

KEK 8 GeV LINAC サイラトロン運転管理

国安 祐^{1,A)}、川瀬 雅人^{A)}、明本 光生^{B)}

A) 三菱電機システムサービス(株) 加速器技術センター 東部事業所

〒305-0035 茨城県つくば市梅園2-8-8

B) 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

概要

KEK LINACで使用されているサイラトロンは、過去の故障とその特徴から、サイラトロンの運転履歴をチェックすることで、故障発生前の予兆をとらえることが出来ることが判った。この運転履歴をデータベース化し、データベースのデータで故障発生前の予兆を的確にとらえ、サイラトロンの事前交換をおこなう。このようなサイラトロンの運転管理をすることで、加速器運転中の交換を極力減らす。本稿ではこの運転管理についての報告をおこなう。

1. はじめに

KEK LINACでは現在、59台のクライストロン電源が使用され、そのスイッチとしてCX2410K(E2V Technologies社)、F241(Triton ETD社)、L4888B(Litton社)の3種類のサイラトロンを使用している^[1]。加速器運転期間中にサイラトロン故障が発生した場合、交換に要する時間は1.0h ~ 2.0h程度かかる。加速器入射部に使用されているクライストロン電源の場合は、交換が終わるまでの間入射が出来なくなり、KEKB,PF-Ring,PF-ARへの入射に影響を与える。このような影響を極力避けるため、サイラトロンの故障を事前に察知し交換することが重要である。

2. サイラトロンの故障とその特徴

以下に、過去発生したサイラトロンの故障事例とその特徴を挙げる。

2.1 耐圧不良が起因する故障事例

特徴：比較的短時間の(10~20kh)運転時に多く見られる。

症状：正常にスイッチングができなくなり、PFNコンデンサへの充電電流が過電流となるインターロック (Idc(H)) が多発する。

事例：図1にサイラトロン(CX2410K Ser.No 9850)のIdc(H)動作回数とEs設定値を月別で示す。1999年4月より運転に使用し、2002年4月までIdc(H)の発生回数はほとんどなく、PFN充電電圧(Es)設定値も一定であったが、2002年4月以降、Idc(H)発生回数が急激に増えた。対処として、リザーバ電圧を5.4V 5.2V、Es設定値を42.0kV 40.0kVに下げたが改善せず、2002年5月1日にサイラトロン故障と判断し、交換を

実施した。交換時の運転時間は約2万時間であった。このように、比較的運転時間が短く Idc(H)のインターロックの動作回数が急激に増加する場合は、耐圧不良が起因していると言える。

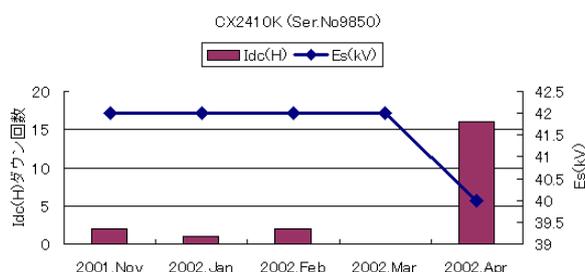


図1：Idc(H)発生回数とEs設定値の月別表示

2.2 リザーバガス減少で起因する故障事例

特徴：長時間運転時に多く見られる。

症状：スイッチングが不安定になり、ジッターが発生する。また、キープアライブ電流が一定値以下か、全く流れなくなりインターロック (Ikeep (H,L)) が多発する場合や、全く点弧しなくなることがある。

