

[P 30–20]

RENEWAL OF THE RF SOURCE FOR THE PREBUNCHER AT KEK PROTON LINAC.

Z.Igarashi, K.Nanmo, T.Takenaka and E.Takasaki

KEK : National Laboratory for high Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

Abstract

The RF source for the prebuncher at the KEK proton linac was renewed from the vacuum tube amplifier to the all solid state one at last summer. The new amplifier generates about 7.5kW stably at 201 MHz. This power is three times as larger as that of the old one and the beam capture efficiency of the linac increases to more than 70%. This paper describes the new all solid state amplifier and the results of the renewal.

KEK陽子リニアックにおけるプリバンチャー用RF源の更新

1. はじめに

KEK陽子リニアックのプリバンチャーは、 $\lambda/2$ 波長の同軸共振器で左右に周波数チューナーおよびカップラーが付いている。加速ギャップは2個有り、その間隔は89mmで750keVの入射エネルギーに対してRF位相で 3π に相当する。またフィールドを安定にするためQ値を下げるスワンピングを行っておりQ値は約1000である。

このプリバンチャーをドライブするRF源は建設当初より真空管式の増幅器を使用して来たが真空管(RCA7651)の供給不安が生じたり、信頼性に問題が出てきたので、全面的な更新を行うことに

なった。

新しいRF源としては、20MeVおよび40MeV-DTLライナック用RF源の初段部に使用されている10kW固体増幅器と同様のものを採用することにした。

2. 固体増幅器

図1にこの新RF源のブロック図を示す。図中のTR-PAはNEC製のP2K-CH型トランジスタ増幅器モジュールで上記の10kW固体増幅器で使用されているものと同じである。このTR-PAは1台で最大2.5kW,新RF源では3台使用して最大で約7.5kWの出力を得ている。

