

PLA - 90 - 22

1 / 11 / 90

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) RF Control System of the 1 GeV Proton Linac

著者 (AUTHOR) S. Anami et al.

概要 (ABSTRACT)

RF control system of the 1 GeV proton linac for JHP and test results of the preliminary RF control unit for an L-band power source, are described.

KEY WORDS:

Ion source, RFQ, DTL, CCL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics,
Transport, Vacuum, Cooling
Klystron, Low level rf, High power rf, Modulator
Control, Operation, Radiation, Others

RF CONTROL SYSTEM OF THE 1 GeV PROTON LINAC

Shozoh ANAMI. Masaaki ONO. Eiichi TAKASAKI. Takeo TAKASHIMA.
Hirobumi HANAOKI. Zenei IGARASI

KEK: National Laboratory for High Energy Physics

Abstract

RF control system of the 1 GeV proton linac for JHF and test results of the preliminary RF control unit for an L-Band power source, are described.

1 GeV陽子リニアック用RF制御システム

1. はじめに

JHF計画の主加速器の一つである1 GeV陽子リニアック¹⁾はエネルギー3 MeVのRFQ, 150 MeVのDTL, 1 GeVのCCLより構成され, RFQおよびDTLは14本のクライストロン ($f = 432 \text{ MHz}$, $P_0 = 1 \text{ MW}$), CCLは36本のクライストロン ($f = 1296 \text{ MHz}$, $P_0 = 3 \text{ MW}$)で各々励振される。RF制御の主な目的は全長約500 mにわたって配置される, これら計50本のクライストロンを所定の出力および位相で安定かつ安全に動作させる事である。

以下に1 GeV陽子リニアックに必要とされる低レベルRF制御システムとCCL用Lバンドクライストロンの動作テストに使用した装置について報告する。

2. 基準信号の発生および分配

全長約500 mのリニアックにそって配置される50台のクライストロン増幅ユニットは基準信号 ($f = 432 \text{ MHz}$), 又はこれを3通倍した信号 (1296 MHz)を受けて増幅し空胴にRFを供給する。これらの信号はまた, 各増幅ユニットの位相を設定したり, RFとビームパンチとの位相関係をモニターしたりするときの基準信号としても使用される。従ってこれらの装置が安定性を欠く場合, 正常なビーム加速が出来なくなる。

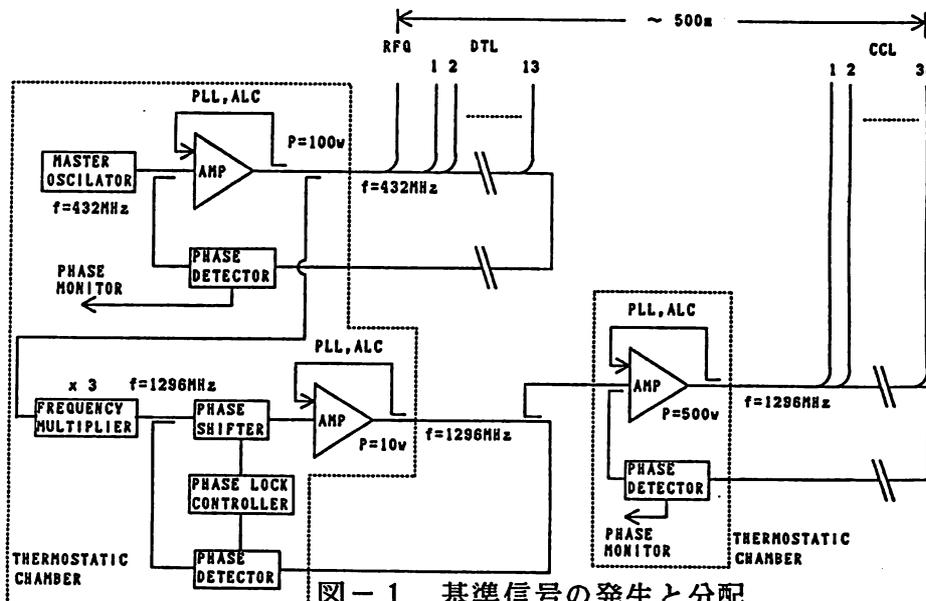


図-1に概略を示す。この図の中で特に問題と成るのが3通倍器と信号分配用ケーブルである。通倍器は基準信号発生器やアンプと共に恒温槽に入れ安定化を計り, 信号分配には三菱電線社製の位相安定化ケーブルSFZE-50の使用を考えている。

