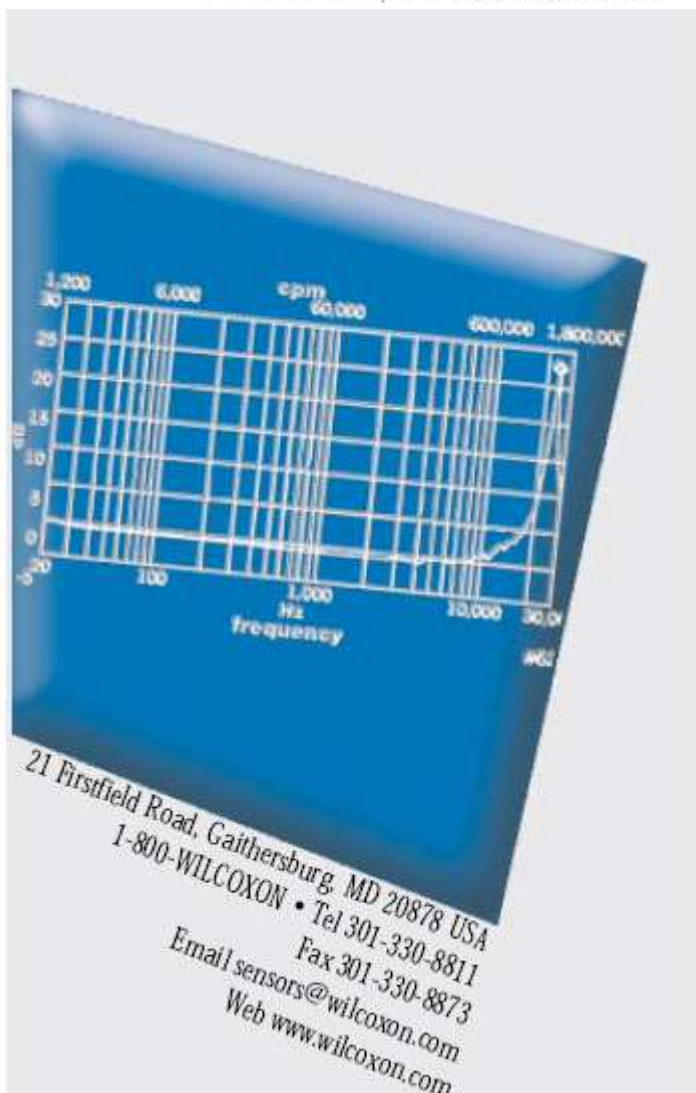


## Technical Note 14



テクニカルノートTN14

## トラブルシューティング・・・工業用加速度センサーの設置

## はじめに

加速度センサーをベースにした振動システムは、正しく設置されかつ操作されているかどうかをテストすることができます。このノートで紹介されたトラブルシューティングは非常にシンプルで、ほとんどのモニタリングシステム、データ収集機器、またシンプルなテスト装置で検証が可能です。多くの場合センサーそのもののトラブルや設置のトラブルは、センサーからのバイアス電圧を測定することによりテストできます。このバイアス電圧を測ることで、ケーブルの設置状態の不具合や、またセンサー不良を発見することが可能になります。オンラインシステムではセンサーバイアス電圧の傾向性を見ることができるでしょう。

また、問題が他にある場合は時間波形やFFTのスペクトルを分析して発見できる場合もあります。次のセクションではセンサーの実際の使い方や、バイアス電圧との関係、時間波形とFFTの応答などを紹介します。その次のセクションでは何種類かの不良の発見について述べており、最後にトラブルシューティングチャートを掲載しています。

## 加速度センサーの操作と応答性

多くの加速度センサーの場合、センサーアンプから出力されるバイアス電圧を測定することにより診断できます。バイアス電圧がセンサーの指定された範囲にある場合は適切に動作しており、ケーブルの不具合とは別の問題と考えられます。バイアス電圧を測定して正常であれば、次に時間波形やFFTスペクトルを調べ適切に動作しているかどうかチェックします。

