

## 重イオン加速用高周波増幅器

日本高周波株式会社 理化学研究所

松本博文 日本高周波  
 篠原乙菟 日本高周波  
 千葉好明 理化学研

この度、理化学研究所の重イオン加速用高周波増幅器を設計、製作する機会を得、未だ完全動作に至っていないが、設計方針とその結果を報告します。

## (1) 設計の要旨

高周波増幅器は6台の可変周波線形加速タンクに各々単独にその出力を給電するもので、広い周波数に亘り、安定性、安全性に重点をおいた、信頼度の高い高電力発生装置を作る。

## (2) 設計規格

|            |  |                        |
|------------|--|------------------------|
| 1 高周波出力電力  | 1号機  | ~108KW (CW)            |
|            | 2号機  | ~133KW (CW)            |
|            | 3号機  | ~176KW (CW)            |
|            | 4号機  | ~208KW (CW)            |
|            | 5号機  | ~261KW (CW)            |
|            | 6号機  | ~300KW (CW)            |
| 2 周波数      | 17~46MHz                                       | 連続可変                   |
| 3 最終増幅電子管  | RCA-4648                                       | 水冷 4極管                 |
| 4 高周波出力接栓  | 同軸線路 60Ω                                       | 外径 300 <sup>φ</sup> mm |
| 5 高周波入力振入力 | +13dBm   |                        |
| 6 コントロール   | a 操作 局操及び遠操 (コンピュータ制御可能)                       |                        |
|            | b 高周波系 自動制御による同調、整合機能をつける。                     |                        |
|            | c 加速タンク電圧を検出し、あらかじめ設定された基準値に高周波の振中と、位相を安定化させる。 |                        |
| 7 冷却       | • 純水及び工業水による水冷                                 |                        |
|            | • 強制空冷   |                        |
| 8 電源入力     | a AC 200V 3 <sup>φ</sup> 30KVA                 |                        |
|            | b 終段アノード電源 8~16KV 500KW (最大)                   |                        |

(3) 本装置のブロック図を図-1に示す。(6台共通)

