

# 100kW DUMMY LOAD USING WATER FOR A KLYSTRON MODULATOR

S. Yoshimoto and M. Akemoto

KEK, National Laboratory for High Energy Physics

Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

## ABSTRACT

For the high-power test of an X-band klystron modulator, a 100kW-37 kV dummy load using water has been designed and constructed. Coaxial electrodes are used to realize a compact dummy load. The load impedance is regulated in the range of 5 ~ 12Ω by varying the insertion depth of the inner electrode. The input temperature of the water is controlled by a closed-loop cooling-water system in order to maintain the impedance stability. In this paper, the design, specifications and results of performance tests of the dummy load are described.

## クライストロン電源用100kW水抵抗模擬負荷

### 1. はじめに

KEKではXバンドのパルス・クライストロン XB-50K (ピークRF出力 30MW) とXB-72K (ピークRF出力 120MW) のいずれもドライブできるパルス電源を開発した。[1] このパルス電源の性能試験をするために模擬負荷が必要である。大電力であるため通常のセラミック抵抗では装置が大きくなるし、抵抗値の精度も数%とそれほど厳しいものを要求されない。そこで、抵抗体として水を使用し、電極を同軸構造にした非常にコンパクトな模擬負荷を開発した。以下において、この模擬負荷の設計、仕様及び性能試験の結果について述べる。

### 2. 設計及び仕様

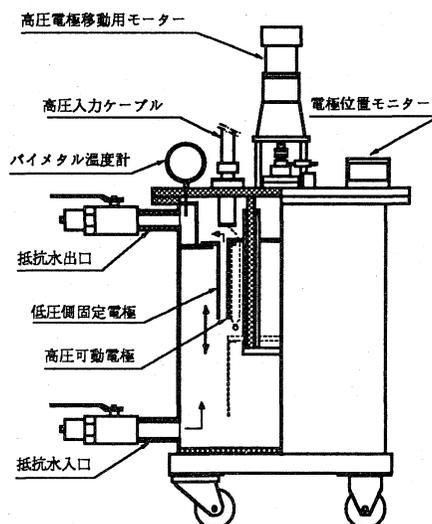
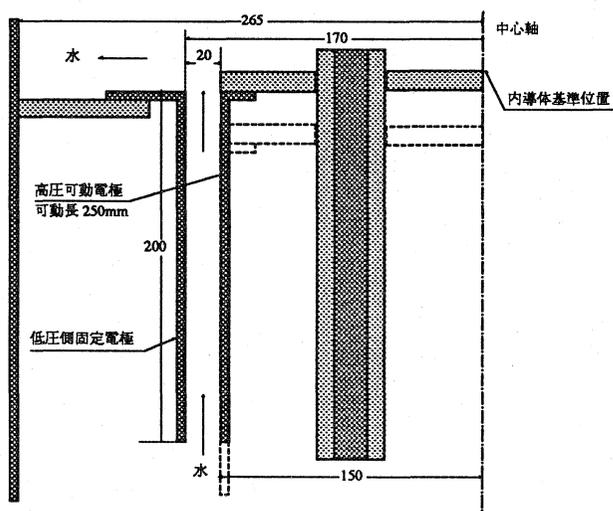
#### 2.1 模擬負荷

表1に示されるパルス電源の定格より、模擬負荷の特性としては耐電圧が37kV、入力電力が97kW、抵抗値が5Ωから11.6Ωまで変化できる必要がある。装置全体をコンパクトにするために、図1のように内筒電極と外筒電極の間に水を流す同軸構造を採用した。また負荷の抵抗値は、水自身の抵抗率を変えることによっても可能であるが、内筒の電極が

表1. パルス電源定格

クライストロン	XB-50K	XB-72K
ピーク電力	77MW	269MW
平均電力	39kW	97kW
出力電圧	30kV	37kV
出力電流	2581A	7342A
負荷インピーダンス	11.6Ω	5Ω
繰り返し	200pps	200pps

図1. 模擬負荷極板部分拡大図 (左) 及び全体図 (右)



モーターにより可動で、対向電極面の面積を変えることによって抵抗値が変化できるように設計した。極板部分の寸法は、水の抵抗率を $50\ \Omega\text{m}$ 、極板間の耐電圧を $20\text{kV/cm}$ とし、抵抗の最小値が $5\ \Omega$ であるとして決定した。また、最大 $100\text{kW}$ の電力が入力されたときでも水の温度上昇を $5^\circ\text{C}$ 以内に抑えるために流量を $300\ \text{l/min}$ とした。

図2に示されるのが今回負荷の性能試験を行ったときに使用した水の抵抗率の温度特性で、実際使用する温度は $30^\circ\text{C}$ から $40^\circ\text{C}$ の間で考えており、この間の抵抗率は $1^\circ\text{C}$ 当たり約 $-1.6\%$ 変化するので水温の上昇を $5^\circ\text{C}$ 以内に抑えれば抵抗値の精度は約 $8\%$ 以下になる。また、図3は水温 $30^\circ\text{C}$ の時、電極の移動距離と抵抗値の変化を示しており、今回使用した水の抵抗率が設計時に考えた値よりも高かったため抵抗値の可変範囲は設計値と異なったが、可変量は設計値通りなので水に洗剤等の電解質を含ませて抵抗率を下げれば設計通りの可変範囲になる。

