DEVELOPMENT OF THE KICKER SYSTEM FOR INTERNATIONAL LINEAR COLLIDER

Takashi Naito^{1,A)}, Junji Urakawa^{A)}, Masao Kuriki^{A)}, Nobuhiro Terunuma^{A)}, Hitoshi Hayano^{A)}

A) KEK High Energy Accelerator Organization

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

The development of the new kicker system has been carried out in KEK-ATF. The kicker system for inject/extract the beam to/from the damping ring required to extraordinary parameters for International Linear Collider. For example, the repetition rate is 3MHz, the raise time of the pulse is less than 3ns, etc. The kicker system consists of the strip-line electrodes and the very fast pulse power supplies. The beam test of the single module was carried out at KEK-ATF damping ring.

ILC キッカーの開発

1. はじめに

International Linear Collider(ILC)は超伝導リニアッ ク方式が採用され、加速器の各パラメータを最適化 ILCのダンピングリン する作業が行われている。 グは、リニアックのバンチトレインそのものを入れ ようとすると300kmにも及ぶ巨大なものになってし まうため、ダンピングリング内ではバンチ間隔を短 くした特殊なビーム入射/取り出しの操作が必要と この操作を行うのがキッカーであり、従来 なる。 のリングへの入射/取り出しの様なリングの一周期 間に渡って入射/取り出し軌道を作るといった動作 ではなく、それぞれのバンチを選択的に入射/取り 出しを行う必要がある。 どれだけバンチ間隔を短 く出来るかは、キッカーパルスの立ち上がりに依存 し、ダンピングリング内でのバンチ間隔は、ダンピ ングリングの周長を決定するため、キッカーの性能 はダンピングリングのパラメータを決定する上で重 要な役割を持つ。 現在、ダンピングリングの周長 は17km, 6km, 3kmが検討されており、リニアックで 330nsであったバンチ間隔はダンピングリング内で 従って、キッ はそれぞれ、18ns, 6ns, 3nsとなる。 カーパルスの立ち上がりは、それ以下が要求され、 繰り返しは、リニアックのバンチ間隔から3MHzで 動作する必要がある。

このパラメータを実現するには、既存の高圧パル ス電源と集中定数型マグネットでは不可能である。 いくつかの方式が提案されているが、我々は高速パ ルス電源とストリップライン型の電極を複数用いた 方式を提案し、ATFダンピングリングにおいてビー ムテストを行った。 その結果について報告する。

2. キッカーパラメータ

ストリップラインにビームの進行方向と逆向きに パルスを印加すると、パルスとビームそれぞれにス トリップラインを通過する時間が必要となるため、

fieldの立ち上がり時間(T)はストリップラインの長さ をL、光速をCとすると、

T = 2L/Cまた、パルスに立ち上がり時間(Tr)があると T = Tr + 2L/C

その様子を図1に示す。この結果から、 となる。 高速の立ち上がりを実現するにはストリップライン の長さにも制限がある。



ストリップラインのfieldの立ち上がり 図1

ダンピングリングの設計では図2に示すように、リ ング内では2.8ns間隔でビームが存在しており隣り合 うバンチに影響を与える事無く1バンチのみを蹴り 出すには2.8ns以下の立ち上がりが必要となり、リニ アックで330nsの間隔のバンチトレインにするには 3MHz の繰り返しが要求される。なお、instabilityを 押さえるためのgapが何カ所か設けられており、こ のgapは、キッカーにとって立ち下がり時間に~60ns の余裕が持てることになる。

要求されるキッカーのパラメータを表1に示す。 ストリップラインの設計にも依るが、これだけの磁 場を発生させるためには数十kV以上の電圧が必要と なり、このパラメータを一台のパルス電源で実現す るのは難しい。また、ストリップラインの長さによ る立ち上がり時間の制限があるため、現実的には複 数台のストリップラインとパスル電源を用意し、時

¹ E-mail: takashi.naito@kek.jp



図2 ダンピングリング、リニアックに於けるバンチ間隔

間をずらしてトリガすることによって全体として必 要な蹴り角を得る方法が考えられている。

表1: specifications of the kicker

Kick angle	$\theta \sim 0.6 \text{mrad or}$ $\int Bdl \sim 0.01 Tm$ at 5GeV and $\beta = 50 \text{m}$
Stability	>7x10 ⁻⁴
Rep. Rate	~3MHz

