

高周波電流駆動装置に係る昇降圧スイッチの自動操作化

永田, 貴大
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/6794447>

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.25-27, 2023-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

高周波電流駆動装置に係る昇降圧スイッチの自動操作化

永田 貴大

要 旨

高温プラズマ理工学研究センターでは、球状トカマク装置（以下、QUEST）および高周波電流駆動装置（以下、RF 装置）を用いて核融合発電を目指したプラズマ実験を行っている。RF 装置の昇降圧スイッチは、現場および遠隔による手動での操作機能が備わっている。本稿では、実験のシーケンスタイムに連動した昇降圧の自動操作化を目指し、昇降圧スイッチの改造について紹介する。

キーワード

高周波電流駆動装置 昇降圧スイッチ 自動操作化

1. はじめに

RF 装置とは、装置内のクライストロンからマイクロ波を QUEST 内部に照射する装置であり、電流駆動のために昇降圧が必要な仕様となっている。現場には現場用（図 1、1999 年製造）、実験のオペレーションルームには遠隔用（図 2、2020 年追加改造^[1]）の昇降圧スイッチが設置されている。RF 装置は、QUEST と真空窓を介して接続されており、実験中にアーク放電が発生した場合に真空窓を破損させる可能性があるため、瞬時にアーク放電を解消する保護機能（強制的に降圧する）が備わっている。保護機能が発生した後に実験を継続する場合、昇圧作業を再度行わなければならない（実験内容によっては1時間で4~5回程度）。また、実験中の隙間時間などに降圧することで電力削減に繋がるため、遠隔操作化後に実験作業従事者の業務として組み込まれている。

遠隔操作は、実験作業従事者の背後に設置された遠隔用昇降圧スイッチを用いて、手動操作が可能であった。しかし、実験作業従事者の業務は、プラズマ点火毎に実験関連機器の指定値変更やエラー対応、記録作成など業務過多であった。そのため、手動操作による昇降圧作業は、実験作業従事者の負担となっており、オペレートミス要因になっていた。

そこで、実験のシーケンスタイムに併せて自動的に RF 装置の昇降圧が可能であるシステム（以

下、シーケンス連動昇降圧スイッチ）を導入することにした。

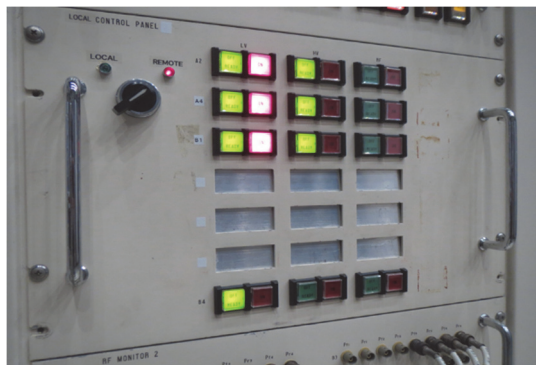


図 1 現場用昇降圧スイッチの外観



図 2 遠隔用昇降圧スイッチの外観

2. 昇降圧スイッチの概要

クライストロンは、A1~A4 および B1~B4 の計 8 基あり、クライストロン 1 基毎に LV、HV、RF それぞれの昇圧スイッチ（以下、ON-SW）と降圧スイッチ（以下、OFF-SW）が備わっている。

現場用および遠隔用昇降圧スイッチには ON-SW と OFF-SW のどちらも同型のスイッチを使用しており、ON-SW では NO 経路（赤実線、ノーマルオープン）、OFF-SW では NC 経路（緑破線、ノーマルクローズ）が利用されている。ON-SW/OFF-SW の回路図を図 3 に示す。

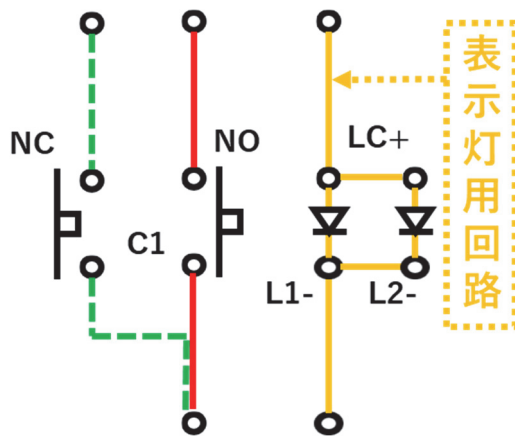


図 3 ON-SW/OFF-SW の回路図

3. 遠隔操作化後の昇降圧スイッチの概要

遠隔操作化時には、3 基（A2、A4、B1）のクライストロン数であった。クライストロンの保護機能および実験中の隙間時間などには、HV、RF のみを降圧する。昇降圧スイッチの遠隔操作化を実現するにあたって、次の項目を踏まえて製作した。

1. 現場と遠隔どちらか一方でのみ操作する
2. HV、RF のみ遠隔で操作する
3. 使用可能なクライストロン数である 3 基と予備の 1 基の計 4 基の昇降圧スイッチで製作する

遠隔操作化後における ON-SW および OFF-SW の回路図を、図 4 と図 5 に示す。現場用昇降圧スイッチの外部に取り付けた三路スイッチの操作に連動して、内部回路に組み込んだ接点構成 4c 用（共通接点で a 接点と b 接点を切り替える c

スイッチが 4 つで構成されている）メカニカルリレー（OMRON 製 MY4DC24）によって、現場（L）と遠隔（R）の接点信号の経路を切り替える回路である。粗目の点線を現場、細目の点線を遠隔、実線を共有（現場と遠隔）および表示灯用の経路を表している。