## ACカップリングとDCバイアス電圧

通常センサー出力は振動に対して正比例したAC信号が出力されますが、このAC信号はDCバイアス電圧(バイアス出力電圧—BOV、または静止電圧とも呼ばれます)と重なります。信号のDC成分はコンデンサーによりブロックされAC出力信号が残ります。振動データ収集機器やモニター、それにセンサー電源ユニットはほとんどの場合、内部にACカップリング用ブロックコンデンサーを持っていますが、そうでない場合は追加する必要があります。

## バイアス電圧とは何か？

加速度センサーやピエゾ速度トランスデューサー(PVT)、及び圧力センサーの大部分はバイアス出力を持っています。バイアス電圧はまたバイアス出力電圧(BOV)や静止電圧とも言われますが、ダイナミックAC信号を測定するためのバイアス出力は、2本線センサーの特徴と言えます。振動や圧力は時間とともに変化するダイナミック信号ですが、BOVは以下のように説明できます。

Technical Note 14

外部電源により加速度センサーにDC電圧が供給されますが、この電源電圧は通常DC18~30Vです。加速度センサーのアンプ回路はこの電圧をプリセットされているレベルにまで引き下げます(電圧をバイアスする)が、このBOVは通常DC12Vとなっています。これはセンサーメーカーやデザインによって変わる場合もありますが、通常仕様にこのBOVは表記されています。

BOVはアンプのデザインによって決まりますが、調整はできません。入力パワーが仕様範囲である限り、加速度センサーへの入力パワーがどうであれこのBOVは同じままです。例えば、BOVはDC12Vで入力パワーがDC18~30Vに指定されている場合、入力パワーがDC18VであればBOVはDC12Vとなります。また入力パワーがDC30Vまでであった場合、BOVはDC12Vのままです。

このBOVは、加速度センサー内部にあるアンプ回路や、アナライザー、データ収集装置との相互作用により決まります。図1では回路の働きが示されています。装置パワーを表すラインとBOVは2つの機能をもった1つのコンダクターであり、電源がBOVよりも高い電圧を供給したとしても、BOVはデータ収集装置やアナライザーと加速度センサーをつなげているケーブルでの測定電圧レベルになります。

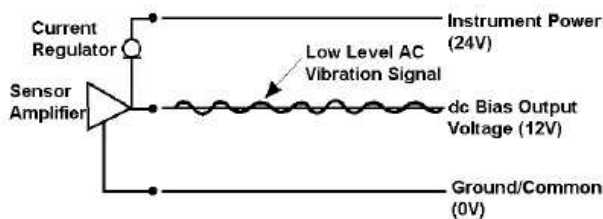


図 1

BOVはAC信号のゼロリファレンスであり、またアナライザーへのダイナミック振動信号を運びます。このAC信号はBOVレベルから上下にスイングし、また供給電源とグラウンドにより限定されます。例えば、供給電源レベルが24Vの場合、AC信号のスイング範囲は上限24Vで、グラウンド(0V)以下には落ちません。これらの範囲は理論値であって、実際にはこのスイングはグラウンドよりも約1.5V高く、供給電源レベルよりも約1.5V低いところで起こります。これは図2に示されています。

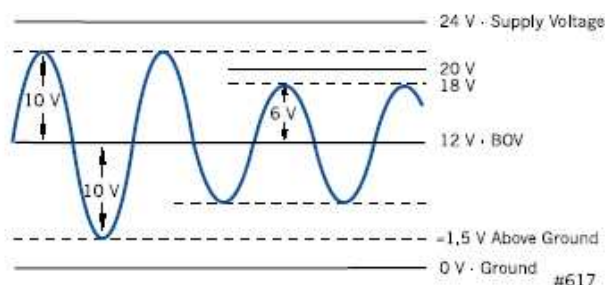


図 2

多くの場合、ポータブルなデータ収集装置やオンラインシステムからセンサーへ24Vが供給されます。正の方向と負の方向へのスイング量を最大にするため、センサーは電源電圧の約半分の公称BOVをもっていることが望まれます。2線タイプのセンサーのほとんどは8~14Vバイアスを生み出しますが、図2では供給電圧が下降するに従ってピークの振幅範囲が変化する様子を示しています。

