resulting low-pass filter will usefully attenuate high-frequency transients above the filter's -3 dB cutoff point and within the energy handling capability of the add-on reactances used in the construction of the final product. However, as noted in 4.7.2.5, any noise current that is shunted into the grounding system (e.g., via an electrostatic shield or any shunt-connected capacitors to ground) can cause problems depending upon the design of the grounding system (see 8.5 and Lewis [B38]).

4.8.2 (Last Paragraph on Page) pg 122

The earth connection generally exhibits an increasing impedance with frequency (see Figure 4-52). This absolutely limits the effectiveness of the earth grounding electrode in relation to high-frequency noise control efforts. This clearly means that the earth grounding electrode system alone is not an effective means of controlling the unwanted effects associated with the higher frequency components of a lightning surge event.

4.8.5.1 (First Paragraph) pg 130

There has been a lot of confusion about "isolated grounds" and single-point grounding. The purpose of SPG is to minimize interference problems caused by circulating current in ground loops. This is accomplished by using *insulated* EGC to control where the ground connections are made to the NEC-required grounding system. The insulated EGC originates at the ground pin of a special receptacle that has the ground pin isolated from the mounting yoke, hence the original name *isolated grounding receptacle*. It can also originate on an equipment grounding terminal block in the electronic equipment. The insulated EGC terminates at the point where neutral and ground are bonded at the power source or a separately derived source.

4.8.5.3 (#3) pg 138

However, the need for an SRS may easily rise to that of a requirement in the event any of the following three conditions are established:

- 1) When the logic ac-dc power supplies used in the associated electronic equipment are installed with one of the terminals (e.g., the "common") connected to the equipment's metal frame/enclosure. This is typical and recommended practice in the commercial ITE and electrical business equipment industries, and others as well.
- 2) When the signal-level circuits and logic ac-dc power supply common terminals are OEM dielectrically insulated or galvanically isolated from equipment ground against recommended practice, and are instead connected to an insulated "ground" terminal that is intended for connection to an externally installed signal ground reference circuit.
- 3) There are actual performance problems occurring with the equipment, which can be assigned to

common-mode electrical noise or similar common-mode interference related to the equipment's existing grounding system, whatever its design, or to the signal-level inter-unit cabling system.

Any grounding system that employs long ground conductors, as generally illustrated in Figure 4-63, will exhibit higher impedances at higher frequencies, and in general, this is most undesirable. The impedance in the grounding paths is basically uncontrolled and usually very high at frequencies above a few kilohertz. Therefore, useful SRSs require the existence of a grounding structure that most nearly mimics the ideal of an equipotential ground plane throughout the frequency range of interest (often from dc to several tens of megahertz). Such a design is shown very generally and in schematic form in Figure 4-64.

4.9.2 (EM shielding) pg 152

Effective electromagnetic shielding also consists of schemes such as high-frequency grounded conductive barriers, metal enclosures, metal conduits, and cable coverings around circuits. The objective of electromagnetic shielding is the minimization of magnetic flux coupling (mutual inductance) from an aggressor (e.g., power) source to the victim (e.g., control or signal) circuit. The following generalizations are also pertinent:

- a) Physically separate the aggressor source from the victim circuit, minimizing the mutual inductance, and hence near-field EMI coupling, between them.
- b) The enclosed area of the victim circuit can be reduced so as to reduce the number of near-field flux lines intercepted from the aggressor H-field EMI source.
- c) Twisted pair conductors in the aggressor and victim circuits take advantage of the twisting wherein about half the stray magnetic flux couples into the circuit in each direction on the twisted pair, thus giving a small net flux coupling to be radiated from an aggressor EMI source or into a victim circuit.
- d) Where twisting is not practical, such as with ac power conductors, close spacing of the conductors can be accomplished so that they appear as one conductor with equal and opposite currents, producing a minimally radiating H-field.
- e) Enclose the signal conductors inside of a shield, and then ground the shield at both ends. This is a key concept for protection of the contained conductors from the H-field effects produced by nearby lightning and other surge currents.

4.10.1 SPD's (pg 154) Thought this might be interesting

There is a large section here about various SPD methods and their pro's/cons

8.6.1 (Selection of SPD's) pg 301

The selection of SPDs typically depends on the location of the device. The SPDs are recommended to be sized per IEEE C62.41™ and IEEE C62.45 requirements to achieve proper coordination. SPDs should be listed to UL 1449. SPDs used for three-phase, 4-wire circuits are generally recommended to be connected in all combinations of line-to-line, line-to-neutral, line-to-ground, and neutral-to-ground. SPDs for three-phase, 3-wire circuits are recommended to be attached in both the line-to-line and line-to-ground modes. SPDs may also be specified with high-frequency filtering characteristics. Care should be taken to ensure that this filtering does not adversely affect the operation of the power line carrier.

