

THE HIGH POWER RF AMPLIFIER FOR RFQ-LINAC

K. NAGATSUKA, °H. MATSUMOTO, K. NAKAMURA,
H. BABA, K. SINOHARA AND *K. TOKIGUCHI
NIHON-KOSHUHA Co., . LTD.

*HITACHI-LTD. HITACHI RESEARCH LAB.

Abstract:

We have researched and developed a variable energy type RFQ-LINAC. This paper describes an RF amplifier as a power source for the RFQ-LINAC which able to feed a 100-kW Level RF-power with a continuously variable frequencies of 10 to 30 Megahertz. Now we have obtained better characteristics of it which are described hereinafter.

[1] はじめに

加速エネルギー可変式のRFQライナックを研究、開発中で、RF電源として周波数10~ 30MHz連続可変 出力100kW(CW)を計画した。

本稿では、RF増幅器についてほぼ予定の性能を得たので報告する。

[2] 構 成

RF増幅器は、制御系、RF増幅系⁽¹⁾、直流高圧電源、冷却水装置及びRFQ電極用整合回路、等で構成される。

RF増幅系のブロック図を(図-1)に、又外部共振回路付RFQ電極⁽²⁾及びインピーダンス整合の様子を表したRFQ電極系を(図-2)に示す。

[3] 主要回路について

3-1) 励振器 (EXCIT)

入力RF基準信号 (10~30MHz, +10dBm) は、振幅・位相回路でそれぞれ設定され、全固体化回路のWBA (広帯域アンプ) により500Wで出力される。励振器は制御系機器と共にJIS標準ラックに収納した。

3-2) 前段アンプ (IA)

水冷式四極管 (RS-2012CJ SEIMENS) をカソード接地で用いたAB₁クラスアンプとした。

励振入力側は、A.P.N (All Pass Network)⁽³⁾ の利用でtubeの入力キャパシタンス (C_{in}≒200PF) を補正して広帯域特性を保っている。この回路の終端インピーダンスは50Ωで、IA段のグリッドバイアス (E_{g1}) 電圧もこの終端抵抗器を通じて供給した。以上の広帯域化対策により (EX) ~ (IA) 励振側間は周波数無調整となっている。

3-3) 終端アンプ (FA)

アノード損失100kWの水冷式四極管 (TH-535 THOMSON-CSF) をグリッド接地とし、広帯域に渡る安定動作を計った。

3-3-1) (IA) ~ (FA) 間結合回路

FA tubeの検討よりアノード出力=110kW を得るには、カソード励振側インピーダンスを、R_k≒10~15Ω, G_k≒200PF においてε_k=400V, P_d=8kWを要することが分った。

一方、IA tubeのアノード回路を $\epsilon_p=4kV$ 、 $R_p=1k\Omega$ で使えば(IA)~(FA)間の電圧比が10:1 (インピーダンス比100:1)となり、このインピーダンス整合回路は波長に比べ十分に短い分布定数回路長を用いたインダクタンス(L)分割方式とした。即ち全長(L)=1000mm の同軸管($Z_0=23\Omega$ 、 $77\phi/52\phi$)の短絡点より40%位置をFA励振点とし、他方開放側よりIA出力を供給した。

尚、この回路でのリアクティブパートは、IA出力側に設けたこの回路では唯一の(VVC)可変コンデンサで補正することにした。

IA出力回路の様子を(図-1)に示す。

3-3-2)出力回路

アノード回路は、 $1/4$ モードの同軸スタブや共振用可変コンデンサ (VVC)、DC ブロックコンデンサ(2000PF 20kV 180kVA 200 ϕ アルミセラミック)、負荷結合可変コンデンサ (VVC) 等で構成し最大2400kVA を扱っている。

同軸スタブは外径300 ϕ とし、 Z_0 (特性インピーダンス)を80 Ω 、可変ストロークは 1600mm とした。内軸は二重構造で中心部にFAアノード高圧直流給電線を通して広帯域に渡ったチョーク効果を持たせ、又 外側は内軸用冷却水を通した。ショートブランジャーにはRF電流 (350A-rms)が通過するため特殊接点(三元合金)を使い、さらに水冷対策を施した。ブランジャー可変機構に伴うデッドスペースを省くため同軸外導体にスリットを設け、軸方向の前後にファスナー状のシールド板をつけてRFリークを抑えた。この様子を(図-2)に示す。

