

Kibatsu Shinohara , Isao Sugimoto and Kunio Suzuki  
 Technical Dept. NIHON KOSHUHA CO., Ltd.  
 Takio Tomimasu  
 Electrotechnical Laboratory

## ABSTRACT

This paper describes briefly the design, construction and performance of a microwave VSWR monitor which is connected between a load and an output port of a high power pulsed klystron amplifier to always monitor its forward/backward power and VSWR, and then to send out an alarm signal when the VSWR exceeds a setting level.

The VSWR monitor enables us to prevent any troubles which will occur in the klystron or feeder system by turning off the output power of the klystron with the alarm signal applying to an exciter for klystron.

## 1. ま え が き

電子技術総合研究所の500MeV電子リニアック装置は55年12月からほぼ順調に稼働に入った。我々はこの装置に使用するマイクロ波回路のVSWR検出装置を14台設計、製作する機会を得たのでその概要を報告する。

直線加速器に使用する大電力クライストロンは、負荷のVSWRが悪化するとその反射電力のために障害が起るのでVSWRを常時モニターすることが必要である。

本装置はクライストロンと負荷の高周波給電系との間に方向性の良い方向性結合器を入れ、進行波電力、反射電力、VSWRを監視し、VSWRが悪くなるとあらかじめ設定されたレベル以上で警報信号を送出する。この警報信号はクライストロン増幅器の励振回路を制御し、クライストロンの出力を停止し、故障の拡大を防止する。

## 2. 設 計 仕 様

㊦ 下記の主要性能を満すように設計した。

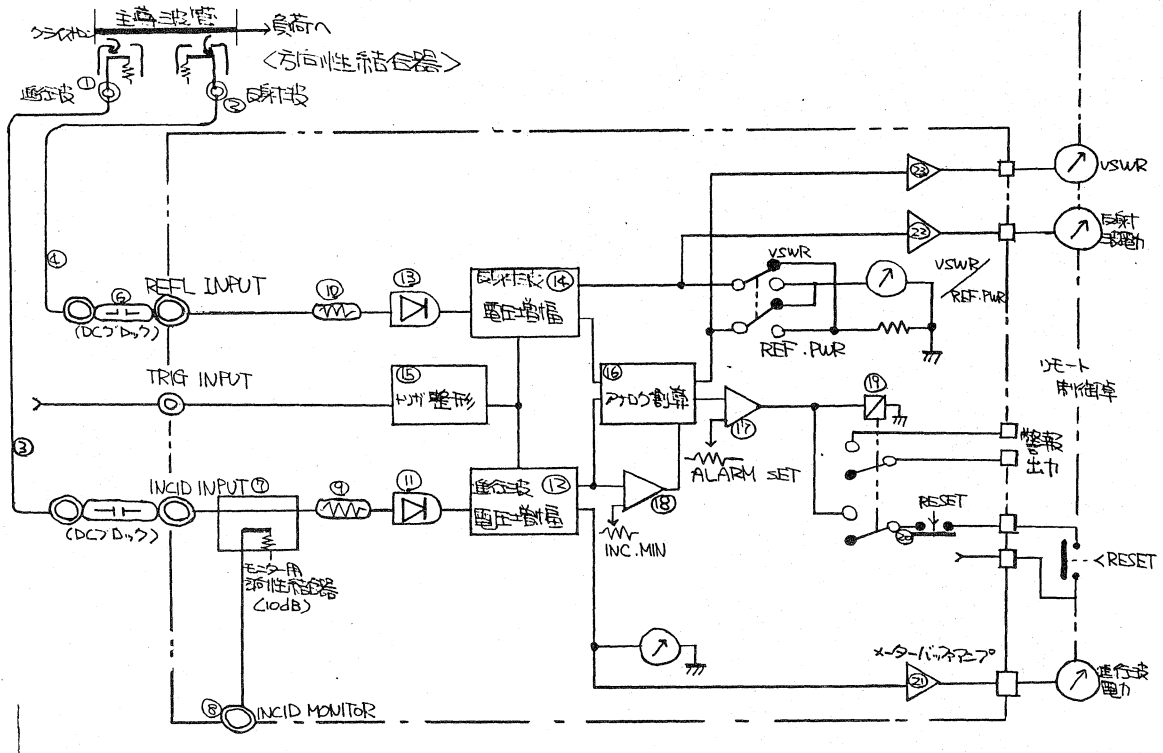
|            |  |
|------------|--|
| 周波数        | 2856MHz  |
| クライストロンの出力 | 2.5~10MW ピーク   |
| パルス幅       | 2~5 $\mu$ s  |
| パルス繰返し     | 600PPS   |
| 測定VSWRの範囲  | 1.0~2.0  |
| 電力測定精度     | ±5%  |
| VSWR警報設定範囲 | 1.1~2.0  |
| 方向性結合器     | Bethe hole coupler, WRJ-3, 結合度 50dB<br>進行波/反射波検出, 方向性 30dB |

