

A new RF automatic phase control system for SHPB of
the Osaka University Linac

Kibatsu SHINOHARA, ^oHirofumi MATSUMOTO
*Kunihiko TSUMORI, *Seishi TAKEDA

NIHON KOSHUHA CO., LTD.
*OSAKA UNIVERSITY

Abstract

A new RF automatic phase control system was developed for SHPB to keep the initial setting of RF phase of buncher cavity from any disturbances due to the variation of buncher cavity, RF source or long term drift.

The usefulness of it is recognized by depression of the phase shift to 1/17 under the experiment.

(I) 概要

この度、VHF帯(108 および216MHz)に於けるSHPB用RF電源を完成した。この装置にはRFの位相を制御するAPC(Automatic Phase Control)システムを伴っている。

本報告は、216MHzでのAPCシステムについて、概要を紹介するものである。

(II) 主性能

- | | |
|------------------|----------------|
| ◦ RF周波数 | 216MHz |
| ◦ RF出力 | 20KW (Peak) |
| ◦ RFパルス幅 | 20μs (max) |
| ◦ パルス繰返し | 720pps (max) |
| ◦ RF位相ジッター | 100ps (max) |
| ◦ APCの精度 | ±2°以内 |
| ◦ APCの動作範囲 | ±90° |
| ◦ APCの応答時間 | 10パルス程度 |
| ◦ 手動位相設定範囲(PS-1) | 0~360° 半固定* |
| ◦ 手動位相設定範囲(PS-2) | 0~±360° 連続可変 |
| ◦ 負荷空洞 | 同軸形 4モード ループ結合 |
| ◦ 負荷空洞ギャップ電圧 | 30KV (Peak) |