出力結合は、FAの動作値 $\epsilon_p=10kV$ $R_p=500\Omega$ を出力伝送同軸線路 (50 Ω WX-120D) にRF出力100kWを結合するためのインピーダンス整合可変コンデンサ (VVC 110~35PF)を設けている。その他、FA tube のソケット部分にはG1~G2間のパラサイト共振抑制用にフェライトダンパーを挿入した。IA、FAは一体化構造とし、同一管体に設置した。

[4] 直流高圧電源

FA用アノード 電源を三相全波整流(12kV 14A)、又IA用同電源(6kV 3A)を三相半波整流とし同一トランスから取り出すことで、システムの簡略化・小型化を計った。

[5] 動作データ

ダミーロードにおける15MHzでの動作パラメーターを(表-1)に示す。

現在位相制御回路機能は未完である他、周波数上限部で多少の出力不足や残留AM雑音が見られ、引き通き改善することになっている。

[6] おわりに

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構の大型工業技術研究開発「超先端加工システムの研究開発」の一環として成されたものである。

<参考文献>本文中()

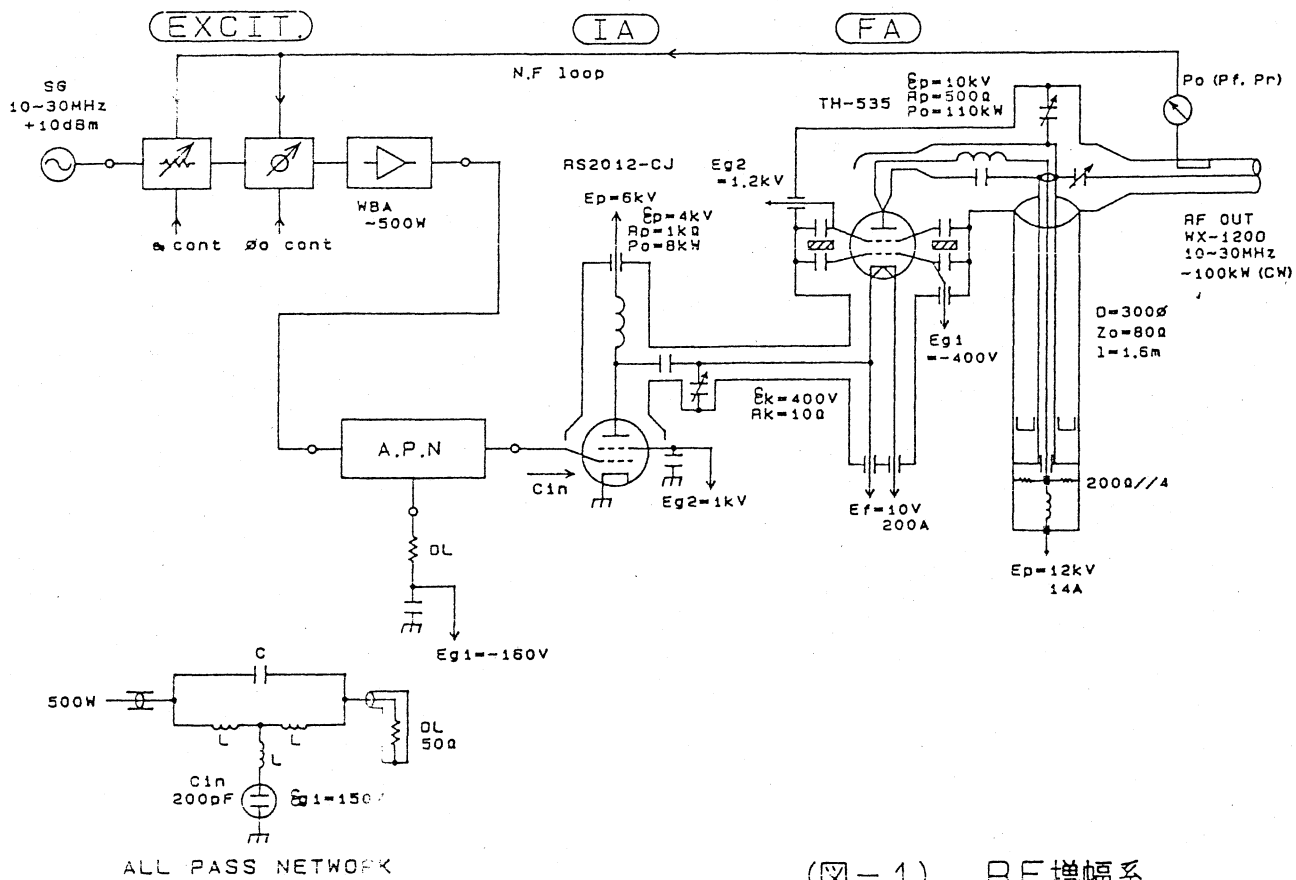
1. REPORT ON DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF RIKEN SSC IN 84'
MARCH 85' RIKEN SSC PROJECT,

