

[P8-17]

NEW CONTROL SYSTEM FOR THE KEK-40 MeV PROTON LINAC

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

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

Abstract

In order to accelerate a high intensity beam with a good quality, we control the amplitude of the RF-power supplied into a cavity and the phase between two cavities and then we have observed an accelerating energy with the velocity monitors installed in the 20 MeV and 40 MeV transport lines. Hence, we have introduced a new control system using the velocity monitor. In this paper, this new control system will be described.

KEK-PS 40MeV 陽子 LINAC の新しい RF 制御系

1.はじめに

KEKでは、陽子LINACの建設以来、RF電力の安定化が何度か試みられた。40MeV LINACへupgradeされた後は、RF電力の安定化ばかりでなく、かつ間の位相の安定化も試みられた。1992年には、約6mAのビーム加速の際に、feed-forward信号系とALC+PLL系が導入され、RF電力で1%以内、位相変動で1度以内に安定化することが出来た。最近、KEK-PS全体として大強度ビーム加速の方向に向かい、陽子LINACは約15・20mAのビーム強度を加速しなければならなくなった。更に、後段加速器

グループからの要請により、LINACの加速エネルギーの更なる安定化(0.1%以内)が望まれるようになった。そこで、我々は、これらビーム強度の増加並びに加速エネルギーの安定化に対応するために、RF源の運転方式並びに制御方式の変更を考えている。

このレポートでは、これらの変更方針と結果を報告する。

2.KEK-PS LINACの構成とビーム加速特性

40MeV陽子LINACの簡単な構成とRF源のブロック図を図1に示す。

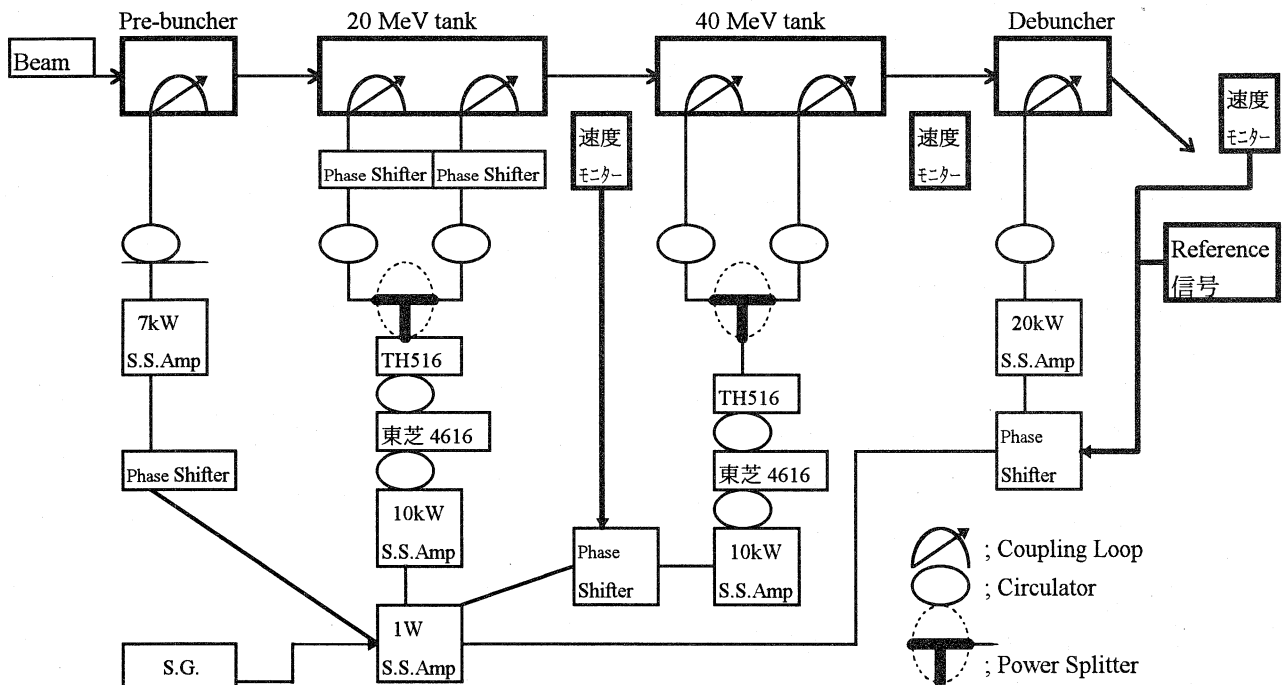


図1 ; KEK-PS 40 MeV 陽子 LINAC の構成と RF 源のブロック図

矢付き太線は、今回加速エネルギーの安定化のため導入する feedbackラインを示す。

a)40 MeV 陽子 LINAC の加速特性

我々は、加速器立ち上げ時、40 MeV 陽子 LINAC の加速特性を把握するため、前段加速器の C.W.電圧に対する 20 MeVタンクの捕獲特性並びに加速エネルギーを測定し、同様に、デバノンチャーの RF 電力と位相による 20 MeVタンクの捕獲特性並びに加速エネルギーも測定する。図 2 にデバノンチャー位相による加速エネルギーの変化を示す。図 2 から、我々は、加速エネルギーの変化が少ないデバノンチャー位相値を選択し、設定する。

