

建築空間の電磁波ノイズ防御の研究

—エレベータから発生する電磁波ノイズの伝搬状況と対策について—

山本 恭 吉田 克雄
座間 彰 尋
(本社 エンジニアリング
本部)

A Study on Electromagnetic Noise Reduction in Building Spaces

—The Propagation of Electromagnetic Noise Generated by an Elevator and its Countermeasure—

Yasushi Yamamoto Katsuo Yoshida
Akihiro Zama

Abstract

With the progress of power-electronics, a inverter has been generally applied to building facility equipment. This equipment go by chapping a current in high frequency, so secondarily generates electromagnetic noise. The characteristics and propagation of electromagnetic noise generated by an elevator machine were measured. From this, it was recognized that high-level spectrum was included in the frequencies under 100kHz, and electromagnetic noise was scattered a wide area on the roof and the highest floor of the building.

By intercepting the conductive noise on the motor main distribution line, the area influenced by the noise was restricted to only a small area around the elevator machine room.

概要

パワーエレクトロニクスの進展に伴い建築設備機器にもインバータが広く使用されてきているが、これらの機器においては基本的な動作として高い周波数でスイッチングを行っていることから副次的に電磁波ノイズを発生する。

今回エレベータの駆動用インバータから発生する電磁波ノイズの性状、伝搬状況について調査を行い、100 kHz以下の低い周波数帯域で高いレベルのノイズが含まれていること、屋上および最上階の広い範囲に伝搬していることが確認された。この対策として動力幹線の伝導ノイズを阻止することにより、ノイズの発生エリアはエレベータ機械室周辺のみにも縮小した。

1. はじめに

オフィスのOA機器の普及にはめざましいものがあるが、一方で建築設備も自動化や制御の高度化のためプロセッサが多用されたり、省エネルギー等の目的からインバータが多く使用されてきている。これらの設備機器は扱う電力も比較的大きく、ユーザーの情報処理機器等と隣り合わせで使用されることから建物内の機器のEMC(電磁共存性: Electromagnetic Compatibility)が求められる状況にある。

このような中で電子機器の開発部門が入居するテナントビル(SRC造, B1, 13F, 延20,700㎡)において電子回路の特性測定中にノイズが混入する障害があった。このため電磁波ノイズの発生源および伝搬状況の調査を行った結果、乗用エレベータの駆動用インバータから10~100kHzの低い周波数帯域で高いレベルのノイズが含まれていることが確認された。このためテナントビルではあるが特殊な用途の建物としてエレベータの動力幹線に伝導ノイズの対策を行うとともにその効果の測定を

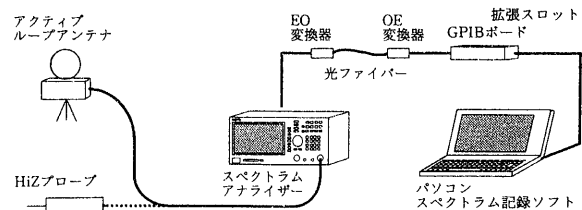


図-1 測定システムの構成

行った。

2. 測定法

測定は図-1に示すようにスペクトラムアナライザ(以下SPA)を利用し、伝導ノイズはハイインピーダンスプローブ(以下HiZプローブ)を、輻射ノイズはアクティブループアンテナを使用した。測定データはSPAのGPIB出力によりパソコンに送りスペクトラム記録ソフトで記録している。

電源線等の伝導ノイズの測定は疑似電源回路網による測定が定められているが、大型の機器等ではHiZプローブ

表-1 一般的な測定方法との違い

	CISPR, VCCI 等の測定方法	今回の測定方法
①検波方法	準尖頭値検波	尖頭値検波
②周波数帯と帯域幅	9 kHz~ 150 kHz: 200 Hz 150 kHz~ 30 MHz: 9 kHz 30 MHz~ 1 GHz: 120 kHz	10 kHz~ 500 kHz: 1 kHz 500 kHz~ 5 MHz: 3 kHz 10 kHz~ 110 kHz: 1 kHz
③掃引時間	1,200 sec 程度	1.0~1.1 sec

注) CISPR: 国際無線障害防護特別委員会
VCCI: 情報処理装置等電波障害自主規制協議会

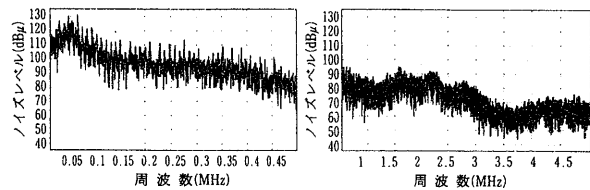


図-2 乗用エレベータの伝導ノイズ (動力幹線)

