

マルチレベル変換器を用いた小型トカマク装置PHiXのプラズマ位置形状制御の改善 Improvement in Plasma Position and Shape Control on PHiX with Multilevel Converter

村山真道, 筒井広明, 飯尾俊二
Masamichi Murayama, Hiroaki Tsutsui, Shunji Tsuji-lio

東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

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・形状の計測をして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。

PHiXでは真空容器壁の時定数から、ポロイダル磁場コイルの電流を指令値の変化に対しておおよそ1ms以内で追従するような制御が求められる。この追従性を実現するためには、おおよそ1kV程度の電圧が必要となる。一般にスイッチング素子（IGBT等）は高耐圧になるほどスイッチングの周波数が低下するため、1段のみで構成される電力変換器では要求を満たすことができなかった。

従来、多段化に用いられるインバータは、図2上のように、絶縁トランスと整流器を用いて互いに絶縁された直流電圧源を電源とする電力変換器を直列に接続することで高電圧を生成していた。今回、駆動されるポロイダル磁場コイルが低抵抗・高インダクタンスであることに注目し、図2下のように、電圧源を系統に接続する電力変換器と、コンデンサに接続する電力変換器を直列に接続するマルチレベル変換器を用いてプラズマ位置・形状制御実験を行った。

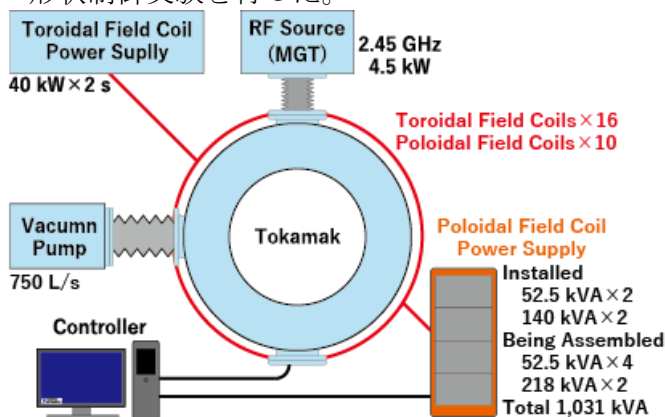


図1 小型トカマク装置 PHiX の構成図

この方式では従来方式に比べて絶縁トランスと整流器の台数を削減でき、電力変換器全体の構造を簡素化することができる。また非給電段の電力変換器を増設することで容易に高電圧化・高速化を行うことができる。

また、非給電コンデンサの電圧が変動することから、コンデンサ電圧制御も必要となる。特にトカマク装置の特徴として、磁束結合をもつ複数のポロイダル磁場コイルを同時に駆動するため、それぞれのポロイダル磁場コイル電源の間で電力の移動が発生することが挙げられる。このため、トカマク装置のポロイダル電源には回生電力受けてコンデンサの電圧が変動しても運転を継続できるような制御が求められる。

本発表では、電源が接続されていない非給電コンデンサの電圧制御にも着目しながら、マルチレベル変換器を用いたプラズマの位置・形状制御の実験結果について発表を行う。

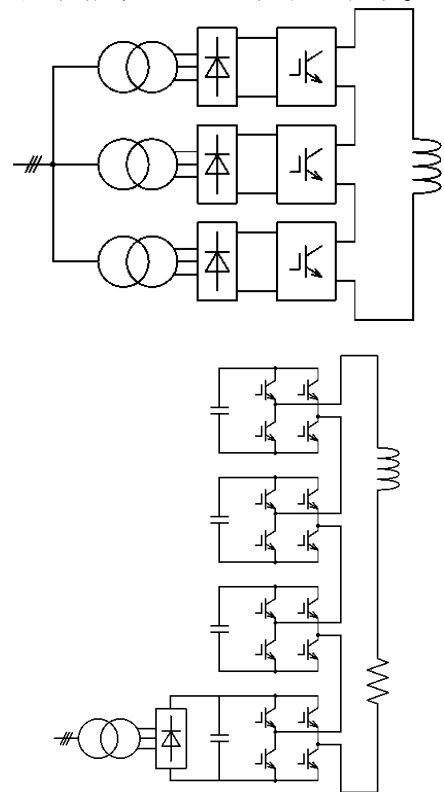


図2 上: 絶縁トランスを用いる従来方式
下: 本発表の実験で用いるマルチレベル変換器