

低ひずみ電力増幅器

鈴木 裕*, 池田一二**, 富田安志**, 本多誠一**

(昭和55年 9月 8日受理)

The low distortion power amplifier

YUTAKA SUZUKI, KATSUJI IKEDA, YASUSHI TOMITA and SEIICHI HONDA

Abstract – This paper presents a new method for improving nonlinear distortion and ban-width of the power amplifier. The circuit configuration is realized by connecting negative feedback circuit which consists of an operational amplifier and a potentiometer to keep its midfrequency gain constant. The availability of the method is recognized from the experimental results on examples.

1. まえがき

電力増幅器では、トランジスタの非直線性に起因する非直線ひずみを生ずる。非直線ひずみの補償法としては、従来、負帰還回路構成が用いられてきた。負帰還回路構成としては、受動素子のみによるもの^{(1)~(3)}と、補助増幅器を用いたもの⁽⁴⁾がある。

前者の受動負帰還回路構成では、ひずみを補償することによって所要利得も減衰してしまう。一方、補助増幅器を用いた能動負帰還回路構成⁽⁴⁾では、所要の利得を減衰することなく、ひずみの補償ができるとともに、帯域幅、位相特性等の改善も期待できる。

本文では、能動負帰還回路構成により、低ひずみ電力増幅器が実現できることを述べ、試作例について実験し、この方法の有効性を確めている。

2. 原 理

受動素子による帰還回路構成を図1に示す。

この回路の出力電圧 v_2 は次式で与えられる。

$$V_2 = \frac{K_p}{1 - K_p \beta} V_1 + \frac{D_p}{1 - K_p \beta} \quad (1)$$

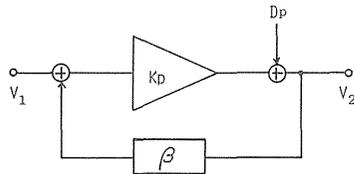


Fig. 1 Negative feedback circuit

式(1)より、電力増幅器で生ずるひずみ D_p は、負帰還回路構成として、その閉回路利得を十分大きく選ぶことによって改善されるが、所要利得 K_p も低下することがわかる。従って高利得、低ひずみ電力増幅器の実現が困難である。

図2は、補助増幅器 K_n を負帰還回路に用いた回路である。

補助増幅器 K_n の特性は理想的なものとして、この回路の出力電圧 v_2 を求めると、

$$V_2 = \frac{K_p (1 + K_n k_n)}{1 - K_p K_n \beta} V_1 + \frac{D_p}{1 - K_p K_n \beta} \quad (2)$$

となり、負帰還構成として、 $K_p \beta = -k_n$ に選べば、式(2)は、

$$V_2 = K_p V_1 + \frac{D_p}{1 + K_n k_n} \quad (3)$$

* 茨城大学大学院工学研究科電子工学専攻 (日立市中成沢町)

** 茨城大学工学部電子工学科 (日立市中成沢町)

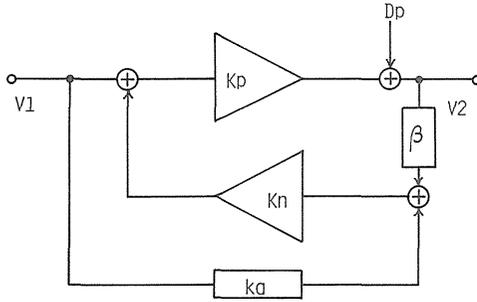


Fig. 2 Proposed circuit

となり、一定利得 K_p のまま、ひずみ成分 D_p のみを低減することができる。

次に、周波数特性を考察してみる。ここでは簡単のために電力増幅器のみを次式の一次近似で考える。

$$K_p = \frac{K_{po}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}} \quad (4)$$

ただし K_{po} は直流利得、 ω_c はし断角周波数である。式(2)と式(4)から電圧利得は次式となる。

$$G = \frac{V_2}{V_1} = \frac{K_{po}}{\frac{1 - K_{po} K_n \beta}{1 + K_n k_n} + j \frac{\omega}{\omega_c (1 + K_n k_n)}} \quad (5)$$

となり、 $K_{po} \beta = -k_n$ に選べば、式(5)は、

$$G = \frac{K_{po}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c (1 + K_n k_n)}} \quad (6)$$

となり、し断角周波数が $1 + K_n k_n$ 倍されることがわかる。

3. 実験回路と測定結果

実験回路を図3に示す。電力増幅器PAは最大出力15W(8Ω負荷)である。

実験は、SWで補助増幅器Bの帰還量を設定した後、出力端子に信号成分が現われないように、VRによりβを調整し、式(3)の条件を設定する。

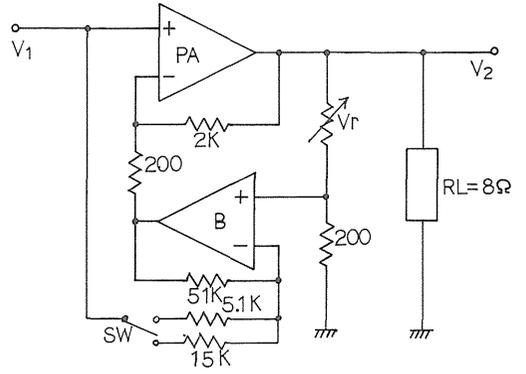


Fig. 3 Experimental circuit

例として、 $K_n = 44.6$ (13 dB)、 10.0 (20 dB) についての測定結果を図4、図5に示す。図4はひずみ率特性で、理論値と実測値はほぼ一致している。図5は周

