

FPGA を用いた TST-2 高周波駆動プラズマの垂直位置

リアルタイム制御の開発と適用

指導教員：高瀬雄一教授

複雑理工学専攻 47-166120 北山明親

キーワード：核融合、球状トカマク、高周波駆動プラズマ、リアルタイム制御

2018 年 3 月

要旨

当研究室では高周波による電流駆動を研究している。一般的にトカマクでは垂直位置制御は重要とされている。そして当研究室の球状トカマク TST-2 では、垂直位置制御に関してプリプログラミングを用いて波形入力を行っていた。しかし目標の放電を作るための波形調整の負担の大きさや、再現性の悪さなどの問題が存在しており、これを解決するため H コイルでのプラズマ垂直位置のフィードバック制御が必要とされていた。本研究ではそのシステムの開発及び高周波駆動プラズマに対する適用を試みた。磁気計測信号の取得及び計算、制御パルスの出力には FPGA (Field Programmable Gate Array) を用いた。

当研究室では磁気計測情報を用いてプラズマの垂直位置の推定を行っている。本システムは、磁気計測信号を FPGA で取得するが、ノイズ対策や各機器の最大定格を考慮し、FPGA の前段にアクティブフィルタ、バイアス回路を設置した。そして磁気計測機器として、2 つのサドルループコイルを用いてプラズマの垂直位置の推定を行った。また制御手法として比例制御 (P 制御) を採用し、制御を特徴づけるパラメータに関してフィードバックの周期と比例制御定数 P を設定した。本システムを用いてまず、PF3 ポロイダル磁場コイルのみでの真空放電実験を行い、システムが正常に動作していることを確認した。そして外側アンテナによる高周波駆動プラズマに対して制御実験を行い、制御パラメータの調整を行った。その結果、P 制御の比例定数 $P=0.1 \text{ ms/cm}$ 、フィードバック周期 500 Hz 以下でプラズマの垂直位置を安定化させられることができたことがわかった。最後にターゲット位置が真空容器の垂直の中心から少しずれた場合での実験を行い、その結果としてターゲット位置に 20 mm の精度で制御できることが確認された。制御開始から制御されるまでの典型的な時間は 15 ms であり、制御後の典型的な垂直位置の精度は $\pm 10 \text{ mm}$ である。以上のことから、FPGA を用いたリアルタイム制御システムの構築に成功し、より柔軟な電流駆動実験が可能となった。