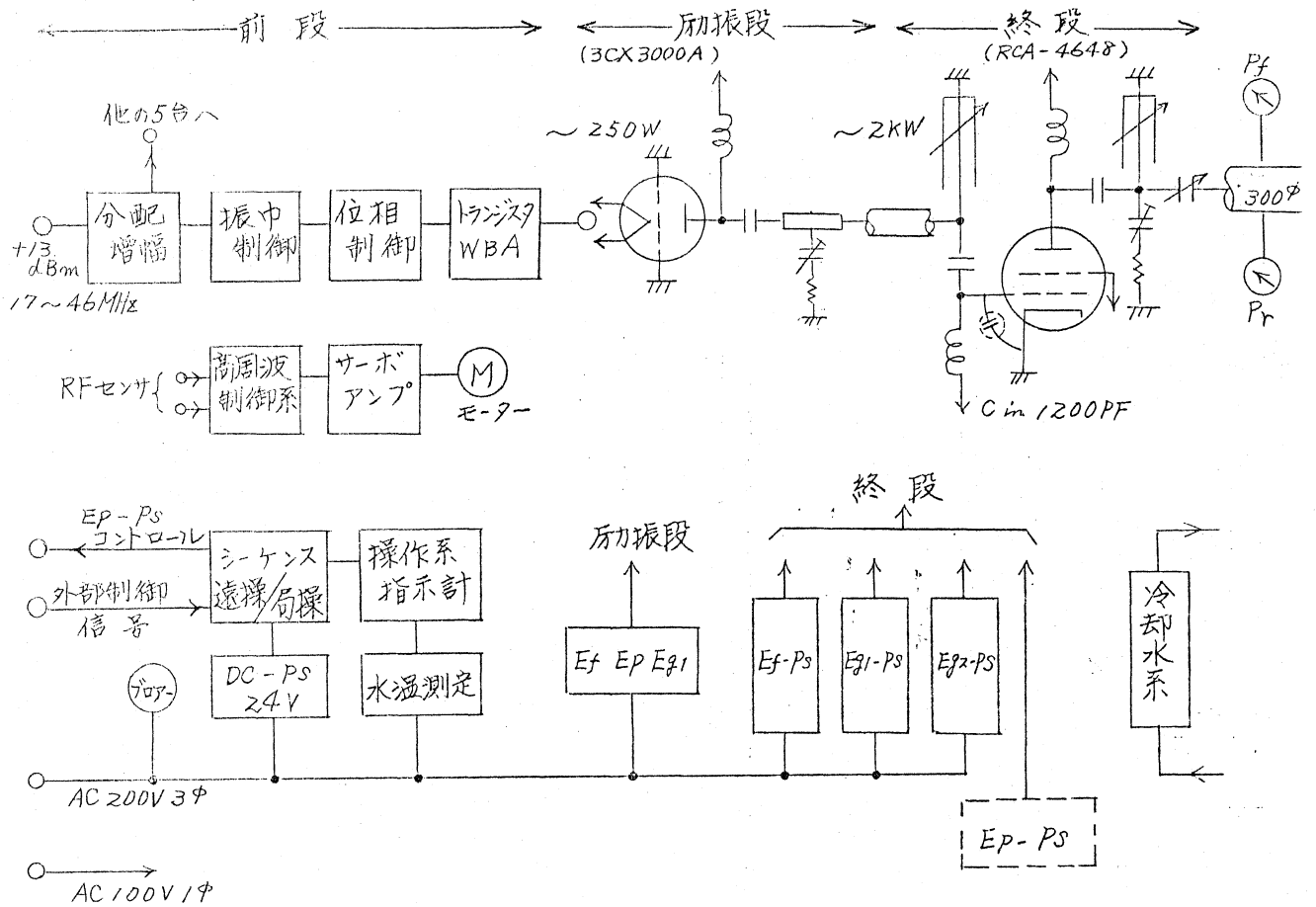


図-1 ブロック図

(4) 設計方針と動作結果

(4-1) 終段出力管の動作パラメータを、6号機について表-1に示す。

|                             |                                 |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| $EP = 16 \text{ kV}$        | $i_{pm} = 1.35 \text{ A}$       | タンク回路電流 = $370 \text{ A}_{rms}$ |
| $Eg2 = 1.4 \text{ kV}$      | $\phi P = 50 \text{ A}$         | タンク回路容量 = $3100 \text{ kVA}$    |
| $Eg1 = \sim -400 \text{ V}$ | $IP = 30 \text{ A}$             |                                 |
| $EP = 12 \text{ kV}$        | $P_{in} = 480 \text{ kW}$       |                                 |
| $EP_m \cong 4 \text{ kV}$   | $P_{eff} = 60\%$                |                                 |
| $\theta P = 65^\circ$       | $P_{loss} = 1.80 \text{ kW}$    |                                 |
| $Eg = \sim 400 \text{ V}$   | $P_{drive} = \sim 2 \text{ kW}$ |                                 |
| $RP = 240 \Omega$           | $P_{out} = 300 \text{ kW}$      |                                 |

表-1

(4-2) 終段入力回路

RCA-4648の入力キャパシタンスは、1200PFと極めて大きい。図-2の等価回路より入力インピーダンスを算出すると、 $-j9.2\Omega \sim -j1.02\Omega$  (15~46MHz)であり自己共振周波数は50数MHz程度である。その様子を図-3に示す。

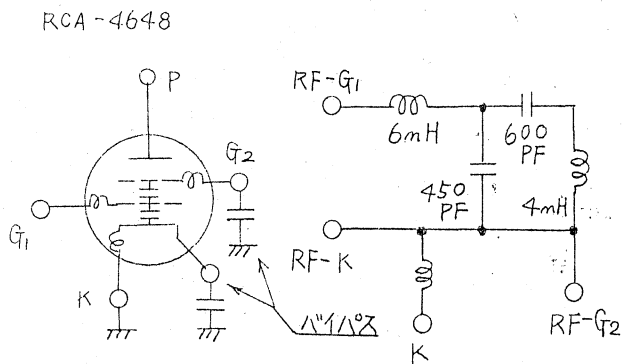


図-2 入力等価回路

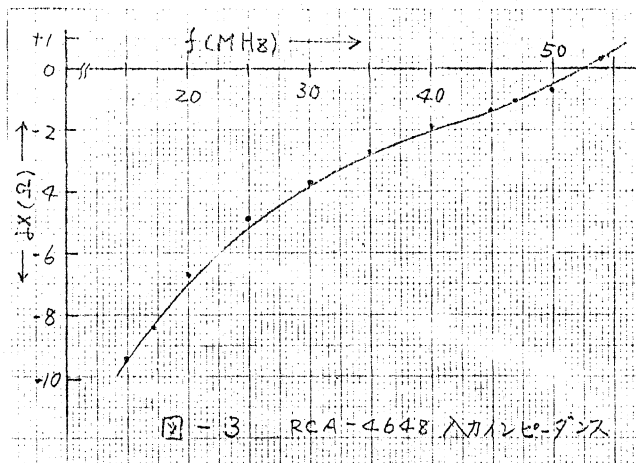


図-3 RCA-4648 入力インピーダンス

このような入力インピーダンスに励振することは困難であるが、我々は外部に同軸状のコンデンサーを直列に挿入し、これを含めて共振させ同時に前段との整合を容易にさせた。入力部分の等価回路を図-4に、共振特性を図-5にそれぞれ示す。

