

IMPROVEMENT OF THE BEAM CURRENT STABILITY USING AN AUTOMATIC PHASE CONTROLLER FOR A RF SYSTEM

K. Tsumori, S. Takeda, T. Yamamoto, T. Hori,
M. Kawanishi, S. Suemine*, K. Shinohara**,
and H. Matsumoto**

Radiation Laboratory
The Institute of Scientific and Industrial Research,
Osaka University
Unicon System*, Nihon Koshuha Co. LTD.**

Abstract

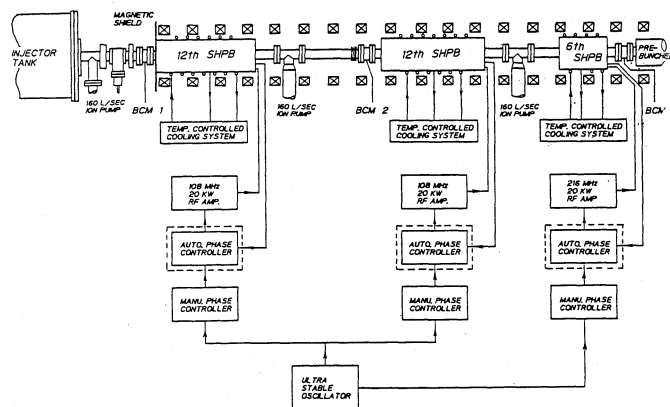
In case of single bunch mode operation in the Osaka University linac, accelerated beam current was gradually changed during few hours after starting of the machine and changing of the repetition rate or RF power level. It was due to caused by the phase shift in a cavity of the sub-harmonic prebuncher (SHPB) by the temperature change. Therefore, the Automatic Phase Controller (APC) has been installed to the RF system of the SHPB. As a result, phase shift was decreased about $1/19$ (216MHz), $1/9$ (108MHz) with APC, and beam current was stabilized within few per cent.

はじめに

阪大38MeV電子ライナックは、入射系を多段式のサブハーモニックプリバンチャー(SHPB)に改良して以来、順調に稼働を続け、大電流の単バンテビームを利用した研究が盛んに行われる様になった。それに伴い、長時間にわたって安定なビームの発生が必要となったので、不安定要素の一つであるSHPBのRFシステムに自動位相制御装置(APC)を取付け、ビームの電荷量の変動を少なくした。今回はこれらの装置の概要と動作特性、並びに今後の問題点などについて報告する。

目的

第1図は多段式SHPBを用いた入射系の構成を示したものであるが、電子銃より打込まれた4.5ns、最大25Aの入射電子はそれぞれのSHPBによってバンテングされ、約500psにまで圧縮をうけ、加速の後に16ps、最大67nCの極短パルスのお力が得られる。このパルスのピーク電流値が長時間の運転中に若干ドリフトする傾向があり、実験の目的によって



第1図 多段式入射系の構成

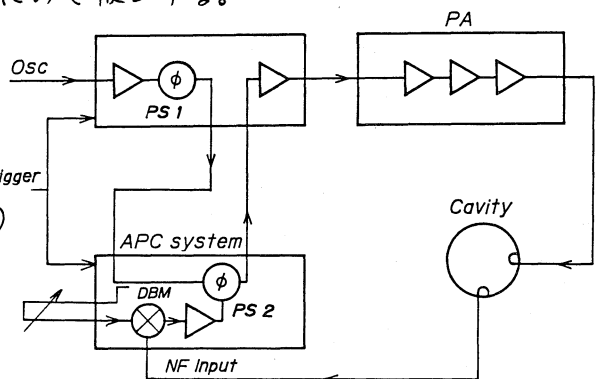
は、一日に数回加速器の微調整を行う必要があった。

この変動の原因としては、

①電子銃から入射されるパルス中、ピーク電流あるいはタイミングの変動、② SHPBのRF加速条件の変化、③加速管での同様な変化などが考えられる。ここで①に関しては電流モニターによって常に一定条件が保たれているので、パルスごとの微少な変動は別として今問題にしているドリフトの原因にはならない。②の SHPB について長時間ドリフトに関連のある点は、温度の変化によってキャビティの共振周波数のシフトが起こり、それによって位相の変化が生じれば、計算機シミュレーションで求めたバンチングの状態からも推察出来る様に、プリバンチャーのアクセプタンス角に入る電子の数が変化し、ひいては、加速ビームのピーク電流の変動として表われてくる。③の加速管にも温度による影響があり、全体として②と③の複合したものがビームのドリフトの形で表われていると考えられる。以上のことから今回は、②で述べた温度による位相シフトを安定化させる目的で、SHPBのRF系にAPCを組み込み、動作特性を調べたので報告する。