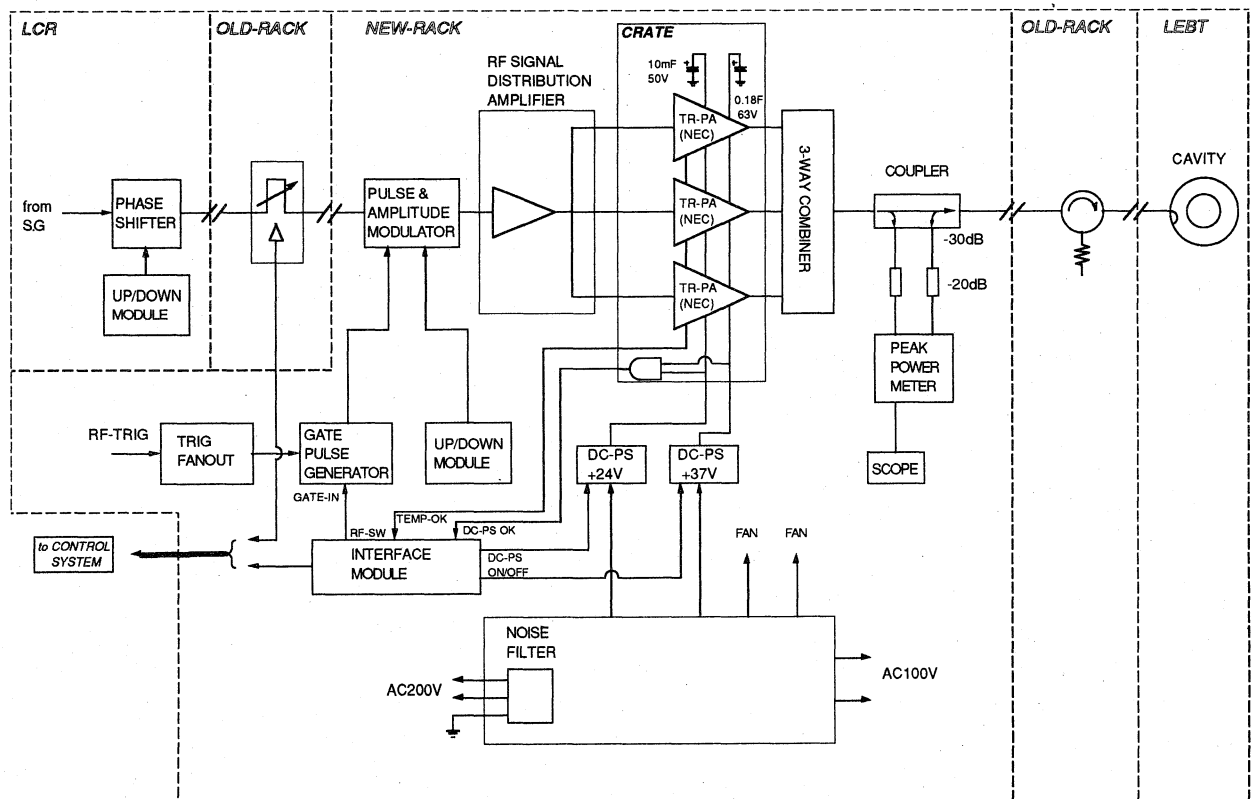


図1 ブロック図

図中の3-WAY COMBINER (3合成器) は $\lambda/4$ 線路によるトランスフォーマー型である。

一般に線路の入力インピーダンス Z_i は線路の特性インピーダンスを Z_o 、負荷インピーダンスを Z_r とすると

$$Z_i = Z_o \frac{Z_r + jZ_o \tan \beta \cdot l}{Z_o + jZ_r \tan \beta \cdot l}$$

(但し β : 位相定数、 l : 線路長) で表される。

ここで $l = \lambda/4$ とする

$$\beta \cdot l = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2}$$

従って

$$Z_i = Z_o \frac{Z_o}{Z_r}$$

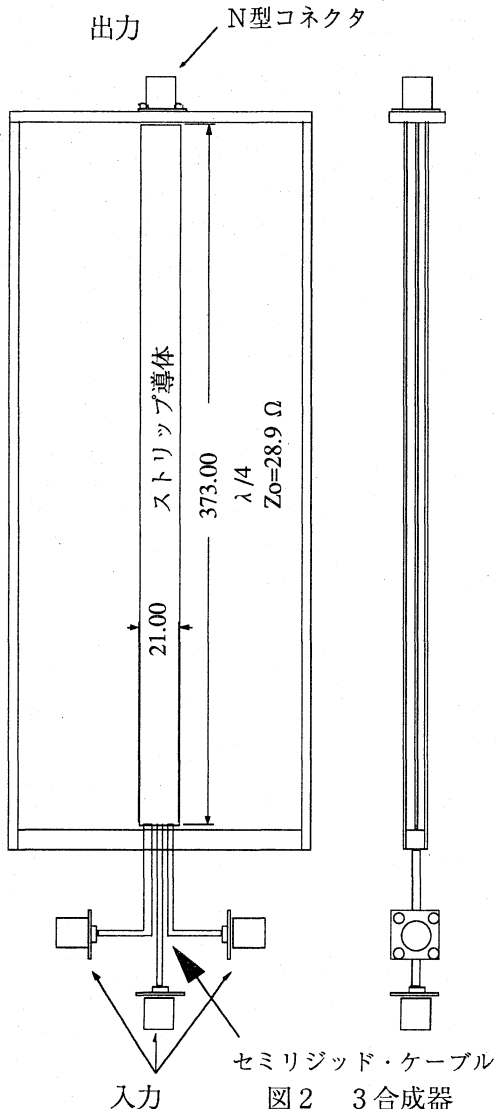


図2 3合成器

3合成器では Z_r は 50Ω (出力)、 Z_i は $50/3 \Omega$ (入力3並列)で、前の式より Z_o は 28.9Ω となる。図2はこの3合成器で、 $\lambda/4$ 線路として銅板によるストリップ線路を用いている。この3合成器での挿入損失は 0.4 dB 以下、3入力間の位相アンバランスは 0.3° 以下である。また図3は入力すべてをターミネートして出力側より見た反射特性で、これから $V \text{ SWR} \approx 1.02$ となる

