

RF CONTROL OF AN L-BAND KLYSTRON FOR THE 1GeV PROTON LINAC

Z. Igarashi, S. Anami, M. Ono, K. Kudoh, T. Takashima and H. Hanaki

National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

At the 1GeV Proton Linac of the JHP, thirty-six L-Band klystrons will be used. The rf control system and its main rf components to drive these klystrons are described. Especially, the characteristics of the phase detector are reported in detail.

1 GeV陽子ライナック用LバンドクライストロンのRF制御

1. はじめに

JHP計画の陽子リニアックは大強度（平均電流 $\sim 400\mu A$ ），高エネルギー（1 GeV）の加速器であり，ビーム損失による装置の放射化が大きな問題である。したがってリニアック各部の信頼性や安定性が強く要求され，高周波源に対してもそれだけ厳しいものとなる。

2. LバンドRF制御システム

このシステムでは図-1に示す様に，出力レベルや位相の設定，フィードバックによる出力レベルや位相の安定化，フィードフォワードによるビームローディングの補償等を行うと共に，異常時のインターロック装置，クライストロン励振用増幅器，周波数チューナーの制御装置等も含まれる。

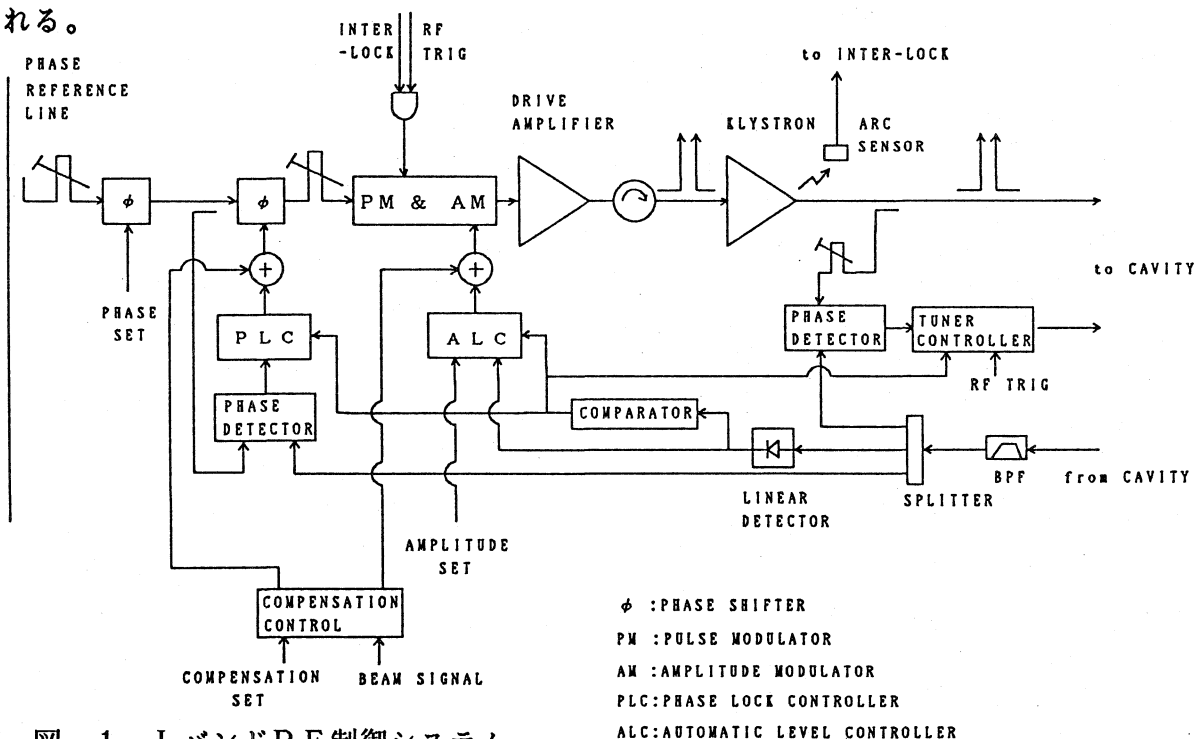


図-1 LバンドRF制御システム

2. 高周波回路

この制御システムに使用される高周波回路の応答速度を決める目安としてはキャビティの一次遅れ要素としての周波数特性より次の様に決定した。

$$\tau = \frac{2Q}{\omega_{RF}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau}$$

Q : キャビティのQ値 (~ 20000)
 ω_{RF} : // の共振角周波数 ($2\pi \times 1296\text{MHz}$)
 τ : 時定数
 f_c : カットオフ周波数

∴ 回路の周波数特性は位相の回転を考慮に入れて、 f_c の10倍程度とすると $\sim 300\text{kHz}$ となる。

現在、開発を進めている、パルスおよび振幅変調器、移相器、直線検波器、クライストロン励振用増幅器の主要なパラメータを表-1から表-4に示す。

表-1 パルスおよび振幅変調器

周波数	1296±5MHz
減衰量	パルス変調：40dB以上 振幅変調：0～30dB
挿入損失	3.0dB以下
VSWR	1.5以内
高調波歪	50dBc以下
位相変動	3°以内(減衰量0～30dBの範囲内)
RF入力	-20～+10dBm
制御入力	パルス変調：TTL パルス幅600μs, 繰り返し50Hz 振幅変調：0～+10V ($\sim 3\text{dB}/1\text{V}$)
応答速度	パルス変調： $\sim 1\mu\text{s}$ 振幅変調： $10\text{dB}/\mu\text{s}$ 以上

表-2 移相器

周波数	1296±5MHz
移相量	±180°
挿入損失	最大2.0dB
振幅変動	// 1.0dB
VSWR	1.3以内
RF入力	-20～+10dBm
制御入力	±10V(±180°)
応答速度	90°/μs以上