図2. 水の抵抗率の温度変化

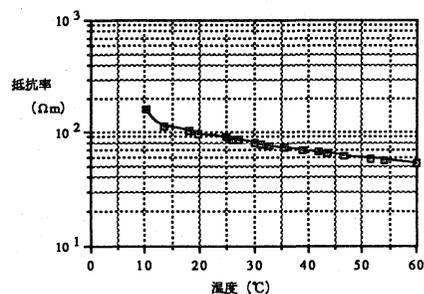
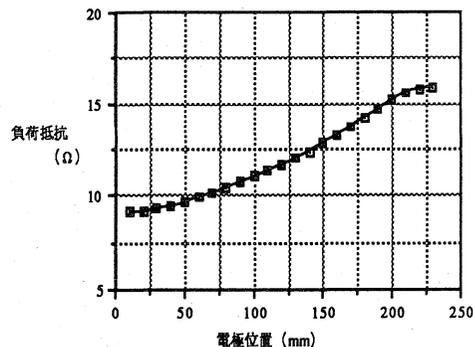


図3. 電極位置と抵抗値の変化



## 2.2 全体の構成

図4 (左) に今回のテストで使用した装置全体を示す。図に示されるように全体としてはパルス電源、模擬負荷、負荷側で循環する抵抗水の温度を制御する冷却装置より構成されている。冷却装置はタンクヒーター、熱交換器、3方制御バルブよりなり、図の温度センサーT2によりタンクヒーターを、温度センサーT3により3方制御バルブをそれぞれフィードバックコントロールをして水温を一定に保てるようになっている。

図4. 模擬負荷試験装置 (左) 及び入力波形 (右)

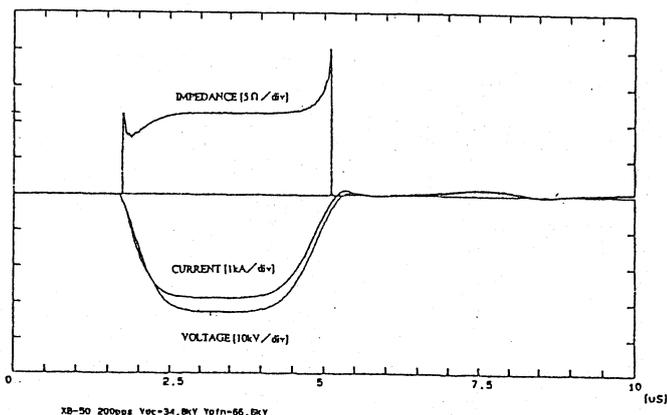
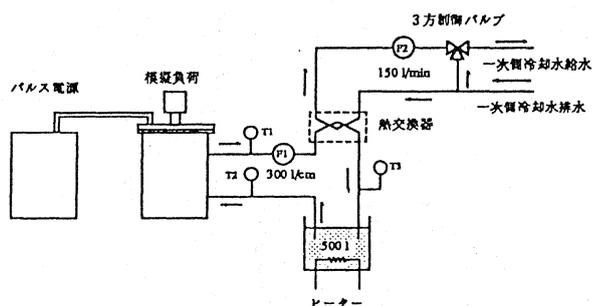
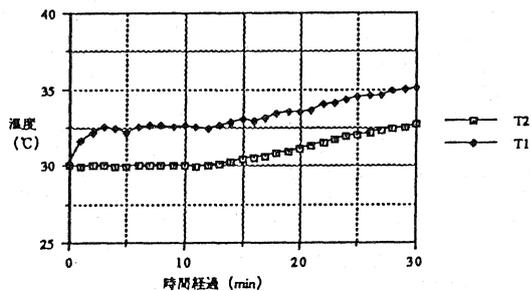
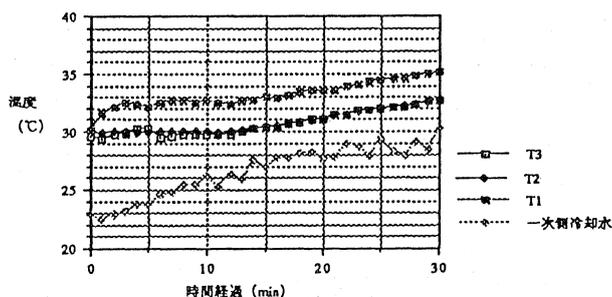


図5. 各点での水の温度変化



### 3. 性能試験

今回の試験では負荷の抵抗値を $11.6\Omega$ 、抵抗水の温度を $30^{\circ}\text{C}$ に設定し、パルス電源をXB-50Kモード、繰り返し200ppsで行なった。図4 (右)はこのときの出力電圧、電流の波形及びその比から計算した負荷の抵抗値を示している。測定開始から12分間は負荷への入力電力 $45.7\text{kW}$  (温度換算で $2.18^{\circ}\text{C}$ ) に対して、T2つまり負荷出口の水温の上昇は約 $2.5^{\circ}\text{C}$ となりほぼ設計通り負荷に入った電力は吸収されている。しかし、その後温度は徐々に上昇しているが、これは今回の試験を行ったとき、一次側の冷却水の容量が充分でなかったためである。それでも、この間の抵抗値の変化量は $0.4\Omega$ で精度3.4%という設計値よりも安定していた。

### 4. まとめ

今回の試験の結果より、放電や予想以上の発熱もなく、抵抗値も精度3.4%で安定して使用できる模擬負荷を開発した。今後は今回の結果を踏まえて、パルスランスも含めた2次側の模擬負荷を開発する予定である。

### 5. 参考文献

- [1] 明本光生 ; 本研究会