

仕 様 書

1 件名 重粒子線ビーム輸送用偏向電磁石電源の設計製作

2 数量 一式

3 目的

運用開始から 30 年余りが経過した重粒子線がん治療装置 HIMAC のビーム輸送用電磁石の一部では、経年によるコイル絶縁部の劣化や、コイル冷却性能の低下が見られる。電磁石コイルには定常的に大電流を流すことから、これを放置するとコイル間の電氣的ショートや異常発熱による出火の危険性が高まるため、電磁石コイル等の機器を更新して設備の安全性を保つ計画が進められている。本件では、更新された電磁石コイルを通電励磁するための電磁石電源を設計製作することを目的とする。

4 納入期限 令和 7 年 3 月 31 日

5 納入場所 千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
量子生命・医学部門 量子医科学研究所
重粒子線棟地下 1 階 入射器系電源室

6 基本仕様

(1) 同軸上に配置された二極／四極磁場コイルをそれぞれ独立に励磁可能な電磁石の構成にあわせて以下の電源を製作すること。

■二極磁場コイル用電源

■四極磁場コイル用電源

なお、四極磁場コイル用電源は 4 つに分かれた出力ユニットを 1 台のラックに収められる構造を想定しているが、別の構成とする場合は別途協議とする。

(2) それぞれの電源に対して以下の機能を備えること。

- ・直流遮断器
- ・保護抵抗
- ・クエンチ検出
- ・温度監視

(3) 電源の使用環境は、温度 19～30℃、湿度 20～65%とする。

(4) 電源盤の正面パネルには、出力電流・電圧モニタ用に絶縁されたアナログ電圧出力端子を設けること。また、現場・遠隔制御切替用のボタンを設け、現場制御時に

力電流の増減を行うためのボタンも設けること。制御用ボタンについてはハードスイッチ、タッチパネルを問わない。

(5) 「7 電源仕様」及び「8 制御仕様」に記載の各条件を満たすこと。

7 電源仕様

(1) 二極磁場コイル用電源

・受電条件	入力電圧	200 V ± 10%
	周波数	50 Hz
	相数	3 相
・冷却方式	水冷	純水、入口温度 32℃
	・寸法仕様	横幅
	奥行	1680 mm 以内
	高さ	2500 mm 以内
・整流方式	IGBT 正弦波コンバータ	
・出力仕様	定格電流	280 A
	定格電圧	±600 V

※電圧出力ユニットを 2 回路に分け、2 回路間の中点を接地できる構成を想定しているが、別の構成とする場合は別途協議とする。

※通常運転中には中点接地線は電磁石中点と切り離されているが、クエンチ検出時には高抵抗を介して電磁石中点と接続させること。

	電流掃引速度	50 A/s (参考値)
	電流リップル	±1.0×10 ⁻⁵ (定格電流比、10-280 A 範囲)
	電流安定度	±2.5×10 ⁻⁵ (定格電流比、10-280 A 範囲)
	電流追従精度	±1.0×10 ⁻⁴ (定格電流比、10-280 A 範囲)
	出力電流ジッタ	平均値±20 μs (目標値)、±100 μs (仕様値)
・負荷条件	インダクタンス	11 H
	ケーブル抵抗	10 mΩ (参考値)
	蓄積エネルギー	400 kJ (最大参考値)
・直流遮断器	遮断時間	100 ms 以内
	遮断電圧	±1400 V (中点接地時、最大参考値)
・保護回路	保護抵抗	5 Ω × 2 コイル
・クエンチ検出	コイル電圧による検出方式	

※検出回路は電圧閾値、判定時間を可変パラメータとして設定

※外部入力のクエンチ検出信号も取り込んで動作できること

- ・ 温度監視 温度モニタ + 閾値遮断制御

(2) 四極磁場コイル用電源

- ・ 受電条件

入力電圧	200 V ± 10%
周波数	50 Hz
相数	3 相
- ・ 冷却方式 空冷
- ・ 出力仕様

定格電流	140 A
定格電圧	±4 V
電流掃引速度	23 A/s (参考値)
電流リップル	±1.0×10 ⁻⁵ (定格電流比、10-140 A 範囲)
電流安定度	±2.5×10 ⁻⁵ (定格電流比、10-140 A 範囲)
電流追従精度	±1.0×10 ⁻⁴ (定格電流比、10-140 A 範囲)
出力電流ジッタ	平均値±20 μs (目標値)、±100 μs (仕様値)
- ・ 負荷条件

