

Development of 1Mw Waveguide Type High Power Dummy Load

H.Nakanishi, *H.Baba, *K.Shinohara, *H.Yoshigami
*A.Kashiwagi, *S.Hiraoka

National Laboratory for High Energy Physics
*Nihon Koshuha Co.Ltd.

ABSTRACT

1MW waveguide type high power dummy load has been developed for the klystron test station on the TRISTAN in KEK. This klystron test station measure the output power of 800kw~1.2Mw klystron of 50 sets by calorimetric method automatically. This system is in succesful operation.

1Mw導波管形大電力ダミーロードの開発

1. はじめに

高エネ研のトリスタンにおける、出力800Kw~1.2Mwのクライストロンの出力検定を行ない、受入検査するためのクライストロンテストステーション用として、導波管形1Mwダミーロードを開発した。

このクライストロンテストステーションは、クライストロンの大電力出力をカロリメトリックに測定するため、入口・出口の水温測定（精度0.1℃）および流量測定（精度0.1%）を自動計測し、GPIBを介して計算機による演算処理を行なっている。

このダミーロードは、従来行なわれていたアルミナ板による仕切りを用いた水負荷とは異なり、プラスチック（テフロンPFA）の水管をテーパ状の導波管に平行に配置することを特長としている。（特許出願中）

冷却流量 500 l/min以上、VSWR 1.1以下（508.58MHz）である。冷却水は、純水（ $1\sim 2\mu s/cm$ ）に対し、導電率が $200\mu s/cm$ 以上の水を使う方が軸方向の減衰量が多くとれ、VSWR特性も安定であるので、この水質の冷却水を使用している。

このシステムは、すでに約50台の出力800kW~1.2MWのクライストロン大電力出力を自動計測する受入検査を行ない、順調に稼働している。

1. クライストロンテストステーションの概要

このシステムは、クライストロン [フィリップス製 YK1302 (出力800Kw), YK1303 (出力1MW) および東芝製E3786 (出力800KW, 出力1.2MW)] の出力検定をカロリメトリックに自動計測し、受入検査を行なうものである。

このシステムの立体回路のブロック図を図1に示す。

冷却水の流量は570 l/minであり、導電率は $260\mu s/cm$ である。入水温は $24\sim 25^{\circ}C$ （夏は $27\sim 28^{\circ}C$ ）である。

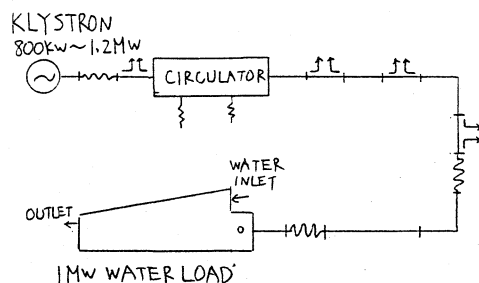


図1 クライストロン
テストステーション ブロック図

入口・出口の水温測定は、デジタル温度計（アドバンテストTR2114、分解能0.1℃、精度0.15%）で、流量は電磁流量計（山式ハネウエル NM110、精度0.1%、0～600 l/min）で、それぞれ自動計測し、GPIBを介して計算機（PC9801M）で演算処理を行なっている。

2. ウォーターロード（水負荷）の動作原理

水の誘電損失 $\tan \delta$ および導電率 σ による高周波の減衰特性を利用し、入射電力を吸収させるダミーロードとしたものがウォーターロード（水負荷）である。

いま、導波管に冷却水が充満した場合の単位長当りの減衰特性はつぎの式で表される。
 （導電率 $\sigma = 0$ の場合）

$$\alpha_d = \frac{8.686 \pi \tan \delta}{\lambda_0} \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2a\sqrt{\epsilon_r}}\right)^2}} \quad [\text{dB}/\text{m}] \quad (1)$$

いまWR1500 $f = 508.58 \text{ MHz}$ として、 $\epsilon_r = 77.1$ （純水 25℃）とすれば

$$\alpha_d = 46.47 \sqrt{\epsilon_r} \tan \delta \quad [\text{dB}/\text{m}] \quad (2)$$

で表される。

508.58 MHz における純水の ϵ_r の温度特性を図2、 $\tan \delta$ の温度特性を図3に示す。図2、図3から式（2）を用いて、単位長当たりの減衰量 α_d を求めたものを図4に示す。これによれば減衰量は水温上昇によりかなり減少することがわかる。

これに対し、導電率 $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の水を使うことを推奨している例（GAMMA MICROWAVE, LC6EA1）もあり、文献（1）によればVHF～UHF帯では、導電率の多い水質の方が純水に比しても減衰量が多いことを示しているので、この水質の冷却水を使用することにした。