2 周波数可変型RFQ用外部共振回路の特性

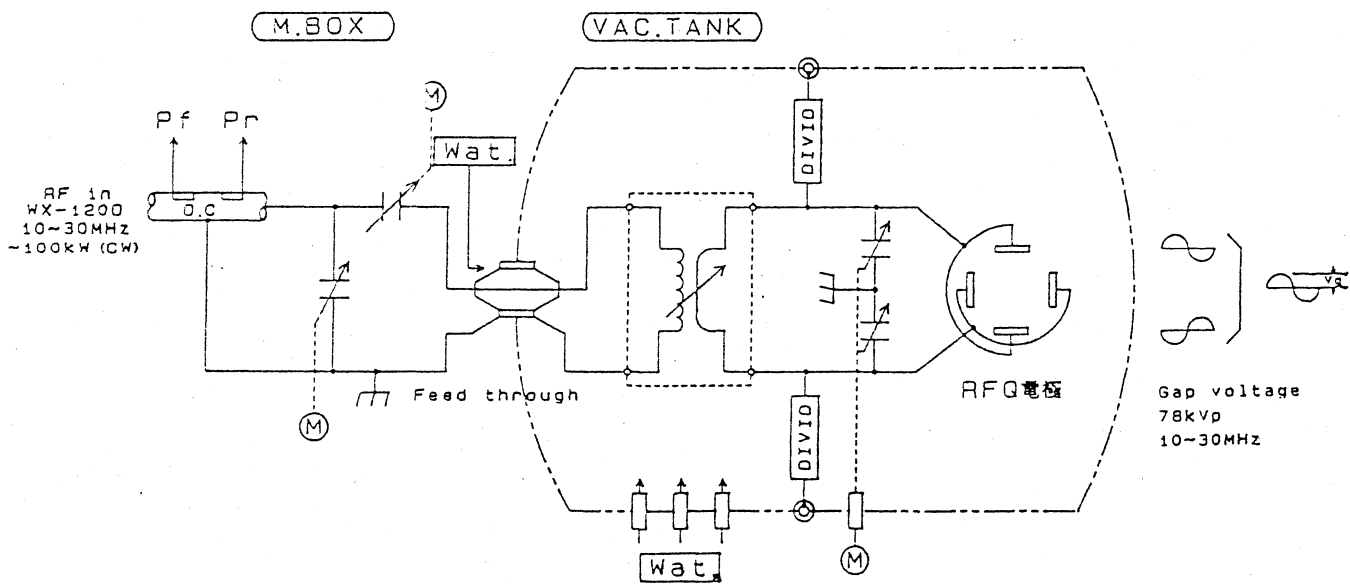
89' 春季応物 1P-H-6 日立製作所 日立研究所
登木口、雨宮、袴田 他

3. ORIC RF SYSTEM PREPARATION FOR HHIR,

IEEE, TRANS, NUCL, SCI, NS-24, No3 JUNE 77' S.W MOSKO ORNL,



(图-1) RF增幅系



(图-2) RFQ電極系

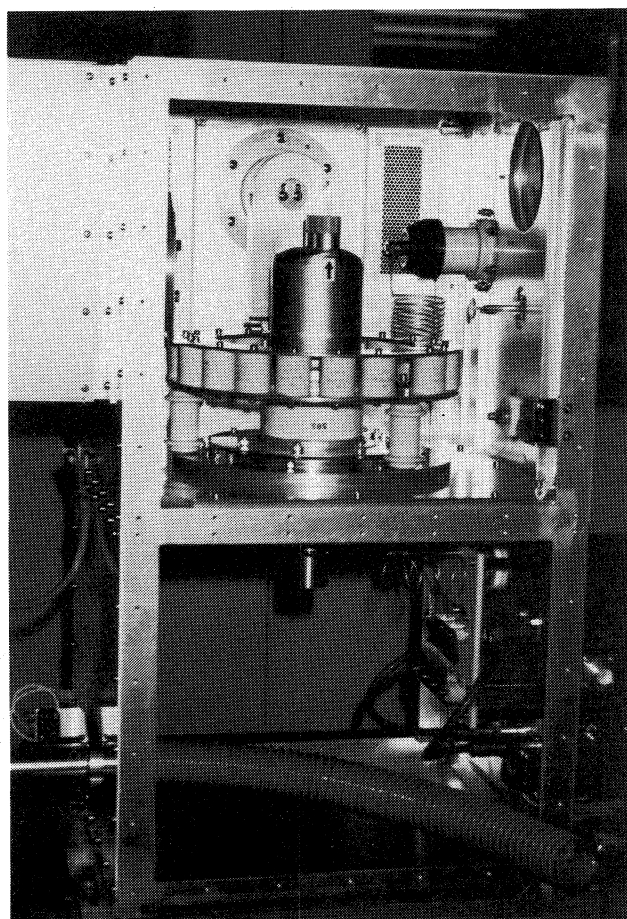


写真-1 IA 前段アンプ出力回路

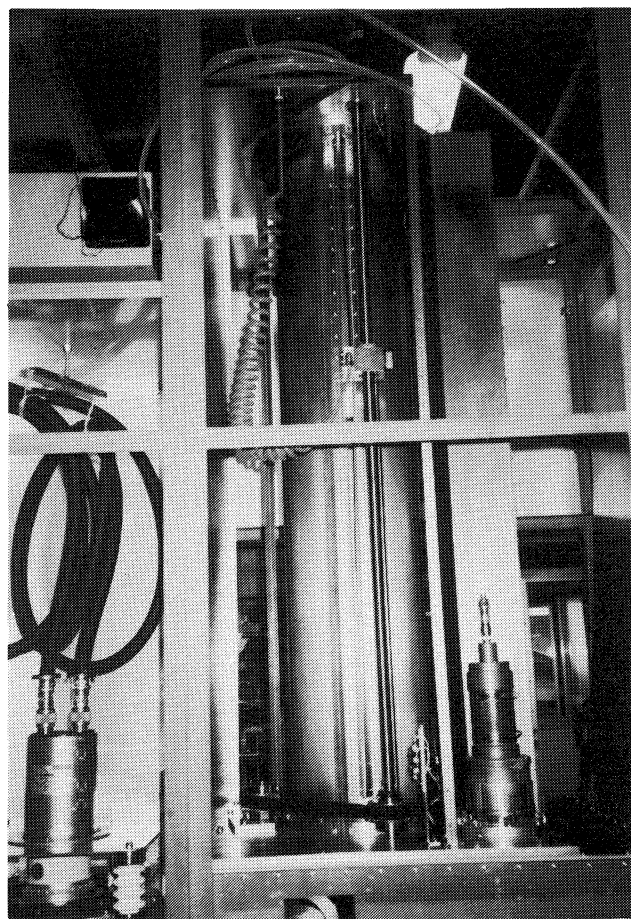


写真-2 FA 終段アンプ同軸スタブ

電 子 管 接 地 方 式 動 作 ク ラ ス	(IA) RS-2012CJ Gnd-k AB ₁		(FA) TH-535 Gnd-G ₁ G ₂ AB ₁	
	設 計 値	実 動 値	設 計 値	実 動 値
P _{out} (kW)	8.0	[6.5]	110	100.5
E _p (kV)	6.0	5.6	12	11.35
I _p (A)	2.55	2.35	14	13.4
E _{g₂} (V)	800	850	1200	980
I _{g₂} (A)		0.04		0.67
E _{g₁} (V)	-165	-170	-400	-205
I _{g₁} (A)	0	0	0	0.04
ε _p (kV)	4.0		10	
ε _g (V)	150			
ε _k (V)			400	
R _p (Ω)	1000		500	
R _k (Ω)			10	
P _d (kW)	0.28	0.31	8.0	[6.5]
P _g (dB)	14.5	13.2	11.38	11.89
P _{eff} (%)	52.3	49.8	65.4	66.07

表-1 15MHzにおける動作パラメーター []は計算値を示す