信号振幅が供給電圧またはグラウンドに達した場合クリッピングが発生しますが、振動信号におけるクリッピングは波形を変形させてしまいます。言い換えれば、それはもう測定しようとしている振動の本当のアナログではありません。

バイアス電圧を測定する

供給電圧をバイアス電圧まで下げて、それでもセンサーへパワーを供給するのはどうするのかと疑問に思われるかも知れませんが、これを理解するには電源にある電流発生器のことを知る必要があります。このデバイスは通常定電流ダイオード(CCD)とも呼ばれます。このCCDはセンサーへの供給電流を制限する働きを持っており、供給電圧やセンサーからの振動電圧などに関係なく、センサーへの定電流を供給します。供給電圧に制限をもたせないと、アンプ内蔵型センサーにダメージを与えてしまいます。このため市販されているデータ収集装置や振動モニターには、センサーへの電源を制御するためCCDが回路に組み込まれています。また、バッテリー電源の場合、多くはバッテリーの寿命を延ばすため2mAのCCDを取り入れています。これに反しライン電源(消費電力を気にする必要なし)は長いケーブルをドライブするために6~10mAのCCDが入っています。周囲温度が100℃以上になるような操作の場合、自己の熱発散を抑えるため電流値を6mA以下にしてください。データ収集装置ではセンサーへの供給電流は2mA、またオンラインシステムでは4~6mAが通常値ですが、電源が定電流でない場合、供給電圧出力に対してシリーズになるようCCDを組み込んでください。

定電流電源を電圧計につなげた場合、供給電圧は電源とCCDの間で測定することができます。

## Technical Note 14

バイアス電圧はセンサーにつながれた定電流ダイオード側で測定出来ます。図3は2~10mAのCCDが組み込まれたセンサー電源回路を示しています。

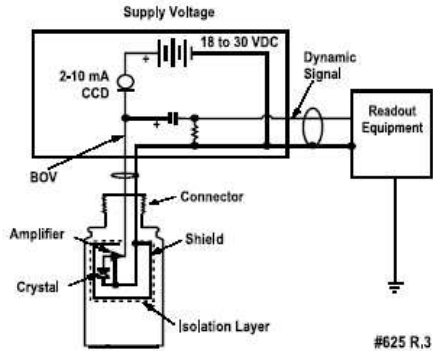


図 3

BOVはセンサーの動作をチェックするため定期的に測って下さい。最適な測定機器は電圧計ですが、ポータブルデータ収集装置でも、センサーが他のソースによりパワー供給されていればBOVを測定できます。データ収集装置を電圧計として使用する場合、DC電圧入力を使用します。DCカブルされた入力を選択することでオシロスコープでもBOVを測定できます。

オンラインシステムではこのBOVにより、センサーの傾向性を把握することができます。センサーが断線していたり、不具合が徐々に進行しているならば、BOVデータを見ることによっていつ発生したかを把握することが可能です。

BOVはまたケーブルとコネクタの状態を把握する手段にもなります。もしもBOVレベルが供給電圧と同等のレベルであれば、センサーが外れているか、またはパワーが逆になっており、ゼロボルトであればシステム内でショートが発生しています。バイアス電圧が不安定であれば接続が完全でないと思われませんが、これは信号のクリッピングや強い電磁干渉によっても不安定になります。

