

加速度センサー用のケーブル長について

長いケーブル

近年の工業用圧電素子タイプの加速度センサーは、一般的にはほとんどが電圧モードのデバイスです。

このセンサーは測定する振動信号に応じて電圧信号を発生しますが、この振動信号はAC電圧でAC信号の全リミットの対象となります。高周波AC信号はAC回路におけるキャパシタンスによって影響を受け、これにより容量性リアクタンスになります。

ユーザーの多くが無線周波数信号に比べ振動信号がそれ程高い周波数とは思わないのですが、これらの信号は回路の容量性リアクタンスに影響を受けるのです。

これは電圧モード振動センサーのユーザーにとって何を意味するのでしょうか。

センサー用電源とセンサーの間のケーブルが短い (30m以下) 回路キャパシタンスは通常、振動データ信号に目に見えるような影響を与えません。しかし、これよりも長いケーブルは、振動信号が歪みを起こすに十分なキャパシタンスをセンサー回路に与え、スプリアス信号を生み出します。このキャパシタンスはセンサーのアンプ出力へ容量性負荷を生み出します。アンプは相当量の電流を吸い込む機能は持っていますが、それでも駆動キャパシタンス用の不定電流を供給することはできません。

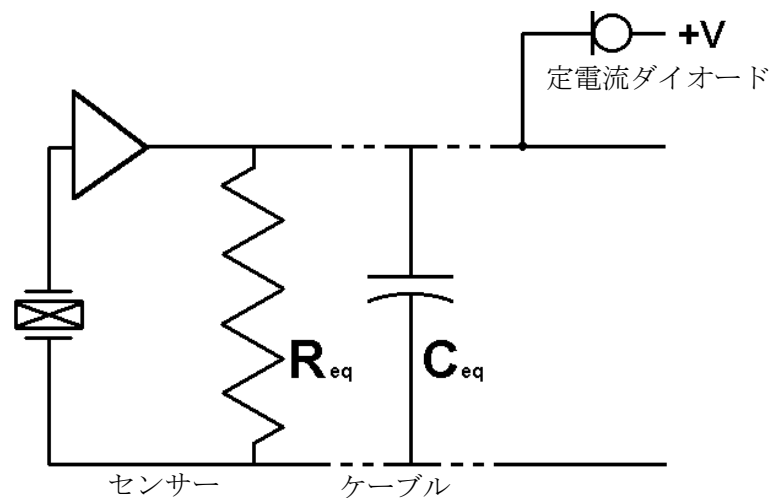


図1 センサー出力等価回路

図1の回路では、アンプは信号電圧がプラスの場合、ケーブルのキャパシタンスをチャージするための全電流を供給する必要があることを示しています。センサーのアンプによって生み出されたAC信号の各サイクルは、ケーブルのキャパシタンスを駆動するのに十分な電流を持っている必要があります。しかし、アンプ自身は自身の回路用に約1mAの電流が必要です。オンボードアンプとケーブル駆動用の組み合わせで電流が十分でない場合アンプの出力電圧はスルーレート限界になります。現実問題としてこれは、ACサイン波で出力信号が実際の信号を反映していない状態になります。

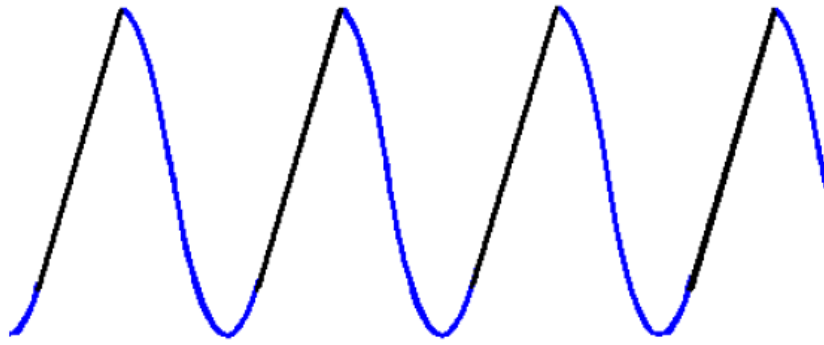


図2 スルーレート限界信号

図2ではスルーレート限界のサイン波が示されています。サイン波の正の部分の信号は、ケーブルの信号を駆動するための電流に制限がかかっています。ケーブルのキャパシタンス駆動用の電流に制限があるため直線になっています。サイン波の負の部分では、アンプはコンデンサーによって放電された電流をシンクまたはソースする必要があります。アンプの放電電流の吸収があまりにも大きいと、高周波動作での制限要素が、アンプがケーブルのキャパシタンスをチャージするために必要な電流を供給する能力の制限になってしまいます。

電流リミットのポイントに達した時点で、サイン波の正の部分での信号が影響を受けます。この状態における実際の影響は、サイン波に歪みを生じて高調波が発生します。そうすると高調波成分により振動信号が異常になります。極短な場合は信号波形が実際に三角波に近くなってしまいます。三角波は基本周波数の倍数で強い高調波成分を持ちます。

