

SuperKEKB入射器のノイズ対策

矢野喜治, 明本光生, 荒川 大, 片桐広明, 川村真人, Qiu Feng, 中尾克己, 中島啓光, 本間博幸, 松下英樹, 松本修二, 松本利広, 三浦孝子

高エネルギー加速器研究機構(KEK)

はじめに

高エネルギー加速器研究機構の電子陽電子入射器(Linac)は1982年にPFリングの電子入射器として稼働を開始し、増設と改造を繰り返し現在はSuperKEKBの電子陽電子入射器として運転している。Linacに要求されるピーム性能を満たすべく改造を進めてきた。我々は高電圧、大電流をスイッチングするサイクロトロンを多数使用しているため常にノイズに悩まされてきた。此処ではRFモニターに乗るノイズの原因と解決方法について報告する。

① 制御機器の誤動作とRFモニターへのノイズの混入

(1) 新制御システム開発時に多発していた、誤動作はほぼ解決したが2~3ヶ月に1~2回の頻度で次のような誤動作が起きる。
 ・制御不可となり制御システムの再起動で復旧。
 ・制御電圧変更マニピュレータの配線は1ヶ所が電圧変更されている。
 (2) RFモニターの運用を開始するとCWであるはずのレファレンス信号に右図の様なパルス波形が観測される。

電源ライン、アースラインからノイズが入っていると考えるとそのラインの波形観測とアースラインを流れる電流の測定を行った。クライストロンモジュレーター電源のONとOFFで電流の上昇のパターンがA~Cセクターと1~5セクターで異なっていた。アースラインの調査を進めたところ以下のことが判明した。

- 1~5セクターのアースライン
 - ・D種接地(E3)は当該実電室からケーブルラックを通して配線されている。
 - ・A種接地(E3)は各クライストロン配電盤下に設置されたアース端子を經由して建物外部に接地されている。
- A~5セクターのアースライン
 - ・D種接地(E3)は当該実電室からケーブルラックを通して配線されている。
 - ・A種接地(E3)は近隣のアース端子を經由して建物外部に接地されている。
- A種接地(E3)、D種接地(E3)共に実電室からケーブルラックを通して配線されている。

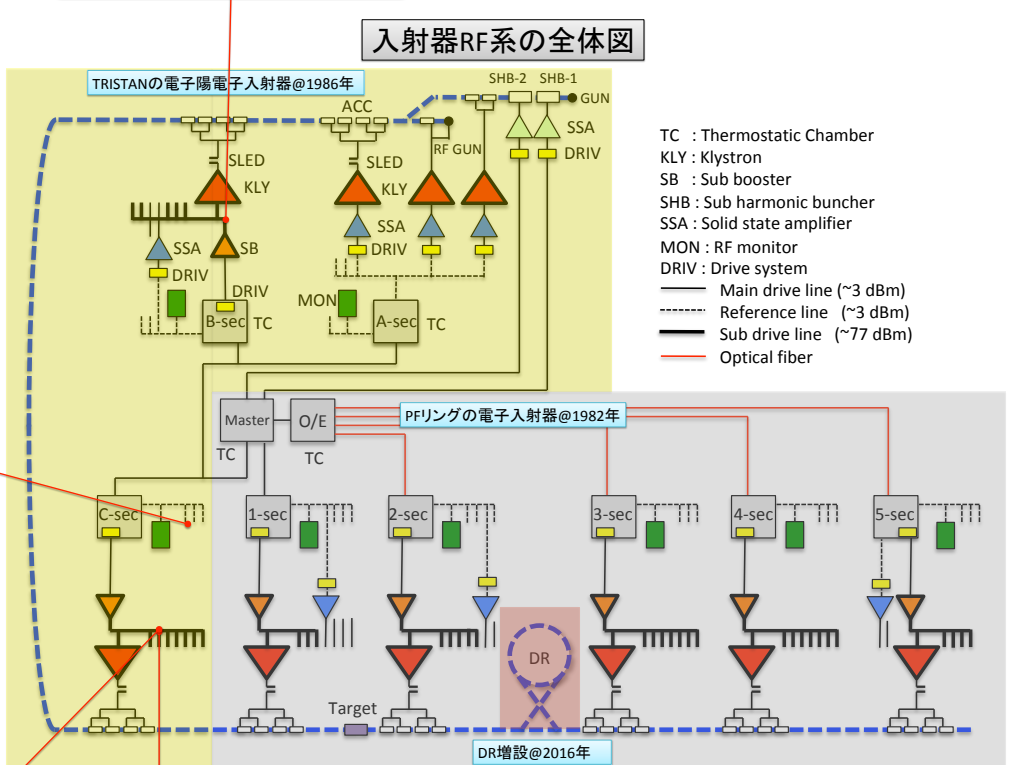
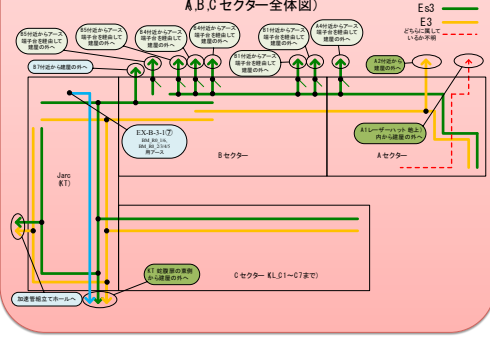
2016/2/3
アース線 幹線)敷設状況 A,B,Cセクター全体図