表-3 直線検波器

周波数	1296±5MHz
VSWR	1.05以内
RF入力	-10～+20dBm
周囲温度	10°C～40°C
直線性	誤差3%以内 (上記の入力および温度範囲内で)
応答速度	10dB/1μs以上

表-4 クライストロン励振用増幅器

周波数	1296±5MHz
出力電力	50～500W(入力電力による)
入力電力(500W出力時)	1mW(パルス)
繰り返し周波数	1～55Hz(入力信号による)
パルス幅	50～650μs(//)
立ち上がり	
立ち下がり時間	1μs以下
パルス内平坦度	3%以下(サグを含む)
// 毎の出力変動	±0.3%以下
// 内位相平坦度	3°以下(フラットトップ内)
// 毎の位相変動	±0.3°以下
高調波	-20dBc以下
負荷条件	全反射にて異常無い事 注) 全固体方式とする

位相検出器はRF信号をダウンコンバーターによりIF信号(20MHz)に変換し、さらにデジタル信号に変換してから測定を行う方式をとっている。図-2にブロック図を示す。位相を

変化させた時の出力の変化の様子を入力（A，B両入力）信号レベルをパラメーターとして図-3に，一方（B）の入力信号レベルを一定とし他方（A）をパラメーターとした時の測定誤差の大きさを図-4に示す。図-5は入力位相を60°急激に変化させた時の応答特性を表している。表-5に特性をまとめて示す。

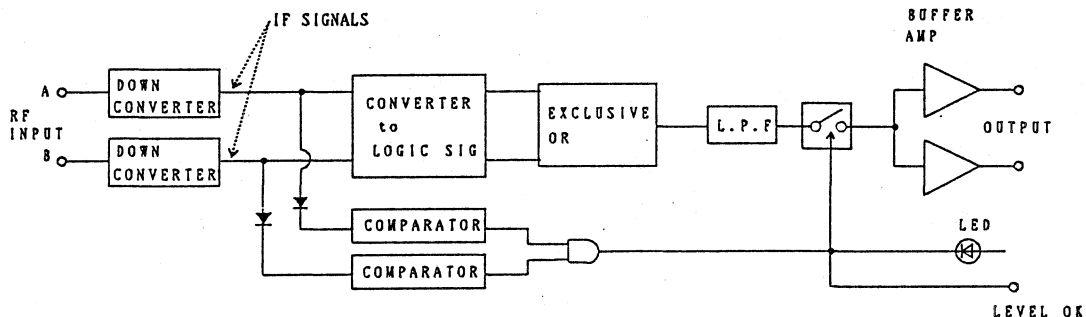


図-2

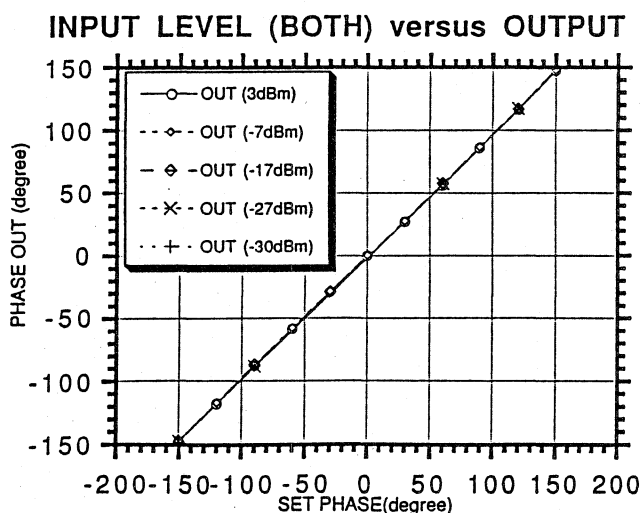


図-3

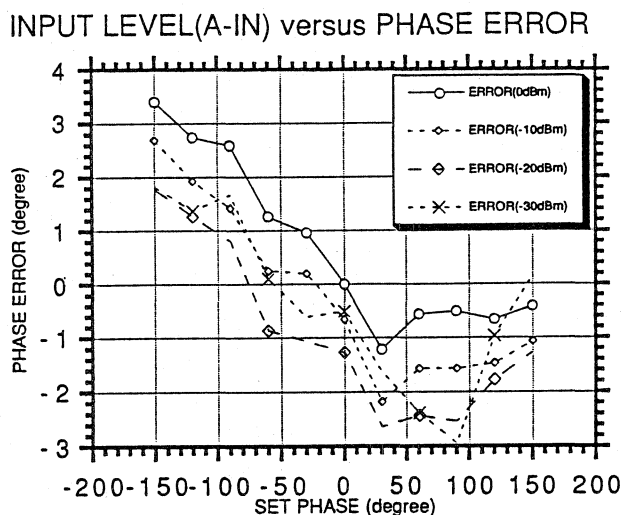


図-4

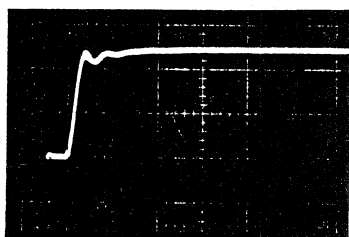


図-5

表-5 位相検出器

周波数	1296±5MHz
測定範囲	±150°
VSWR	1.3以内
RF入力	-30~+0dBm
誤差	±3.5°以下(上記の範囲内で)
出力	±20mV/±1°
応答速度	1μs/90°以上

参考文献

- (1) 大型ハドロン計画 陽子リニアック ワーキング・グループ報告Ⅰ
東京大学原子核研究所 1988年9月
- (2) // // // // 報告Ⅱ
1990年6月