### 時間波形とFFTスペクトルのフォールト分析

オシロスコープや、ほとんどのデータ収集装置、またオンラインシステムで時間波形は測定できますが、これにより速やかにクリッピング信号であることが分かります。通常一方の信号が円錐形やフラットになり、もう一方はノーマルです。激しくクリッピングした信号は波形がジャンプするようになります。不完全な接続もこのようなジャンプする状態になります。

FFTのスペクトルも信号の質を素早く伝えます。大きなスキースロープが見られるような場合、センサーへのオ

ーバーロードによる歪である可能性があります。しかし、速度や変位用に統合された加速度計も、何らかの理由によりスキースロープを生み出すことがあります。

ケーブル配線による不具合もまたFFTを分析することで発見できますが、例えばパワー周波数の並列は通常不適切なシールドや接地があることを意味します。また、時間や周波数の測定でゼロを示した場合、センサーが接続されていないか動作していないことを意味します。

### 不具合の兆候

#### オープンバイアス不良: 供給電圧(18~30V)

測定されたバイアス電圧が供給電圧と同じ場合、センサーのアンプが接続不良となっているか、パワーが逆になっていますが、ほとんどの場合問題はコネクタかケーブルにあります。まずジャンクションボックスやデータ収集装置、またはモニタリングシステムにあるケーブルの終端具合をチェックして下さい。ケーブルがターミナルブロックに接続されていることを確認して、ワイヤーが適切なターミナルに接続されているかどうかチェックして下さい。

コネクタが使用されていれば解体や取替えをしますが、他に考えられる不具合原因をすべてチェックするまでは、コネクタの解体や除去は行わないで下さい。

次にケーブルとセンサーの接続をチェックします。よく見られることは、メンテのあとにセンサーが接続されていないことです。両端とも良好であれば、他のすべてのターミネーションやスプライス、コネクタを点検します。ケーブルの断線などにも気を付けます。

ケーブルの配線や接続に問題がなければ、さらにコネクタを点検します。ケーブルに異常がないかどうかは、信号線とシールド間をショートさせ、また逆側の端も同様に抵抗計でテストします。ケーブルの長さにもよりますが、数Ωから数百Ωが各々のワイヤーとシールド間で測定できるはずですが、この時点でケーブルにもコネクタにも問題がなければ、不具合はセンサーにあるのかも知れませんが、センサー内部にオープン不良があることはごくまれです。

#### ショートバイアス不良: 0ボルト

バイアス測定結果が0ボルトならば、通常パワー不良かまたはシステム短絡の疑いがあります。まずパワーがオンになっており、接続されているかどうか確認します。パワーをオンにすると、よくケーブルにショートがあることがあります。

### Technical Note 14

オープン不良と同様に、センサー内部でショートが起こることは極めてまれです。

もっとも不具合が見つかる箇所はジャンクションボックス内部です。シールドが信号用リードに当たっていないかチェックして下さい。損傷したケーブルがショートを生み出すことがよくあります。抵抗計を使ってリード間の絶縁具合をチェックして下さい。

他のデバイスからケーブルを取り外してから、すべての信号線とシールドを試験して下さい。ケーブルのコンダクター間の抵抗を測定するとき、抵抗計の測定は無敵大か少なくとも50メガΩ以上になるはずで

#### ダメージを受けたセンサー: 低バイアス、高バイアス

上記に述べられた以外の仕様外バイアス値は、通常センサーがダメージを受けたことを意味します。よくあるセンサーへのダメージとしては、過度な温度やショック、ミスパワー、静電気放電などです。この中で過度な温度によるダメージがもっとも一般的な原因です。火災に見舞われたセンサーは、センサーの不良モードにもよりますが、異常なバイアス値が見られます。長期にわたる高温不良ではバイアス電圧がゆっくりと上昇または下降しますが、多くの場合バイアスは温度が下がるに従って正常に戻ります。しかし、センサー内部のアンプがダメージを受けた場合は正常になることはなく劣化し続けます。図4では、製紙用機械の乾燥プロセスにおいて、高温でセンサーのバイアス傾向が示されています。機械が止められて冷えていくとバイアス電圧が増えていくことに留意して下さい。

