

仕 様 書

1 件名 ビーム輸送用電磁石電源設備の更新

2 数量 一式

3 目的

量子科学技術研究開発機構千葉地区にある重粒子線治療用加速器 HIMAC の重イオンビーム輸送装置用電源設備は、先行開発・製作から 15 年以上が経過し、老朽化が進み、劣化のため火災発生リスクが生じている。高い電磁場を生成するために大電流・高電圧を供給する電源設備は、電氣的ショートや異常発熱により出火の危険があるため、更新が必要である。本件では、重イオンビーム輸送装置用の電磁石電源設備の更新を行う。

4 納入期限 令和 8 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

量子医科学研究所 新治療研究棟内

6 製作電源仕様

下記に記載する仕様の電磁石電源および静電高圧電源を製作すること。パルス制御電源を除く全ての電磁石電源については定格電流値での直流運転が可能なこと。また、全ての静電高圧電源については定格電圧値での直流運転が可能なこと。なお、全ての電源について使用環境は温度 19～30℃、湿度 20～65%とする。

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、現場・遠隔制御切替用ボタンを設け、現場制御時に出力電流の増減を行うためのボタンも設けること。ただし、制御用ボタンについては物理ボタン・スイッチ、タッチパネル等の仮想ボタンを問わない。電源には機器名称を表示すること。ただし、本仕様書記載の機器名称は仮名称であるため、表示名称の確定は当機構担当者の指示に従うこと。

特に記載のない場合は電源盤下面側を配線の取り合い方向とする。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。上位制御装置との信号取り合いはプログラマブルロジック回路 (PLC) のネットワーク通信がメインとなるため、電源装置側も通信用の PLC を搭載すること。ただし、電源 1 台ごとに PLC を搭載しなくてもよく、1 つの電源盤に収容された複数の電源装置を 1 台の PLC でまとめて管理する構成でもよい。信号取り合いで必

要となるメディアコンバータ等は電源装置側で用意すること。

負荷が電磁石の場合はコイル温度高の信号を、また、水冷コイルの場合は冷却水流量低下の接点信号をインターロック信号として取り込むこと。インターロック動作遅れ時間は変更可能とし、標準は5秒として初期設定すること。

水冷電源の場合は、流量監視用途として、東フロコーポレーション株式会社製羽根車式流量計フローメーターを備えること。また、冷却水配管には次の順でバルブを設けること：流入側ボール弁、流量調整弁、(電源)、流出側ボール弁。その際、流入側ボール弁と電源の間に、ストレーナーを設けること（流入側ボール弁、流量調整弁、流出側ボール弁、ストレーナーには、株式会社キット製の製品とする）。

高調波の流出抑制を考慮した設計とすること。また、電源の指令に対する遅れ時間、ジッタを規定すること。

6-1 MBT 偏向電磁石用電源 1, 2

- ・員数 2台
- ・受電条件 3相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 200 A/定格電圧 59 V
- ・電流波形 直流波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 365 mH / 抵抗 222 m Ω / 水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 8 m Ω

※MBT 偏向電磁石用電源 1-3 を1つの電源盤に收容すること。

6-2 MBT 偏向電磁石用電源 3

- ・員数 1台
- ・受電条件 3相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 200 A/定格電圧 55 V
- ・電流波形 直流波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 275 mH / 抵抗 209 m Ω / 水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 8 m Ω

※MBT 偏向電磁石用電源 1-3 を1つの電源盤に收容すること。

6-3 MBT 四極電磁石用電源 1-9

- ・員数 9 台
- ・受電条件 3 相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 118 A/定格電圧 10 V
- ・電流波形 直流波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 14 mH/抵抗 58 m Ω /水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 13 m Ω

※MBT 四極電磁石用電源 1-9、MBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-7、MBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7 の計 23 台を 3 つの電源盤に収容すること。各電源盤に収容する電源の割り振りは協議にて決定すること。

6-4 MBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-7

- ・員数 7 台
- ・受電条件 3 相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 \pm 8 A/定格電圧 \pm 8 V
- ・電流波形 直流波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 5 mH/抵抗 594 m Ω /空冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 360 m Ω