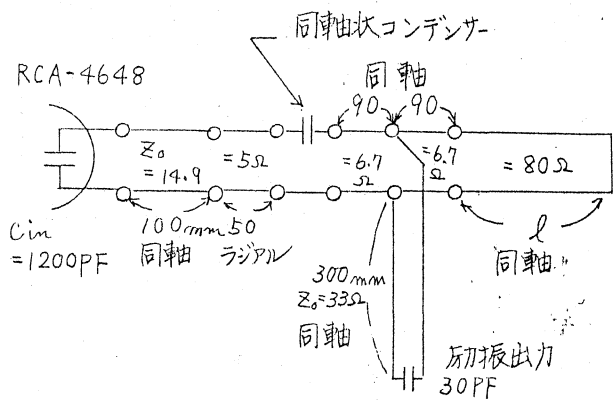


図-4 終段入力等価回路

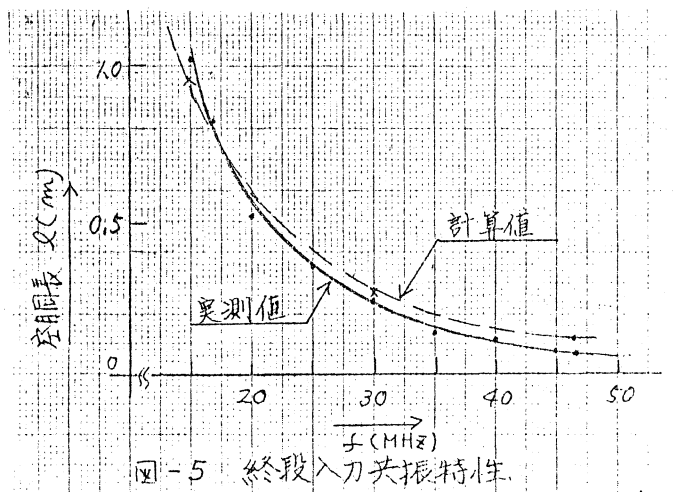


図-5 終段入力共振特性

(4-3) 終段出力回路

この部分では高電力を扱うため、高周波、直流、双方について耐電圧、電力、損失及び耐熱等に十分な余裕と安定性をもつ設計とした。

出力回路の共振器は表-1のタンク電流及び容量の条件で、所定の同調範囲をカバーさせるため同軸形空胴とし、ストロークは1.5m。ショート板の摺動部分には、接点合金を採用した。この空胴での高周波損失は約6kWで、外軸、内軸及びショート板に純水をとおりて冷却した。

終段出力部の等価回路を、図-6に、共振回路の同調特性を、図-7に示す。

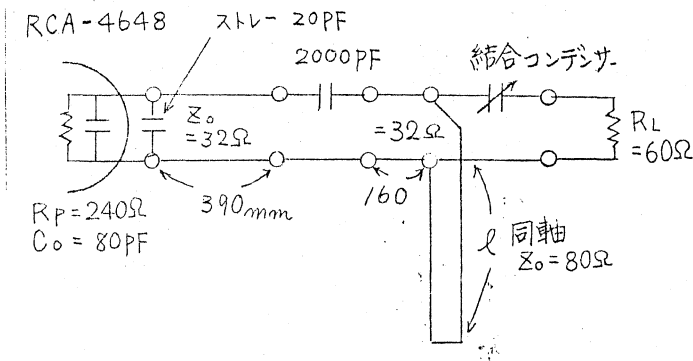


図-6 終段出力等価回路

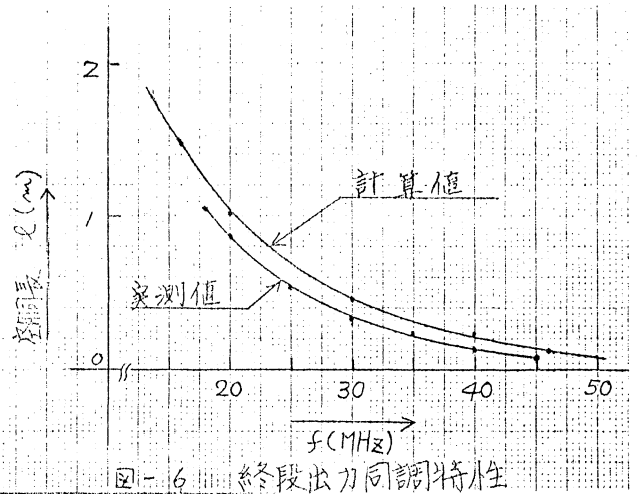


図-7 終段出力同調特性

(4-3) 総合動作

現在1号機の動作結果が、表-2のように確認されている。

|                |       |      |      |
|----------------|-------|------|------|
| ◦ ダミロード負荷      |       |      |      |
| 周波数 (MHz)      | 20    | 35   | 40   |
| 出力 (KW)        | 41.6  | 40.6 | 45.3 |
| 終段管効率 (%)      | 40.6  | 41.1 | 48.6 |
| ◦ 加速空洞負荷       |       |      |      |
| 周波数 (MHz)      | 20    | 24   |      |
| タンク電圧 (KV) ピーク | 194.7 | 190  |      |

表-2

加速タンク電圧の目標値180KVに対し、ほぼ予定値に達している。

最後に本増幅器の製作にあたって、種々の御配慮をいただきました。理化学研究所リニアック研究室の小手主任、日本高周波株式会社代表取締役様に感謝いたします。