

パルサーのインピーダンスとケーブル 2015/4/8

市販探触子ケーブルは 2m が標準である。これは 5MHz 付近で 2m 程度ならケーブルを電氣的に無視できる事から来ている。50Ω の特性インピーダンスの同軸の場合伝播時間は 4.5ns/m 程度で例えば 50m だと 225ns で、5MHz の一波長相当 200ns 近くとなる。

同軸はその長さが、伝播する信号の周波数の波長より十分長い場合は抵抗と見做せる。一方短く波長近辺だと、容量やインダクタンスとして働く。従って、おおまか無視できる長さは波長の 1/8 以下である。

5MHz の場合基本波のみなら、上記 50m の 1/8 即ち約 10m 程度までは無視できる。

10MHz 基本波のみだと、無視できるのは 5m となる。

100MHz 基本波のみだと、無視できるのは 0.5m となる。

パルス駆動では波形には高調波が含まれる。その周波数も含めて無視できるという長さは上記より高い周波数を考える必要がある。厳密な実験では基本波の 20 倍と言われる。通常非破壊では 5 倍もあればよからう。

5MHz で 5 倍高調波も無視できるのは 2m

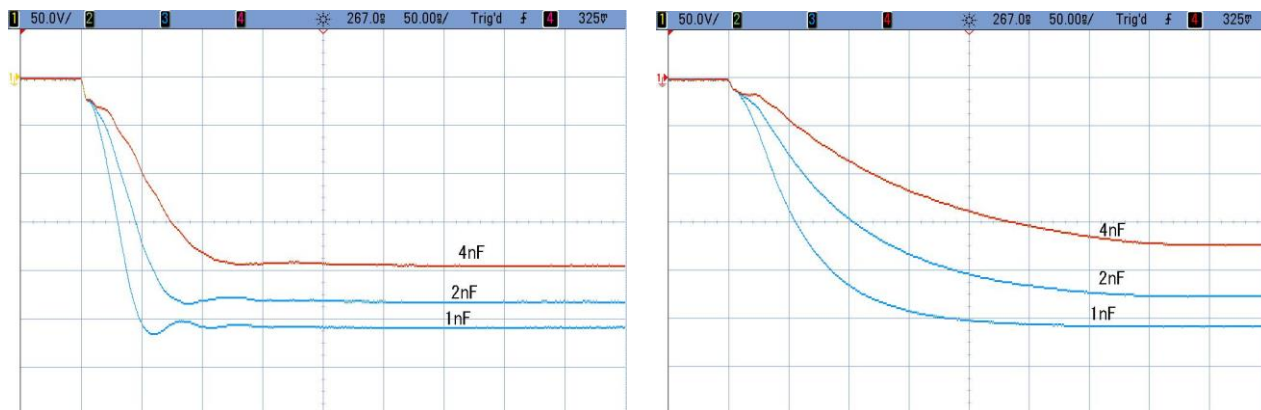
10MHz で 5 倍高調波も無視できるのは 1m

100MHz で 5 倍高調波も無視できるのは 0.1m

探触子は振動子が自分で出した音を受信する為に送信直後に発生する共振によるキックバックが励振信号に重畳されるので、特定探触子で上記の現象を試験すると一般性がない。振動子は共振を除けば単なる容量なので、容量の負荷での現象を以下に示す。

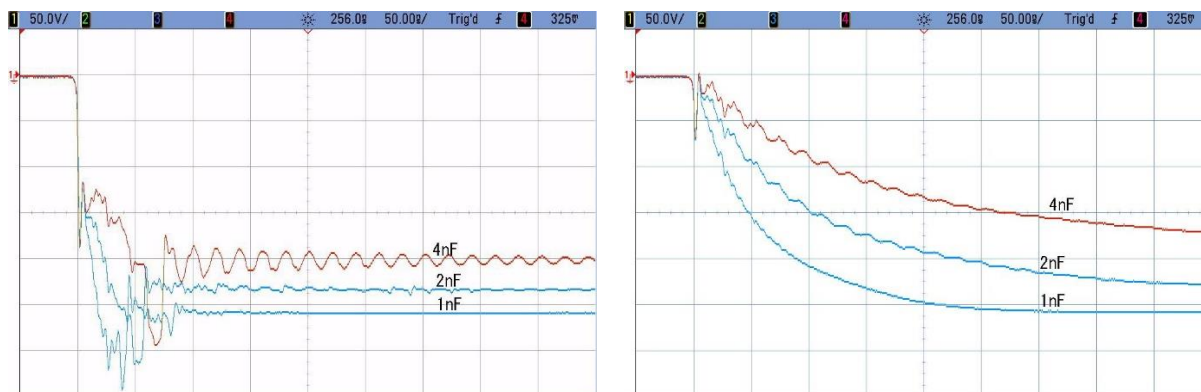
左図は FET スパイクパルサー駆動で直接容量負荷に現れる電圧で、リードインダクタンスとパルサーの駆動力（出力インピーダンスと飽和電流）による立下時間を示している。1nF 程度の負荷なら問題なく 10MHz 程度の探触子は駆動出来る事と示す。2nF 負荷で 10MHz だとい、半分程度の電圧にしか下らない。負荷が重いとその分電圧が下がりきれない。

右図はスパイクパルサー駆動で極長い 50Ω 同軸端部の容量負荷に現れる電圧である。長い為、同軸の特性インピーダンスで容量を充電するので、十分な立下では無く、1nF 程度の容量では 10MHz で半分の電圧しか出ない。4nF では 1/8 程度に感度が下がる。



高周波の場合やより駆動力の強いアバランシェトランジスタが駆動に使われる。この場合を次に示す。

左は直接パルサーが容量を駆動した場合で、ほぼ電源電圧まで立下がっている。負荷へは半導体素子から 5cm 程度の配線経路があり、往復 10cm 程度なので概略 100nH のリードインダクタンスが存在する。半導体の逆復帰特性も影響する領域である。それらの影響で、アンダーシュートと高周波発振が発生している。が十分短い時間で立ち下がっている。右図は十分長い同軸を付けた状態で、FET パルサーと殆ど同じ状況に成っている。折角構成のなパルサーもその能力を出せない。



パルサーに同軸を繋ぐ場合はその長さに十分配慮する必要がある。

長いケーブルを使って感度を落とさなくするには、リモートパルサーレーバが必要となる。

なお、波長より短い同軸の容量とインダクタンスは

$$C = \frac{\sqrt{\epsilon\mu}}{z_0} \quad L = \frac{\epsilon\mu}{c}$$

通常のポリエチレン絶縁体の 50Ω 同軸は 100pF/m、250nH/m 程度である。

例えば 5MHz で通常の探触子の容量は 1000~2000pF です。10m のケーブルを繋ぐと、パルサーの負荷は 2000~3000pF の容量負荷と言う容量が増えた事によってパルサーの駆動が苦しくなる事が多い。他追えばアレイ装置のパルサーは全体電力を押さえる為に出力電流を小さく抑えている。その為、実効出力インピーダンスは 100Ω を超える事が多い。一般探傷器の出力インピーダンスは 10~20Ω でその差が大きい。アレイ装置は、その分ケーブル長さにより、感度が敏感に変化すると言える。