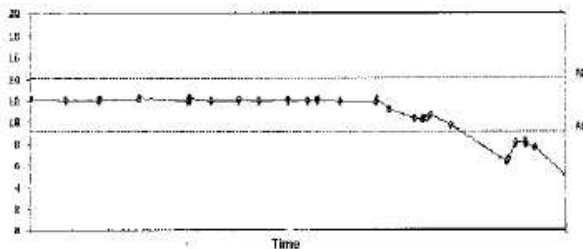


図 4

過度なショックやミスパワー、それに静電気放電はセンサー内部のアンプは保護されていないため、永久ダメージを与えます。よって、産業用センサーではこのようなダメージを防ぐため保護用デバイスを持っていなければなりません。

#### 不安定なバイアスと時間波形

バイアス電圧は本来安定し、変化があってはけません。バイアスがシフトするということは、バイアスマーターによりフィルターがかかっていない非常に低い低周波信号があるということです。まれな例では実際に低周波信号を意味しますが、多くの場合これは

センサー不良であると考えられます。不安定なバイアスの主要な原因としては、過渡的な熱や、接続不良、グラウンドループ、そして信号のオーバーロードなどがあります。これらの不良はまた時間波形において、信号のジャンピングやスパイクングなどとして観察されます。

過渡的な熱はセンサーハウジング材料において不均等な熱膨張を起こさせますが、センサーにより低周波信号として検知されま

す。この不良は、低周波用センサーを使用しているときもっとも顕著に見られます。

接続不良によっても低周波バイアスやノイズを含む原因となります。接続での腐食やホコリ、または緩みなどが確認して下さい。必要があれば接続部分を交換して下さい。汚れなどの影響を低減するため常に非伝導性のシリコングリースを付けて下さい。

グラウンドループは、ケーブルシールドが電位の違う2ヶ所にグラウンドされた場合に起こります。シールドは常に1ヶ所だけにグラウンドするようにして下さい。簡単なテスト方法としては、ケーブルの一方

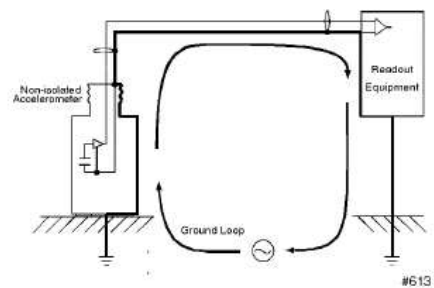


図 5

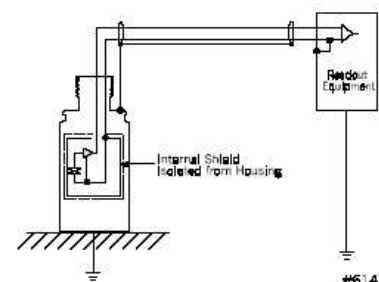


図 6

急激な熱変化や、雷、または衝撃などからくる疑似スパイクはセンサーのオーバーロードを起こさせ、バイアス電圧を変化させることもあります。バイアスの変化はアラームを鳴らせ、結果システムをシャットダウンさせることもあります。長い時間のシャットダウンを防止するためには通常、モニタリングシステム内のプログラムにより回避するか、接続方法などにより防ぎます。

## Technical Note 14

高周波や高振幅振動信号もまたセンサーのオーバーロードを引き起こすことがあり、ひどい場合はバイアスがシフトしたり不安定な時間波形を生み出すことがあります。しかし、オーバーロードは通常、円錐形の波形や大きなスキースロープのスペクトルを観察することによって検知できます。

