

DESIGN AND MANUFACTURING OF 1.4MW RF AMPLIFIER FOR HIMAC ALVAREZ LINAC

H.Murata*, S.Yamada, Y.Sato, H.Ogawa, T.Yamada, Y.Hirao
O.Morishita*, Y.Kumata*

National Institute of Radiological Science

* Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

ABSTRACT

An RF power supply for the HIMAC Alvarez linac has been tested with the cavity of the linac at Sumitomo Heavy Industries (SHI). We successfully fed the maximum RF power of 1.5MW to the cavity in pulse mode (1.2msec width, 3Hz repetition rate). The amplifier of final stage is stable enough against the reflection power, so that it was not necessary to use any circulator at all. The outline of the RF power supply and the characteristics of the final amplifier are described in this paper.

HIMACアルバレライナック用1.4 MW高周波増幅器の設計及び製作

1. はじめに

HIMAC入射器系には共振器として、RFQライナック、アルバレライナック、デバンチャーがある。これらに供給されるRF電力は、RFQライナックが300kW、デバンチャーが30kW、3共振器(第1～第3タンク)から構成されるアルバレライナックは1共振器当たり1.4MWとなっている。

現在、アルバレライナック用1.4MWアンプ系のうち1系統が製作され、第3タンクを実負荷としての性能試験が終了した。この試験では、1.4MWのRF電力が安定に出力され、良好な性能が確認された。本論文では入射器系RFシステムの概要とアルバレ用終段1.4MWアンプの設計及び今回の試験結果について報告する。

2. 入射器系RFシステム

図1に入射器系RFシステムのブロック図を示す。周波数は全て100MHz、周波数安定度は、 10^{-8} である。RF制御回路(AGC、APC、AFC)は、アンプの各系統毎に1台ずつ設けられており、キャビティのRF振幅を0.1%以下、RF位相を 1° 以内に安定化する。

5系統からなるアンプ系は、RFQライナックで2段、デバンチャーで1段、アルバレライナックで3段の真空管アンプとトランジスタアンプにより構成されている。今回試験が行われたアルバレ用の1.4MWアンプ、100kWアンプはグリッド接地型、5kWアンプはカソード接地型である。表1に1.4MWアンプ系の動作解析パラメータを示す。

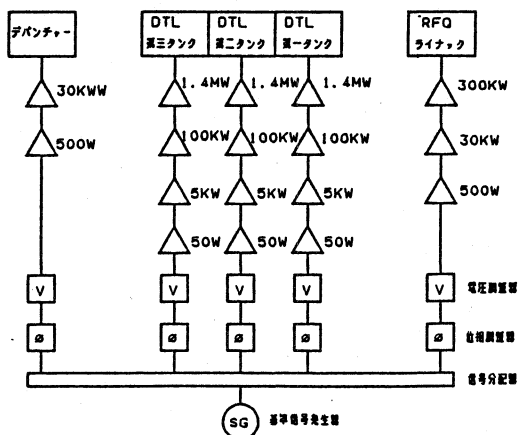


図1 入射器系RFシステム
ブロック図

| | 5kW7フ | 100kW7フ | 1.4MW7フ |
|----------|----------|----------|----------|
| 真空管 | RS2032CL | RS2058CJ | RS2074SK |
| 出力 | 7.5kW | 130kW | 1500kW |
| プレート電圧 | 6.5kV | 10kV | 20kV |
| スクリーン電圧 | 800V | 1kV | 1.5kV |
| グリッド電圧 | 140±15V | 255~315V | 630~690V |
| プレート電流 | 1.7A | 18.5A | 101A |
| プレート損失 | 3.5kW | 61kW | 610kW |
| ドライブパワー | 30W | 6.2kW | 110kW |
| 効率 | 68% | 70% | 74% |
| プレート負荷抵抗 | 2000Ω | 340Ω | 120Ω |

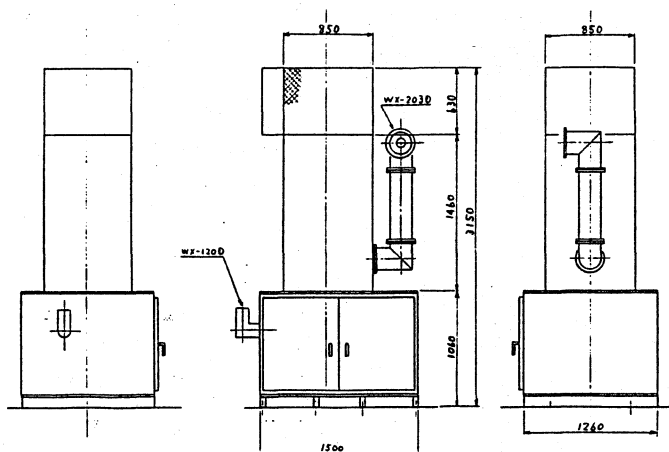
表1 1.4 MWアンプ系の真空管
及び設計パラメータ

3. アルバレイナック1.4 MWアンプ

図2に1.4 MWアンプの外観図を示す。真空管はSIMENS社製のRS2074SKを使用している。この真空管はGSIのUNILAC用にも使用されており、安定な動作が得られているものである。

