

振動レベル波形のデジタルシミュレーション(その1)

神戸大 正 北村泰寿 学○繁繩章吾

1. まえがき

本研究は、公害用振動計の指針の応答をデジタル計算機を利用してシミュレートし、振動速度もしくは振動加速度波形で得られるデータを、振動規制値である振動レベルに換算することを目的とする。本文は、その中1歩として、公害用振動計の構成回路と等価な応答を求める式の誘導と、若干の数値計算によって計算式の特性を調べたものである。

2. 公害用振動計の構成

公害用振動計は図-1に示すいくつかの回路の接続によって構成されている。同図において、検出器については、その出力を対象としているため、この特性については考えない。また、減衰器、増幅器の周波数特性は対象とする周波数領域内の波形には影響を与えない。指示計回路は、指示計の動特性を遅い動特性(*slow*)、速い動特性(*fast*)に切り換えるために、回路の総抵抗の大きさを変える回路とする。

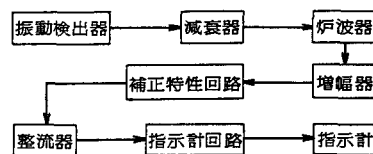


図-1 公害用振動計の構成

以上より、本研究では、炉波器、補正特性回路、整流器および指示計の各回路要素の計算式を誘導し、規格に合致するように諸定数を決定することが目的となる。

3. 回路要素の計算式と諸定数の決定

回路要素の計算式誘導には、フィルター設計理論が主な役割を果たす。本研究では、目的とする波形処理を時系列で行うため、アナログフィルター理論で近似化したフィルター関数から、デジタルフィルター理論によって、所要のフィルター関数を求める。なお、連続時間系と離散時間系の周波数領域への変換操作には、それぞれラプラス変換とZ変換を用いて行う。本文では、紙面の都合上、回路要素の特性と最終計算式のみについて示す。

1) 炉波器 90 Hz以上の周波数に対して -12 dB/oct の減衰を持つ、2次のローパスフィルター(L.P.F.)として設計すれば次式が得られる。

$$y(n\Delta t) = (1 - 2e^{-a\Delta t} \cos a\Delta t + e^{-2a\Delta t})x(n\Delta t - \Delta t) + 2e^{-a\Delta t} \cos a\Delta t y(n\Delta t - \Delta t) - e^{-2a\Delta t} y(n\Delta t - 2\Delta t)$$

ただし、 $x(t)$, $y(t)$ は入力および出力時系列、また $a = 400.3345$ である。

2) 補正特性回路 ISOの振動感覚曲線の逆数に近い特性を持つフィルターで、振幅変化特性を持つ2次のL.P.F.として設計する。周波数応答が4 Hz〜8 Hzの間で最大値をとり、20 Hzでの減衰が約8 dBとすれば次式が得られる。

$$y(n\Delta t) = Kx(n\Delta t) - K(\cos b\Delta t + 2.3541 \sin b\Delta t)x(n\Delta t - \Delta t) + 2e^{-c\Delta t} \cos b\Delta t y(n\Delta t - \Delta t) - e^{-2c\Delta t} y(n\Delta t - 2\Delta t)$$

ただし、 $b = 77.0585$, $c = 26.0328$, また K は利得を1にするための定数である。

3) 整流器と指示計の結合回路 整流器は波形の実効値をとるための回路で、2乗回路

→平均回路→開平回路で構成される。また、指示計は可動コイル形計器で、目盛を対数目盛として、指針の振れ角をdBで読み取る。ところで、これらの回路要素の諸定数を個々に決定することは困難であるため、本研究では次のように考える。

整流器における平均回路を7次のL.P.F.と考えると、低周波数の正弦波入力に対して、時間が十分経過した後も指示が安定しないという現象が起る。この不安定現象は、使用する公害用振動計に対する簡単な実験で調べることができる。本研究では、この不安定現象を再現させるため、7)、2)の特性を含め、整流器と指示計を直列結合した回路として総合的に取り扱う。試行計算によつて、整流器と指示計の計算式は次式のように得られる。

$$y(nat) = (1 - e^{-dat})x(nat) + e^{-dat}y(nat-at) \quad (\text{整流器})$$

$$y(nat) = (1 - 2e^{-fat} \cos gat + e^{-2fat})x(nat) + 2e^{-fat} \cos gat y(nat-at) - e^{-2fat} y(nat-2at) \quad (\text{fast})$$

$$y(nat) = \{1 - (e^{-hat} - e^{-kat}) + e^{-(h+ka)at}\}x(nat) + (e^{-hat} - e^{-kat})y(nat-at) - e^{-(h+ka)at}y(nat-2at) \quad (\text{slow})$$

ただし、 $d = 6.7$, $f = 10.272$, $g = 14.696$, $h = 2.357$, $k = 104.331$, また下2式は指示計に対するものである。

4. 計算例

図-2, 表-7は前項の計算式が規格および実験条件に合致するかどうか調べたものである。いずれも十分

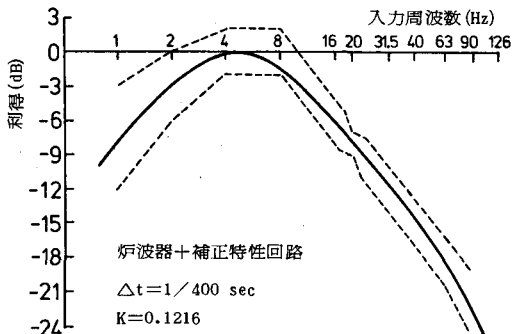


図-2 計算による周波数応答

表-1 低周波数の正弦波入力に対する不安定現象

入力周波数Hz	指針の振幅 dB	計算値 dB
2.0	0.9~1.1	0.982
2.2	0.6~0.8	0.749
2.4	0.5~0.6	0.583
2.6	0.4~0.5	0.459
2.8	0.4~0.5	0.368
3.0	0.3~0.4	0.299
3.2	0.3~0.4	0.246
3.6	0.2~0.3	0.172
4.0	0.1~0.3	0.125

満足する結果となっている。図-3は、周波数50Hz、振幅√2の正弦波入力の継続時間を変化させたときの指針の動きを調べたものである。同図より、継続時間長の影響は指針の応答に再現されていることがわかる。しかし、立下り特性については、fast, slowの区別なく同じ傾きで減少している。これ

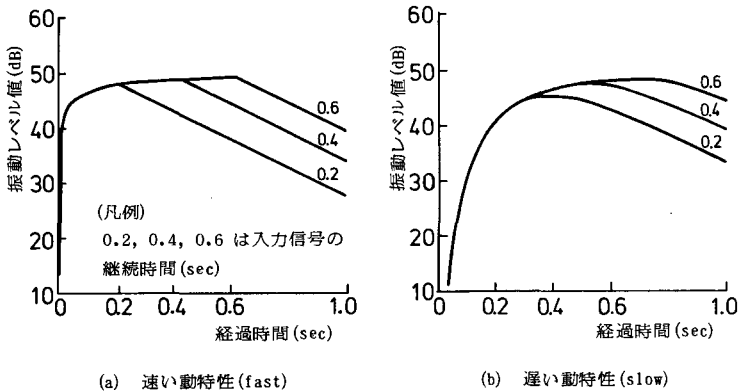


図-3 周波数50Hzの正弦波入力継続時間長の影響

については、整流器の出力を指示計回路に入力させる前に、1次のL.P.F.を挿入することによって解決できるが、ランダム波入力による応答特性とも関連するため稿を改めて報告する。また、紙面の都合上、本文に示すことのできなかつた計算結果等については、講演時に示す。