3. ATF でのビームテスト

ATFダンピングリングに長さ30cmのストリップライン電極を入れ、高速のパスル電源でビームをキックした時の振動軌道を測定することによって、実際のビームの蹴り角を測定することが出来る。特に、ビームのベータトロン振動の振幅からキック量を測定する事により精度の良い測定が期待される。

3.1 高速パルス電源

高速パルス電源は、世界各国の研究所で開発が進められているが、今回我々はFID社のパルサーを用いて評価テストを行った。 表2にスペック、図3に波形を示す。波形は2ns以下で立ち上がっており、

表1: specifications of the FID pulser

Pulse voltage	~5kV, 500hm
Rise time	1-1.2ns
Pulse width at 50%	2-3ns
Repetition rate	<3MHz



3.2 ストリップライン

ストリップライン電極は、今回はATFのtune測定 のために設計されたものと同じものを作り使用した。 放電耐圧等既知のものを使用する事によって、想定 外の問題を排除し、高速の立ち上がりを確認するこ とを目的とした。電極の長さ、距離等の最適化は今 回の結果をもとに行う予定である。 ストリップラ イン電極の形状を図4に示す。

3.3 計測システム

キッカーが発生するビームのキック量は、ATFの tune 測定にも用いられているTurn-by-turn Beam Position Monitor(TBT)を用いる。 TBTは、14bit精度 でビーム位置の測定を行い、そのコヒーレント振動 スペックトラムから加速器のtuneを求める事が出来 るが、スペックトラムの振幅はパワーであり、その 平方根は振幅を表す。この方法で求めたキッカーに

Bunch spacing in DR(3km circumference design)



図4 ストリップライン電極

よる振幅はベータトロン振動のみを比較しているためノイズ等の影響を排除することが出来、精度の良い測定が期待出来る。実際の測定では、パスルを印加するタイミングを変えることによってキックフィールドの変化をビームの振幅として計測する事が可能である。

TBTでは、相対的な測定は精度があるが測定には 振動のダンピングの効果も入っているため蹴り角を 求めるには精度に疑問が残る。ATFでは、シングル ターンBPMが採用されており、96個のBPMは各 ターンごとに測定することが出来る。このシングル ターンBPMの測定タイミングをキッカーのタイミン グに合わせる事に依ってキック前と後のビーム位置 が分かる。その結果とTransfer matrixから蹴り角を求 める事が出来る。

4. 測定結果

図5にキッカーパルスのタイミングをスキャンした時のベータトロン振動の振幅を示す。縦軸は、シングルターンBPMの結果から蹴り角に変換してある。 横軸は、パルスのディレイであるため時間の進行は 右から左へ流れスコープの波形とは逆になるが、図



3の波形の立ち上がり時間が増加した(計算では ~4ns)波形と相似であることが分かる。蹴り角も計 算値(~80μ-rad)と一致する。

今回の結果から、ストリップラインキッカーは約 3nsという高速の立ち上がりに対しても予測どおり の性能を持つ事が確認され、周長3kmのダンピング リングの設計に必要なキッカーの可能性を示す事が 出来た。

5. 今後の予定

今回のビームテストは片電極のみにパルスを印加 して行ったが、対抗電極に逆極性のパルスを同時に 印加した場合のテスト、最高3MHzでのパルスの安 定度、パルスごとのジッターの測定等を行う予定で ある。

6. 謝辞

この実験はILC国際共同開発として進められてい るもので、計画を推進して下さいました戸塚機構長、 神谷施設長、榎本主幹、高崎推進室長に感謝致しま す。また、実験に協力していただきましたATFグ ループに感謝いたします。

参考文献

- R. Brinkmann et al., "TESRA Technical Design Report" http://tesra.desy.de/new_pages/TDR/accel.html
- [2] B.I. Grishanov et al., "Test of very fast kicker for TESLA Damping Ring", Proceedings of the PAC1997, Vancouver, Canada, 12-16May, 1997
- [3] B.I. Grishanov et al., "Very Fast Kicker for Accelerator applications", NIM A 396 28-34, 1997
- [4] F. Shumidt et al., "Analysis of Turn-by-turn Orbit Data and Dynamic Aperture Considerations for the ATF Damping Ring", ATF report ATF-99-14(CLIC-note-419) 1999
- [5] J.P. Ptier et al., "Observations on Tune and β functions at the ATF Damping Ring", SLAC-PUB-7784 Mar 1998