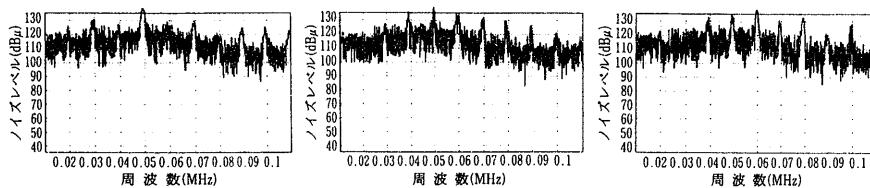


図-3 エレベータの動作状態による伝導ノイズの変化 (動力幹線)

ブ(10 kHz~30 MHz)による測定も定められているのでこれを利用した。

長時間にわたる連続測定はSPAで一定時間のピークホールドを行ってデータを取り込むことにより測定できる。なお GPIB 接続の途中に光ファイバーを入れ、パソコンからの伝導ノイズの混入を防いでいる。

コンピュータやOA機器等の情報処理装置を対象とした電磁波ノイズの測定では、国際的に周波数帯域ごとに定められた時定数を持った準尖頭値検波(QP: Quasi Peak)で測定することが定められている。しかしこの方法では指示値が安定するまで一定の時間を要し、広い周波数帯域の測定では数10分程度の時間がかかるため、今回のように1分オーダーで変動するノイズはとらえられない。このため今回の測定では次のような通常の電磁波ノイズの測定とは異なる測定が必要となる。

- ① 準尖頭値(QP)ではなく尖頭値検波を行う。
- ② 帯域幅を広くする。
- ③ 伝導ノイズの測定にハイインピーダンス(HiZ)プローブを使用する。

このため得られた測定値は電磁波ノイズの規制値等と直接比較することはできないが、ノイズの発生源や伝搬状況の調査で同じ条件で変化をみる場合には有効である。

3. 電磁波ノイズの性状と発生源

乗用エレベータから発生するノイズの成分は図-2に示すように10kHz~450kHzで100 dBμ以上と高く、特に10~100kHzで120dBμ以上とレベルが高い。また500kHz~3MHz程度までは80~95dBμ程度に下がる。

また乗用エレベータのノイズは図-3に示すように出発時、定常走行時、停止直前のように運行状態によって特定周波数のピークレベルが多少変動する。また1号機

47 kHz, 2号機 48 kHz, 3号機 50 kHz, 4号機 47 kHzと号機によってわずかなピーク周波数の差があり、1号機と3号機が同時に稼働するとこのピーク周波数の重なったノイズが現れる。事前に行った測定の際にもこのピーク周波数の重なった波形が記録されており、測定データからも乗用エレベータの駆動用インバータからノイズが発生していることが確認された。

エレベータの仕様を次に示す。

- 乗用エレベータ: 20人 1,350 kg 150m/分 VVVF 制御
スイッチング周波数 10kHz 329V 11.5Hz 21kW 4台
- 非常用兼人荷用: 38人 2,500 kg 60m/分 VVVF 制御
スイッチング周波数 1.2kHz 380V 33.3Hz 28kW 1台

4. ビル内の伝搬状況

ノイズの発生源調査でレベルの高かった100 kHz以下のノイズについて伝導および輻射ノイズの測定を行った結果、伝搬状況は図-4に示すとおりであった。

4.1 屋上の動力幹線と変圧器二次側端子

乗用エレベータの伝導ノイズは制御盤で140 dBμであり、動力幹線を介して屋上キュービクルの保安動力変圧器に伝わり、これに接続されている屋上の泡消火、蓄電池盤、排煙ファン、非常用エレベータでほとんど同じレベル(136~138 dBμ)で測定されている。また非常用エレベータによるノイズが動力幹線を介して保安動力変圧器や乗用エレベータ制御盤でも測定された。

