

プラズマ着火用電源導入に係る技術支援

新谷, 一郎
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/6794450>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 5, pp.36-38, 2023-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

プラズマ着火用電源導入に係る技術支援

新谷 一郎

要 旨

応用力学研究所の核融合力学部門では、トラスプラズマ装置 (PLATO) を用いたプラズマ実験が行われている。現在は、PLATO でのトカマクプラズマ形成を目的とした局所ヘリシティ入射 (LHI) 実験の準備が進められている。その際、新たな大型電源が必要となり、2022 年 3 月にプラズマ着火用電源が導入されることとなった。本稿では、当該電源導入の際に取り組んだ技術支援について紹介する。

キーワード

PLATO トカマクプラズマ LHI 実験 プラズマ着火用電源

1. はじめに

応用力学研究所の核融合力学部門では、藤澤彰英主幹教授を中心に、トラスプラズマ装置 (以下、PLATO: PLAsma Turbulence Observatory、図 1) を用いたプラズマ実験が行われている。PLATO とは、真空容器内に生成されたトカマクプラズマを、乱流トモグラフィや重イオンビームプローブといった計測機器を用いて観測し、乱流プラズマの特性について研究するために製作された装置である。

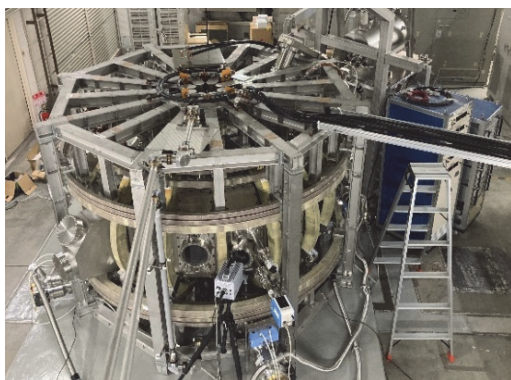


図 1 PLATO の外観

現在は、観測対象であるトカマクプラズマの形成を目指し、局所ヘリシティ入射 (以下、LHI: Local Helicity Injection) 実験の準備が進められている。LHI 実験とは、真空容器内に電極を挿入し、水素ガスやヘリウムガスを注入させた状態で

電極に大電流を流すことでアーク放電を起こし、プラズマを生成させる実験である。LHI 実験を行う上で、電極に大電流を流すための大型電源が必要となり、愛知電機株式会社に製作を依頼し、プラズマ着火用電源 (図 2) を導入する運びとなった。プラズマ着火用電源は、2022 年 3 月に納品され、本研究所の乱流プラズマ実験棟本体室に設置された。本稿では、当該電源導入時に行った技術支援について紹介する。



図 2 プラズマ着火用電源

2. プラズマ着火用電源について

図 2 のプラズマ着火用電源 (以下、LHI 電源) は、プラズマの着火に必要な直流電流および直流電圧を負荷 (電極) へ供給するための電源である。LHI 電源を動作させるには、次の 3 パラメータを設定する必要がある。

- ・ 出力電流値 (100~1000A)
- ・ パルス重畳時間 (0~500μsec)
- ・ 通電時間 (1~50msec)

パラメータの 1 つであるパルス重畳時間とは、LHI 電源が放電開始用トリガ信号を受信してから、設定した出力電流値まで電流が立ち上がるのに要する時間のことである。

パラメータを設定した後、LHI 電源に運転 (充電) 指令、放電開始用トリガの順番で信号を送ると、電源内部に搭載された PLC 電源が動作し、電極に電流が流れる仕組みになっている。

3. 電源導入時に行った技術支援

LHI 電源を PLATO で運用するため、様々な技術支援を行った。本章では、その支援内容についてそれぞれ紹介する。

3-1. 制御プログラム開発

LHI 電源を制御するため、本体室とは別の居室 (制御室) にある常設 PC から遠隔で、パラメータ設定および運転指令の送信を行う必要があった。そこで、それらの機能を有した LHI 電源制御プログラムを開発した (図 3)。なお、開発時に使用したプログラミング言語は、LabVIEW である。

