

[12P-26]

Improvement of RF - Modulator for the KEK 40 MeV Proton Linac

T.Takenaka, S.Fukumoto, Z.Igarashi, K.Nanmo and E.Takasaki

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801, Japan

Abstract

Construction of the KEK Proton Linac started in 1971 and the first proton beam was accelerated in 1974. Since this success, the KEK 40 MeV Proton Linac, which was upgraded from 20 MeV to 40 MeV in 1985, has been operated to supply a high intensity beam into the 500 MeV booster synchrotron. But now, we are in front of the difficult problem, which is the life of the equipments used during 27 years. Particularly, it is the life of the RF-modulator, specifications of which are a peak-power of 5 MW, an output voltage of 40 kV and a peak current of 125 A. In this paper, we describe the improvement plan of that RF-modulator.

KEK 40 MeV 陽子リニアックのモジュレータ改造

1. はじめに

KEK 陽子リニアックの建設は高エネルギー研究所開始時(1971年)から始まり、最初の陽子ビームの加速は1974年に成功した。陽子リニアックの順調な運転は、それ以来27年経過したことになる。この間、我々は、常日頃の維持・改善作業を行いつつ、冷却水の制御系、四極電磁石電源、真空排気装置、RF電源等のセンサーを用いたパソコン制御化を実施してきた。高周波増幅器は10kW,250kW,2.5MWの3段増幅器で構成されているが、初段の10kW増幅器は4極管増幅器から全固体化増幅器へと置き換えられた。最近、250kW増幅器で使用している電子管4616の製造中止が担当会社から通告されているが、これは予備品の確保で苦難を乗り越えようと考えている。他方、陽子シンクロトンの主リング電源並びにブースタ電磁石電源等では、変圧器、コンデンサ、ケーブル、冷却水配管等に部品の寿命と思われる故障が発生し、対策が余儀なくされている[1,2]。ブースタ電磁石電源は、今年、IGBTを使用した新規の電源に更新する[2]。陽子リニアックに於いても、2.5MW増幅器用モジュレータ(通称、大電力電源と呼ぶ)の寿命が懸念される。Fig.1に建設時のモジュレータの構成を示す。我々は、今まで、サイクロトンのITT1257からKU275(F175)に変更し容量アップを実施したし、管球型ダイオードを固体化

し、De-Qing抵抗の容量アップも実施した。更に、各部にパルス電流・電圧モニターを増設し、PLC導入によるパソコン制御化を行った。このレポートでは、今まで対策が遅れていた高圧直流電源部とcharging部の改造計画について報告する。

2. モジュレータの高圧直流電源部とcharging部の改造案

既にサイクロトンのモジュレータのPFN充電電源としてインバーター方式HV-DC電源の輸入品を使用しモジュレータを製造、稼動しているところもある[3]。

KEK 陽子リニアックのモジュレータの更新案としては高圧直流電源部に国内、国外のHV-DC電源の既製品を使用するか、またパワーダイオード(IGBT)を組み上げ特注品を製造するか2者択一が考えられる。使用しているラインタイプのモジュレータはピーク4.6MW、パルス出力電圧37KV、パルス出力電流125A、パルス幅275 μ s、繰り返し20Hzで2系統稼動している。モジュレータのPFNはコンデンサ全容量が7.43 μ Fで、20KVで充電されるので、1パルスに必要な充電エネルギーは1486jouleである。リニアックの繰り返しは20ppsなのでAverage Charge Rateは29720(j/s) = (1/2 * CV² / 50ms)である。そして、PFNに充電される時間を40msに設定するとPeak

Charge rate は $37150(j/s) = (1/2 * CV^2 / 40ms)$ となる。

現在、PS-LINAC の充電回路に使用できる HV-DC 電源としての既製品は EMI 社の 303,203 である。ただし、203 の場合は 2 並列で使用する。〔表-1〕〔Fig.3〕