※MBT 四極電磁石用電源 1-9、MBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-7、MBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7 の計 23 台を 3 つの電源盤に収容すること。各電源盤に収容する電源の割り振りは協議にて決定すること。

6-5 MBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7

- ・員数 7 台
- ・受電条件 3 相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 \pm 8 A/定格電圧 \pm 8 V
- ・電流波形 直流波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)

- ・ 負荷条件 (参考値) インダクタンス 5 mH / 抵抗 594 mΩ / 空冷コイル
- ・ ケーブル (参考値) 抵抗 360 mΩ

※MBT 四極電磁石用電源 1-9、MBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-7、MBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7 の計 23 台を 3 つの電源盤に収容すること。各電源盤に収容する電源の割り振りは協議にて決定すること。

6-6 SSY 静電インフレクタ用高压電源

- ・ 員数 1 台
- ・ 受電条件 3 相 200 V ± 10% / 周波数 50 Hz
- ・ 冷却方式 空冷
- ・ 出力仕様 定格電圧 100 kV (定格電流 1 mA 程度を想定)
- ・ 出力波形 直流波形
- ・ 出力リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電圧比)
- ・ 出力安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電圧比)
- ・ 負荷条件 (参考値) キャパシタンス 5715 pF / 抵抗 3101 MΩ
- ・ ケーブル (参考値) 抵抗 88 mΩ

※5→95%, 95→5%の出力変化 (充放電) をそれぞれ 30 秒以内にできること。

※定格電流については、負荷、ケーブル、充放電条件から協議により決定すること。

6-7 SSY 静電デフレクタ用高压電源

- ・ 員数 1 台
- ・ 受電条件 3 相 200 V ± 10% / 周波数 50 Hz
- ・ 冷却方式 空冷
- ・ 出力仕様 定格電圧 100 kV (定格電流 ± 3 mA 程度を想定)
- ・ 出力波形 パターン波形 (PLC メモリ使用)
- ・ 出力リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電圧比)
- ・ 出力安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電圧比)
- ・ 出力追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電圧比)
- ・ 負荷条件 (参考値) キャパシタンス 3328 pF / 抵抗 97 MΩ
- ・ ケーブル (参考値) 抵抗 14.66 mΩ

※5→95%, 95→5%の出力変化 (充放電) をそれぞれ 3 秒以内にできること。なお、出力変化は線形に制御すること。

※定格電流については、負荷、ケーブル、充放電条件から協議により決定すること。

※放電用抵抗器の設置条件は協議により決定すること。

※配線取り合いは電源盤上面側とする。

6-8 SSY 入射バンブ電磁石用電源 1-3

- ・員数 3 台
- ・受電条件 3 相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 256 A (定格電圧 530 V 程度を想定)
- ・電流波形 パルス波形
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-2}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 0.069 mH/抵抗 11.3 m Ω /空冷コイル
- ・ケーブル (参考値) パルス発生部から電磁石負荷まで 15~20 m

※電源を電源部とパルス発生部に分けて構成すること。また、入射バンブ電磁石用電源 1-3 の電源部は 1 つの電源盤に収容すること。

※パルス発生部に充電した電力を加速器制御システムから受けるタイミングパルスにあわせて放電し、略正弦半波 (パルス幅: 60~200 μ s で調整可能とする) の電流波形を出力すること。

※電流出力とパルス幅に合わせて回路定数を設計し、定格電圧については、負荷、ケーブル、回路条件から協議により決定すること。

※電源 1-3 のそれぞれが出力するパルス電流を同期して運転するため、充電電圧 (パルス波高) が 3 台の電源で異なる条件においてもパルス形状が相似形を保てること。また、出力タイミング指令に対する遅れの再現性が $\pm 0.5 \mu$ s 以内であること。