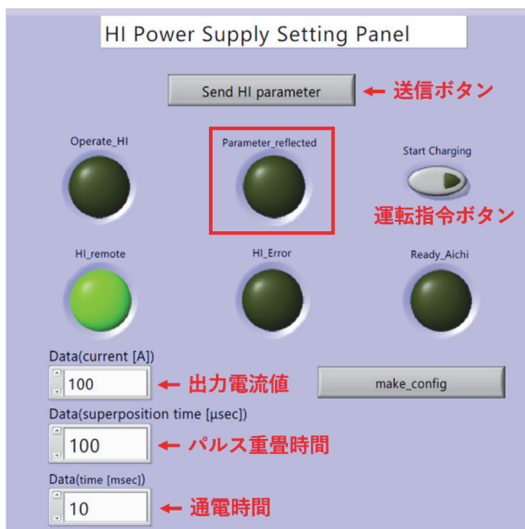


図 3 制御プログラムの操作画面

開発したプログラムを使用して、パラメータ設定および運転指令の送信を行うには、まず図 3 の操作画面から 3 つのパラメータを入力した後、送信ボタンを押して、LHI 電源にパラメータを送る。

適切にパラメータが反映されると、図 3 内における赤枠のランプが点灯するので、ランプの点灯を確認した後、運転指令ボタンを押下する。その後、しばらくすると、LHI 電源の充電が完了し、電極への放電が可能になる。

3-2. 光ファイバケーブル敷設

常設 PC から送られたパラメータは、LAN 経由で LHI 電源内部にある PLC 電源のレジスタに書き込まれる。そこで、常設 PC から LHI 電源にパラメータのデータを送信できるよう、常設 PC を設置している制御室から本体室の LHI 電源まで、LAN ケーブルを敷設する予定であった。しかし、本体室内は強磁場が発生する可能性があるため、LAN ケーブルの電気信号では、強磁場によるノイズの影響を受けて、パラメータ伝達が正確にできないことが懸念された。

そこで、光メディアコンバータを用いて LAN ケーブルの電気信号をノイズに強い光信号に変換し、制御室から本体室内の電源まで光ファイバケーブルを配線して、ノイズの影響を極力受けないような通信環境に整備した。ケーブル敷設作業の際は、制御室からの光ファイバケーブルを本体室内の既存ケーブルラックに這わせて、LHI 電源内に取り付けた光メディアコンバータまで配線した。

3-3. PLC 電源駆動用リレー回路製作

パラメータの設定を行った後、LHI 電源には運転指令および放電開始用トリガが送られる。LHI 電源で充放電を起こすには、これらの信号を受け取り、電源内部の PLC 電源を動作させるリレー回路を製作する必要があった。リレー回路のリレーとは、コイル (電磁石) とスイッチで構成された電子部品で、コイルに電流を流して磁力を発生させ、その力を利用してスイッチを ON/OFF させる機能を有している。

今回は、HSIN DA PRECISION 社製のリレーモジュールキットを利用して、リレーモジュールの入力部分に信号が送られると、スイッチが ON になり、PLC 電源が動作して、LHI 電源の充電および放電が行われるようなリレー回路を製作した (図 4)。加えて、製作したリレー回路を収納する筐体の加工も行った (図 5)。