このケーブルの温度係数は $\sim 2 \times 10^{-6}$ で

あり400mでは1.4°/°C(1296MHz)の位相変動がある。従って位相変動を±3°程度に抑えようとするとき温度を±2°C以内に保たねばならない。もし変動が許容値を越える時は、図の様にケーブル全体の位相変動を測定し変動がケーブル全体にわたって一様に起きたと仮定し、各増幅ユニットの位相の設定値を補正する。

3. 各増幅ユニットに於けるRF制御²⁾

基準RF信号、設定信号、タイミング信号等によりパルス化され所定の出力レベルおよび位相を持つ信号をクライストロンに出力する。

a) 位相の制御

基準RF信号は図-2に示す様に先ずフェイズシフターに入る。これは設定信号により増幅ユニット(従って加速フィールド)の位相を決める。つぎに電源電圧や温度の変化による位相変動を打ち消すPLL,更にビームローディングを補償する為の回路等で安定で一様な位相と成る様に制御する。

b) 出力レベルの制御

設定信号と加速フィールドの検波信号を比較しALCコントローラをへてAM変調器により出力を調整する。位相の制御と同様にビームローディングを補償する為の機能も有する。

ビームローディングはビームによって空洞内の加速フィールドのエネルギーが奪われフィールドレベルが低下したり位相が変化する現象であり、ビームの強度やパルス幅によって異なる。従ってこれを補償するにはビームが通過する直前に加速フィールドのレベルを持ちあげ、位相をずらしビームローディングによりキャンセルされてレベル、位相ともにフラットになる様にすればよい。

c) 周波数チューナー

RFQおよびDTLには加速空洞の共振周波数をドライブ周波数に合わせる為のチューナーが用いられる予定である。図にある様にドライブRFと加速空洞内のフィールドの位相を比較しチューナーを制御する。

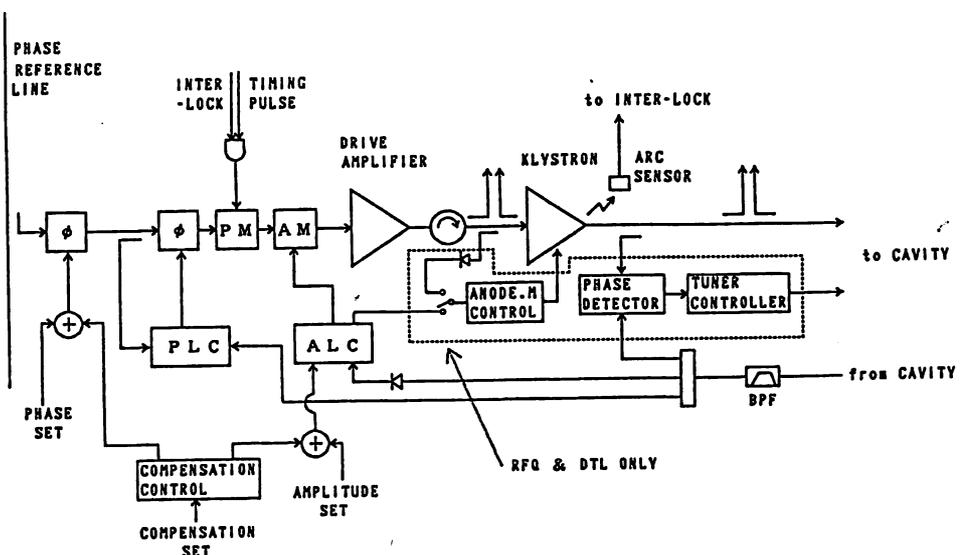


図-2 クライストロン増幅ユニットのRF制御部ブロック図

3. Lバンドクライストロンテスト用増幅ユニットのRF制御

テスト用に開発したLバンドクライストロン増幅ユニットでは現在、RF出力5MW,パルス幅400μs,繰返し30Hzでの運転に成功している。この増幅ユニットのRF制御装置を図-3および図-4に示す。この中で特に問題となったのはクライストロンドライブ用アンプである。このアンプの初段部はAB級動作のハイブリッドIC,2,3,4段目および最

終段はC級動作ベース
 接地のトランジスタ
 ーで構成され最終段
 は4個のトランジスタ
 ーを使用し、出力
 300W以上を得て
 いる。図-5に300
 W出力時の検波波形
 と位相波形を示す。
 この図からパルス内
 で位相が約25°回
 転することが分かる。
 原因についてはC級
 動作のトランジスタ
 ーでRF出力中に温度

が上昇する事によりコレクター容量等が変化する為
 と思われるがはっきりとは分からない。又、このアン
 プはC級動作で、入出力間のリニアリティーが無い
 為最終段の電源電圧により出力を調整している。

今後はドライブ段をAB級、最終段をC級で動作
 する型、もしくは全段AB級動作する型のリニア
 アンプや位相検出器、移相器、直線検波器等を開発し、
 ALCやPLLのテストもやりたいと考えている。