※パルス発生部のみ配線取り合いは上面側とする。

6-9 SSY 偏向電磁石用電源

- ・員数 3 台
- ・受電条件 3 相 400 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 水冷 (純水、入力 32 $^{\circ}$ C)
- ・出力仕様 定格電流 280 A/定格電圧 ± 600 V
- ・整流方式 IGBT 正弦波コンバータ
- ・電流波形 パターン波形 (パターンメモリ使用)
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-5}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-5}$ (定格電流比)
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流掃引速度 50 A/s (参考値)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 11 H/抵抗 10 m Ω
- ・出力電流ジッタ 平均値 $\pm 20 \mu$ s (目標値)、 $\pm 100 \mu$ s (仕様値)

※直流遮断器、保護抵抗、クエンチ検出機能、温度監視機能を備えた電磁石保護盤を設けること。

※直流遮断器の遮断時間は 100 ms 以内、遮断電圧は±1400 V（中点接地時、最大参考値）とする。

※保護抵抗は $5\ \Omega \times 2$ 式とし、保護抵抗間を中点とする。

※クエンチ検出機能はコイル電圧による検出方式とし、電圧閾値、判定時間を可変パラメータとして設定できること。また、外部入力 of クエンチ検出信号も取り込んで動作できること。

※温度監視機能により温度状況をモニタし、温度閾値を超えた場合には運転停止できること。電源 1 台あたり温度測定点 計 40 点を取り込めること。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。

※電磁石保護盤のみ配線取り合いは上面側とする。

6-10 SSY 収束四極電磁石用電源

- ・員数 1 台
- ・受電条件 3 相 200 V±10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 425 A/定格電圧±58 V
- ・電流波形 パターン波形（パターンメモリ使用）
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-5}$ （定格電流比）
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・負荷条件（参考値） インダクタンス 57 mH/抵抗 118 m Ω /水冷コイル

※電磁石 4 台を直列通電するため、負荷条件数値は電磁石 4 台分の合計

- ・ケーブル（参考値） 抵抗 3 m Ω

※変換器用変圧器以下の直流回路は、対象性を確保してコモンモードノイズを抑制すること。

※電源自身の故障、または、瞬停・停電を検出した際に速やかにビーム停止信号を 3 点出力すること。また、電源自身の故障、または、瞬停・停電の発生後も出力電流を 10 ms 維持すること。なお、ビーム停止信号は別の電磁石電源に専用線で直接入力されるものである。

6-11 SSY 高速四極電磁石用電源

- ・員数 1 台
- ・受電条件 3 相 200 V±10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 50 A/定格電圧±76 V
- ・電流波形 矩形波形（外部オン・オフ入力）

- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 0.43 mH / 抵抗 5.5 m Ω / 空冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 11.7 m Ω

※外部トリガ信号による出力指令に対して 0→100%の電流立上げを 3 ms 以内、100→0%の電流立下げを 0.3 ms 以内に実行できること。

※0→30~100%の電流立上げ時のオーバーシュートを 0.1 A 以下にすること。

6-12 SSY 六極電磁石用電源 1

- ・員数 1 台
- ・受電条件 3 相 200 V $\pm 10\%$ / 周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 ± 41 A / 定格電圧 ± 44 V
- ・電流波形 パターン波形 (PLC メモリ使用)
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 10.9 mH / 抵抗 45.1 m Ω / 水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 147.5 m Ω

6-13 SSY 六極電磁石用電源 2

- ・員数 1 台
- ・受電条件 3 相 200 V $\pm 10\%$ / 周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 110 A / 定格電圧 ± 39 V
- ・電流波形 パターン波形 (PLC メモリ使用)
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 10.9 mH / 抵抗 45.3 m Ω / 水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 26.5 m Ω

6-14 SSY 水平ステアリング電磁石用電源 1, 2

- ・員数 2 台
- ・受電条件 3 相 200 V $\pm 10\%$ / 周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷

- ・出力仕様 定格電流±15 A／定格電圧±17 V
- ・電流波形 パターン波形（PLC メモリ使用）
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ （定格電流比）
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ （定格電流比）
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-2}$ （定格電流比）
- ・負荷条件（参考値） インダクタンス 206 mH／抵抗 755 m Ω ／空冷コイル
- ・ケーブル（参考値） 抵抗 147.5 m Ω

