

DESIGN INSTANTATION OF ELECTRICAL POWER SUPPLY FOR RI BEAM FACTORY

Tadashi Fujinawa
RIKEN NISHINA CENTER

Abstract

RIKEN NISHINA Center for Accelerator-Based Science's RI Beam Factory (RIBF) which succeeded in extracting first beam on December 28th, 2006 as per scheduled, is currently under service for nuclear physics experiments. RIBF has 6 accelerators of which the main accelerator is the world's biggest and most powerful superconducting ring cyclotron (SRC). We will report on the alternative power source for RIBF, especially for the main transformer (TR) with 66/6.6kV 25/30MVA which has double capacity specifications; MV/LV TR's windings for multiple-phase rectifications; all direct connecting type motor starters including 315kW cryogenic system compressors, which enable a quick start and an efficient restart. They are also more reliable and economical than reactor and/or Y- Δ starters, and power supply to the existing facility is via the current-limiting reactor with a capacity of 9MVA.

We actively took into consideration the environmental management for the factory.

理研RIBFの交流電源の設計と建設

1. はじめに

理化学研究所（以下理研）仁科センターのRIビームファクトリー（以下RIBF）は世界最大最強の超電導リングサイクロトロン（SRC）を中心とした加速器施設で、2006年12月に予定通り初ビームに成功した。その後世界を冠絶した核物理実験装置として順調に新アイソトープ実験を行いすでに多くの成果を各方面に報告している。加速器施設は、ご存知の通り多くの電力消費を伴い電力供給の安定の下に成立する設備である。我々はRIBFの建設に当り、交流電源に対して、計画、設計、製造、現地組み立てを加速器本体同様の努力を払って多くの特長あるシステムを構築し、順調に稼動している。今回その詳細を報告する。Fig. 1にRIBFの単線結線図を示す。

2. 幻の154kV受電

理研は和光開設時より66kV受電であったが、RIBFの計画に対しその予定消費電力の多さより東電は154kVでなければ給電しないとの事で、154kV受電が計画された。理研施設部は日建設計と協議、既存の66kV GISの上位に154/66kV変圧器を持つ154KVガス絶縁変電所（GIS）を建設し複数の66/6.6KV既設変圧器に給電すると共にRIBF用に154/66kV変圧器を設置の上地中66kVケーブルにてRIBFまで送電し66/6.6KV GIS変電所を構築する計画であった。

これに対し、我々是对案を作成提案した。それは154KV受電後、ケーブルメーカーにおいて工場設備が減価償却したOFケーブルにてRIBFまで送電、そこで154/6.6kVの変圧器により直接6.6kVを配電する方法を提案した。

154/6.6kV方式は154/66kVの変圧器、66KV GISが不要のため機器コストと維持費がやすく信頼性が向上する、設置面積が少ない、変圧器のロスが削減でき、さらに送電電圧が高いため送電ロスも少ないというメリットがあり全ての面で有利と判断した。しかしながら、我々が熱電併給装置（CGS）¹を導入したことにより、それ以上のCGS増加を防ぐ目的か東電が急に「66kVにて必要なだけ給電します。」との申し出があり幻の154kV受電となった。

3. 特高変電所

理研と東電の境界は西門近くに位置する66kV GIS特高変電所であり、そこに仁科センター用にGISを増設し、RIBF棟屋上に建設した第二特別高圧変電所とは地中線で接続されている。ケーブルは、架橋ポリエチレン絶縁（以下XLEP）のトリプレックスケーブルである。1回線で将来の負荷増強分をまかなえる導体断面積325mm²を選定し、最大50MVAの電力を供給できるものである。