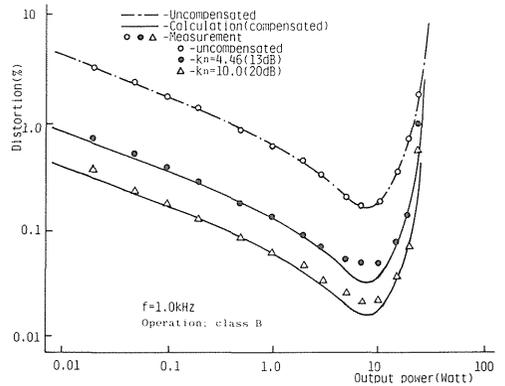


Fig. 4 Distortion characteristics

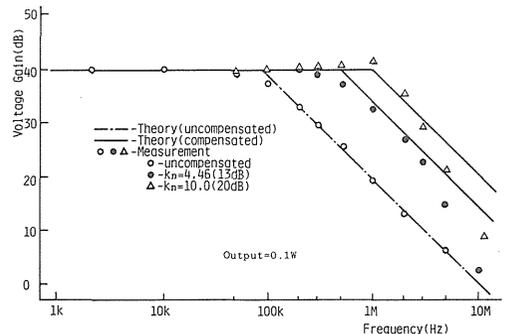


Fig. 5 Frequency characteristics

波数特性で, 理論通り帯域幅が改善されていることがわかる。利得の減衰領域での特性が理論と一致しないのは, 補助増幅器 B の周波数特性の影響と考えられる。図(6),

図(7)は, 補償前後の出力波形及び, ひずみ波形がある。また図(9), 図(10)は, 電力増幅器特有のクロスオーバーひずみ波形が改善される様子を示したものである。以上のこ

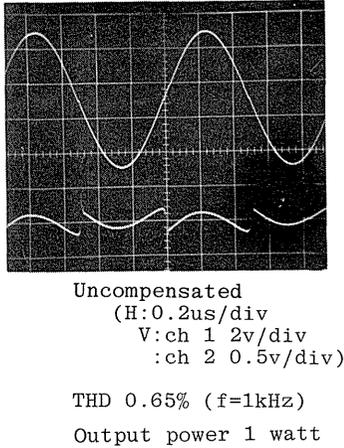


Fig. 6 Output wave form (uncompensated)

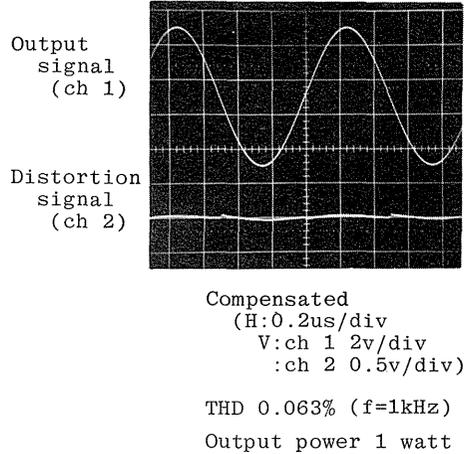


Fig. 7 Output wave form (compensated)

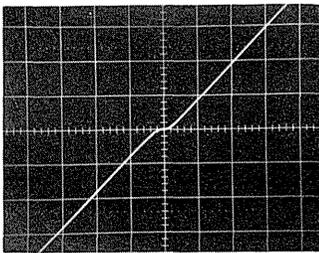


Fig. 8 Expansion of output signal at crossover point (uncompensated)

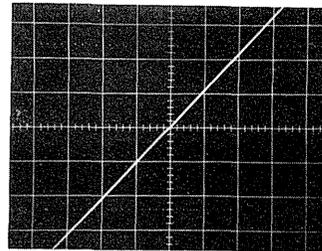


Fig. 9 Expansion of output signal at crossover point (compensated)

とから, この回路構成はすぐれた非直線ひずみの改善効果があることがわかる。

4. あとがき

ここでは, 電力増幅器の非直線ひずみ, 周波数特性の能動補償について示した。測定結果からわかるように, 低ひずみ率の電力増幅器の実現には有効な方法と考える。

なお本文では補助増幅器は理想特性と仮定したが, 非理想的な場合についての検討は今後の課題とする。

参 考 文 献

- (1) 齊藤彰英: "負帰還増幅器", 近代化学社, (昭和41年) P. 26
- (2) 太田, 真野: "外乱自己相殺形増幅器の検討", 電子通信学会技術研究報告 CS-75-160 (P. 81~88)
- (3) M. A. Reddy: "Operational-Amplifier Circuit with Variable Phase Shift and Their Application to High-Q Active RC-Filter and RC-Oscillators". IEEE TRANSACTIONS ON CIRC-

UITS AND SYSTEMS, Vol. CAS-23
No. 6 (JUNE 1976) (P. 384 ~ 389)

補償,”電子通信学会論文誌 Vol. J62-C No. 8
(P. 591 ~ 593)

- (4) 池田, 清水, 本多: “電力増幅器の非直線ひずみの