③ SB-8 サブドライバライン出力コネクタからの漏れ

あまり効果なし。銅テープでシールドしても漏れを検知する場所が移動するだけ。

KEKの電子陽電子入射器(Linac)の変遷

1982年; PFリングの電子入射器
 1986年; TRISTANの電子陽電子入射器
 1998年; KEKBの電子陽電子入射器
 →SLEDを増設しRFパワーを増強
 →制御システムにPLCとタッチパネルを導入
 2011年; 新制御システムはCPLD, FPGA, MPU等で構成、EPICSに対応
 2016年; SuperKEKBの電子陽電子入射器
 →ダンピングリングを増設
 →パルス-Q, パルス-STを導入しPF,PF-AR,e-,e+光学系へパルス対応



② モニタユニットの冷却用ファン、空気取り入れ口からRFが侵入している。

対策

1. 冷却用ファン、空気取り入れ口を金属シールドでシールドする。
2. モニタユニット内のADCボードの前面をシールドする。
3. ラックの後ろドアを閉める。前ドアはパルシング状態でシールドする。
4. ラック前に入らぬ電磁シールドボックスで中絶する。

RF測定箇所の特長

測定手順

ホーンアンテナ → 同軸導波管変換器 → フローブ

④ KL_C3のサブドライバラインの方向性結合器からの漏れが多い。

フランジ締め付けネジの増し締め。

サブドライバラインと方向性結合器の接合部(フランジ)に埋めがあった、0.2~0.3mm程度の隙間が加工の精度でアークが発生した。

フランジの増締めにより漏洩は劇的に減少した。

④ サブドライバライン用コネクタの構造

サブドライバラインコネクタRF漏洩対策

- ・外導体のネジの隙間からRFが漏れている。シールド特性が60~70 dB程度の程度は減ってしまう。(サブドライバラインは~50 kW)
- ・銅テープでケーブルを巻いてもRFエシールドがあるためシールドになっていない。
- ・ネジの隙間を導電性の材料で埋める必要がある。

まとめと今後の予定

電波ノイズに関してはほぼ解決したが、新制御システムの誤動作の発生は完全に解決していない。ケーブル調査の過程でアース線の取り方に問題がある事が発覚したのでA、B、Cセクターとアーク部のA種接地の再配線を行なっている。またアーク部のギャラリはクライストロン組立ホールと呼びLinacの運転とは非同期に運用している。複数台のクライストロンがあってもそれらが同期で運転されていけばサイクロトロンノイズが出るタイミングは同じなのでその時間を避けてモニター機器を運用することができる。しかし非同期の場合お互いのノイズの影響を避けることが出来ないためアースは別々に配線されるべきである。しかしクライストロン組立ホールのA種接地はCセクターのそれと共通に配線されていたのでクライストロン組立ホール用のA種接地を新たに施工した。アースの問題を解決した後ケーブルに乗るノイズの調査を本格的に実施する予定である。常時出ているノイズは比較的調査しやすいが、発生頻度が非常に低いノイズと機器の誤動作を結びつけ原因を取り除く事は簡単ではない。サイクロトロン状態によってノイズの出方が変わる事は分かっているので誤動作の原因を解明するために要所のケーブルにノイズモニターを設置する予定である。このノイズモニターはノイズのパワーを数値化し常時監視する。ノイズを監視する事で機器の安全かつ安定な運転に寄与したい。