※SYN 水平ステアリング電磁石用電源 1-2、SYN 垂直ステアリング電磁石用電源 1-4 の計 6 台を 1 つの電源盤に収容すること。

6-15 SSY 垂直ステアリング電磁石用電源 1-4

- ・員数 4 台
- ・受電条件 3 相 200 V±10%／周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流±19 A／定格電圧±17 V
- ・電流波形 パターン波形（PLC メモリ使用）
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ （定格電流比）
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ （定格電流比）
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-2}$ （定格電流比）
- ・負荷条件（参考値） インダクタンス 108 mH／抵抗 563 m Ω ／空冷コイル
- ・ケーブル（参考値） 抵抗 147.5 m Ω

※SYN 水平ステアリング電磁石用電源 1-2、SYN 垂直ステアリング電磁石用電源 1-4 の計 6 台を 1 つの電源盤に収容すること。

6-16 SSY 出射セプタム電磁石用電源 1

- ・員数 1 台
- ・受電条件 3 相 200 V±10%／周波数 50 Hz
- ・冷却方式 水冷（純水、入力 32℃）
- ・出力仕様 定格電流 2700 A／定格電圧 60 V
- ・電流波形 パターン波形（PLC メモリ使用）
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ （定格電流比）
- ・負荷条件（参考値） インダクタンス 0.028 mH／抵抗 9.5 m Ω ／水冷コイル
- ・ケーブル（参考値） 抵抗 0.64 m Ω

※ハードワイヤにて入力される緊急停止信号 3 点を受けられること。また、緊急停止信

号を受けたら速やかに出力をオフすること。なお、ビーム停止信号は別の電磁石電源から専用線で直接入力されるものである。

6-17 SSY 出射セプトラム電磁石用電源 2

- ・員数 1 台
- ・受電条件 3 相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 水冷（純水、入力 32°C）
- ・出力仕様 定格電流 2200 A/定格電圧 70 V
- ・電流波形 パターン波形（PLC メモリ使用）
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・電流追従精度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ （定格電流比）
- ・負荷条件（参考値） インダクタンス 0.99 mH/抵抗 26 m Ω /水冷コイル
- ・ケーブル（参考値） 抵抗 0.64 m Ω

※ハードワイヤにて入力される緊急停止信号 3 点を受けられること。また、緊急停止信号を受けたら速やかに出力をオフすること。なお、ビーム停止信号は別の電磁石電源から専用線で直接入力されるものである。

6-18 HBT 偏向電磁石用電源 1

- ・員数 1 台
- ・受電条件 3 相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 572 A/定格電圧 67 V
- ・電流波形 ステップ波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ （定格電流比）
- ・負荷条件（参考値） インダクタンス 135 mH/抵抗 73 m Ω /水冷コイル
- ・ケーブル（参考値） 抵抗 7 m Ω

※HBT 偏向電磁石用電源 1、HBT 偏向電磁石用電源 2 は高さ方向に重ねて配置できる構造とすること。

※100% \rightarrow 99%、70% \rightarrow 69%、40% \rightarrow 39%の出力電流変更を 200 ms 以内に実行できること。その際、電流変化開始から電流偏差 $\Delta I/I$ （定格電流比）が $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ 以内に収束するまでの時間で計測すること。

6-19 HBT 偏向電磁石用電源 2

- ・員数 1 台

- ・受電条件 3相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 572 A/定格電圧 48 V
- ・電流波形 ステップ波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 85 mH/抵抗 52 m Ω /水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 7 m Ω

※HBT 偏向電磁石用電源 1、HBT 偏向電磁石用電源 2 は高さ方向に重ねて配置できる構造とすること。

※100% \rightarrow 99%、70% \rightarrow 69%、40% \rightarrow 39%の出力電流変更を 200 ms 以内に実行できること。その際、電流変化開始から電流偏差 $\Delta I/I$ (定格電流比) が $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ 以内に収束するまでの時間で計測すること。

