

[P8-14]

Development of the Interlok System of the High Power Electron Linac

K. Hirano, T. Ishikawa*, Y. Kato**, M. Nomura.

JNC, Japan Nuclear Cycle Development Institute
4002 Narita, Oarai-machi, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

ABSTRACT

The accelerator (10MeV, 100mA peak current, 4 ms pulse width, 50 Hz repetition) is dedicated machine for development of the high current acceleration technology in future need. It is necessary to develop the system which controls high power RF in order to stably accelerate the high current beam. Then, We have developed the interlock system for protecting accelerating tube from high current beam in time of trouble of high current beam and high power RF. The beam was cut off at 2.6μ sec, after the interlock operated. The improvement of the interlock system is advanced, and beam test of the high power will be carried out.

大強度電子線形加速器のインターロックシステムの開発

1. はじめに

サイクル機構では、大強度CW電子線形加速器の要素技術開発を実施している。デューティが低い加速器運転の場合には問題にならない事象でも、デューティが高い場合には、機器が破損する可能性がある。そこで、大電流電子ビームまたは大電力高周波から加速管やクライストロン等を保護するため、運転条件に応じたインターロックを選択して動作させるインターロックシステムを開発した。

2. インターロックシステム

加速器の各要素機器は個別にインターロックを準備しており、シーケンサを用いて各機器の保護を行っている。各要素機器を組み合わせた加速器全体のインターロックとして、放射線障害を防止するための安全対策用インターロックと、RFやビームの異常事象から加速管等を保護するための機器インターロックを設けている。

機器インターロックは、RF関係のインターロック信号を集約させたRFインターロック、ビームライン関係のインターロック信号を集約させたビームインターロック及びソフトでインターロックを動作させるソフトインターロックの3系統で構成されている。機器インターロックの概略構成及びインターロック項目を図1に示す。

RFインターロックは、図1の点線内のモジュールで構成されており、TTLや接点等のインターロック信号がこれらのモジュールに入力されると、ローレベルコントローラを介してRFスイッチが動作し、クライストロンの入力電力が遮断される。

また、ビームインターロックは電子銃のグリット電圧のトリガ信号を遮断させることで、ビームが遮断される。ビーム加速時にRFだけが遮断すると、ビームが加速管等に損傷を与える可能性があるため、RFとビームを同時に遮断させる必要がある。

3. ビームインターロック

本加速器は、ビームパワーが低い状態から高い状態まで、複雑な運転条件に応じて運転しなければならない。このため、図2に示す初期ビーム調整信号、パルスゲート信号及びエージングモード信号を用いて、ビームファーストモジュール及びビームノーマルモジュールに入力されるインターロック信号の中から必要なものだけを選択する。これら3種類の信号に対応するモジュール内のディップスイッチをONさせることにより、機器の運転条件に関係なく、インターロック信号が有効になる。

3.1 初期ビーム調整信号

ビーム輸送の初期調整を低ビームパワーで実施後、ビームのデューティを高める必要があるが、初期ビーム調整信号を使用することによってインターロックを無効又は、有効とすることができる。

デューティモジュールでは、入力信号の波高値、幅及び繰返を測定し、これらの値の平均値に制限値を設け、制限値以上で初期ビーム調整信号を出力させる。ビームが加速管に当たっても損傷を与えることがない条件は、ビームエネルギー10MeV、ビーム電流100mA、パルス幅100 μ sec、繰返1Hzである。この場合、電子銃出口のCTモニタ電圧(600mV)信号の平均値は0.00006となるため、最大平均値0.2(入力電圧1V \times 幅4msec \times 繰返50Hz)に対する制限値を0.03%に設定している。

* 株式会社ペスコ

**原子力システム株式会社

初期ビーム調整信号を使用するインターロック項目は、図2の(1)及び(3)に示す還流部進行波電力及びプロフィールモニタ等であるが、そのうちプロフィールモニタを用いて、初期ビーム調整信号の動作試験を行った。ビーム電流70mA、ビーム幅10 μ sec、繰返1Hz、制限値0.01%の条件では、プロフィールモニタを降下させてもビームは遮断されなかった。一方、ビーム幅を制限値0.13%に相当する60 μ secに伸ばし、プロフィールモニタを降下させるとRF及びビームが遮断された。

3.2 パルスゲート信号

図3に示すRF波形のうち、ビームが存在する領域だけインターロックを動作させる必要がある。そこで、ビームファーストモジュールに入力される10V以下の電圧信号に対して、デューティモジュールから出力されるビームのパルス幅に対応するTTLレベルのゲート信号(以下、パルスゲート信号という。)を用い、このパルスゲート信号内の領域にだけ働くような図3に示す制限値を設けた。

インターロック動作前後のバンチャ加速管の還流部進行波電力の検波電圧波形及びビーム電流モニタの電圧波形を図4に示す。ビームローディングの検波電圧に対して、ビーム電流の $\pm 5\%$ 変動に相当する上下制限値を図3のように設定した。レゾナントリングのフィリングタイムが6 μ sec程度あるため、パルスゲート信号はビーム電流モニタの電圧波形の立ち上がりから12 μ sec遅らせている。また、パルスゲート信号の立ち下がりの遅れは1.6 μ secである。