### 円錐形の時間波形：センサーのオーバーロード

円錐形(平らな)の時間波形は、電源電圧やグラウンドに対して信号がクリッピングしていることを意味します。このクリッピングはアンプを飽和させオーバーロードになります。オーバーロードの一般的な原因は、ポンプキャビテーションや、蒸気発散、緩んだ部品や往復運動部品からの衝撃などです。

クリッピングを低減させるひとつの方法は、より高い電源電圧を使うことで供給電圧とグラウンド電圧の間にバイアス電圧の中心をこさせることです。しかし、バイアス電圧と電源を調整することは非常にむずかしく、例えば、15V電源と12Vバイアスを使った場合、20V電源を使うよりも早くクリッピングが発生してしまいます。

60mを超えるような長いケーブルを使用しても、高周波における振幅スイングは減ります。これの最も簡単な対策はセンサー感度が低いものを使うことです。10mV/gの感度をもったセンサーは1V/gのセンサーよりも百倍高い振幅範囲をもっています。

### スキースロープのスペクトル

センサーのオーバーロードはまたスキースロープ・スペクトルを生み出し、アンプが飽和した場合、内部変調の歪が発生します。これによりウォッシュオーバー歪と呼ばれる低周波ノイズが起こります。図7と図8ではポンプキャビテーションやギアメッシュオーバーロードによる歪を示しています。

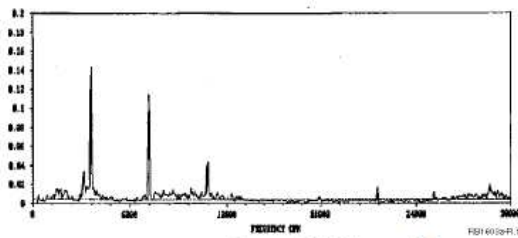


Figure 7(A) Normal Pump

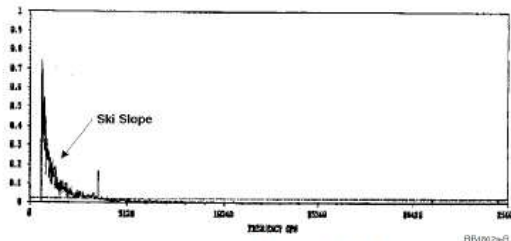


Figure 7(B) Cavitating Pump

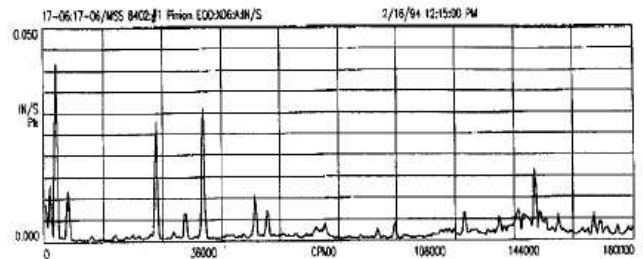


Figure 8(A)  
No Gear Mesh Overload

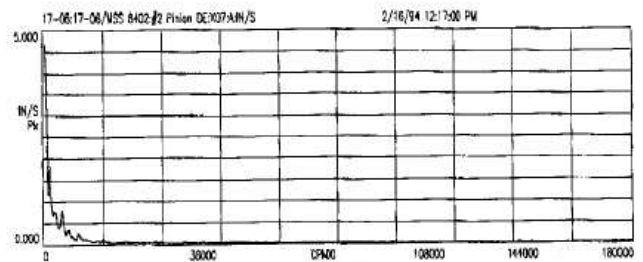


Figure 8(B)  
Gear Mesh Overload

スキースロープ応答は時として、加速度信号を速度や変位信号にするための回路が原因となることがあります。近くに設置してある機械からの高振幅振動もまたスキースロープの問題を起こしますが、この場合のスロープのレベルは非常に低くなります。図9では加速度計に対する速度信号との複合ノイズを表しています。また図10では近接する機械からの低周波ノイズによるスキースロープが示されています。

