

FABRICATION OF THE 12KW DUMMY LOAD FOR THE MODULATOR

M.YOSHIDA, N.NINOMIA*, A.TOKUCHI* and JLC Study Group

National Laboratory for High Energy Physics

*Nichicon Co. Ltd.

Abstract

We fabricated high power and stable dummy load for testing the modulators of S-band klystrons. The dummy load is constructed of 32 ceramics resistors and efficient cooling system. Impedance, maximum input voltage, pulse width and repetition rate are $4\ \Omega$, 35kV, $3.5\ \mu\text{sec}$ and 10pps respectively.

モジュレータ用 12kw ダミーロードの製作

1. はじめに

現在、高エネルギー研究所ではリニアコライダー計画 (JLC) が進められている。この計画では電子、陽電子の前段加速用に数多くのSバンドクライストロンが使用される。それに伴いクライストロン用のモジュレータも数多く必要になってくる。今回製作したダミーロードは、このモジュレータの波形調整、及びサイクロトンのエージングに使用するものである。

2. 定格

モジュレータの使用モードには2種類あり、クライストロンの出力が67MWと100MWの場合に対応している。100MWの場合、電圧、インピーダンス、パルス幅は、それぞれ32.2KV、 $3.7\ \Omega$ 、 $3.5\ \mu\text{sec}$ となり、67MWの場合、23.3KV、 $4\ \Omega$ 、 $7\ \mu\text{sec}$ となつている。繰り返しは、両方とも50ppsである。繰り返しを50ppsとした場合、電力は60KWとなつて固体抵抗を使用した場合には非常に大きいダミーロードとなる。よって、今回は繰り返し10ppsに対応する電力12KWのダミーロードを製作することにした。まとめると、ダミーロードの定格は、最大印加電圧35KV、インピーダンス $4\ \Omega$ 、最大電力12KWとなる。

3. 製作

3.1 抵抗体

使用した抵抗体は、東海高熱社製のセラミック抵抗で外形450mm×50mmφの円筒状で、定格電力は気中使用で270Wのものである。この抵抗を気中で使用すると定格を満足するためには約45本必要となる、また気中で使用すると抵抗体の温度が上がりすぎて危険である (常用温度 230°C)。それと抵抗体の温度変化が大きいので抵抗値が常温の値から大きく変化する (電圧係数 $-0.15\%/^\circ\text{C Max}$)。よって電気絶縁油で抵抗体を冷却するものとする。油中使

用する場合、抵抗体に塗られるエポキシ塗料の関係で使用表面温度が 100°C に制限される。

3.2 冷却方法

抵抗体の温度を 100°C に抑えるためには油によって効率良く抵抗体を冷却しなければならない。そのために抵抗体を丸い油槽の中に同心円状に並べる。この状態で抵抗体が発熱すれば対流が起こる。この対流をファンで強めて、その流れの中に水の冷却パイプを入れてやれば非常に効率良く抵抗体を冷却できる。図1にダミーロード抵抗体の配置図を示す。抵抗体は、内筒の中に配置されている、そして抵抗体下部に抵抗体の筒より小さい穴があいておりここから油が上に流出して抵抗体を冷却する。抵抗体を冷却して暖まった油はファンによって吸い上げられ水の冷却パイプを通して再び冷却されて抵抗体に向かう。抵抗体の本数は抵抗体から油への熱伝達率と抵抗体の表面積より25本以上必要である。今回は抵抗値調整のため32本取付けるようにした。また油の流量は12KW定格の時に42リッター/毎分以上必要であり、水は冷却パイプに日立のローフィンチューブを使用して17リッター/毎分以上必要である。

3.3 電圧、電流モニタ

モジュレータのパルス波形調整に使用するためにピアソン社製のカレントトランスフォーマー (CT) とキャパシティブボルテージ Divider (CVD) を使用した。

3.4 高圧導入端子

ダミーロードの高圧導入端子は、Sバンドのクライストロンと同じものを使用した。これによって高圧の部分がシールドされて安全である、またモジュレータとの接続も簡単になる。