9.8.5.5 & 9.8.5.6 (pg 363)

The typical modern building is served by a number of cables carrying signals from points not tied to the building's electrical ground (earth). These include telecommunications lines commonly feeding fax machines and modems, antennas, video security camera links, and external lighting cables. Each one carries the threat of damage from GPR. Assuming that some form of surge protection is decided upon, it is important to take a broad view of the whole electrical installation (see 9.6). Consider fitting SPDs to the following cables (if present):

- a) AC power system
- b) Telecommunications lines feeding fax machines, modems and similar devices
- c) Data cables for LANs

- d) Cables for telemetry and instrumentation and control
- e) Antenna cables
- f) Security camera cables
- g) Outdoor lighting cables

In some situations, RFI may appear on electrical supplies, possibly by switching transients, etc. Computer installations, for example, can be susceptible to interference on their supply where it may cause corruption of data or other apparently unexplained behavior. SPDs will easily remove any transients that are sufficiently large to cause the SPDs to conduct. However, interference below this level can still cause problems with computer installations.

RFI filters are readily available from a number of manufacturers. While these will easily reduce the level of interference by a significant amount, they can also introduce further problems into the installation. When a high energy surge enters a filter, it can cause an effect called *ringing*. The impulse can cause the filter to oscillate and produce a high-frequency wave with damaging amplitude. It is important, therefore, to ensure surge protection is always provided with mains filtering devices, preferably within the same enclosure. SPDs used where the ring wave is expected should provide some form of filtering to remove the ring wave component.

9.9.15 (Ground Loops) pg 387

Ground loops are both necessary and undesirable, depending on the frequency spectrum of interest. For lower frequencies, ground loops are undesirable because the intent is to decouple from other grounds that are at a different potential and causing unwanted equalizing currents and transients. For higher frequencies, ground loops are mandatory because the intent is to closely couple with nearby grounds in order to operate high-frequency electronics and still maintain EMC. Historically, ground loops are associated with carrying lightning currents, audio and video hum, and switching transients.

An SPG system is usually necessary to avoid system-level circulating currents between components of an ac or dc powered telecommunications system. When each separated component has its own EGC, it becomes difficult to avoid ground loops. The currents circulating in ground loops can cause or worsen RFI problems. For example, multiple grounds on the ac system neutral are not only in violation of the NEC but also create ground loops that significantly contribute to RFI problems.

NOTE—For RFI purposes, a ferrite choke can be placed on each ac cord. The ground loop will still exist at ac, but the ferrite will mitigate the RFI. Further coverage of this topic can be found in 3.5.2, 8.5.3.1, and 4.9.2.1.

9.6.26.4 (First paragraph) pg 417

There are instances where shielded cabling systems fail due to high-frequency noise coupled directly through the grounded connections between interconnected electronic equipment. Isolating the ground connection at one end of the circuit may serve to reduce the noise current flowing through the ground return path. However, such an indication does not mean the ground connection should be left open. Safety and other performance considerations may dictate that the ground connection is left intact and mitigation is accomplished in another acceptable manner.

Shielded cable systems can be effective in maintaining the EMC performance of the distributed equipment and can show better results than unshielded, where all other considerations are met. Such considerations include ground loop noise and all grounding and bonding problems involved in ensuring shield continuity throughout the system.

A well-balanced twisted pair cabling system (with tightly twisted pairs) generates very low emissions and provides high noise immunity. Adding a shield may not significantly improve matters (other than reducing capacitive coupled interference) and may cause other problems.

If poor shielding does allow RF currents to flow on the outside of the chassis, a ground wire will not cure the condition. Internally, chassis grounding is used to help keep RF contained within the appropriate circuits. Missing or resistive internal ground connections can sometimes permit the RF energy to appear where it is not supposed to be; perhaps in an unshielded circuit that normally would not radiate RF. Part of the internal considerations should also be to ensure that the chassis grounding is functioning as the manufacturer designed it.

9.9.26.11 pg 419

AC power input wiring can be viewed as an antenna. Any high-frequency signals coupled to it within the apparatus enclosure will be radiated outside the apparatus enclosure. Recommended practice is to keep the ac power input wiring physically isolated from any circuits carrying high-frequency signals, including load connections from the power supply.

Section 10.2.4 may be of interest (pg 533)

10.4.4.1 pg 552

One potential noise source that can be reduced directly is transient voltage induced by interrupting a switched inductive load. Even circuits feeding resistive loads will produce significant switching noise due to inductance of the wiring. The arcing due to mechanical switching can also introduce high-frequency noise. Thus, any switch contact will benefit from suppression.

It is recommended that all switched inductive loads in the system be suppressed. This is standard practice in any industrial control system.

Examples of ac devices requiring contact suppression include the following:

- a) Solenoid coils
- b) Contactor coils
- c) Relay coils
- d) Transformer primaries
- e) Transformer-driven indicator lamps
- f) Fluorescent cabinet lights (also requires line filters close to the lamp)
- g) Line filters (often present an inductive load)

The only exception is a load driven by a *zero-crossing detector* circuit such as solid-state outputs. Zerocrossing switches reduce noise generation virtually to zero. These are preferred for frequent operation or near low-noise zones.

Chapter 11 is about Case Histories.