b) その他の留意点

- 1) 外部パルスノイズ等の影響が受け難いように同期パルスによりサンプルホールド方式を採用した。
- 2) クライストロンの出力は使用状態で変化するが、これによってもVSWR値が変わらないようにする。
- 3) VSWR値がクライストロンの動作中でもセルフチェックができる。
- 4) 負荷のVSWR = ∞時でも本装置は破損しないこと。

3. 構成

本装置のブロックダイヤグラムを下図に示す。



4. 方向性結合器の方向性

方向性結合器の方向性は測定電力、VSWRの測定値の誤差要因である。従って方向性と測定値の確度については充分検討しなければならない。進行波結合端子に生じる電圧の最大、最少値は

$$e f_{\substack{max \\ min}} = k \sqrt{Z_0 \cdot P_f} (1 \pm |\Gamma| d_1)$$

である。

反射波結合端子に生じる電圧の最大値、最少値は

$$e_{r \max} = k_2 \sqrt{Z_0 \cdot P_f} (|r| \pm d_2)$$

である。

$k_1, k_2$  : 進行波、反射波結合器の電圧結合度  
 $d_1, d_2$  : " " の方向性 (電圧)

従ってV S W R測定値の最大は $e_{f \min}$ と $e_{r \max}$ のときであり、最少値は $e_{f \max}$ と $e_{r \min}$ 時である。同様に電力を測定する場合も誤差を生じる。

#### 5. 検波器およびD Cカット

パルス性のノイズがR F回路から混入しないようにD Cカットを入れた。検波器はパルス応答の速いものを使用している。検波器の直線性、温度特性、パルス応答は測定器の誤差要因となる。

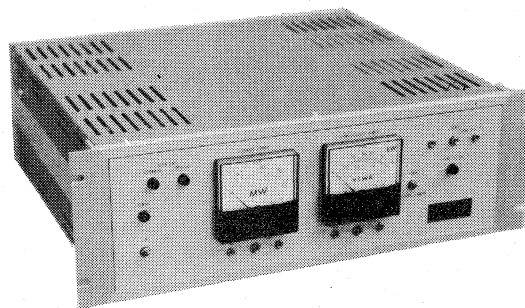
#### 6. 直線性補正回路と恒温槽

検波器は適当な動作点を選んでも直線検波にならない。我々はダイオードをフィードバック回路に使用した直線性補正回路を用いて良好な結果を得た。温度特性については検波器を恒温槽に入れた。