2回線の内1回線は予備である。また電線は750mの長さを中間接続のない一本物を採用し、信頼性の向上に配慮した。ちなみに電線は昭和電線電纜製である。

RIBF加速器棟の屋上に、RIBF専用第二特別高圧（特高）変電所を建設した。

①ガス絶縁開閉所

特高変電所は、ガス絶縁母線と真空遮断器（以下VCB）を組み合わせたGISであり、VCBはガス遮断器（GCB）に比較して、保守性省スペース、経済性に優れ

る上、温室効果ガスを使用しないという利点がある。

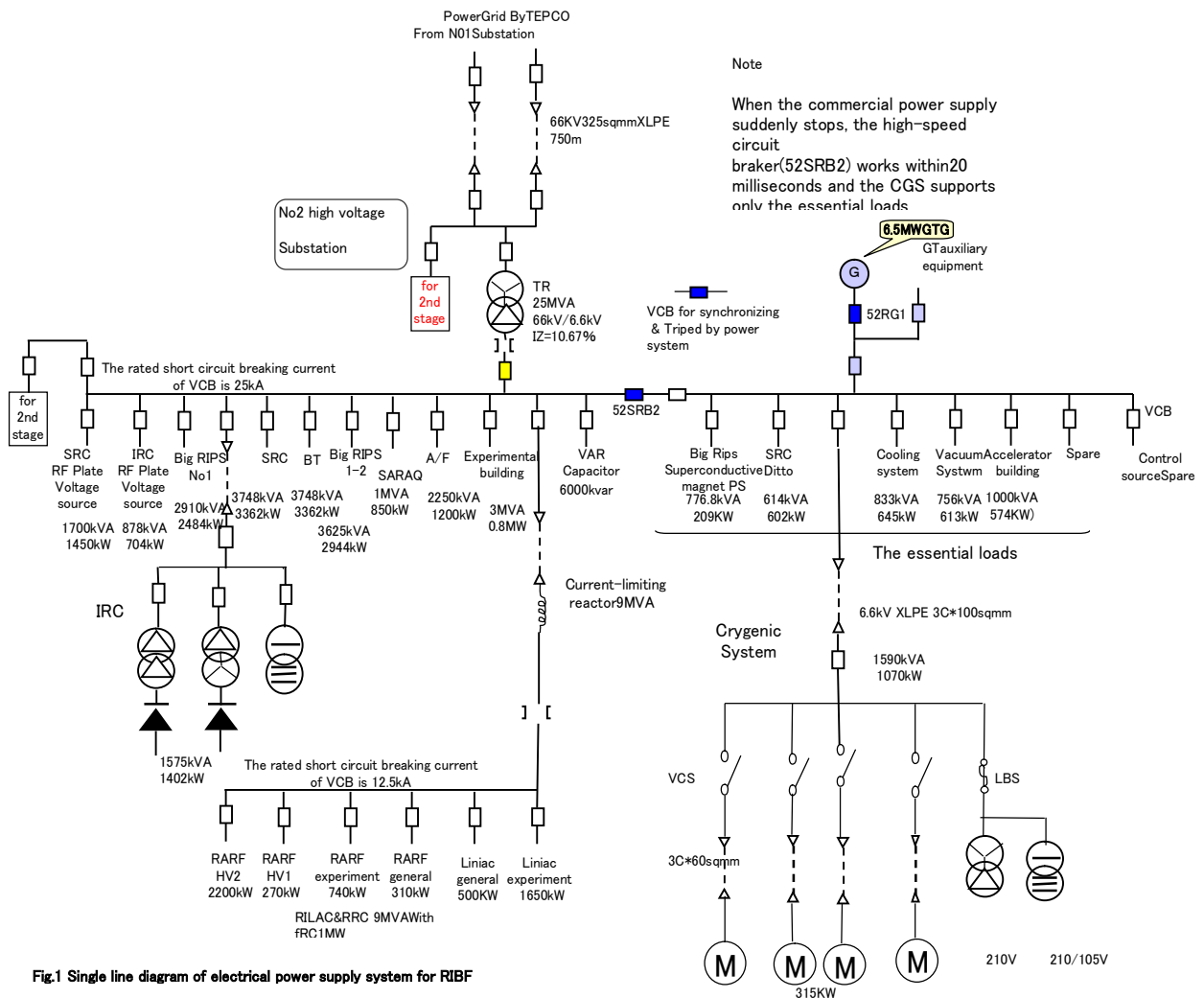


Fig.1 Single line diagram of electrical power supply system for RIBF

②主変圧器

66kVを6.6kVに変電する変圧器²は、内鉄型自冷式で25MVAの容量を持ち、将来冷却ファンを増設することにより、30MVAに増量できるように計画した2重定格である。

変圧器には理研を含む系統の電圧変化とRIBFの負荷変動に対応する自動タップチェンジャーを装備し電圧変動に対し自動的に追従できる物とした。%IZは実測値10.68%であり、本数値とCGS及び送電線のインピーダンスを考慮し6.6kVのVCBは25kA定格を選定した。

③既設への給配電

仁科センターには、直線加速器、AVFとRRCの各種加速器が既存の設備として存在している。この既存設備および仁科記念棟に代表される居室への電力供給は、西門近くの変電所から6.6kVケーブルで送電していたものを止め、新変電所からの給配電を計画した。

E-mail: fujinawa@riken.jp

ここで問題は、既設の特高変圧器は5MVA程度であり短絡事故電流が少ないため、遮断器を含む配電盤定格が12.5KAであり、事故時には遮断不可の上、母線強度が不足する点にあった。

