# 超音波用小型電力増幅器の試作*

日大生産工　　○大塚　哲郎
日大生産工　　中根　偕夫

## 1　はじめに

筆者らは強力空中超音波音源として、段つき円形振動板を設計している。近年、この段つき円形振動板の工業的利用のニーズが高まり、現場で容易に使用できる可搬型小型音源に対する要求が増してきた。

音源の小型化に対しては、20kHz、28kHz、40kHz 用のボルト締めランジバン振動子を使い、対応する段つき円形振動板 [1] を設計することにより、振動板外径 42mm、振動系の長さ 145mm の 40kHz 系音源が可能となる。

次に問題となるのが振動系を駆動する増幅器であり、市販の増幅器を使用すると大きさ、金額等容易に利用できる状況ではない。

そこで、今回は音源の小型化と同時に、可搬型小型電力増幅器を設計し、その特性を検討したので報告する。

## 2　アンプの設計方針

設計方針は、能動素子と使用する負荷に対する問題を検討する。能動素子の選定には、駆動が容易であることを優先しパワーオペアンプ（LM12CLK)[2] を使用することとした。LM12CLK は一般的なオペアンプと同様に帰還抵抗により容易に増幅度を調整することが可能であり、また電源電圧を調整することで最大出力電圧を調整することが可能となる。Fig. 1 にアンプの回路図を示す。この回路の特徴として、負荷に送られる電圧スイングはブリッジ接続を使って倍増でき、電源に対する出力クランプはブリッジ整流器を使って行える。またオペアンプへの供給電圧は、AC100V をトランスで降圧し、ブリッジ整流器によって全波整流し、コンデンサで平滑化して使用した。このとき、使用する負荷が圧電振動子であり高い駆動電圧が必要なため、± 40V で設計した。Fig 2 に回路全体を示す。

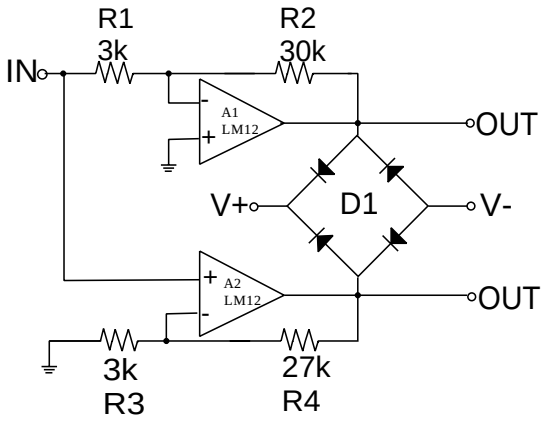


Fig. 1 Power amplifier module with LM12CLK

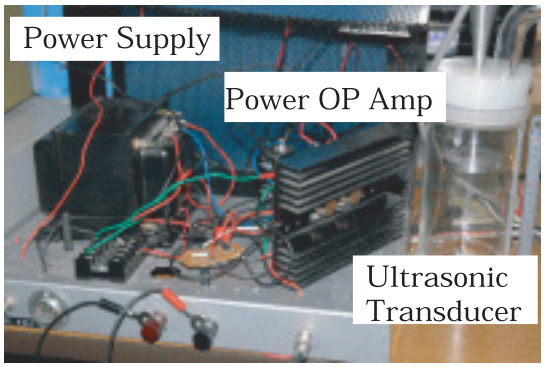


Fig. 2　Prototype amplifier

次に、負荷は圧電振動子のため容量性負荷となる。また増幅器と負荷全体のインピーダンス整合を取る必要がある。

Fig.3 に実験に使用する負荷全体の等価回路を示す。図は負荷側とマッチング回路に分かれ、負荷側には振動子、ホーン、振動板から放射される音響負荷が接続され、圧電振動子自身が持つ容量性成分が並列に挿入してある。またマッチング回路には、負荷側の容量性成分を打ち消すためのコイル等を挿入し、増幅器とのインピーダンス整合を取る設計とした。

---

*Handy type highpower ultrasonic amplifier. by T. OTSUKA and T. NAKANE

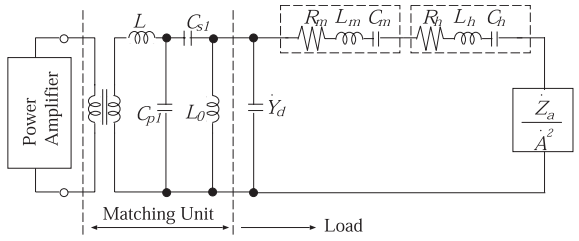


Fig. 3 Equivalent circuit for the load used in this experiment including matching uit.