装置の概要

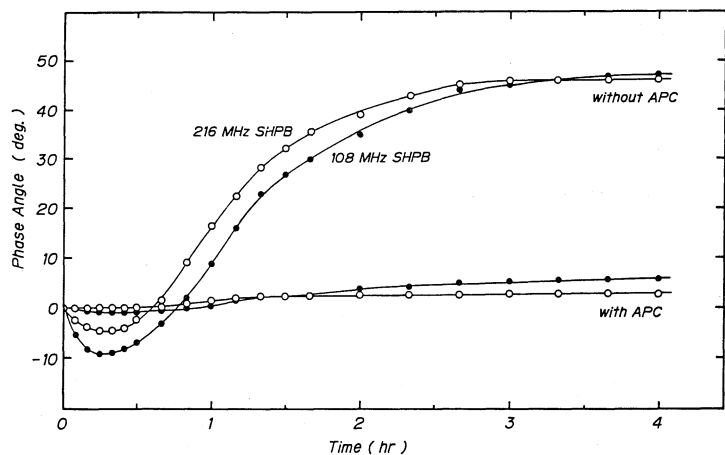
第2図はAPCの概略を示したもので、3台の SHPB にそれぞれ1台ずつ取付けられている。発振器からのRFは手動(PS1)、自動(PS2)の移相器を通り20kWのRFアンプ(PA)で増幅された後、キャビティを励振する。これに結合したピックアップループからの信号は基準信号と共にダブルバランスドミキサに入り、位相差が検出され、この差が零になるまでPS2が変化する。このAPCの詳細については本研究会(7A05)で報告される。



第2図 自動位相制御装置の概略。

動作特性

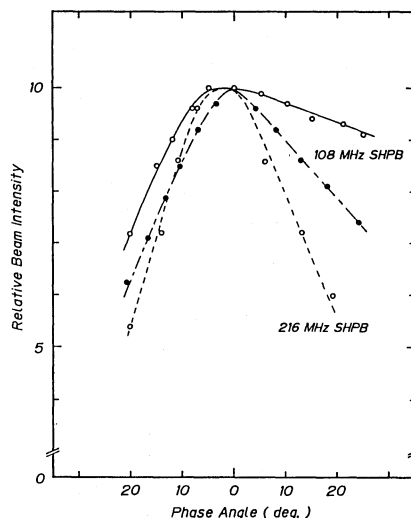
第3図は、キャビティの位相が時間と共に変化する様子を示したものである。このキャビティは外部に冷却パイプが巻かれています。



第3図 キャビティの位相の時間変化

て、システム起動後約1時間で40°Cの設定温度まで上昇するが、同軸構造のために内部電極まで一様な温度になるまでは、共振周波数が余々に変化し、約3時間後には位相角で5°近くまでシフトする。特に108MHzキャビティは寸法が長く、熱容量も大きいのでそれ以後もわずかずつ変化を続け、これらのことがビームの電流の長時間ドリフトをもたらしているものと考えられる。これに対して、APCを動作させると、位相シフトはおさえられ、216MHzキャビティで1/9、108MHzで1/9にそれぞれ改善された。安定度が216MHzにくらべ108MHzが約1/2である点については、回路のゲインあるいは、ダブルバランスドミキサの特性が異なっているものと考えられるが、現在検討中である。

キャビティ内部における高周波損失による発熱は、ビームの繰返し周波数に比例するので、例えば60PPSから120PPSに変えた場合、APCを働かさなければ216MHzのキャビティで25分、108MHzで1時間以上にわたって位相の変化が続き、その間に位相はどちらも約22°のシフトが生じた。又、励振電力を増やしても同様な傾向が表われた。もちろんこれらの変化はAPCを掛ければシフトはおさえられる。



第4図 位相変化によるビーム出力

§ビームにおよぼす影響

SHPBにおける位相変化が、加速管出力にどの程度の影響をもたらすかをシステムティックに測定することは、APCの効果を確認する上において重要なことである。しかし、オーバーオール測定には1300MHzの加速管系の影響が含まれてくるので注意が必要である。まづ3台のSHPBをそれぞれ単独に位相変化を与え、その時の加速管出力を測定した結果を第4図に示した。位相変化に対する敏感さでは、216MHzが一番きびしく、約15°の変動で1日の間に生じるビームの変動(10~15%)に相当する。しかし、これらはあくまでも1台のキャビティについての値であり、実際は3台のSHPBが同時に位相変動をおこすから、相乗作用によってもっと少ない角度で大きなビーム出力の変化がもたらされ、位相の安定性の重要さがますます高まり、これに対しAPCの効果は非常に大きなものがある。

§今後の問題点

SHPBの位相をAPCを用いて安定化し、その結果ビームのドリフトを減少させる目的

は、ほぼ達成した。しかし、1300MHz のRF系にも位相に関する同様な問題が残されて居り、入射系を安定化しただけでは不十分である。従って、次の計画としては、5MW、20MW クライストロンのRFシステムにそれぞれAPCを取付け、すべてのキャビティーについて温度に対する安定性の他に、繰返し周波数あるいは励振電力の変化による変動などをおさえ、安定なビームを得ることに努めたい。