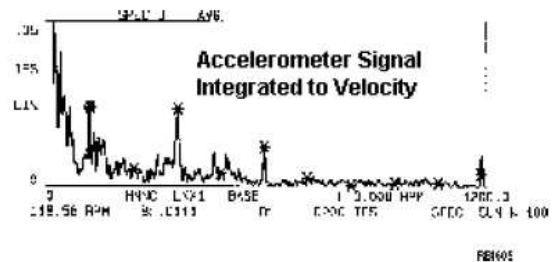


図 9

Technical Note 14

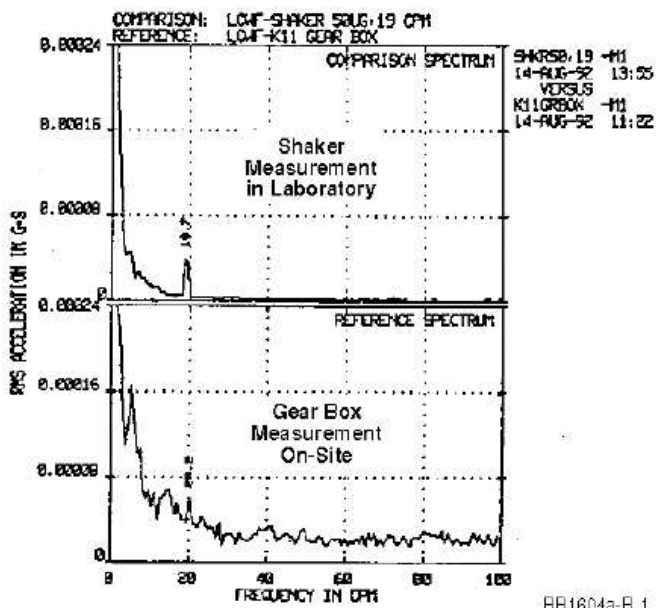


図10

取り付け共振スペクトル

取り付け共振は、ギアメッシュやベアリング不良など、高周波機械不良のニセの表示をさせることがあります。この問題はプローブチップやマグネットを使用した際にもっとも顕著に出てきます。しかし、ガード部などの薄いプレートにセンサーを取り付けることにより取り付け共振を抑えることができます。図11では一般的な数種類の取り付けによる共振を示しており、(A)はプローブチップ(B)マグネット(C) QuickLINK (D) スタッドマウンドとなっています。

より高い解像度で再測定をすると、通常取り付けの共振と機械からの振動を見分けることができます。しかし、センサーの取り付け共振における機械からの振動振幅はより大きく増幅されます。もしも機械により発振されていれば、取り付け共振がセンサーのオーバーロードを引き起こす場合もあります。

スペクトル内のライン周波数ハーモニック

ACラインパワー周波数のハーモニックは通常モーターからの干渉やパワーラインと他の発生装置間での干渉を意味します。まずセンサーシールドが接地されていること(一方のみ)を確認して下さい。もしもシールドが接地されていれば、次にケーブルの配線ルートを確認して下さい。ケーブルを高圧パワーラインに沿って置かないこと、また右方向のみパワーラインをまたぐようにして下さい。例えば、パワーケーブルが440Vで、センサーからの振動信号がミリやマイクロボルトレベルであれば、いかなるクロストークでもデータは壊れてしまいます。