事例：図2にサイラトロン(CX2410K Ser.No 68)のリザーバ電圧の運転時間における変化を示す。

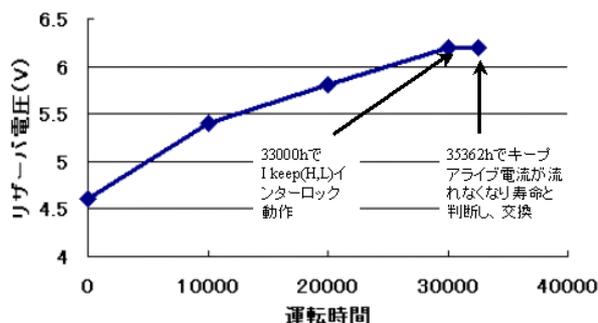


図2：リザーバ電圧と運転時間の関係

運転時間の増加と共にリザーバ電圧が徐々に高くなり、32492hで6.0Vを超えた。その後33000h ~ で、Ikeep(H,L)のインターロックが動作し、33362時間で、キープアライブ電流が流れなくなり、この時点で寿命と判断し、交換を実施した。このように長時間運転に使用し、Ikeep(H,L)のインターロックが多発す

¹ kuniyasu@mail-linac.kek.jp

る場合は、リザーバガス減少が起因していると言える。

2.3 異常ノイズの発生で起因する故障事例

特徴：周囲の電子機器にノイズを与え、特にVSWRメーターにノイズがのることがあり、VSWR値を増加させる。

事例：図3で示したグラフは約3万時間使用したサイラトロンで、運転時間の増加と共に徐々にVSWR値が増加したため、インターロックが頻繁に動作し、運転に影響を及ぼした。グラフ後半でVSWR値が減少したのは、リザーバ電圧を調整したためである。

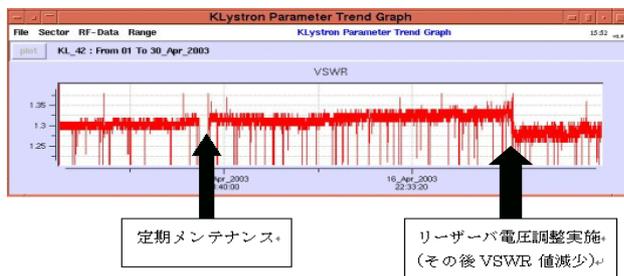


図3：ノイズの影響を受けたVSWRメーターのトレンドグラフ

3. サイラトロンデータベース

3.1 取り扱うデータ

取り扱うデータを様々な条件で抽出して、二次的に使用できるように考慮した。

尚、サイラトロンデータベースでは、以下のデータを取り扱っている。

- ・サイラトロン工場での性能試験データ
- ・クライストロン電源インターロック動作履歴
- ・リザーバ電圧調整履歴
- ・サイラトロン使用履歴
- ・サイラトロン運転時間履歴

3.2 データベースソフトの選定

サイラトロン運転管理システムを構築するにあたって、Microsoft社 Access2000を使用し、データベースを作成することにした。その理由として、以下の条件を考慮した。

1. LINACオペレータコンソールPCは、OSにWindows2000を採用しており、どの端末でもAccess2000の立ち上げが可能である^[2]。そのため、ソフト開発のみでオペレータがその場でデータベースの閲覧を可能にする。
2. 比較的容易にデータベースプログラミングを構築することができ、Access2000のVisual Basicを使用することにより、将来的に機能の追加、修正が可能である。
3. Access2000のデータリンク機能を使用し、

LINAC運転ログ用SQLサーバにデータリンクさせることが可能である。この方法を取り入れることにより、運転ログからトラブル発生日時と、詳細な記録の検索が可能になる。

4. サイラトロンデータベース表示構成

4.1 データベース表示

サイラトロンデータベースでは、Access2000のフォーム機能を使用して、データ表示を行なっている(図4参照)。表示構成は図5に示す。

表示内容は、総運転時間、リザーバ電圧、交換レベル、各データのグラフなどで、サイラトロンの現在の運転設定値が分かるようにした。今までの故障事例から、総運転時間については30khを超えたもの、リザーバ電圧については6.0Vを超えたサイラトロンは不具合を発生しやすい傾向にあるため、色分け表示を行い、交換判断が迅速に行えるようにした。