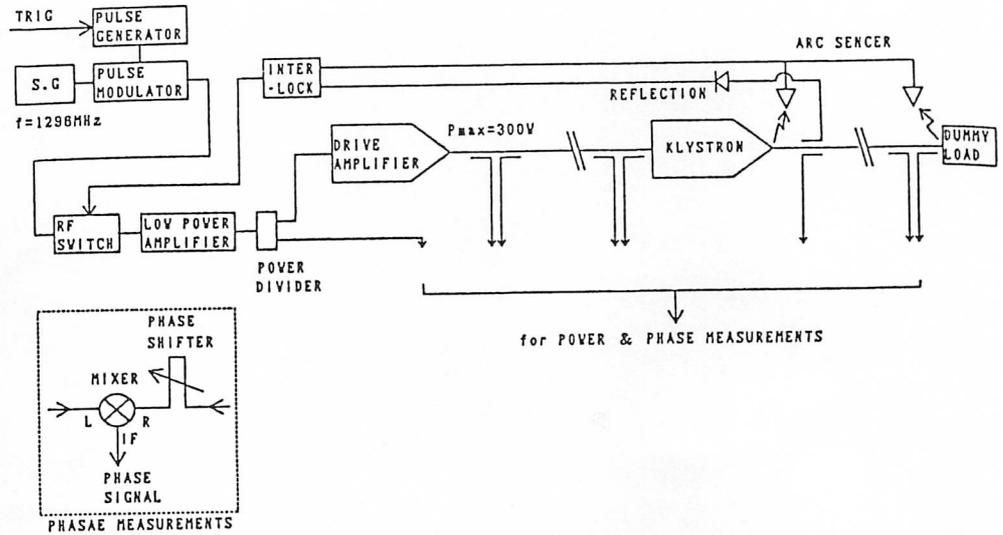


図-3 LバンドテストユニットRF制御部ブロック図

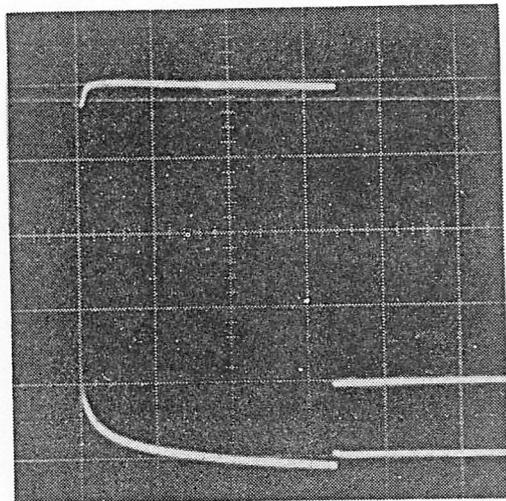


図-5

出力波形
 ($P_o=300W$)

位相波形
 ($21.5^\circ/\text{div}$)
 ($200\mu\text{s}/\text{div}$)

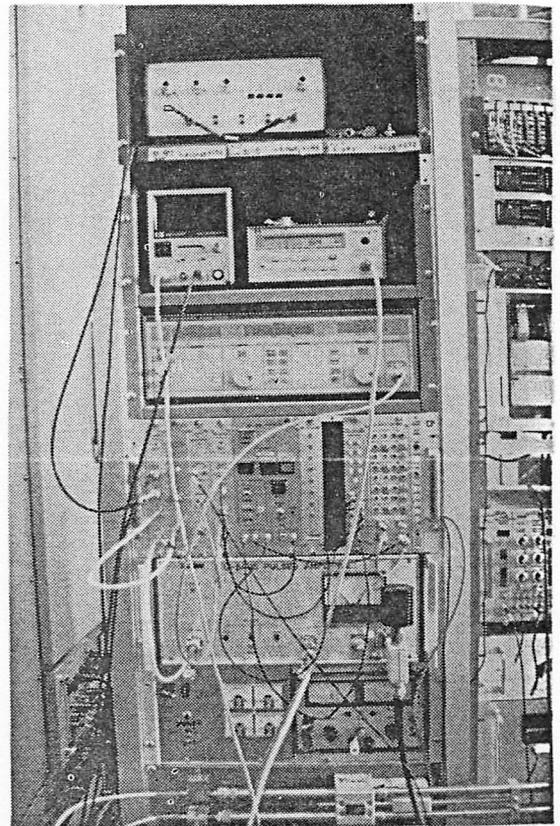


図-4 テストユニットのRF制御部

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) Control of an RF Amplifier for Japanese
 Hadron Facility. H. HANAKI et al
 1988 Linear Accelerator Conference,
 VA, U. S. A., October 3-7, 1988.