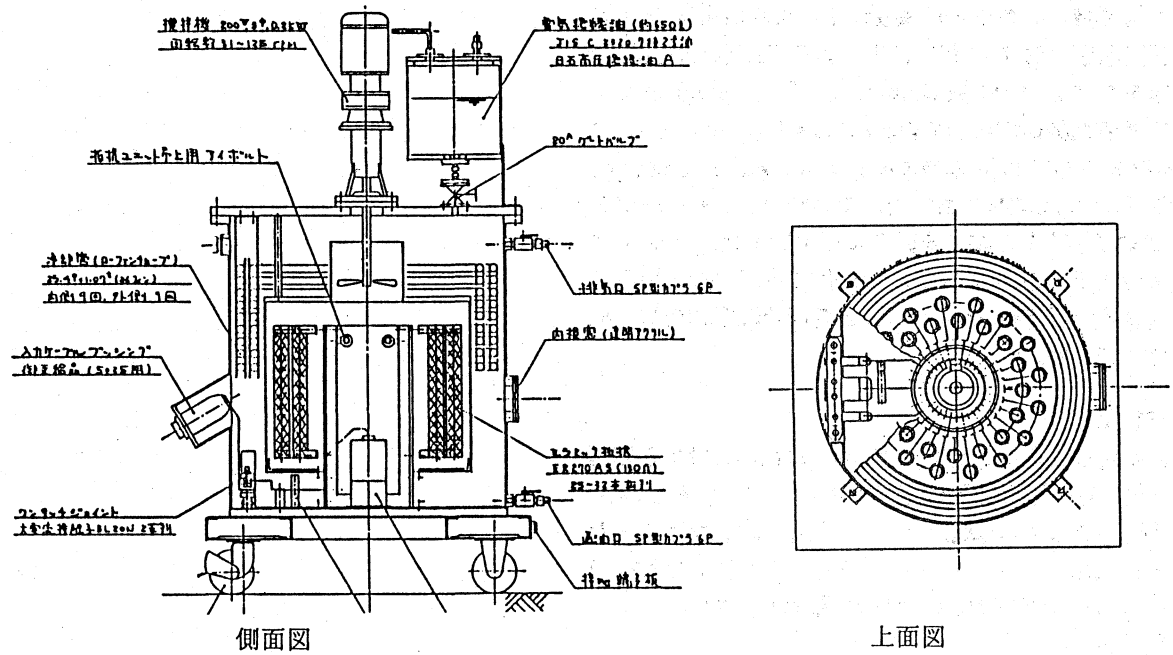


図1 12KWダミーロード構造

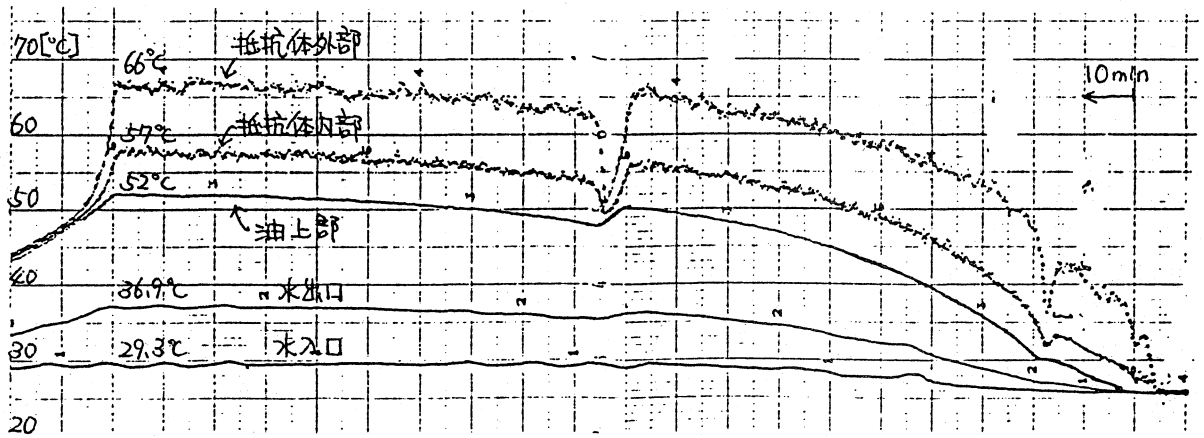


図2 ダミーロード各点の温度上昇 (水流量 21.8リッター/毎分)

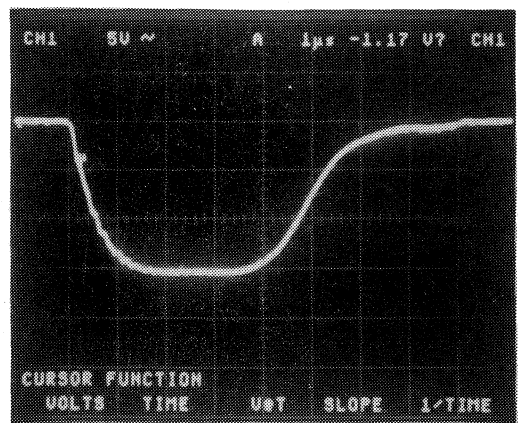
4. ダミーロード試験

4.1 油流量試験

ファンから流出する油の量を測定したところ最大 55リッター/毎分あった。これは十分な値である。

4.2 電力試験

試験は250V、60Hzの低圧をかけた場合と実際にモジュレーターに接続して高圧をかけた場合の2種類をおこなった。低圧の場合は熱電対をテフロンで絶縁するようにして抵抗体に取り付けて表面温度をモニターした。また高圧の場合は光ファイバーによる温度センサーを使用した。低圧試験で電力12KWの場合、抵抗体の本数を25本、油流量を55リッター/毎分、



1 μ sec/div

図3 CTパルス波形

水流量を17リッター／毎分、冷却水入り口温度が21℃、室温が28℃のときに抵抗体表面の温度は56℃で安定した。また高圧試験では、抵抗体の本数を32本（抵抗値4Ω）にして約25KVの電圧をかけた。この時のパルス幅は半値幅で4.65μsec、繰り返しは20pps、電力は14.6KWであった。この時のダミーロード各点の温度上昇の様子を図2に示す。またCTによるパルス波形を図3に示す。抵抗体の内側と外側の表面に取付けた温度センサーの温度はそれぞれ52℃、66℃で安定した。

5. 結論

試験結果を見ると定格の12KWに関しては何ら問題がない。抵抗体表面温度を100℃までだとすると30KW程度の電力まで試験できそうである。また図3でわかる様にダミーロードのインダクタンス成分も少ない。これは抵抗体と容器の同軸構造が効いていると思われる。