6-20 HBT 偏向電磁石用電源 3, 4

- ・員数 2 台
- ・受電条件 3相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 572 A/定格電圧 133 V
- ・電流波形 ステップ波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 312 mH/抵抗 142 m Ω /水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 7 m Ω

※100% \rightarrow 99%、70% \rightarrow 69%、40% \rightarrow 39%の出力電流変更を 200 ms 以内に実行できること。その際、電流変化開始から電流偏差 $\Delta I/I$ (定格電流比) が $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ 以内に収束するまでの時間で計測すること。

※励磁状態判定用回路を電源内に設け、ある電流値以上が出力されているか否かを示す状態信号を出力すること。判定基準となる電流の閾値は可変とすること。ただし、閾値にはヒステリシス幅を持たせるためにレベルを 2 つ設け、ノイズによる誤判定を防止する設計とすること。

6-21 HBT 四極電磁石用電源 1-12

- ・員数 12 台
- ・受電条件 3相 200 V \pm 10%/周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷

- ・出力仕様 定格電流 277 A／定格電圧 14 V
- ・電流波形 ステップ波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-4}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 6.8 mH／抵抗 29 m Ω ／水冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 14 m Ω

※HBT 四極電磁石用電源 1-12、HBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-4、HBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7 の計 23 台を 3 つの電源盤に収容すること。各電源盤に収容する電源の割り振りは協議にて決定すること。

※100%→98%、60%→58%、20%→18%の出力電流変更を 200 ms 以内に実行できること。その際、電流変化開始から電流偏差 $\Delta I/I$ (定格電流比) が $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ 以内に収束するまでの時間で計測すること。

6-22 HBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-4

- ・員数 4 台
- ・受電条件 3 相 200 V $\pm 10\%$ ／周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 ± 13 A／定格電圧 ± 13 V
- ・電流波形 ステップ波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 95 mH／抵抗 540 m Ω ／空冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 370 m Ω

※HBT 四極電磁石用電源 1-12、HBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-4、HBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7 の計 23 台を 3 つの電源盤に収容すること。各電源盤に収容する電源の割り振りは協議にて決定すること。

※100%→90%、60%→50%、20%→10%の出力電流変更を 200 ms 以内に実行できること。その際、電流変化開始から電流偏差 $\Delta I/I$ (定格電流比) が $\pm 2.0 \times 10^{-3}$ 以内に収束するまでの時間で計測すること。

6-23 HBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1, 2, 5-7

- ・員数 5 台
- ・受電条件 3 相 200 V $\pm 10\%$ ／周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 ± 13 A／定格電圧 ± 13 V
- ・電流波形 ステップ波形

- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 118 mH / 抵抗 564 m Ω / 空冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 270 m Ω

※HBT 四極電磁石用電源 1-12、HBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-4、HBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7 の計 23 台を 3 つの電源盤に収容すること。各電源盤に収容する電源の割り振りは協議にて決定すること。

※100%→90%、60%→50%、20%→10%の出力電流変更を 200 ms 以内に実行できること。その際、電流変化開始から電流偏差 $\Delta I/I$ (定格電流比) が $\pm 2.0 \times 10^{-3}$ 以内に収束するまでの時間で計測すること。

6-24 HBT 垂直ステアリング電磁石用電源 3, 4

- ・員数 2 台
- ・受電条件 3 相 200 V $\pm 10\%$ / 周波数 50 Hz
- ・冷却方式 空冷
- ・出力仕様 定格電流 ± 13 A / 定格電圧 ± 19 V
- ・電流波形 ステップ波形
- ・電流リップル $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・電流安定度 $\pm 1.0 \times 10^{-3}$ (定格電流比)
- ・負荷条件 (参考値) インダクタンス 268 mH / 抵抗 969 m Ω / 空冷コイル
- ・ケーブル (参考値) 抵抗 270 m Ω