- ・総運転時間：20kh以上黄色、40kh以上赤色
- ・リザーバ電圧：6.0V以上赤色
- ・交換レベル：運転に影響を与える順に3段階に色分け。



図4：データ表示

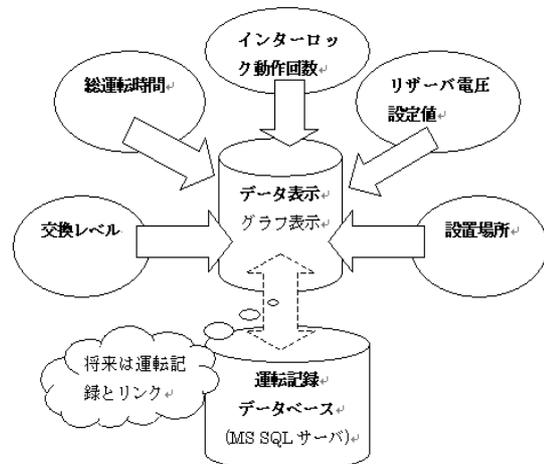


図5：データ表示構成図

4.2 データのグラフ化

クライストロンインターロック動作履歴、リザーバ電圧履歴については、項目ごとにグラフ化を行い表示した。グラフ表示の内容は、月別のクライストロン電源ダウン件数（図6参照）、工場出荷時から現在までのリザーバ電圧の変遷（図7参照）を表示している。

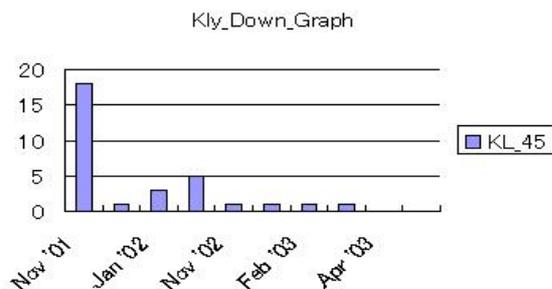


図6：インターロック動作回数のグラフ化

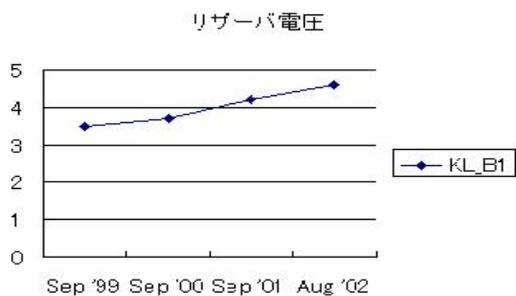


図7：リザーバ電圧のグラフ化

この時系列によるグラフ表示を行うことによって、故障、寿命の予兆を判断が容易になり、サイラトロン交換時期を予想することができる。

5. 今後の予定

5.1 オペレータコンソールPCへの展開

2003年6月時点で、本データベースはテスト的な使用にとどまっております。LINAC運転員は本ソフトを使用していない。9月からのLINAC運転再開に向け、KEK夏の運転停止期間中に、各オペレータコンソールPCへの導入を図り、サイラトロンデータベースの運用を開始したい。

5.2 LINAC運転記録への接続

LINACでは運転記録をデータベース化している。この運転記録データにサイラトロンデータベースを接続させることにより、サイラトロン交換に要した時間、内容などをより詳細に調べることができる。今後はLINAC運転記録を表示するためのソフト開発を行なう。

5.3 データベースのWeb化

現在は、データベースをAccessで作成しているが、図3に示すVSWRトレンドグラフはUNIXの環境下で動作している。このような異なる環境下ではAccess上で表示することが出来ない。データベースをWeb化することで、ネットワークや、環境に依存することを無くし、データベースや、VSWRトレンドグラフを確認できるように検討する。

6. まとめ

サイラトロンデータベースを使用することで、適時サイラトロン交換を行い、加速器運転中でのサイラトロン交換を極力減らすことで、KEKB,PF-RING,ARへの安定入射に貢献できる。さらに、運転履歴を蓄積することで、交換判断精度のさらなる向上を果たし、サイラトロンの長寿命使用を図りたい。

参考文献

- [1] 明本光生、他、“KEK 8GeV リニアックでのサイラトロン使用状況”、本研究会
- [2] 草野史郎、他、“KEKB LinacとRingの運転ログブックシステム”、本研究会