4.2 乗用エレベータの電灯電源

乗用エレベータの電灯電源は屋上キュービクルの非常保安電灯変圧器の回路からとられ、13階の電灯分電盤で分岐してエレベータ制御盤に供給されている。

伝導ノイズレベルは制御盤で137dBμ、13階分電盤の主幹配電用遮断器で135dBμ、変圧器で127dBμであった。

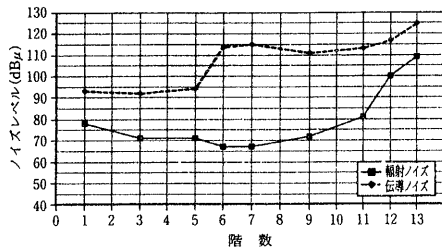
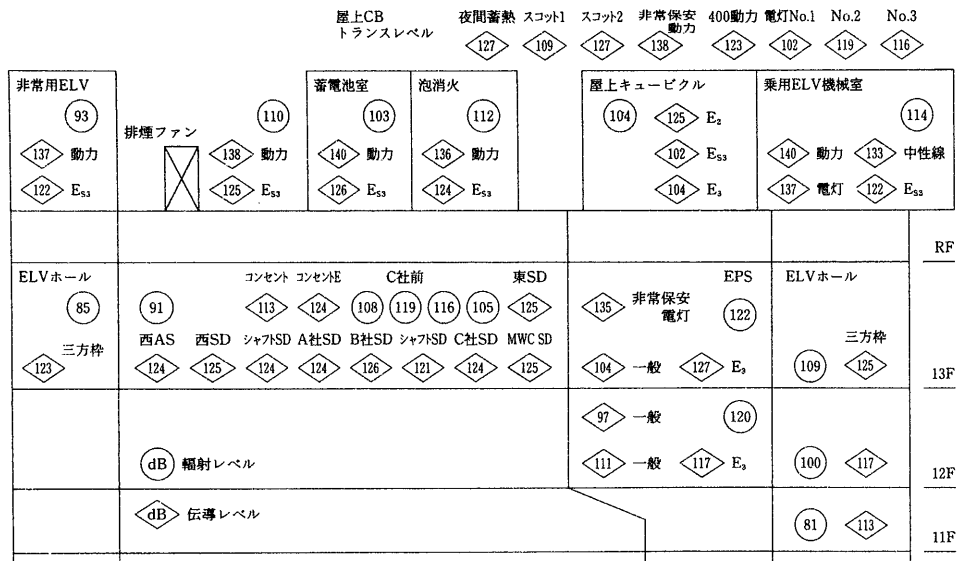


図-5 エレベータホールのノイズレベル

なおこれと系統の異なる12,13階の一般電灯幹線ではノイズレベルが100dBμ前後と約30dBμ程度の差がある。

4.3 接地線および躯体の伝導ノイズレベル

屋上動力機器の特別第三種接地線 (E_{SS}) のレベルは122~126 dBμで、キュービクルの接地端子盤では102 dBμであった。躯体の伝導ノイズレベルは13階のスチールドア、アルミサッシ、エレベータ三方枠、コンセントの接地線で121~126 dBμであり、全体として屋上および13階ともほぼ同じレベルで分布している。

4.4 エレベータホールのノイズレベル

エレベータホールでの垂直方向の輻射レベルは図-5に示すように13階の109 dBμから階が下がるにつれて順次低下し、7階以下では暗ノイズ以下となる。また躯体の伝導ノイズのレベルは13階の125 dBμから6階の114 dBμまで暫次低下するが、5階以下ではエレベータのノイズとして検出されていない。

5. 伝導ノイズ対策と効果

5.1 伝導ノイズ対策

伝搬状況からレベルが高く広い範囲に伝搬している動力幹線の伝導ノイズの対策として図-6に示す絶縁変圧器とフィルターを乗用エレベータ1台毎に挿入した。

市販されている電源フィルターは一般に低域が150

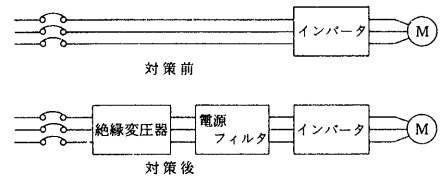


図-6 動力幹線の伝導ノイズ対策

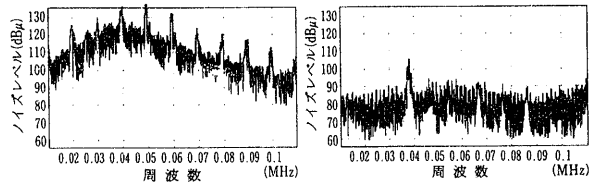


図-7 動力幹線の伝導ノイズ

kHz程度となるようにカットオフ周波数が設計されているため、この周波数以下では十分にノイズを減衰させることができない。このため今回のようなノイズに対してはコイルのインダクタンスやコンデンサーの定数を大きくしてカットオフ周波数が少なくとも10 kHz以下であるようなフィルターが必要となる。しかしこの場合は漏れ電流が大きくなり形状も大形になるので限度がある。

またフィルターの効果は接続される電源線路のインピーダンスが周波数によって変化するためフィルターのみで対策を行うのは十分検討する必要がある。

5.2 対策の効果

動力幹線のノイズレベルは図-7に示すように対策の後で50 dBμ程度低減され、ほぼ暗ノイズのレベルに低下した。また建物内の各測定点のノイズは表-2に示すように輻射ノイズで20~50 dBμ、伝導ノイズで40~50 dBμ改善された。さらに図-8に事務室コンセントの連続測定の結果を示すが、対策後は乗用エレベータのノイ