#### 7. 構造

巾480mmの標準パネル構造とし、高さ150mm、奥行400mmである。

入力電源 AC200V, 50/60Hz、R F入力端子、レコーダ出力、電源入力、警報信号出力、モニターの各端子は背面に配置した。



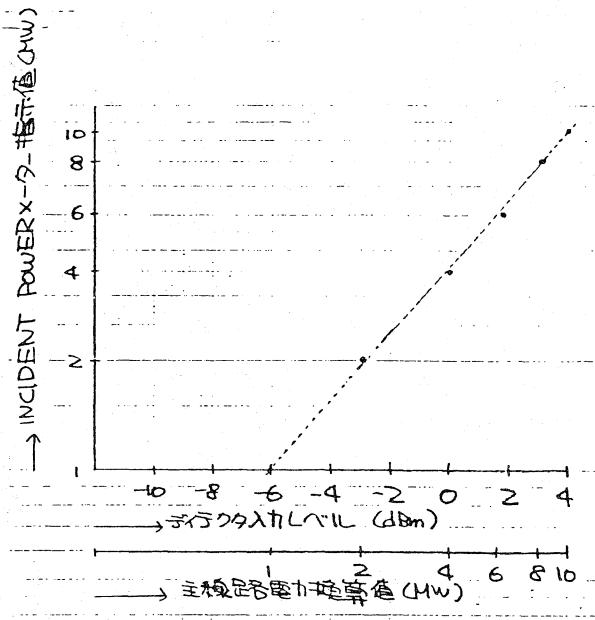
#### 8. 総合特性

方向性結合器 結合度 50dB, 方向性 30dB

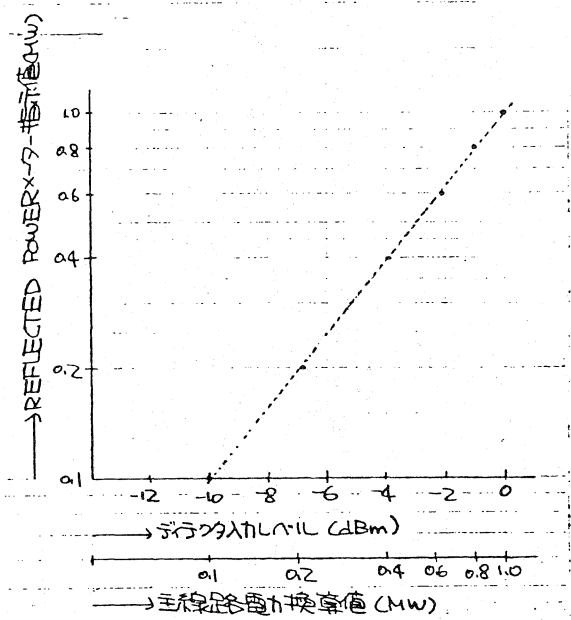
検波器入力レベル 進行波約 +4dBm (10MW時)

反射波約 0dBm (1MW時)

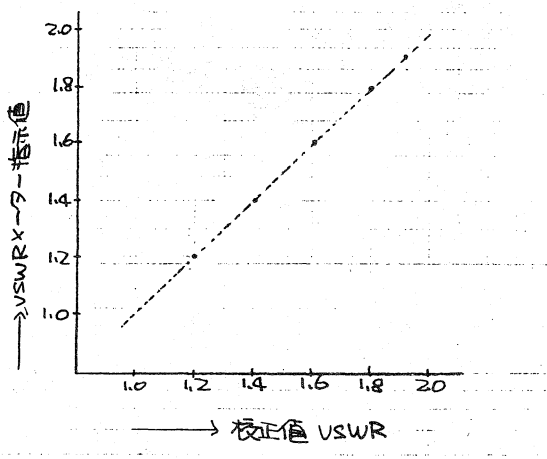
進行波電力計、反射電力計、V S W R計の各指示値の特性は下図の通りであった。



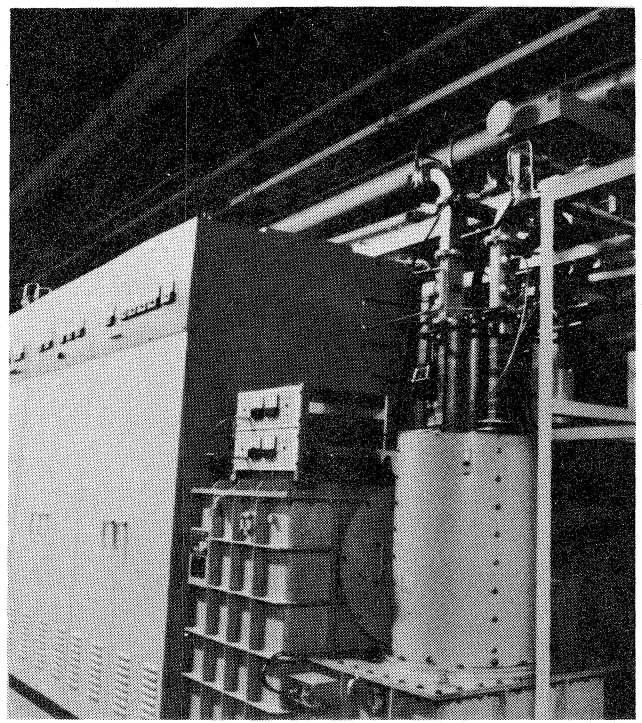
INCIDENT POWER x 指示特性  
(進行波電力計)  
図 1



REFLECTED POWER x 指示特性  
(反射波電力計)  
図 2



VSWR x 指示特性  
図 3



クライストロン用パルス電源上に  
に設置された VSWR モニター (2台)