	203	303	303(4 15VA C)
Average Charge rate	20000 j/s	30000 j/s	25000 j/s
Peak Charge rate	25000 j/s	37500 j/s	31000 j/s
Dc Output	30kW	50kW	50kW
Max. Out Voltage	50kV	75kV	
Input Voltage	200, 400, 480V	400, 480V	

表-1 EMI 203/303 SPECIFICATIONS

3 AC INPUT

INPUT FILTER
RECTIFIER
DC FILTER
SOFT START

INVERTER SYSTEM CONTROL

FEEDBACK

HV TRANSFORMER

HV RECTIFIER & FILTER FEEDBACK

HV OUT

Fig.3 Power Supply Block Diagram

また、国内製品としては東芝が Average 30000(j/s) HV-DC 電源を製品化している。東芝の電源も EMI 社 303 の電源も陽子リアックに使用できるが定格ぎりぎりである。国内製品の場合、オハ-ス^oック製造も可能なのではないかと考える。また、一方インバータ製造の実績がある国内の会社において整流回路、インバータ回路、高周波高圧

トランス、整流回路等の一体化を仕様に応じて試作することも考えられる。このスイッチング方式充電電源に置きかえると Fig.2 で示す網掛けの部分は一つの電源になる。

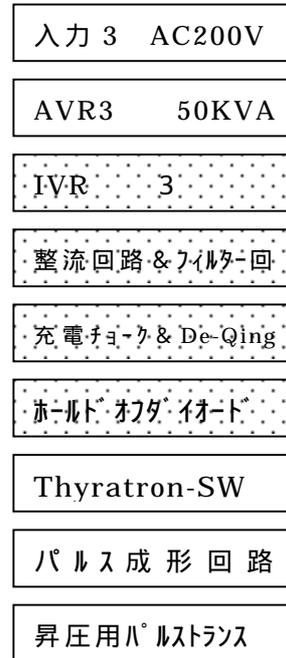


Fig.2 インバータ ブロック図

現在この方式の電源は電圧安定度が 0.5 % 以下なので De-Qing 回路は省くことが出来る。今後このようなインバータ方式を採用した HV-DC 電源がインバータの充電電源として普及され、サイクロトロンも高圧半導体にかわっていくものと思われる。電源内のインバータ部の素子の組替え、高周波高圧トランスのタップ切り替えにより、定格の増減が出来、また電源の並列使用により容量アップも可能で応用範囲の広い物も製造可能である。入力電圧の 200V, 420V, 480V 等の違いはオートトランスで対応できる。

サイクロトロンを使用して、負荷の電力増幅管 TH516 にハルストランスを介して陽極電圧を供給している場合に起りうる事態に、計画中の HV-DC 電源がどのように対応するかを検討した。(1) 充電休止時間があるので、サイクロトロンは必ず off され、サブサイクロトロンは省略できる。(2) 主サイクロトロンが点火しないときには PFN コンデンサの電圧はそのまま保持され、次の充電はわずかな電圧低下を補うも

のとなるだけで、以後正常に動作する。(3) PFN の特性インピーダンスより負荷インピーダンスが高い場合には、シャットオフの電流は $275 \mu\text{s}$ で 0 にならずに階段状に減衰するが、充電休止時間が長いので (例えば 10ms) シャットオフは off となる。(4) 負荷インピーダンスが低い場合には、シャットオフと特性インピーダンスに等しい負荷抵抗により反射波を吸収し、また HV-DC 電源とは抵抗と並列のインダクタンスを介して接続することにより電源を保護できる。(5) 充電途中にトリガ無しでシャットオフが通電した場合の対策を検討中である。