インダクタンス	17 mH
ケーブル抵抗	20 mΩ (参考値)
蓄積エネルギー	0.13 kJ (最大参考値)
- ・ 直流遮断器

遮断時間	100 ms 以内
遮断電圧	1.4 V (最大参考値)
- ・ 保護回路 保護抵抗 0.01 Ω
- ・ クエンチ検出

コイル電圧による検出方式	
※検出回路は電圧閾値、判定時間を可変パラメータとして設定	
※外部入力のクエンチ検出信号も取り込んで動作できること	
- ・ 温度監視 温度モニタ + 閾値遮断制御

※上記仕様での設計・製作を行うにあたり、その詳細について当機構担当者と随時協議を行い、承認を得た上で製作に取りかかるものとする。また、上記を含む詳細な仕様は当機構担当者の承認を得た上で変更可能とする。

8 制御仕様

- ・ 出力電流設定 20 bit + ストローブ信号
 - ・ 出力電圧設定 20 bit + ストローブ信号
- ※ただし、電流・電圧設定信号は当機構が支給する電圧計算回路から出力されるため、電圧計算回路を電源盤内に設置できる構造にすること。
- ※設定指令の最短周期は 50 kHz とし、電源は間引きせず設定値を取り込み電流、電圧を制御すること。

- ・出力電流モニタ 20 bit + 完了信号
- ・出力電圧モニタ 20 bit + 完了信号
- ・外部インターロック信号、異常集約信号、リセット信号、冷却水フロー信号の入出力を行い、それら信号・条件ごとに定められた動作を行うこと。
- ・外部制御機器との通信用プログラマブルロジック回路（PLC）を持つこと。

※制御仕様の詳細は契約締結後に開示する。

9 温度監視盤

温度監視盤に求める基本仕様は以下である。

- ・温度測定点 計 160 点以上を取り込めること。
- ・温度計モジュールとして Lake Shore Cryotronics Inc. 製 240-8P、または、相当品を組み込める構造であること。

10 試験

製作した各電源に以下の試験を実施し、その結果を試験検査報告書にまとめること。詳細な試験内容、合格基準については当機構担当者と協議の上で決定すること。

■工場試験

- ・外観検査
- ・重量／寸法検査
- ・絶縁抵抗試験
- ・耐電圧試験
- ・操作機能試験
- ・シーケンス試験
- ・保護機能／インターロック試験
- ・耐水圧試験
- ・冷却水流量測定
- ・電流／電圧メータ校正
- ・模擬負荷通電試験
- ・電流リップル測定
- ・連続通電安定性測定
- ・電流追従性測定
- ・高調波ノイズ測定
- ・耐電源ラインノイズ試験
- ・耐電波ノイズ試験
- ・いじわる試験
- ・力率／効率測定

1.1 工事

製作した電源一式を指定の重粒子線棟地下電源室に搬入し、配線した後に動作確認すること。

1.2 提出図書

以下の内容を含む完成図書を3部提出すること。

また、完成図書の電子データをオンラインストレージ等の電子記録媒体にて1部提出すること。完成図書の電子データと併せてCADデータ等の図面ファイルも提出すること。

- ・設計図書
- ・外観図
- ・回路図
- ・取扱説明書
- ・試験検査報告書

1.3 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.4 検査

上記仕様を全て満足していることを当機構担当職員が確認したことを以て、検査合格とする。

1.5 その他

- (1) 仕様内容に疑義がある場合は、当機構担当者へ問い合わせること。
- (2) 受注者は、本件業務上知り得た情報を当機構の許可なくして第三者に開示してはならない。
- (3) 納入後1年以内に生じた不具合に関して、設計・製作・搬入据付工事上の明らかな瑕疵と認められる場合には無償で対応すること。

部課名 物理工学部
使用者氏名 水島 康太