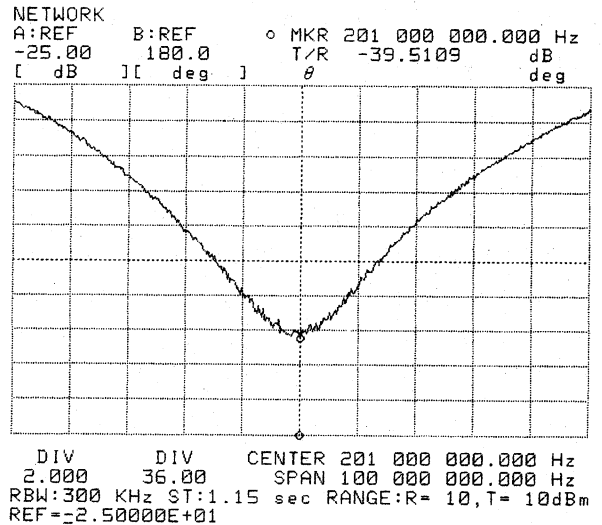


図3 反射特性

図4に新RF源のRF出力&位相-制御電圧特性を示す。TR-P Aは5段の増幅器をカスケードに接続して構成されており、この内、第4段および第5(最終)段がC級動作のためリニアリティーはあまり良くない。また位相遅れは出力が増すと共に小さくなる。

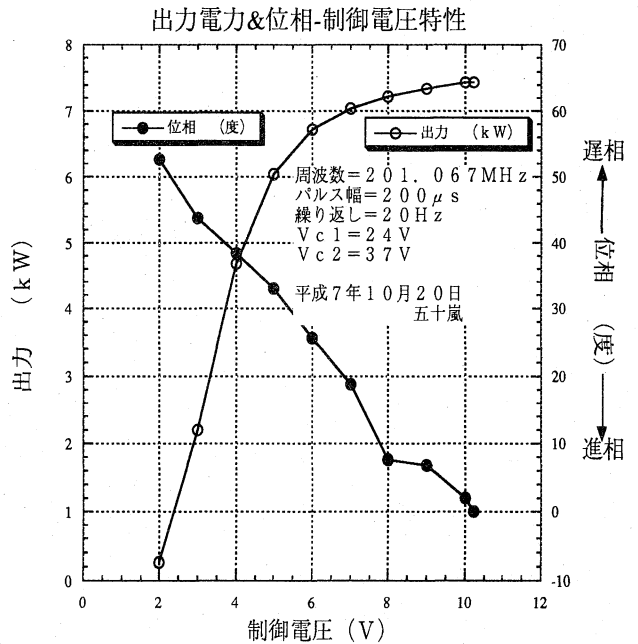


図4 出力電力&位相対制御電圧

通常運転時 (RF出力は6.0 kW) におけるRF波形とタンク・フィールド波形を写真1に示す。

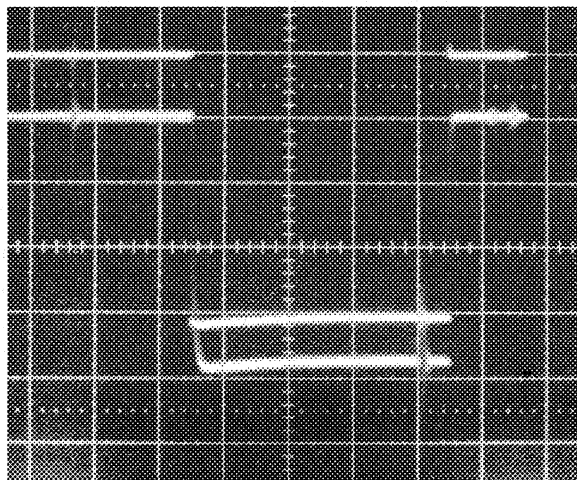


写真1 上: RF出力波形 (6 kW)
下: フィールド波形
50 μ s/div

写真2は新RF源の入出力RFモニター信号をトロンボーン・フェーズシフター (Trbn) を介してミキサーに入力し、位相を測定した時のものである。波形が3つあるのはTrbnで60 mm ($\approx 15^\circ$) ずつ位相を動かし、重ね撮りしたからである。波形がほぼ1 division ずつ移動しているので、縦軸は約 $15^\circ / \text{div}$ である。したがって、この波形の変動は立ち上がりの部分を除いてほぼ $1/2 \text{ div}$ くらい、すなわちRF出力パルス内の位相変動は 7.5° 程度であることがわかる。

