

2.85GHz 500W SOLID STATE POWER AMPLIFIER

Kazuhiro IGARASHI, Takeshi YANAGIBAYASHI, Hideo SUZUKI
NEC Corporation

ABSTRACT

At National Laboratory for High Energy Physics, Tube type amplifiers are employed as drivers for final stage(klystron). We developed the 2.85GHz 500W solid state power amplifier for a klystron driver. Its characteristics are described below.

2.85GHz 500W 固体化パルス電力増幅器

1. はじめに

現在、文部省 高エネルギー物理学研究所の電子・陽電子線形加速器においては、終段電力増幅用クライストロンの励振器として管球式増幅器が用いられているが、今回同励振器として、安全性、信頼性、保守性等に優れた500Wの高出力が得られる固体化パルス電力増幅器を開発、納入したので報告する。

2. 構成

本増幅器の仕様を表1に、系統を図1に示す。また写真1に外観を示す。以下その各部について説明する。

(1) DRIVE PA1

ここでは、入力信号を次段に必要な10Wレベルまで増幅する他、PINアッテネータによるレベル調整機能を設け、10dB以上にわたる出力レベル調整を可能にしている。本増幅段での動作は、基本的にはA級増幅であるが、NE800196M段においてはAB級増幅を採用し、次段への入力信号を若干補正することにより、電力増幅器全体で発生するサグの補償も行っている。

(2) DRIVE PA2

DRIVE PA1の出力はウィルキンソン型4分配器にて同相分配され、本増幅段にて60Wレベルまで増幅する。動作はNES2828-20BHがA級、シリコントランジスタ(Si TR)がC級増幅である。なをこのSi TRは今回弊社にてSバンド、パルス電力増幅用として開発したものである。

(3) FINAL PA

FINAL PAはSi TRを4並列1組としDRIVE PA2により励振される。これを4ブロック用い最終的に16並列とし、500W出力を得ている。本段での動作はC級増幅である。

(4) ピークパワーメータ

本装置にて扱う高周波信号は時間幅の非常に短いパルスであり、そのため通常の高周波電力計ではその出力電力を正確に読み取ることは出来ない。そこで内部トリガ方式によるサンプリング型電力計を設けており、出力電力の直読を可能にしている。

3. 構造

本装置では各ブロックをモジュール化している。またヒートシンクをユニットの高さ方向中段に配し、その上下に各モジュールを実装し高密度化を図っている。

4. 特性

以下に本装置の代表的な特性について述べる。

(1) 入出力特性

図2はPINアッテネータの減衰量を最小とし、入力レベルを変化させて測定したときの入出力特性である。本装置の終段電力増幅はC級増幅であるが、図からも判るように、C級増幅独特の急峻な入出力特性にはなっていない。これは増幅器全体をC級とはせず、前段に積極的にA級増幅を採用した結果である。クライストロンを含めたシステムを構築する際、自動利得制御(AGC)は不可欠であるが、この様に緩やかな入出力特性は安定なAGC動作を得るのに有効であると考えられる。

(2) 出力パルス特性

図3は出力電力500W、パルス幅10 μ 秒時の出力電力波形である。立ち上がり、立ち下がり時間も100n秒以下、サグは1%以内であり、目的の仕様を満たす事が出来た。

(3) 位相特性

図4は出力電力500W、パルス幅10 μ 秒時の位相特性であり、出力波形の位相をsin成分、cos成分で表している。これより位相変動を算出すると概ね $\pm 3^\circ$ となり仕様値を満足している。波形全体としては、立ち上がり時に若干位相変動がみられるが、その後は緩やかに位相変動している事が判る。この位相変動の幅は出力電力を減少させれば少なくなり、出力電力100W時では約 $\pm 1^\circ$ であった。

5. まとめ

今回開発した固体化電力増幅器は当初の仕様を満足することが出来た。この種の加速器用クライストロンはより高出力化され、これにともないドライブ用電力増幅器の特性及び信頼性への要求は一段と厳しくなることが予想される。今後はさらに立ち上がり、立ち下がり時間の高速化、サグ特性の補償方法の確立、位相特性の改善を図っていきたい。