最大周波数の算出

コンデンサーを通す電流値は次の微分方程式で算出できます。

$$I = C \frac{dv(t)}{dt} \quad v(t) = V \sin \omega t, \quad \omega = 2\pi f \quad \begin{array}{l} f \text{ は対象周波数で、} V \text{ はピーク電圧} \\ v(t) \text{ 関数を微分すると以下の通りになります。} \end{array}$$

$$\frac{dv(t)}{dt} = V\omega \cos \omega t$$

これを式に当てはめるとコンデンサー電流は次の通りになります。

$$I = C V \omega \cos \omega t \quad \text{または} \quad I = C V (2\pi f) \cos (2\pi f)t$$

しかし、ピーク電圧に合致した必要な電流値のみに注目しているため、値がピークになるポイントでの式を検討する必要があります。 $\cos \omega t = 1$ で電圧がピークになります。これにより制限周波数を求める方程式は次のようになります。

$$I = C V (2\pi f) \quad I \text{ はコンデンサーに必要な電流値です。}$$

しかし、コンデンサーに必要な電流は全電流の一部でしかありません。回路における全電流値の式は次のようになります。

$$I_{\text{ccd}} = I + I_{\text{mA}} \quad \begin{array}{l} I_{\text{ccd}} \text{ は定電流電源によって供給される電流で、センサーのオンボード回路に必要な} \\ \text{電流値は} 1\text{mA} \text{ となります。} \end{array}$$

これを置き換えると

$$I = I_{ccd} - 1mA$$

これらの式を組み合わせると次の通りになります。

$$I_{ccd} - 1mA = C V (2\pi f)$$

周波数 f の値を求めるため項を並べ替ればこの式ができます。

$$f = \frac{I_{ccd} - 1mA}{2\pi (C) (V)}$$

これは周波数制限を算出する方程式となります。しかし、これらの項を再度並べ替えて倍率を加えると、そのアプリケーションで一般的な単位の計算ができます。

$$f_{max} = \frac{10^9}{2\pi C V / (I_{ccd} - 1mA)}$$

ここでは、 f_{max} = 最大周波数(Hz)

C = ケーブルのキャパシタンス (pF)

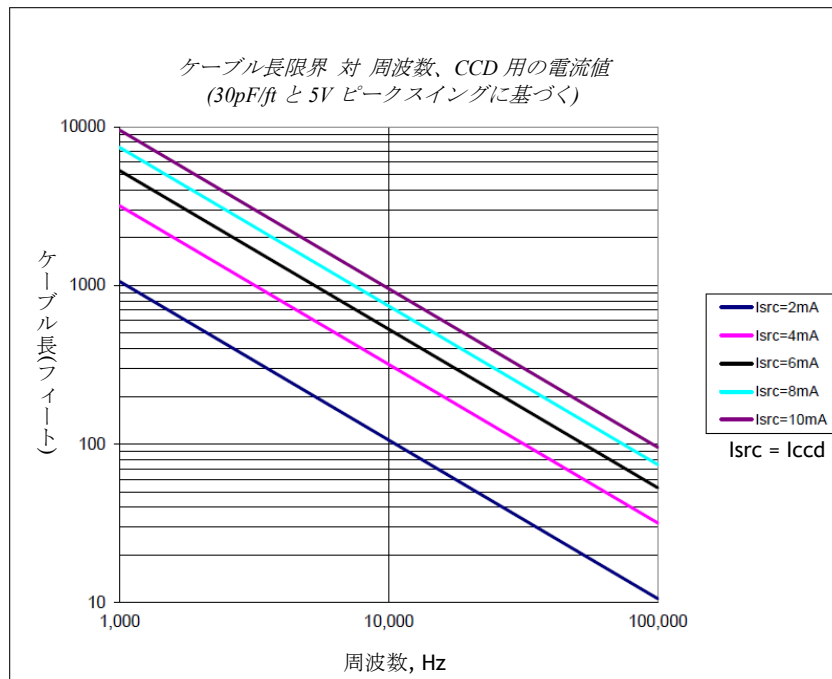
V = センサーからのピーク信号(V)

I_{ccd} = シグナルコンディショナーからの定電流(mA)

10^9 = 単位を同じにするための係数

注： この式ではセンサーへ供給される全電流(I_{ccd})から1mAが引かれており、これは内部回路の電源供給を補完するために行います。

この式は、ケーブルのキャパシタンスが増加すると、定電流値も増加するか、もしくは式を等価にして信号歪みを避けるため使用できる最大周波数を下げる必要があります。加速度センサーの全振幅範囲を使用しない場合、使用可能な最大周波数も上がります。長いケーブルが振動信号用で問題になるかどうかを理解するため、どのような場合でも上記の式を利用して最大ケーブル長を決めることができます。



※ 当社では左のグラフを使ってセンサー用ケーブル最大長を簡単に算出できるエクセルファイルをご用意しています。お気軽にお申し付け下さい。