この状態でビーム電流を減少させたところ、RF及びビームが14.6 μ secで遮断された。特に、パルスゲート信号が入力されてからインターロックが動作

し、RF及びビームが遮断するまでに2.6 μ secかかっている。

3.3 エージングモード信号

加速管RFエージングには、加速器運転に使用されるインターロック項目の一部が使用される。この場合、安全対策用インターロックシーケンサから出力されるエージングモード信号(接点信号)を使用し、関係のないインターロック信号を無効にさせて、RFが遮断されないようにしている。

エージングモード信号を使用するインターロック項目は、図2の(1)、(2)及び(3)に示す還流部進行波電力、電子銃シーケンサ及びプロフィールモニタ等である。加速器運転において、ゲートバルブが閉じられるとRF及びビームは遮断されるが、エージング運転の場合にはゲートバルブを閉じてRFは遮断されない。

4. ソフトインターロック

図1に示すソフトインターロックには、人的操作ミス防止の項目のように応答速度が遅いものがある。例えば、ビーム位置モニタから出力された電圧はVMEで計算処理され、図5に示すようにビームの重心位置がコンピュータ画面上に表示される。画面上の任意の点を中心とした半径r(cm)の制限範囲がビーム位置から外れるように設定されると、ソフトインターロックにより、ローレベルコントローラが動作し、ビームが遮断される。

5. まとめ

初期ビーム調整信号、パルスゲート信号及びエージングモード信号を用い、全てのインターロック項目の中から必要なインターロック項目だけを選択して、ビームパワが低い状態から高い状態までの運転条件に対応したインターロックシステムを開発した。各インターロック項目が正常に動作することを確認し、インターロックが動作してからRF及びビームは2.6 μ sec以上で遮断されることがわかった。