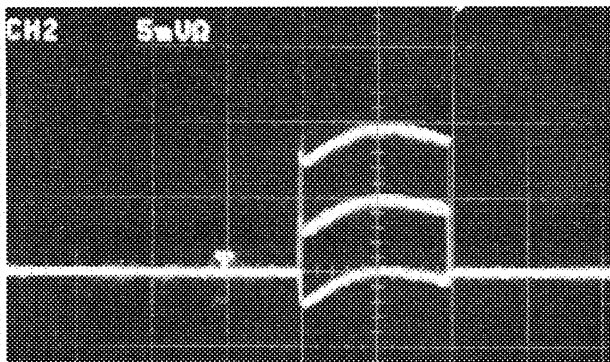


写真2 $\sim 15^\circ / \text{div}$ ($P_0 = 7 \text{ kW}$)
 $100 \mu\text{s} / \text{div}$

3. ビームテスト結果

更新後、プリバンチャーフィールドに対してライナックのビーム捕獲効率がどの様に变化するかを測定した。従来は60%程度であったが図5に示す様に最高で73%の捕獲効率が得られた。その後ドリフトチューブやLEBTのQマグネットを調整する

ことにより更に75%まで引き上げることが出来た。

CAPTURE EFFICIENCY (%) versus P.B FIELD

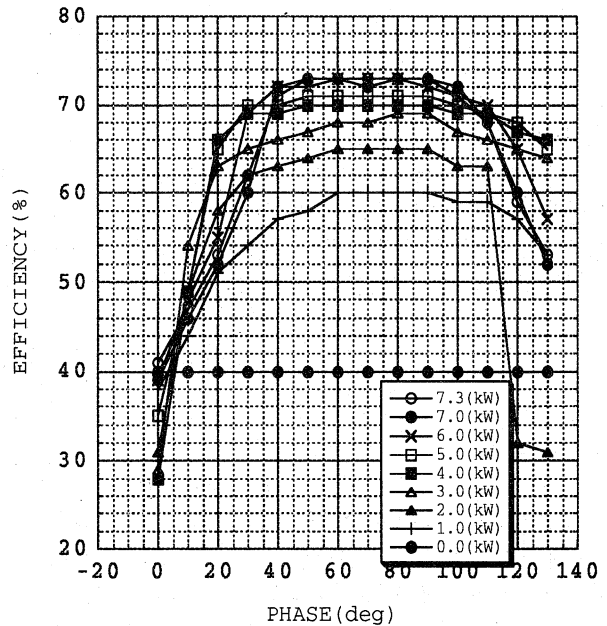


図5 ビーム捕獲効率対P. Bフィールド

図6はプリバンチャーによるビームエミッタンスへの影響をライナック入り口のモニターで測定したものである。これよりエミッタンスの変化は10%程度であることが分かる。

LEBT Emit versus P.B Power

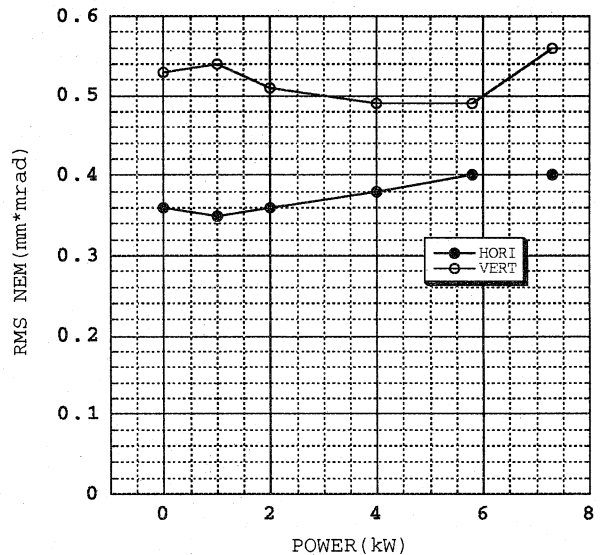


図6 エミッタンス対P. Bパワー

4. 終わりに

KEK陽子ライナックではRF源の固体化を進めて来たが、来年にはデバンチャーRF源の更新を予定している。この時、制御系についてはプリバンチャーと共にシーケンサーを用いた新システムへの置き換えを行うつもりである。