※HBT 四極電磁石用電源 1-12、HBT 水平ステアリング電磁石用電源 1-4、HBT 垂直ステアリング電磁石用電源 1-7 の計 23 台を 3 つの電源盤に収容すること。各電源盤に収容する電源の割り振りは協議にて決定すること。

※100%→90%、60%→50%、20%→10%の出力電流変更を 200 ms 以内に実行できること。その際、電流変化開始から電流偏差 $\Delta I/I$ (定格電流比) が $\pm 2.0 \times 10^{-3}$ 以内に収束するまでの時間で計測すること。

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。

7 制御仕様

制御仕様の詳細は契約締結後に開示する。なお、電流波形種別ごとの出力電流制御方法については以下とする。

7-1 ステップ波形制御

加速器制御システムから伝送される電流設定値にあわせて速やかに出力変更する。出力電流値が決められた値に達したら、次の電流変更指令が来るまでその値を保持する。設定電流値に対する出力電流値の偏差をモニタし、偏差の収まりにあわせて変化完了信号（例えば $\Delta I/I : \pm 1 \times 10^{-3}$ 以内）、整定完了信号（例えば $\Delta I/I : \pm 1 \times 10^{-4}$ 以内）を加速器制御システムに出力する。変化完了信号、整定完了信号の出力条件となるそれぞれの閾値は加速器制御システムから設定変更可能とする。

加速器制御システムから初期化電流値と初期化待機時間も設定できるようにし、初期化指令に対して初期化シーケンスを実行できること。初期化動作中を示す状態を加速器制御システムへ通知し、初期化完了後は電流設定値に変更する。タイミングによっては、初期化指令前に電流設定値を通知してしまう場合があるが、この時は初期化動作を後追いで走らせること。

7-2 パターン波形制御 (PLC メモリ使用)

電源装置にプログラマブルロジック回路 (PLC) を搭載し、PLC のメモリ領域を用いて加速器制御システムから予め設定される電流パターンデータを格納する。電源装置は加速器制御システムからクロックパルスを受け、格納された電流パターンデータに沿って電流波形を出力する。また、次のクロックパルスが来るまでは電流値を保持する。基本クロックレートは 500 Hz とし、15 秒以上の電流パターンデータを格納できること。

7-3 パターン波形制御 (パターンメモリ使用)

当機構が支給する電圧計算回路から出力される電流・電圧設定信号 (20 bit + ストローブ) を受け、電流出力を変更する。電圧計算回路には加速器制御システムからクロック信号が入力され、その都度電流・電圧指令値が変更される。基本クロックレートは 50 kHz となるが、次の電流変更指令が来るまでは電流値を保持する。電圧計算回路は、電源盤内に設置できる構造にすること。

7-4 パルス波形制御

充電した電力を加速器制御システムから受けるタイミングパルスにあわせて放電し、略正弦半波の電流波形を出力すること。

7-5 矩形波形制御

加速器制御システムから伝送される電流設定値を PLC で受け、加速器制御システムから別途ハードワイヤによって送られるトリガ信号にあわせて速やかに電流出力を変更すること。トリガオン時の電流値とトリガオフ時の電流値をそれぞれ設定できる設計とし、トリガオン中・オフ中は設定電流値にあわせて出力を保持すること。

8 試験

製作した電源装置一式に以下の試験を実施すること。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（※水冷の場合）
- ・ 冷却水流量測定（※水冷の場合）
- ・ 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
- ・ 再現性試験
- ・ 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
- ・ 力率／効率測定
- ・ 待機電力測定
- ・ 接地漏洩電流測定
- ・ 静電気試験
- ・ 接地抵抗測定

9 提出図書

以下の内容を含む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。CADデータ等の図面ファイルもあわせて提出のこと。

- ・ 設計図書
- ・ 外観図
- ・ 回路図
- ・ 取扱説明書

- ・試験検査報告書

10 グリーン購入法の推進

- ・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。
- ・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。

11 検査

上記仕様を全て満足しているか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。

12 その他

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。また、本請負者は、本件業務上知り得た情報を発注者の許可なくして第三者に開示してはならない。納品後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。

物理工学部
水島 康太