6. 謝辞

最後に、今回の電力増幅器の開発に当たり御助言、御指導頂いた、高エネルギー物理学研究所、穴見先生をはじめ、KEKの方々に深く感謝致します。

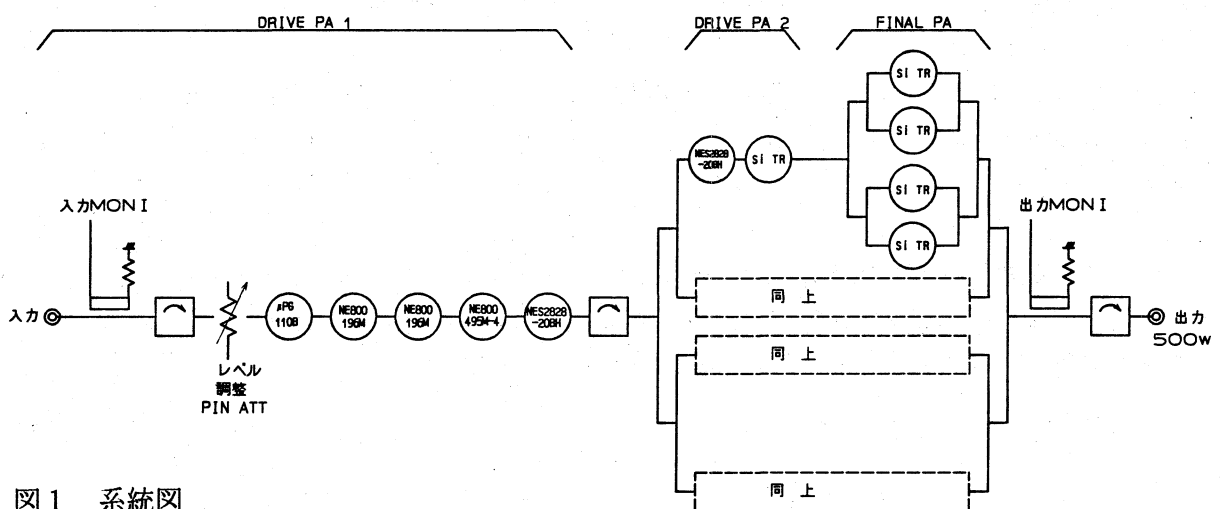


図1 系統図

- 周波数 2856MHz
- 出力電力 500W(100~500W連続可変)
- パルス幅 最大10 μ sec.
- パルス繰り返し 最大200pps
- RFPパルス特性
 - 立ち上がり 0.3 μ sec以下
 - 立ち下がり 0.3 μ sec以下
 - サグ 3%以下
 - パルス毎変動 1%以下
- 位相特性
 - パルス内平坦度 $\pm 3^\circ$ 以下
 - パルス毎変動 1° 以下

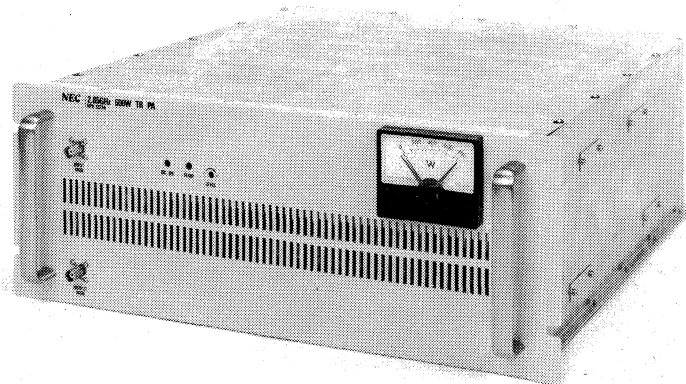


表1 仕様

写真1 外観

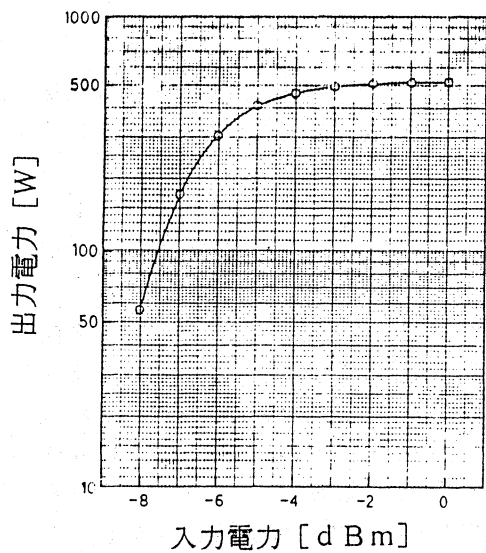


図2 入出力特性

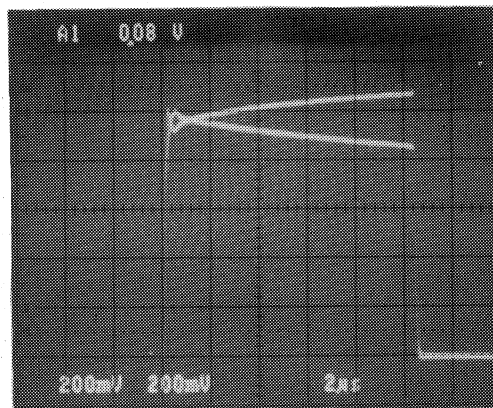
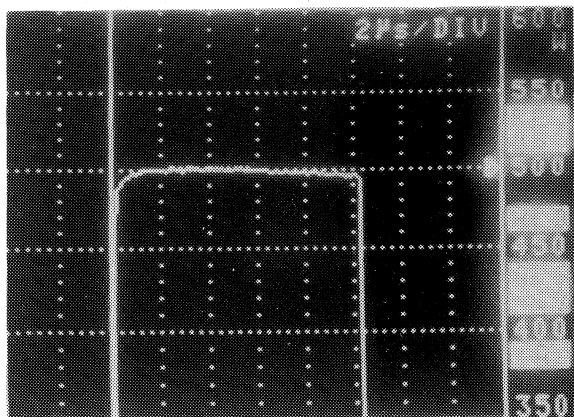


図4 位相特性



- 立ち上がり時間 70 nsec
- 立ち下がり時間 24 nsec
- サグ 1%

図3 出力波形