* トロンボーン移相器および同軸ケーブルの交換による。

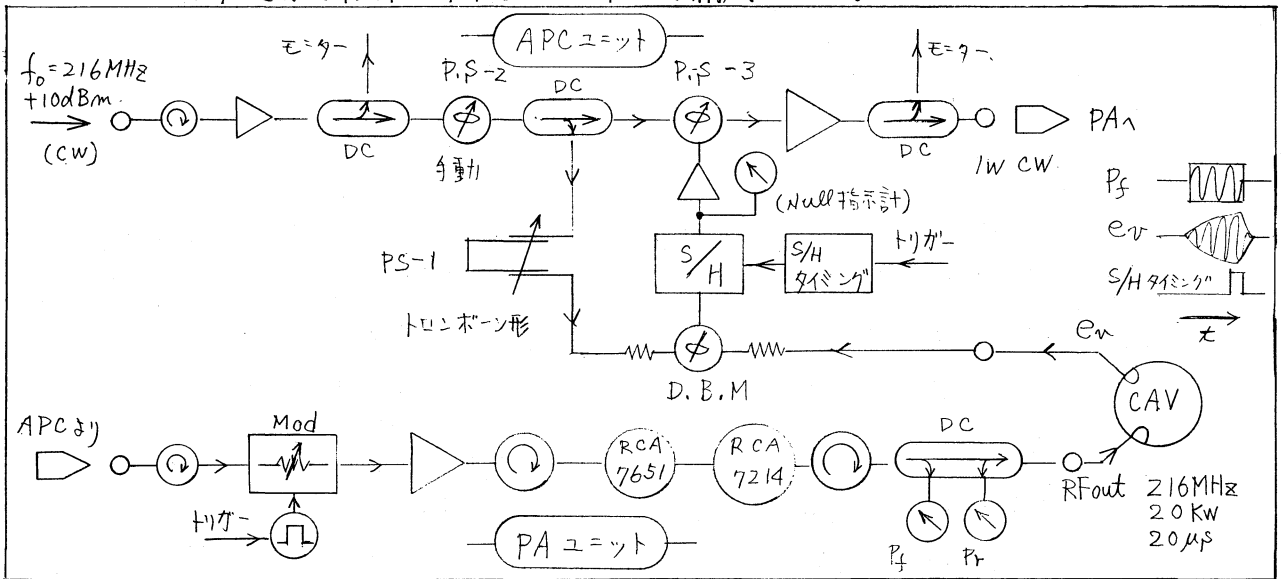
(Ⅲ) 設計方針

設計に際し特に注意した事項を列記する。

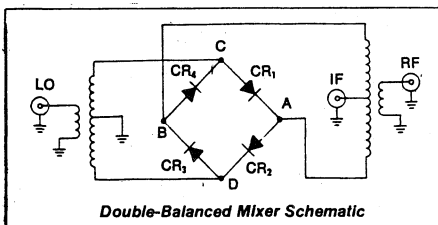
1. RF信号の入カレベル変動による位相誤差が生じない方式とする。
2. RF信号はパルス波形で、これによる位相誤差が生じない方式とする。
3. RF信号の処理は、単純な方式とする。(複雑なヘテロダインによるIF変換は行わない。)
4. APCループ系が安定に動作するために、開ループに於ても出来るだけ各部の温度特性、電圧特性、耐振性、パルス雑音等を、考慮する事で総合特性を確保する。
5. APC機能は、瞬時応答性よりも長時間にわたる位相の安定化を計ることにする。
6. 手動による移相番(P.S-2)は、他の加速系機番や、加速空洞内ビームとの位相関係を設定するための $0 \sim \pm 360^\circ$ を連続可変する。

(Ⅳ) APCシステムの構成

SHPB用RF電源のブロックダイヤを(図-1)に示す。(励振部分に"APCユニット", 電力増幅部に"PAユニット"で構成される。) (図-1)

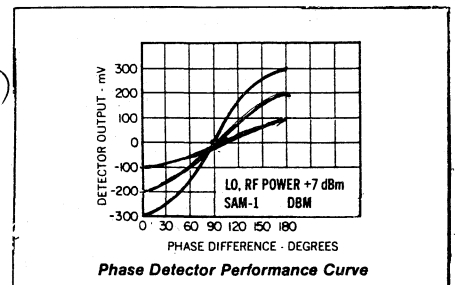


◎ 位相検波器は次の様なD.B.M.を使用している。



(図-2)

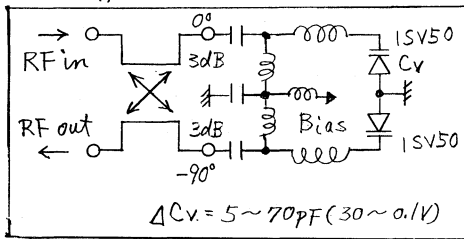
(図-3)



(図-2)に於てRFポート, LOポートに同一周波数のRF信号を加えると, IFポートに位相検波出力($V_{IF} = E \cos(\pi/2 \pm \Delta\theta)$)が表われる。

検波出力は, 入力レベル(E)と, 位相差($\pm\Delta\theta$)の函数(図-3)で直線性は約 $\pm 60^\circ$ までである。本システムでは, D.B.M.の出力が常にNull point(0V)で動作させる方式で上記の入力レベル, 直線性, その他温度特性によるドリフト等の障害を避けることにした。

③ 移相器 (PS-3)



(図-4) 移相器

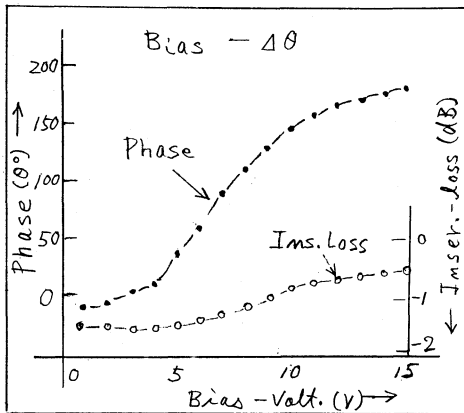
移相器は, 外部バイアス信号により位相量が可変出来る制御方式で(図-4)にその回路を示す。

ハイブリッドカップラー(3dB 90°/0°)と2つのバリキャップが組込まれている。カップラーから見た反射係数角(θ)がダイオードリアクタンスにより, 変化しRF出力の位相が制御される。移相量($\Delta\theta$)は

$$\Delta\theta = 2(\tan^{-1}XC_{max} - \tan^{-1}XC_{min})$$

となる。この移相器は, ①ハイブリッドを使用したためダイオードリアクタンスの変化がアイソレートされ, 入力側のマッチングが良好になる。②ダイオードのDCバイアス電圧と容量の関係を乱さぬ様RF電圧は十分小さくしてダイオード破壊電圧の10%以下に設定した。