そこで、Fig-1に示す如く9MVAの減流リアクトルを準備し、短絡事故時には事故電流が12.5kA以下になるように配慮した。

4. 電磁石用交流電源

RIBF棟地下1FLが「電源室2」であり、ここに高圧/低圧変電配電盤が納入されている。

ちなみに地下2FLは「電源室1」でこちらは磁石用DC電源が配置されている。

この交流電源の特徴は次の通りである。

- ① 理研の低圧は三相 415V、三相 210V、単相 210/105V である。
- ② 変圧器は乾式モールドタイプであり、VCB とあ

わせ可燃物がないため、炭酸ガス消化設備等が不要で、大型消火器のみの対応で良く、メンテナンスも含め経済的である。

- ③ 「電源室 2」の電気容量は 18MVA でこれは和光消防管内（和光市、朝霞市、新座市）で一部屋として最大である
- ④ 予算年度の関係で建物の引渡ししが 3 月 20 日で年度末竣工までの現地施工期間が 11 日間と極めて短い間に搬入、据付、配線、諸試験と高圧受電までを無事終了した。本工事には一般には一ヶ月程度の期間が必要であるが 24 時間操業することで、必要時間数を確保。さらには Operation research 手法を駆使し、工程管理と品質管理に留意した。
- ⑤ 上記工事期間には 50 面以上の分電盤の据付と He 冷凍機系電源 (2.3MVA) と冷却系高圧配電盤 (1.95MVA) 及びモーターコントロールセンター (MCC) 2 郡、納入済みの直流電源類の搬入据付も含まれる。
- ⑥ 変圧器容量を等分に分割し、その巻き線を Y-△ と △-△ の 2 種とすることにより、12 相整流と同様の効果を持たせた。当初は高調波対策としてアクティブフィルターを検討したが、実績より不要との結論に達した。Fig-1 に IRC の 750kVA 変圧器 2 台例をしめす、本図以外の BT、SRC、Big-RIPS も同様に等分割してある。
- ⑦ 予備フィーダーを用い、2005 年に竣工した実験棟内実験機器用に 2MVA の交流電源を増設、2007 年には SHARAQ 用交流電源 1MVA を増設した。
- ⑧ 既設の仁科・リニアック変電所に比較、面積は半分以下、容量は倍以上と密度は 4 倍のうえ、遮断器の定格は 2 倍であり、高性能をコンパクトに収納している。
これらの交流電源は、いずれも三菱電機丸亀製である。

5. 電動機起動方式

RIBF には He 圧縮機 (315 kW 高圧電動機) 4 台を筆頭に、冷却系を主に 70 台を超えるポンプ用電動機があるが全て、直入方式である。

国土交通省は高圧電動機にはリアクトル起動、低圧電動機には Y-△ 起動方式を推奨している。国交省方式は、起動電流が少ないため、起動時に母線の電圧降下を起し難い利点があるが、起動時間が長くなる、効率、力率が悪い。起動装置が高価であり、構造が複雑な分故障が発生する確率が高い。瞬時電圧降下等によるトリップ時に再起動に時間がかかる等の問題がある。最大の 315 kW の例で、問題とされる直入の起動電流について計算する。

$$I = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{P}{E \times \cos \phi \times \eta} \times 6$$

ここで P=315kW、E=6.6kV、 $\cos \phi = 0.9$ 、 $\eta = 0.95$ とすれば。

$$I = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{315}{6.6 \times 0.9 \times 0.95} \times 6 \\ = 216A$$

となり、25MVA 変圧器の定格電流は 2,187A より起動電流は定格電流の十分の一以下で、変圧器の %IZ より起動時母線には変圧器単独運転時に 1.07% の電圧降下が発生するが、無視できる範囲の上、CGS の 7MVA も加わり、実質電圧変動は無いに等しい。これらよりリアクター起動方式を採用する理由は見出せない。同様に Y-△ 起動方式も百害あって一利なしである。

6. 環境対策

RIBF の電気品は CGS 導入を筆頭に時代を先取りした環境対策に心がけている。

- ① 電線類は、原則として PVC をやめ塩素フリーな、ポリエチレンシースの Environment management cable (EM) を採用している。
- ② 変圧器は高効率変圧器を使用しており、最新の SHARAQ 用 1MVA は、定格の 40% 負荷時が最高効率 99.25% であり、定格負荷時には 98.96% と常に高い効率での運転が可能である。
- ③ 電動機も同じく高効率を採用しており、最新導入の 415V37kW 4P では普通型 92.45% に対して 93.38% を誇っている。尚低圧電動機は全て、2P に比較し騒音と振動の少ない 4P (四極) である。

7. まとめ

RIBF の交流電源は他の加速器施設には見られない多くの特長 (変圧器 2 重定格、多相整流、直入電動機起動方式他) を持ち、緻密な設計と高品質の製品及び現地工事の上に成立している。それぞれの機器は運転開始後トラブルなく順調に電力を供給しており、目標は達成されたと考えられる。また、環境性と経済性にも十分配慮した電源設備であることを報告して結びとしたい。

参考文献

- [1] T.Fujinawa, Y.Sekiguchi, K.Yamaguchi, H.Tokuoka, Y.Takuma and Y.Yano
RIKEN Accel.Prog.Rep.36 (2003)310.
- [2] T.Fujinawa, Y.Sekiguchi, A.Sakamoto, H.Ikawa, M.Kase, and Y.Yano
RIKEN Accel.Prog.Rep.38 (2005)269.