Fig. 4 に使用した負荷のアドミッタンスループを示す。実験は超音波工業製 6300、6100 を使用し、負荷の駆動電圧 10V で測定した。実験に使用した負荷は、20kHz、28kHz、40kHz 系の圧電振動子にエクスポネンシャルホーンを接続し、2 節円モード段つき円形振動板をねじ止めしたものを使用した。また各振動系に対し直列にチョークコイルを接続し、コイルの有無についてアドミッタンスを測定した。図よりチョークコイルなしのグループは、最大コンダクタンス G が 10mS となっているが、サセプタンス S はプラス成分であり容量性であることを示している。次にチョークコイルを接続すると、ループは約 7 倍となり、サセプタンス成分も減少していることが分かる。従って、チョークコイルを接続したときのインピーダンスは、ほぼ十オーム代となり、設計した増幅器の出力インピーダンスに近づくことが分かる。

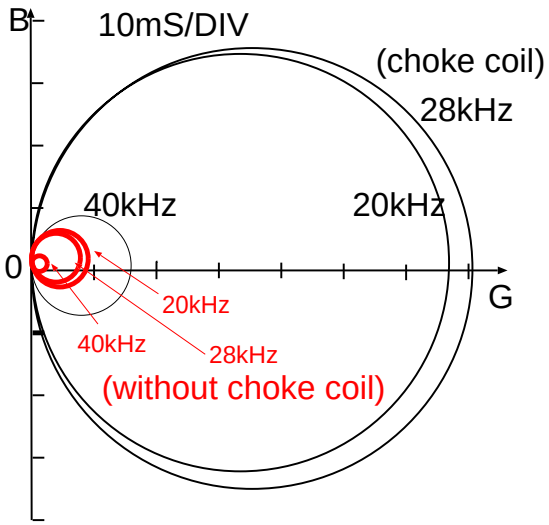


Fig. 4 Admittance locus of the sound source with and without a choke coil.

## 3 出力特性

Fig. 5 は増幅器の入出力特性を示す。図より出力は入力の 2 乗に比例して増加することが分かり、またチョークコイルを接続することで 10 倍の出力が得られた。従って、今回使用した負荷に対しては、チョークコイルを直列に挿入することで設計した増幅器の出力インピーダンスとの整合が図れることが分かる。

## 4 おわりに

強力空中超音波音源の小型化に伴い、可搬型超音波用小型電力増幅器を検討した。 増幅部はパワーオペアンプを電源 40V で駆動し、負荷が容量性のためチョークコイルを直列に接続して増幅器と接続した。その結果、チョークコイルを接続した負荷で最大 8W を得ることが可能となった。 実際の使用条件は、約 20W を必要とするが、この増幅器では約 1/2 の出力を発生する可搬型電力増幅器を設計することが可能となった。

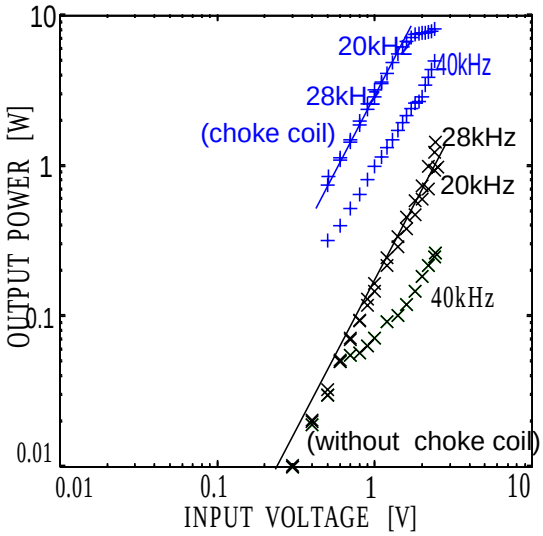


Fig. 5 Output power from the prototype power amplifier.

## 参考文献

[1] 大塚，中根，音講論 (春)，1027-1028，2005.

[2] National Semiconducter 社「LM12CL」 製品カタログ