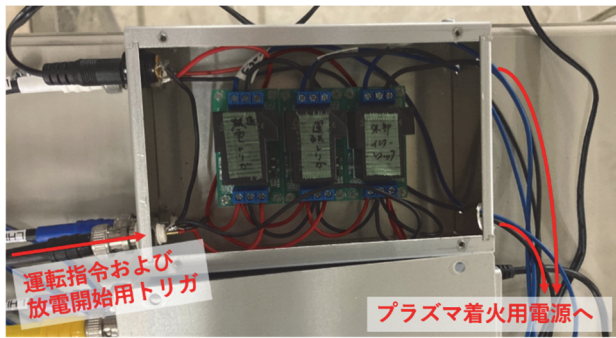


図 4 製作したリレー回路

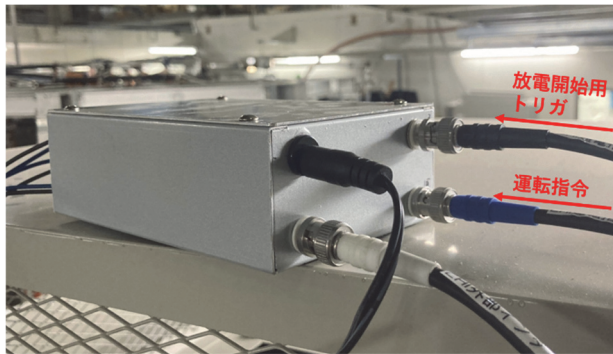


図 5 加工した筐体の外観

4. 実機試験の結果

前章で説明した技術支援による環境整備後、LHI 電源の実機試験を実施した。その際、LHI 電源の電流出力部分には、実験で使用する電極ではなく、ダミーロード（疑似負荷）をつなぎ、電流出力が適切に行われるかを確認した。図 6 のようにパラメータを設定し、ダミーロードに通電させたところ、図 7 の結果が得られた。

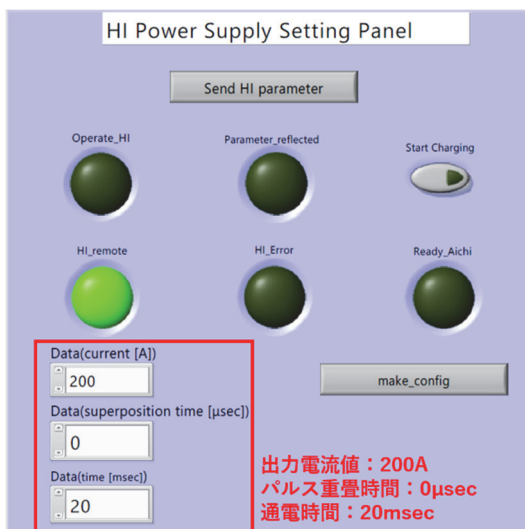


図 6 実機試験時のパラメータ

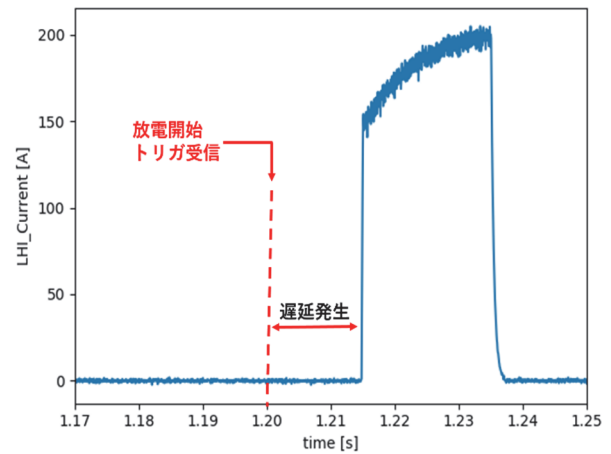


図 7 ダミーロードに流れた電流の波形

図 7 より、リレー回路が放電開始用トリガを受けてから、電流が出力されるまで約 15msec の遅延が発生していることが判明した。これは、回路で使用したリレーがコイルとスイッチで構成された物理リレーであり、ごく短い時間ではあるが、スイッチの ON/OFF 切り替えに時間を要したため、遅延が生じたと考えられる。

LHI 電源の実機試験結果を受けて、現在はリレー回路の改良に取り組んでいる。今後は、PLATO 関係者と協力して、物理リレーではなく、高速スイッチングが可能なフォトカプラを利用したリレーの回路を新たに導入し、LHI 電源が正常に動作するか検証する予定である。

5. おわりに

今回の支援で、光ファイバーケーブルの敷設やリレー回路の製作など、自身がこれまで経験してこなかった内容に取り組む良い機会となった。今後も、PLATO 実験高度化のため、様々な技術支援に取り組んでいきたい。

謝辞

LHI 電源に係る技術支援を行う機会を与えてくださった核融合力学部門の藤澤彰英主幹教授、当該電源の実機試験時にサポートをしてくださった永島芳彦准教授、文賛鎬准教授、西澤敬之助教、リレー回路製作時に助言を頂いた室員の高田青氏にお礼申し上げます。

また、光ファイバーケーブル敷設作業に協力してくださった学生の皆様にも感謝いたします。