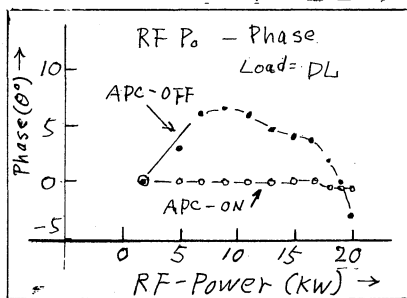
(図-5)に移相器のバイアスに対する特性を示す。



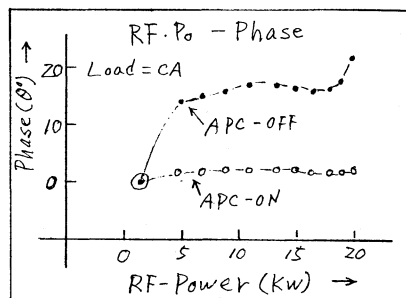
(図-5) 移相器の特性

(V) 試験結果

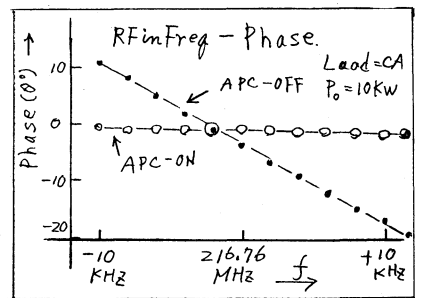
前記の設計条件で製作した特性を次に示す。(負荷条件は50Ωダミロード...DL, バンテ空胴...CA)



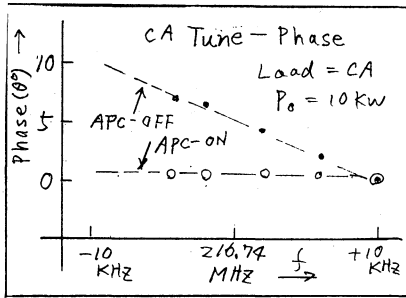
(図-6)



(図-7)



(図-8)



(図-9)

θ_A / θ_0 APCによる改善比
 θ_A APC時の位相変化
 θ_0 APC-OFF " "

(図-6) RF電源出力変化VS位相変化特性

負荷 = DL 出力電力 = 3 ~ 20kW
 $\theta_A / \theta_0 = 0.5^\circ / 7^\circ = 1/14$

(図-7) RF電源出力変化VS位相変化特性

負荷 = CA 出力電力 = 3 ~ 20kW
 $\theta_A / \theta_0 = 2^\circ / 21^\circ = 1/10.5$

(図-8) 入力周波数変化VS位相変化特性

負荷 = CA 出力電力 = 10kW - 定
 $\theta_A / \theta_0 = 1.5^\circ / 30^\circ = 1/20$

(図-9) 空洞同調周波数VS位相変化特性

負荷 = CA 出力電力 = 10kW - 定
 $\theta_A / \theta_0 = 0.5^\circ / 8.5^\circ = 1/17$

(図-6) と (図-7) は、RF電源自体の位相変化特性で $7^\circ \sim 20^\circ$ (2~20kW) と変化しているがAPCにより $1/10 \sim 1/14$ に改善された。

(図-8) は、RF電力 = 10kWの時、入力周波数を掃引させ空洞の位相変化を生じさせた場合で改善比は $1/20$ である。

(図-9) は、RF励振周波数およびRF電力を一定に保ち、空洞の共振点を調整して位相変化を生じさせた場合で、実動状態に最も近い。改善比は $1/17$ であった。

これらの結果により、空洞の位相変化は約 $1/20$ に改善されている。RFレベル変動時の改善は半分の約 $1/10$ 程度であるが通常運転時の電力変化はこれ程ではないので、実用上問題は無い。

応答時間は、パルス繰返し周期が高い程早くなるが、本システムでは約10パルスであった。(APC-OFF → ONの操作による確認)

長時間ドリフトは、現在十分なデータが得られてなく今後継続して測定したい。

以上 大筋では、所期の目的は達せられた。

終りに本システムの開発に御指導、御協力いただいた阪大産研 および 日本高周波の関係のオ々に感謝いたします。