今後、高デューティの加速器試験に向けた運転条件およびインターロックレベルの最適化を図っていくとともに、インターロックシステムの整備を進めていく予定である。

6. 謝辞

高エネルギー加速器研究機構の小野正明先生、吉本伸一先生にはインターロックシステムに関するご助言を頂き、深く感謝致します。

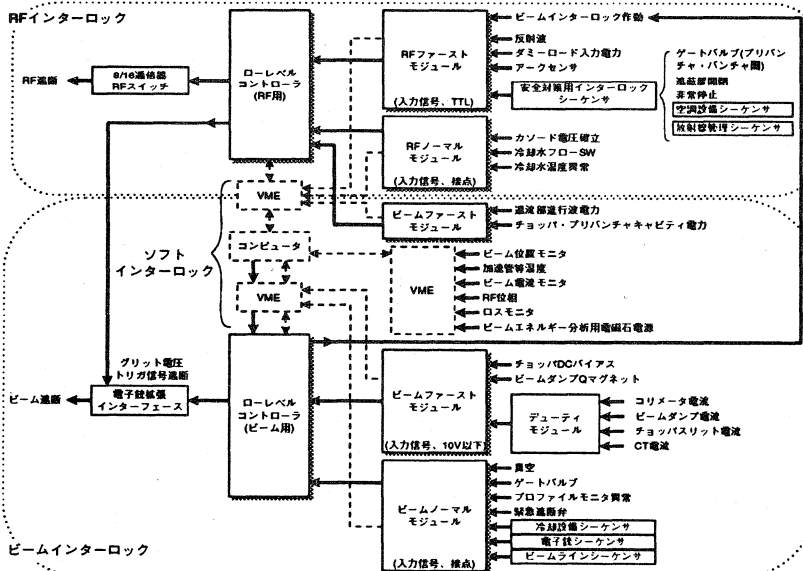


図1. 機器インターロック概略構成図

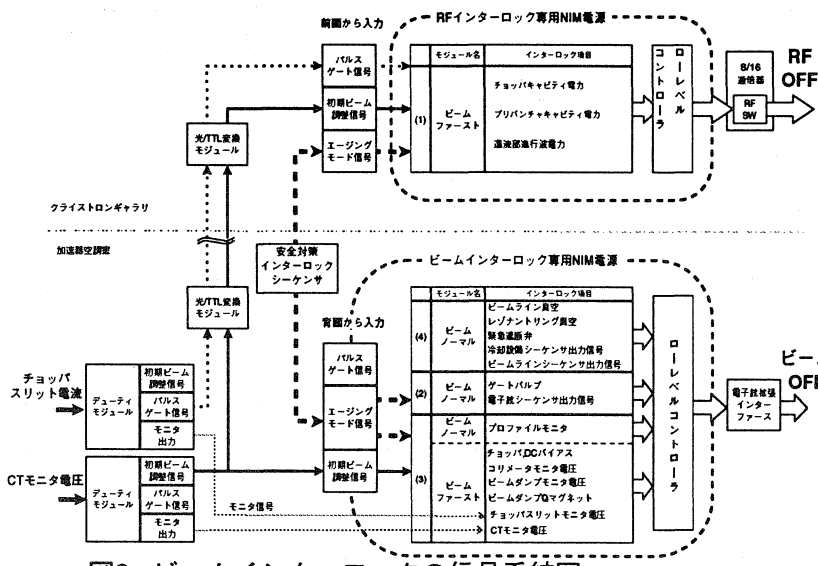


図2 ビームインターロックの信号系統図

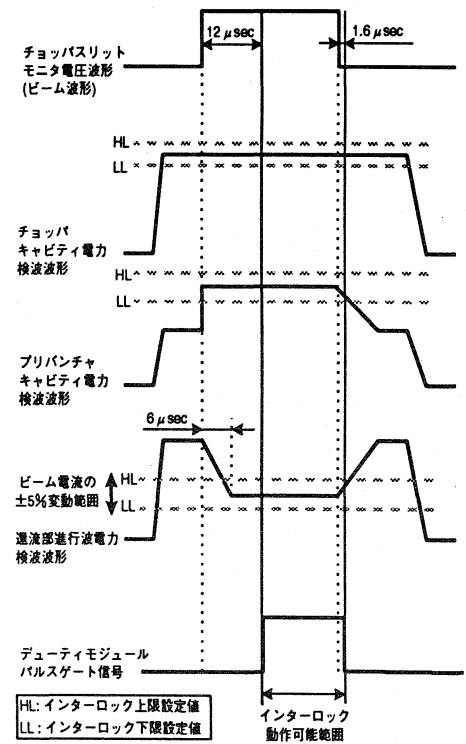


図3 検波波形、パルスゲート信号
及びインターロック制限値の関係

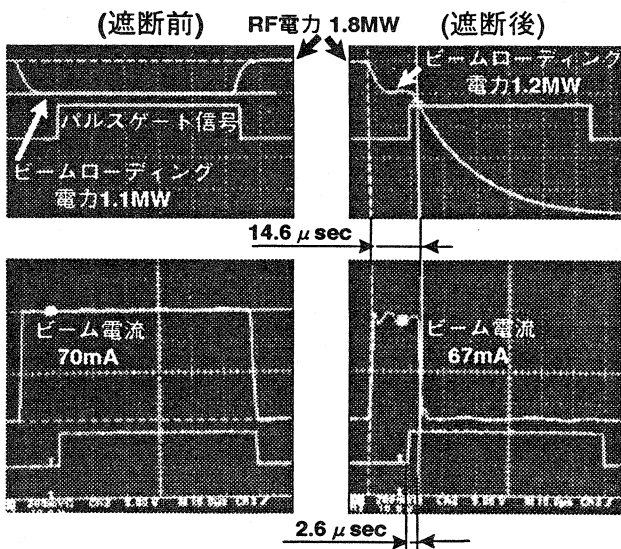


図4 遮断前後のバンチャ加速管
還流部進行波電力の検波電圧
及びビーム電流モニタ波形

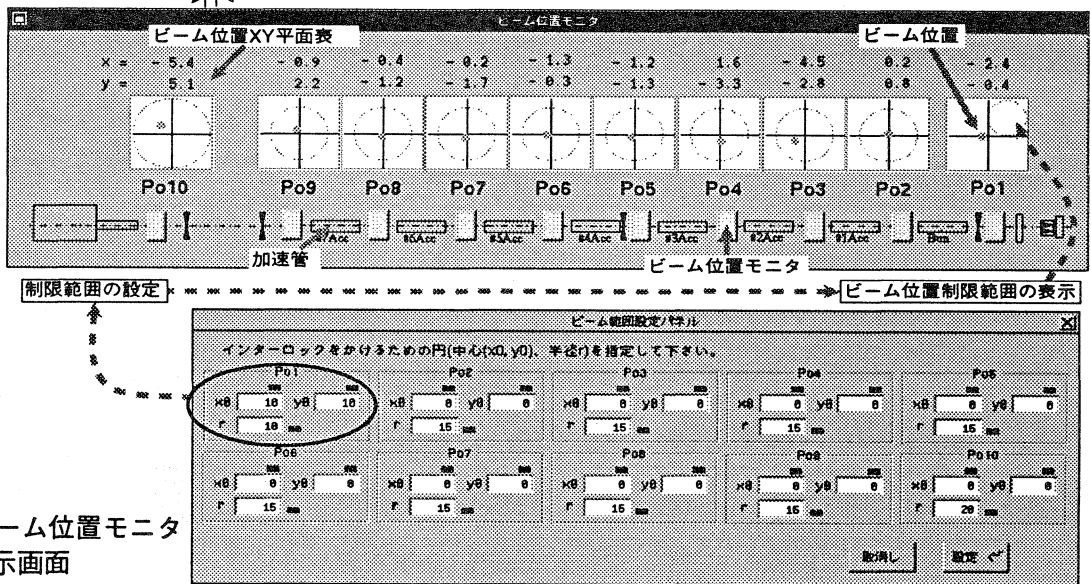


図5 ビーム位置モニタ
表示画面