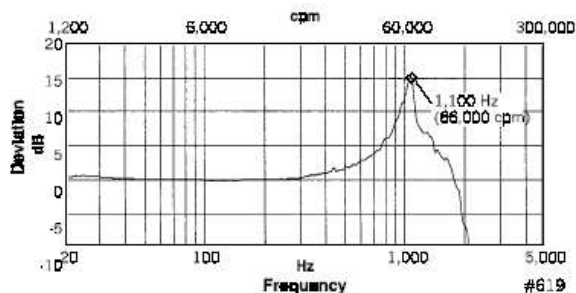


Figure 11(A) Probe Tip

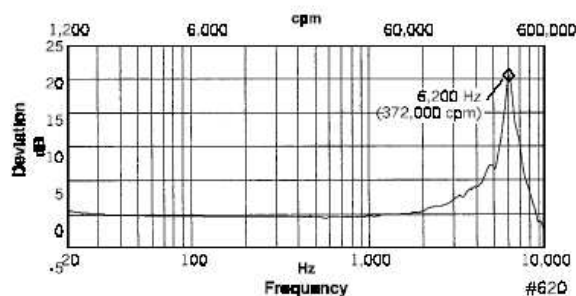


Figure 11(B) Magnet

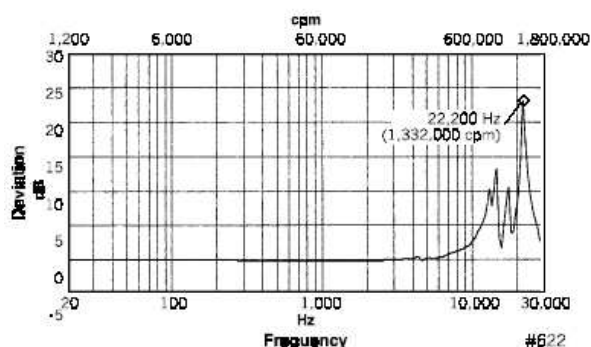


Figure 11(C) QuickLINK®

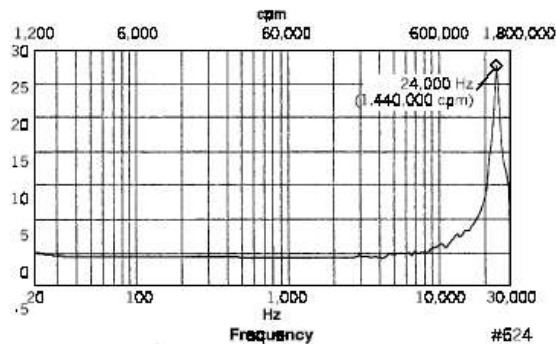


Figure 11(D) Stud Mounted

## トラブルシューティングチャート

この表はセンサーのバイアスが12Vのもので、他のバイアスでも基本的な考え方は同じで、安定バイアス範囲が違うだけです。

バイアス出力電圧 (BOV)	スペクトル	時間波形	不良内容	対策
0	信号なし	信号なし	パワーなしかケーブルまたはコネクタがショート	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パワーオンを確認</li> <li>● ケーブルの絶縁</li> </ul>
2.5~5V	信号なし	信号なし	アンプが不具合	<ul style="list-style-type: none"> <li>● センサー交換</li> </ul>
10~14V 安定	高低周波数「スキースロープ」	高振幅高周波ノイズ	高周波オーバーロード(蒸気開放、空気漏れ、キャビテーション、ほか)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 蒸気漏れ修理、開放</li> <li>● 感度を落としたセンサーを使用</li> <li>● センサー取り付け部のゴムを交換</li> </ul>
10~14V 安定	非常に大きな高低周波数「スキースロープ」 高周波信号なし	波を打ち	アンプが不具合	<ul style="list-style-type: none"> <li>● センサー交換</li> </ul>
10~14V 安定	高低周波ノイズ	高周波スパイク	ESDアーク衝撃	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ケーブル配置しなおし</li> <li>● 感度を落としたセンサー使用</li> <li>● センサー取り付け部のゴムを交換</li> </ul>
10~14V 安定	高低周波ノイズ	ジャンプ、波打ち	間欠結線	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 接続しなおし</li> </ul>
18~30V	信号なし	信号なし	パワー極性反対	<ul style="list-style-type: none"> <li>● リード線取り付けなおし</li> </ul>
18~30V	信号なし、弱い50/60 Hz	信号なし	ケーブル接続不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 接続やりなおし</li> </ul>