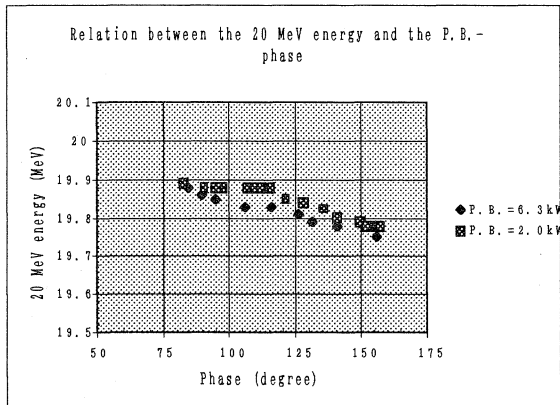


図 2: デバノンチャー位相と 20MeVタンク加速エネルギーの関係

また、20MeVタンク・レベルによる捕獲特性並びに加速エネルギーを測定する。図 3 に 20MeVタンク・レベルと加速エネルギーの関係を示す。図 3 は、同じタンクレベル表示に対し加速器の立ち上げ日により加速エネルギーが 0.3%異なっていることを示している。この加速エネルギーの違いを引き起こす原因は、タンク自身変化(温度等)、RF 源の不十分な調整、周辺機器の変化、タンク・レベルのモニタリングの変化等によると考えられるが、今だ結論を得ていない。

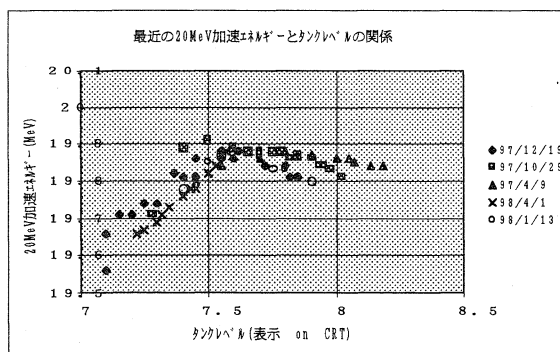


図 3: 20MeVタンクレベルと加速エネルギーの関係
測定日によりバラツキが見られる。

図 4 に、タンク間の位相並びに入射エネルギー変化による 40MeVタンクの加速エネルギーの変化を示す。図 4

は、40 MeVタンクへの入射エネルギーの変動(縦方向のミスマッチング)は、タンク間の位相で補うことが出来ることを示している。図 4 から、図 3 に示されたエネルギー変化はタンク間の位相を約 10 度変化させ、40MeVタンク加速後のエネルギーを約 0.6%変化させることが分かる。実用的には、加速器運転期間中このような大きな変化が起こっていない。我々は、タンク間の位相並びに 40MeVタンク・レベルの調整により、後段加速器のアクセプトランス内に入る加速エネルギーのビームを供給している。

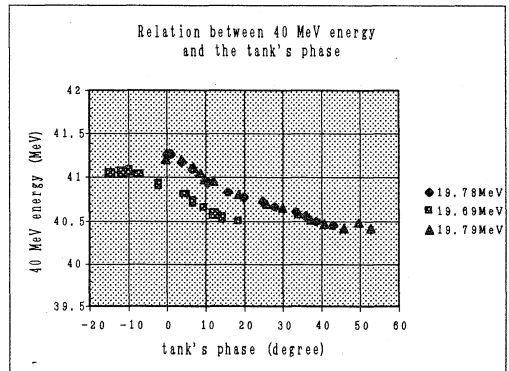


図 4: タンク間位相と 40MeVタンク加速エネルギーの関係
入射エネルギー 0.5%異なった時、位相並びにエネルギーのミスマッチングを生じる。

b)RF 源制御の改造

図 1 に示したブロック図のように、デバノンチャー及びデバノンチャーの RF 源は全固体化増幅器に更新された²⁾。また、図 1 には示さなかったが、1992 年に完成した制御方式が導入されている。そこで、今回、a)で述べた加速特性を考慮し、且つ後段加速器グループの厳しい要請に応えるために、図 1 の太線で示した速度モニター³⁾の情報を feedback する系を追加することにした。このビームからの情報による feedback 系の追加により、40MeVタンクの入射条件の変化(位相並びにエネルギー変動)に対し、加速エネルギーは更に安定化すると考えている。