アンプの出力回路は3λ/4共振回路であり、ショート板を摺動させて±2MHzの範囲で同調をとることが可能である。整合は、C結合では放電のおそれがあるためL結合とし、ループを回転させて行う。またG1-G2回路部は、入力回路と出力回路の結合をふせぐためλ/2共振回路としショート板を摺動させて同調をとる。出力回路で増幅されたRFパワーは1ポートから取り出され、アルバレイナックへ供給される。給電はWX-203Dで行い、サーキュレータなしで直接RFカップラに接続される。従って出力共振回路は、タンクからの全反射に対して十分な耐電圧を持つように設計されている。

図2 1.4 MWアンプの外観図



4. テスト結果

4-1. ダミー負荷テスト

1.4 MWアンプの性能を確認するためにダミー負荷テストでは、パルス幅1.2ms、デューティ0.36%で8時間の連続運転を行い、1.4 MWが安定に出力されることを確認した。1.

4 MW出力に必要なRF入力は53 kWであり、ゲインは設計値より若干高い14.2 dBであった。また、カソード電流は94 A、効率は66.4%であった。出力安定度は、運転開始後40~50分程度まで±5%のドリフトがあったが、それ以降は±1.5%程度であった。

ダミー負荷テスト中、

①660 MHz及び1300 MHzの寄生発振

②G1-G2回路での30 MHzの $\lambda/4$ 共振

が起こったが、①は、真空管を取り囲むように出力回路内に4本のエレマ抵抗を取り付けて発振を抑えた。②は発生メカニズムはわかっていないがG1-G2回路のソケット近くをショートする事により抑えられた。

4-2. 実負荷テスト

ダミー負荷テスト後、1.4 MWアンプとアルバレ第3タンクを接続して実負荷テストを行った。1.4 MWアンプからは50 kWからほぼ設計通りの1.5 MWまでが安定に出力され、キャビティにRF電圧を印加することができた。図3には1.5 MW出力時の進行波・反射波、及びキャビティ内のRF波形を示す。パルス立ち上がり時に反射波が存在し真空管の負荷インピーダンスが最適値からずれるために、出力が最大値の40%程度になっていることがわかる。

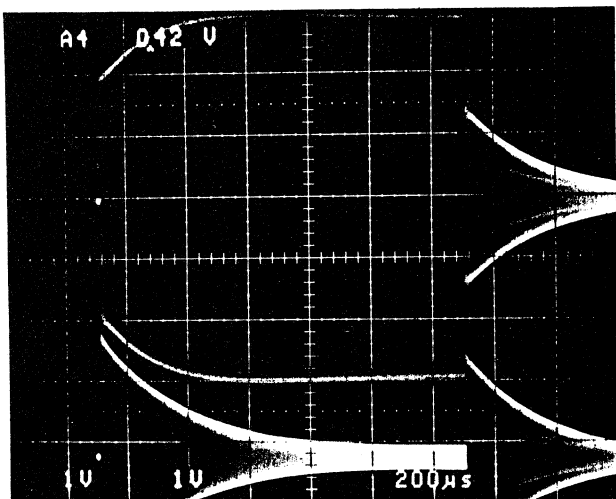


図3-1 1.4 MWアンプの進行波(上)、
反射波(下)

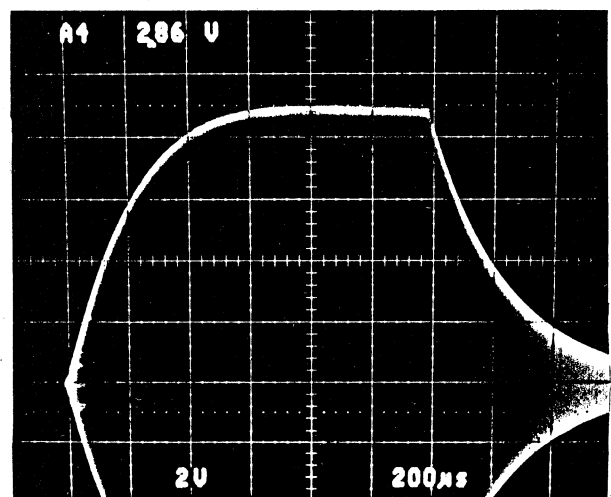


図3-2 キャビティ内のRF波形

5. おわりに

アルバレ用1.4 MWアンプ系の性能試験として行ったダミー負荷テスト、実負荷テストでは、当初の設計通りほぼ1.4 MWのRF出力が安定に得られた。'90年11月には第1、第2タンク用1.4 MWアンプ系が製作され、'91年6月からの工場テストでは実負荷でのアルバレ用3系統並列運転を行う予定である。