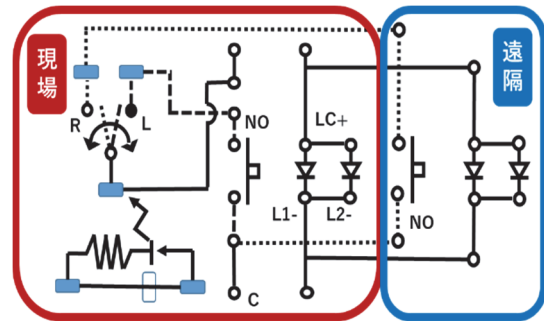


図 4 遠隔操作化した ON-SW の回路図

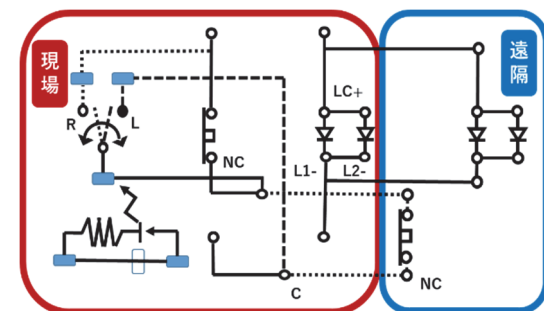


図 5 遠隔操作化した OFF-SW の回路図

4. シーケンス連動昇降圧スイッチの概要

シーケンス連動昇降圧スイッチの製作にあたり、システム開発（シーケンスタイムと連動した ON-SW/OFF-SW）および現場用昇降圧スイッチの改造（シーケンスタイムと連動した ON-SW/OFF-SW を現場用昇降圧スイッチに組み込む）を組み合わせなければならない。

4-1. システム開発

本センターにおける実験のシーケンスタイムは、カウントダウン（プラズマ点火前）から、カウントアップ（プラズマ点火中）されてエンドタイム（プラズマ点火終了）となる。これは、中央制御システム（様々な機器とデータ送受信などを

行って QUEST を制御している) から送信されたデータである。Raspberry Pi を用いて、シーケンスタイムと ON-SW/OFF-SW (図 3 と同経路のもの) を連動させるシステムの開発を東島氏に依頼した^[2]。

4-2. 現場用昇降圧スイッチの改造

自動操作化を目指した時には、1 基 (A4) のクライストロン数であった。昇降圧スイッチの自動操作化を実現するにあたって、次の項目を踏まえて製作した。

1. 現場と遠隔どちらでも自動操作する
2. HV、RF のみ自動で操作する
3. 使用可能なクライストロン数である 1 基と予備の 1 基の計 2 基の昇降圧スイッチで製作する

自動操作化後における ON-SW および OFF-SW の回路図を、図 6 と図 7 に示す。遠隔操作化後と同様、三路スイッチおよびメカニカルリレーで現場と遠隔の接点信号の経路を切り替えるが、そこにシーケンスタイムと連動した ON-SW/OFF-SW を組み込んだ。粗目の点線を現場、細目の点線を遠隔、実線を共有 (現場と遠隔) の経路を表している。なお、表示灯用の回路については、変更がないため表記を省略している。

現場用昇降圧スイッチ内にメイン回路があるため、システム開発した Raspberry Pi (アルミケースカバー付き) を現場に設置した。現場以外で Raspberry Pi の作業ができるように、メイン回路との接続箇所には取り外し可能な角形コネクタ (多芯ケーブル用) を用いた (図 8)。

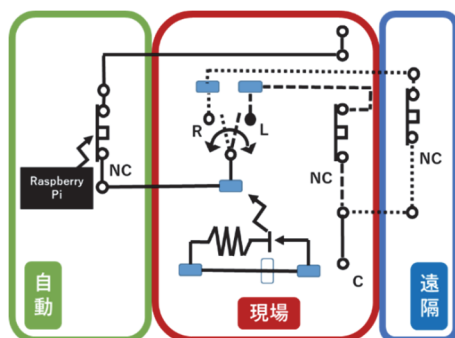


図 6 自動操作化した ON-SW の回路図

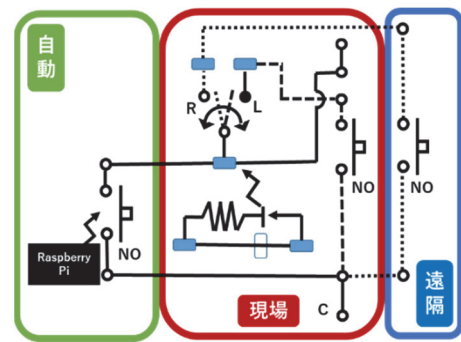


図 7 自動操作化した OFF-SW の回路図



図 8 角形コネクタを接続した Raspberry Pi

5. まとめ

本稿執筆時において、RF 装置本体をクライストロン数 2 基用に改造した影響があり、シーケンス連動昇降圧スイッチの稼働試験を実施できていない。遠隔操作化した際も、いくつかの不具合が発生した。今回は、本体改造・システム開発・現場用昇降圧スイッチ改造であったことから、様々な影響が懸念されるが、何かあれば問題解消に向けて迅速に対処していきたい。

参考文献

- [1] 永田貴大：高周波電流駆動装置に係る昇降圧スイッチの遠隔操作化，九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告，2，25-27，2020.
- [2] 東島垂紀：高周波電流駆動装置の昇降圧スイッチ操作信号出力システム開発，九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告，5，28-30，2023.

謝辞

昇降圧スイッチを自動操作化する上で、予算のサポートをして頂いた出射浩センター長に御礼申し上げます。