

KEK電子陽電子入射器における高周波源の運転統計及び維持管理(Ⅱ)

○ 東福知之¹, 今井康雄¹, 馬場昌夫¹, 熊野宏樹¹, 諸富哲夫¹, 荒川大², 片桐広明², 川村真人², 設楽哲夫², 竹中たてる², Qiu Feng², 中島啓光², 中尾克巳², 夏井拓也², 福田茂樹², 本間博幸², 松本利広², 松本修二², 松下英樹², 三浦孝子², 道園真一郎², 矢野喜治², 明本光生²
 1三菱電機システムサービス(株), 2高エネルギー加速器研究機構

はじめに

KEK電子陽電子入射器では、高周波源として59台の大電力クライストロンを使用している。2017年度はユニット復元及び新規ユニット追加により新たに2ユニットが運転を開始した。これまで高周波源は上流部(23台), 下流部(34台)に分かれていたが、これも2017年夏の長期メンテナンスで統合され上流下流部の区別はなくなった。本稿ではクライストロンアセンブリ、サイラトロンに関する運転統計及び大電力高周波源に関する不具合事例について報告する。

運転統計

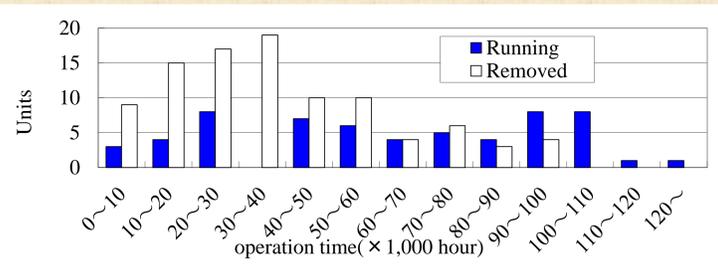
クライストロン

クライストロン仕様

周波数: 2856MHz 平均パルス出力電力: 41MW

RFパルス幅: 4μs 繰返し: 50pps

【使用状況】



【2017年度の交換】

- (1) クライストロン集束電磁石コネクタからの水漏れによる交換(2台)
- (2) クライストロン集束電磁石絶縁抵抗低下による交換(2台)



●(1)項 1台目の集束電磁石コネクタからの水漏れの様子。

●(1)項 2台目の集束電磁石コネクタからの水漏れの様子。

【年度毎の交換理由と交換台数】

年度	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	計	
アセンブリ交換数	9	9	10	8	6	6	5	7	1	13	1	4	5	3	1	3	2	4	97	
交換理由																				
エミッション減少	2	1	0	2	3	2	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15	
KLY 発振等	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
KLY ヒーター断線	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	5	
KLY 窓リーク(撤去後確認)	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	
MAG 不具合	(4)	(2)	(2)	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(14)	
絶縁油劣化	0	2	0	3	1	2	2	1	1	9	0	1	0	1	0	0	0	4	27	
PT 不具合	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
その他	4	3	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
その他	2	0	1	0	1	0	0	4	0	4	1	1	3	1	1	3	2	0	24	

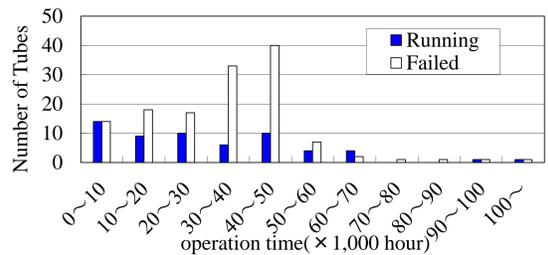


●(1)項 2台目で撤去した集束電磁石の天板を外し、通水試験を実施した様子。モールド外の冷却水パイプ部で水漏れが起こり、溜まった水が流れてコネクタ部分まで到達していた。

サイラトロン

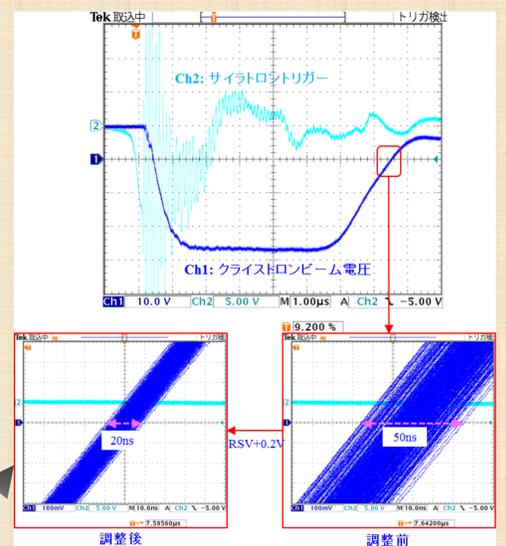
KEK電子陽電子入射器ではクライストロン用パルス電源のスイッチ(45kV, 4.5kA)としてサイラトロンが使用されており、現在はCX2410K(e2V社製), CX2411(e2V社製), L4888B(Litton社製)の3種類を使用している。

【使用状況】



【2017年度の交換】

- (1) KL_B2 L4888B 運転時間 13,000 h : キープアライブ電流が流れなくなり交換
- (2) KL_23 CX2410K 運転時間 55,000 h : 補助グリッドでの放電により交換
- (3) KL_42 L4888B 運転時間 49,000 h : ヒーター電流、リザーバー電流、キープアライブ電流が流れなくなり交換
- (4) KL_26 L4888B 運転時間 16,000 h : ヒーター電流、リザーバー電流/電圧変動のため交換
- (5) KL_B4 L4888B 運転時間 42,000 h : リザーバー電圧調整を行なうスライダックの上限によりリザーバー電圧を上げる事ができなくなったため交換



●(5)項でサイラトロン交換前に行なったリザーバー電圧調整前後のジッターの様子。スライダックの上限によりこれ以上上げる事ができなくなった為、サイラトロンの交換を行なった。

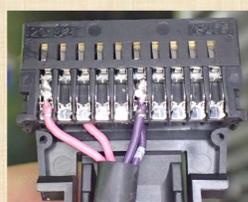
高周波源に関する不具合事例

集束電磁石電源コントロールケーブルの接触不良

・コントロールケーブルの接触不良によりコイル電流が変化(インターロックの範囲内)し、クライストロン出力が低下する症状が発生。ケーブルと端子の接触部を強く押し込み接触が良くなるようにした。
 ・ケーブルと端子の接続をはんだ付けにしたコントロールケーブルを準備し、トラブル時に使用できるようにしている。



●改修前



●改修後

集束電磁石電源メーカー修理不可品の増加

・クライストロン1体に対し集束電磁石電源が9台使用されており、合計で約530台使用している。
 ・20年以上同じ型の電源を使用しており、電源故障しても修理ができないものが増えてきている。
 ・予備電源が無くなる前に代替電源の選定を行ない、評価試験を進めている。

まとめ

2017年度のクライストロンアセンブリ交換の要因は全て集束電磁石のトラブルによるものであった。4台もの集束電磁石を交換する事を想定していなかったが、過去の蓄積してきたデータから予備品を十分に確保していた事に対応可能であった。長時間運転を行なっている事で予期せぬトラブルが発生する事もありえる為、今後も蓄積してきたデータを基に不具合の兆候を捉え、安定した加速器運転を継続できるように努める。