表-2 電磁波ノイズの改善効果

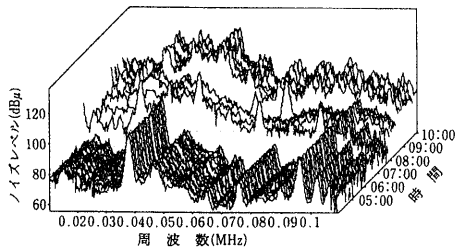
a. 輻射ノイズ

測定ポイント	輻射ノイズ (dB μ V/m)		
	対策前	対策後	効果
乗用エレベータ機械室	114	108	-6
乗用エレベータ機械室外	104	95	-9
泡消火機械室	112	90	-22
蓄電池室	103	(65)	-38*
排煙ファン	110	(60)	-50*
非常用エレベータ	93	(65)	-28*
13階テナント廊下	108	(60)	-48*
13階A社事務室内	98	(60)	-38*
13階EPS内	122	(75)	-47*
13階エレベータホール	109	93	-16
11階エレベータホール	81	68	-13
9階エレベータホール	72	(60)	-12*

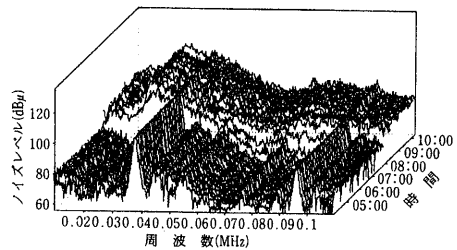
()内は暗ノイズのレベルを示し、効果欄の*は改善効果がこの値以上であることを示す。

b. 伝導ノイズ

測定ポイント	伝導ノイズ (dB μ V)		
	対策前	対策後	効果
乗用エレベータ動力幹線	140	92	-48
乗用エレベータ電灯幹線	137	(80)	-57*
泡消火機械室動力幹線	136	(90)	-46*
蓄電池室動力幹線	140	(85)	-55*
非常用エレベータ動力幹線	137	(85)	-52*
13階男子便所SD	125	(80)	-45*
13階テナント廊下SD	125	(80)	-45*
13階シャフト出口SD	121	(80)	-41*
13階A社SD	124	(80)	-44*
13階A社事務室コンセント	113	(70)	-43*
13階EPS発電電灯幹線	135	(80)	-55*
13階EPS一般電灯幹線(1)	104	(70)	-34*
13階EPS一般電灯幹線(2)	—	(70)	—
エレベータホール13階	125	(80)	-45*
エレベータホール11階	113	(75)	-38*
エレベータホール9階	111	(75)	-36*



a. 対策前



b. 対策後

図-8 事務室コンセントの伝導ノイズ (連続測定)

ズは認められなくなり、これに代わり対策前には乗用エレベータのノイズに隠れていた 30 kHz 付近をピークとしてならかにレベルが低下する非常用エレベータのノイズが現れるようになった。

6. まとめ

エレベータのインバータから発生するノイズは 100 kHz 以下に高いレベルが存在し、建物内の広い範囲に伝搬していることが確認された。また発生源である動力幹線の伝導ノイズを阻止することにより建物内へのノイズの伝搬は輻射ノイズで 20~50 dB μ 、伝導ノイズで 40~50 dB μ 低減され、テナントの特殊な用途に対しても問題のないレベルまで改善することができた。

今回の調査分析によって、今後の電磁波ノイズへの対応として次のようなことが必要と考えられる。

① HiZ プロブによる伝導ノイズの測定は手際よく多くのポイントを把握でき、モニターとして活用できると考えられる。しかし測定点のインピーダンスによる周波数特性や基準接地面の有無の影響等、今後明確にしておく必要がある。

② 今回の事例ではオフィスの OA 機器は対策前でも支障なく動作していたが、電子機器の特性試験のような特殊な用途では障害となり得ることを示している。こ

のことは一般オフィスの電磁環境レベルはどの程度まで許容され、特殊仕様ではどのようなレベルが要求されるのか指標が必要である。

③ ノイズ対策にあたって建物の設備系とユーザーの機器とのアイソレーションを確保するため、機器側での対策のほか建築側での対策として配線方法や接地の構成、配置等の配慮が必要である。

謝辞

電磁波ノイズの測定および対策にあたり多大なご指導、ご協力を頂きました(株)日建設計大阪環境・設計事務所の今井宏郎部長、前田 章氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) (社)関西電子工業振興センター電磁波障害分科会：CISPR 広報集, (1993)
- 2) 関 康雄, 他：ノイズ対策最新技術, 総合技術出版
- 3) 山本 恭, 他：エレベータの発生する電磁波ノイズとその伝搬状況について, 第12回電気設備学会研究発表会論文集, p. 1~4, (1994)
- 4) 山本 恭, 他：エレベータから発生する電磁波ノイズの伝搬状況と対策について, 第4回電磁環境研究発表会資料集(日本建築学会電磁環境運営委員会), EME94-004, (1995)