

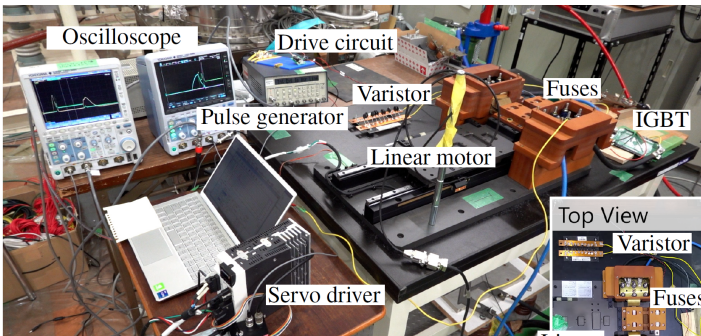
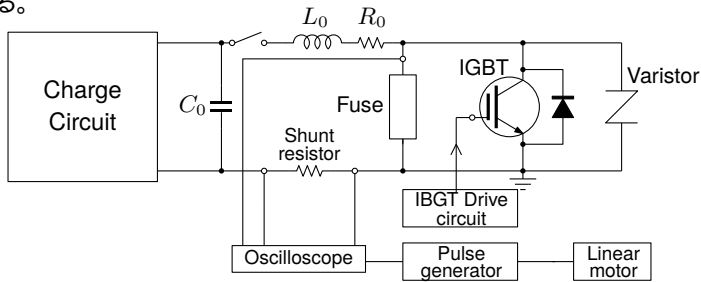
ハイブリッド直流遮断器のための 超高速高精度リニアモータの運動制御

東京大学 電気系工学専攻 古関研究室
佐々木怜音(ささきれおん)

ハイブリッド直流遮断器とは

直流送電は、近年特に注目を集めている再生可能エネルギーやデータセンターに使用される技術であるが、直流送電システムに事故が起きた際の遮断器を用いた電流遮断は、現段階で実用的な手法はいまだ見つからない。

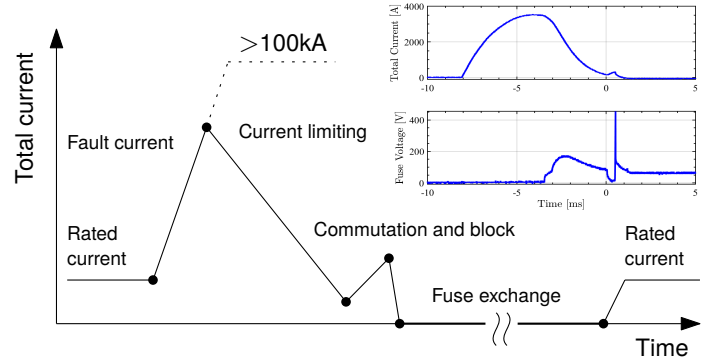
そこで通常の遮断器とは異なり、ヒューズの限流作用、パワー半導体(IGBT)の電流遮断性能、リニアモータによる未使用ヒューズへの高速取り換えを用いて、小型かつ低コストで高速遮断、再投入が実現できる直流遮断器を提案している。



動作原理

1. ヒューズ内エレメントが大電流によって溶断、アーク放電が発生し、ヒューズ内の砂の蒸発によってアークが急速に冷却、抵抗値が上昇し、ピークに達する前に電流が限流される
2. ヒューズ内電流の立下りを検知してトリガ信号がパルスジェネレータに印加、IGBTのゲート信号を出力し、転流を行う。ターンオン時間はヒューズが再発弧しないほど長く設定する必要があるが、転流したあと電流は上昇してしまうので、その電流にIGBTが耐えられる程度に短くターンオフしなければならない。
3. IGBTがターンオフされ、その際の過渡回復電圧からIGBTを守るため並列接続されたバリスタが回路を保護する。バリスタの動作電圧を超えた過渡回復電圧に対し、回路の残留エネルギーが消費され電流を減少させる。
4. 電流の遮断を確認し、その後システムが復旧した段階で、リニアモータにトリガがかかり、使用済みのヒューズを新しいヒューズと交換することで再投入を完了させる。

提案手法のメリット

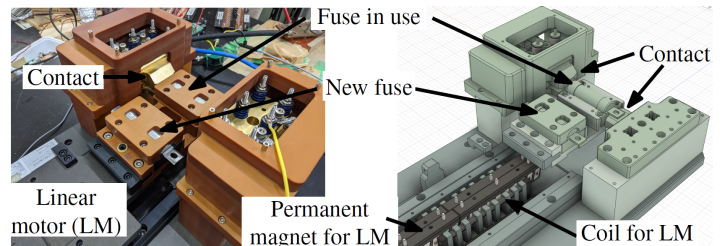


従来の遮断器は交流電圧のゼロ点を用いて遮断を行っていたため、それまでに流れる電流は機器に大きなダメージを与えることから、装置の大容量化などが必須であった。ヒューズ単体では限流は得意とするものの直流電流の遮断に関しては不得手であり、機械的接点とヒューズの組み合わせは遮断時にアークが発生してしまう。

一方、半導体を持ちいた遮断器は高速な遮断性能は高いが、定格電流を流している際のON抵抗損失が問題となってしまううえに、耐電流、耐電圧はヒューズほど高くない。この二つのメリットを組み合わせ、デメリットを打ち消したものが今回提案する遮断器の特徴である。

リニアモータ制御

サーボアンプがトリガ信号を受け取り、事前にSimulinkによって構成された目標軌道、制御器によってリニアモータを動作させることを検討中である。



これを実現するために、EtherCATを用いたHWネットワークを構築し、TwinCATによってシミュレーションと実験を同時に行うことができ、さらにその得られた情報から機械学習による目標軌道、制御器のチューニングが可能となることで、モータの高速化による再投入高速化、瞬停の保護や、高精度制御による動作の確実性、振動抑制による耐久性の向上が可能となる。

KOVERY社の協力の下、カウンターマスを備えたものや大推力のリニアモータの制御も視野に入れており、他の用途への応用の可能性もあると考える。