3. デバノンチャー系制御について

上記の制御方式の導入により、40 MeV LINAC の加速特性は安定化する。しかし、40MeVタンク・レベルの変動(図 5 に測定例を示す。)又は充分把握できていない部分の変動により、後段加速器グループの要請(加速エネルギーの安定化=0.1%以内)が満たされない状況の発生の恐れがある。我々は、そこで、デバノンチャー系にも図 1 に示した速度モニターの情報を feedback する系を導入することにした。デバノンチャーの働きは、本来、運動量の拡がりを抑えるものであるが、エネルギーの加減速に使用する

ことになる。

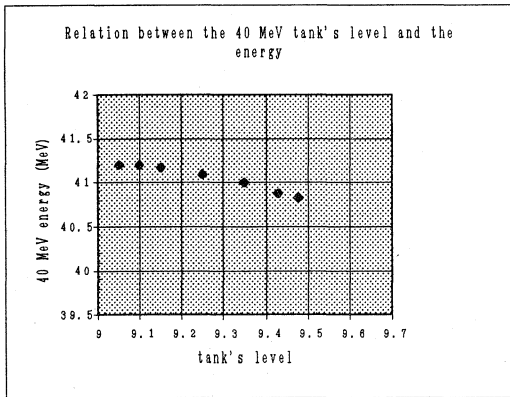


図 5; 40 MeV タンク・レベルと加速特性の関係

図 6 に示すように、現在のデバウンチャーの配置では、デバウンチャーへの供給電力が 15 kW 以上であれば、運動量の拡がりを 1.7% から 0.9% に抑えることが出来る。

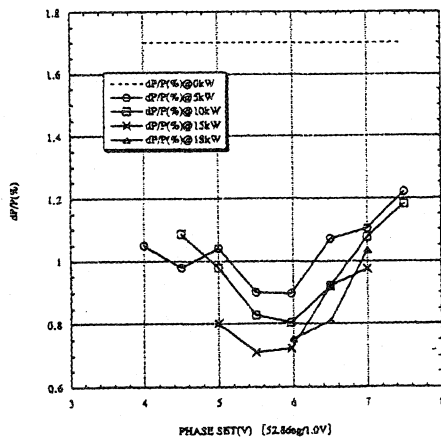


図 6; デバウンチャーによる運動量の拡がり抑制効果
デバウンチャー-off 時; 1.7% (点線) である。

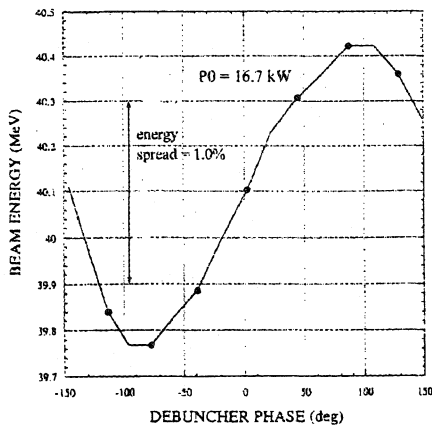


図 7; デバウンチャーによるエネルギー可変範囲($P_0=16.7\text{kW}$)
約 1.0% のエネルギー可変範囲が得られる。

デバウンチャーによる加速/減速エネルギーの変化と位相の関係を図 7 に示す。使用可能のエネルギー可変範囲は約 1% である。このデバウンチャーによるエネルギー可変能力を活用し、後段加速器(ブースト)入射エネルギーを所定のエネルギーに設定し、安定化することが出来る。

この応用例として、我々は、ブースト加速器の縦方向のアクセプタンス (許容加速可能入射エネルギーの幅) を測定した。測定結果は、ブーストの縦方向のアクセプタンスがエネルギー単位で約 1.1% であることを示した。

4. 今後の方針

現時点では(原稿締切日)、図 1 に示した速度モニターを活用した feedback 系は完成していない。一方、将来の陽子 LINAC では、更に厳しいビーム特性が要請される。運動量の拡がりが 0.1% 以下である。故に、従来以上に厳しい安定化が RF 源に要求される。位相変化は 0.1 度以内、電力変動は 0.1% 以下であると言われている。今回更新する制御系のように、ビーム特性自身の情報を feedback することが出来れば、ビーム特性と制御方式が密接に関係し、有効であると思われる。

今秋には新制御系を完成させ、テストを実施する予定である。

参考文献

- 1) Z. Igarashi et al., Proc. of the LINAC92, Ottawa, p.109 - 111 (1992).
- 2) Z. Igarashi et al., Proc. of the LINAC98, Chicago, p. 929 - 931 (1998).
- 3) Z. Igarashi et al., Proc. of the LINAC92, Ottawa, p. 112 - 114 (1992).