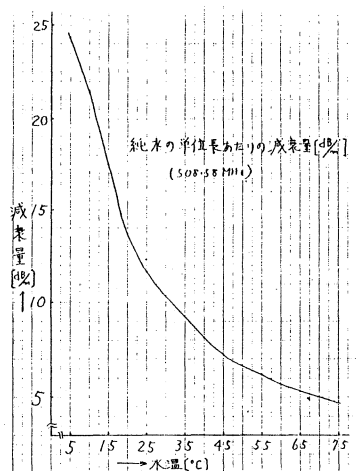
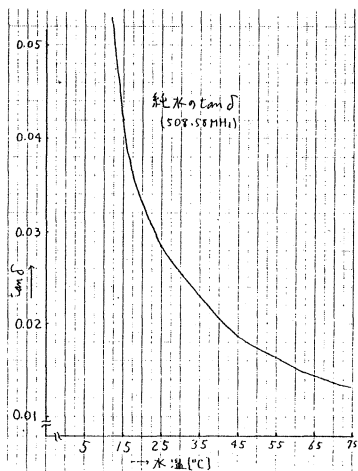
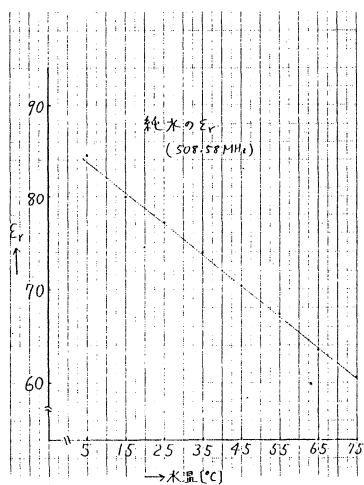


図2 純水の ϵ_r

図3 純水の $\tan \delta$

図4 純水の単位長あたり減衰量

3. 方式

このウォーターロードの構造説明を図5に示す。
従来の方式ではアルミナ板による仕切りを用いたものや、絶縁物の水管を導波管の入口付近で曲げて配置するもの等があるが、本器では図5のように直線することを特長とする。この方式が大電力用に適していることは、原研のJT60用(1.7~2.3GHz) 1.4Mw(10秒) ダミーロード(WR510) 約20台をはじめこの方式のウォーターロードを約100台納入し、稼働中であることからいえる。

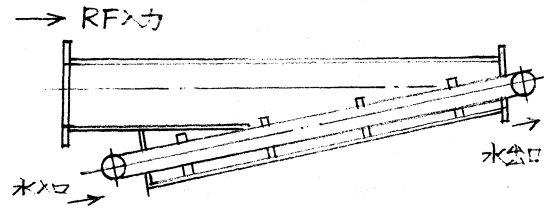


図5 ウォーターロード構造説明図

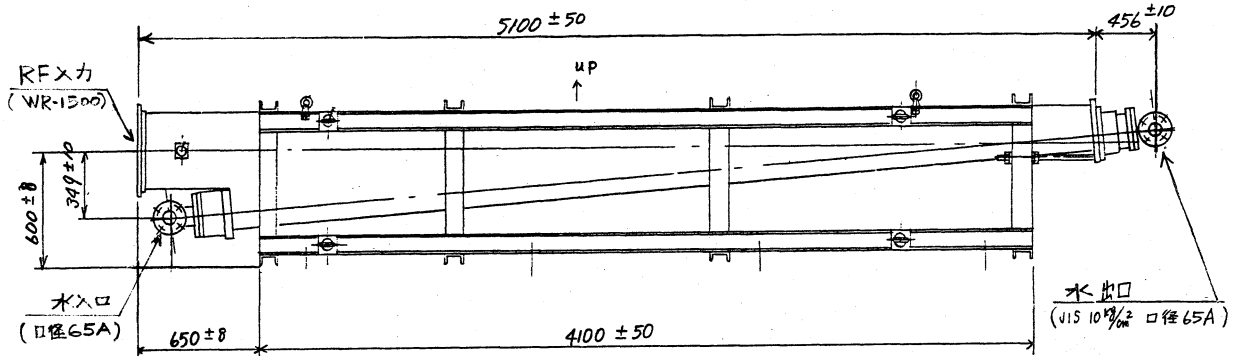


図6 1Mw導波管形大電力ダミーロードの外形寸法図

4. 外形・特性

本器の外形寸法を図6に示す。水平使用である。
Return Loss特性を図7に示す。

本器の規格を下記に示す。

導波管	WR1500
フランジ	UDR-6
定格電力	1MW CW
流量	500ℓ/min以上
耐水圧	3 kg/cm ²
VSWR	1.1以下(508.58MHz)
入力水温	25 ± 5℃

このウォーターロードは、約50台の出力800Kw~1.2Mwのクライストロンの出力検定に使用され、順調に稼働している。

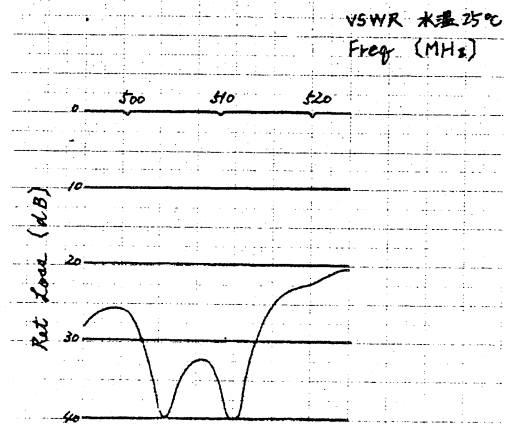


図7 Return Loss特性(25℃)

文献

1. H.M.HAFEZ, et al. "The Attenuation Rate in Fresh Water at VHF Frequencies" IEEE IM-28, No.1, P71~74, 1979