

カスケード変換器によるトカマク装置 PHiX のコイル電流制御高速化に関する研究

村山真道, 筒井広明, 飯尾俊二 (東工大)

本研究室では小型トカマク装置 PHiX を利用したプラズマの位置・形状を制御する実験を行っている。特に、トカマク装置において高い非円形度を持つ縦長断面プラズマを形成して位置を制御するためには、プラズマの位置・形状の計測とポロイダル磁場コイルの電流を制御する実時間制御が必要である。しかしポロイダル磁場コイルには大きなインダクタンスを有するものがあり、このような高インダクタンスを有するコイルの電流を高速に制御するためには高電圧が必要である。

系統経路で整流器から得られる電圧よりも高い出力電圧を得る方法として、本研究で提案する回路構成及び制御ブロックを図 1 に示す。H ブリッジ回路(図 1 右上部の構成)の出力を直列につなぐカスケード接続を行い、出力電圧 v_1 によって抵抗で消費されるエネルギーを、 v_2 によって磁気エネルギーを供給する。この回路方式では磁気エネルギーを供給する H ブリッジ回路の DC リンクキャパシタである v_{c2} は変動する。そのため図 1 の赤線に示すように、キャパシタ電圧のバランス制御を行っている。 G_1 及び G_2 は比例積分制御(PI 制御)を行う制御器である。

通電実験の結果を図 2 に示す。 v_1 のみを出力する、抵抗のみを考慮した制御(図 2 下)では 50 ミリ秒程度の応答の遅れが見られた。これは比例積分制御で比例ゲインを大きくすると発振が起こるため、十分にゲインを大きくして応答を高速にすることができなかつたためである。これに対し、磁気エネルギーを供給する H ブリッジの出力 v_2 を有効にした場合(図 2 上), 直ちに電流が応答していることが分かる。これは供給する磁気エネルギーが電流の微分に比例するため、微分制御としての働きをしたと考えられる。

本発表は以上の結果に加え、キャパシタバランス制御の実験結果についても報告する。

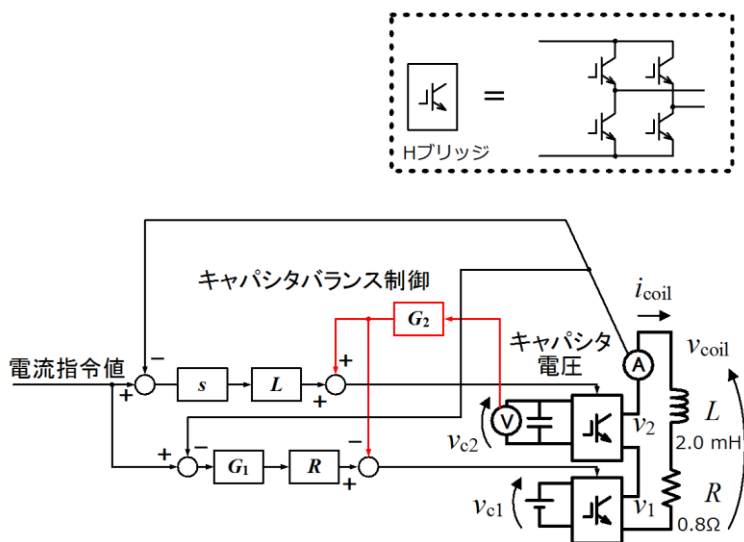


図 1 回路構成と制御ブロック

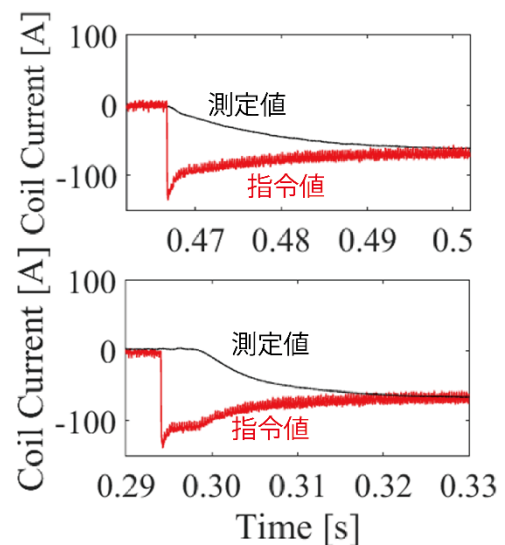


図 2 実験波形の比較。下は v_1, v_2 を出力(提案法), 上は v_1 のみ出力。