3. 結論

27 年間使用してきた KEK 陽子リニアック大電力インジェクタの高圧充電電源は、検討の

結果 HV-DC 電源に置き換えが可能であり、簡略化と小型化が達成されると共に、性能は現状維持もしくは向上が期待出来ることが明らかとなった。

参考文献

- 〔1〕末野氏の電源研究会報告、ASN
- 〔2〕染谷氏の技術交流会報告「KEK プラスター電磁石電源老化化」
- 〔3〕Spring-8

謝意

情報を頂いた KEK 松本浩氏、高木昭氏、Spring-8 堀利彦氏、東芝電波特機 三澤英夫氏に厚く謝意を表します。

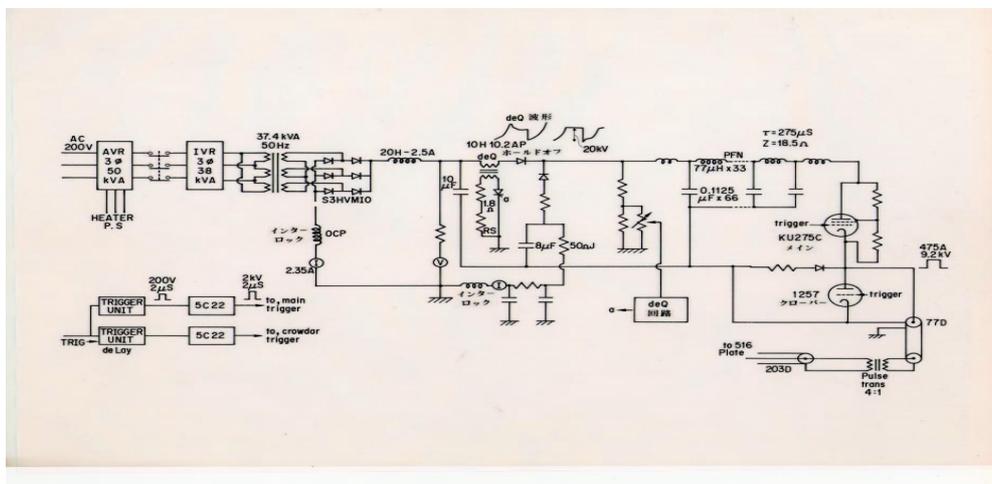
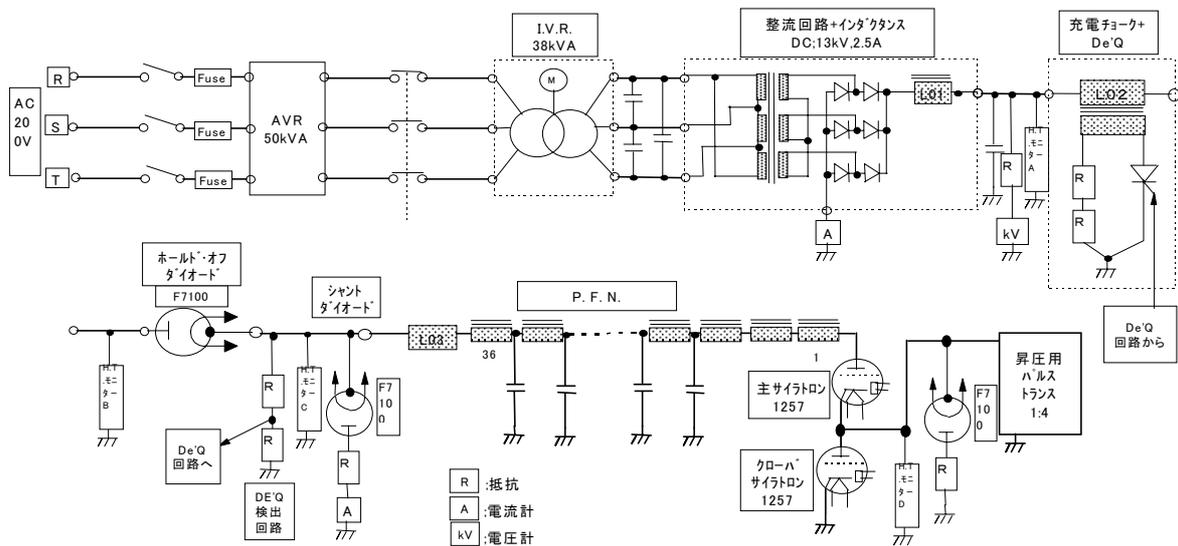


Fig.1 KEK 陽子リニアック大電力インジェクタ (上図建設時、下図現在)