

学生番号	15232084	氏名	村岡 樹
論文題目	差分進化法を用いた超伝導変圧器の機器定数推定		

### 1. はじめに

現在電力系統において使用している変圧器を電力系統へ投入する際、励磁突入電流が発生し保護リレーの不要動作、制御装置の誤作動・停止、照明類のちらつき・消灯など電力品質に影響を与えている。これらの影響を把握・対策するためには任意の投入条件における励磁突入電流発生時の電圧・電流の瞬時値波形の解析が必要になる。超伝導変圧器を将来的に使用する場合もこの様なことが生じると考えられる。先行研究では遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) を用いて励磁突入電流から超伝導変圧器の機器定数推定を行っている。本研究ではさらなる精度向上を目指して差分進化法 (Differential Evolution, DE) を用いて機器定数推定を行った。その結果について考察する。

### 2. 計算手法

今回は推定する機器定数を、漏れインダクタンス $L_c$ 、励磁インダクタンス $L_m$ 、空心インダクタンス $L_{air}$ 、定格磁束密度 $B_n$ 、初期位相 $\theta_0$ 、残留磁束値 $\phi_r$ とする。これらの機器定数を DE により求める。初期集団を 20 個、世代数を 2000、スケールングファクター $F$ 、交叉率 $CR$ をそれぞれ 0 - 1 で適当な値に設定し、与えられた範囲内で計算を行う。また評価関数を式 (1) に示す。

$$d = \frac{1}{N} \sum |i_{MEA} - i_{SIM}| \quad (1)$$

ここで、 $i_{SIM}$ は励磁突入電流の測定値、 $i_{SIM}$ は励磁突入電流の計算値、 $N$ はサンプル数を表す。

### 3. 結果

DE と GA それぞれで計算した評価関数 $d$ と推定にかかった時間を Table 1 に示す。また、推定した機器定数を用いて偏微分方程式より求めた励磁突入電流波形を Fig. 1 に示す。Table 1 より DE で計算したところ、計算時間が 10 倍ほどに短縮され評価関数も半分ほどの値になった。特に、Fig. 1 に注目すると GA では立ち上がり部分で大きな誤差が見受けられたが、DE により計算したところ大幅に改善され、評価関数が小さくなっていることが分かる。また、Fig. 2 にスケールングファクター $F$ 、交叉率 $CR$ を変化させた場合の評価関数の変化を示す。 $F$ は大きい値の方が良い結果が得られるが、 $F = 1.0$ のときは、優れない結果が得られた。差分ベクトルが大きくなるため、探索終盤に解があると思われる付近を詳細に探索できないためであると考えられる。また、特に $F$ の値が小さいとき、大きく評価関数の値が増加する。これは差分ベクトルが小さすぎることによって、探索初期に十分な範囲で解探索を行えてなく局所解に陥っていると考えられる。 $CR$ も値が大きい方が良好な結果を示している。 $CR$ が小さいときは、交叉が比較的行われないため解の改善速度が遅

くなる。一方、 $CR$ の値が大きい場合は積極的に交叉が行われており広範囲を探索可能であり、解の改善速度が速い。したがって、同じ世代数計算を行っても、 $CR$ の値が大きい方が評価関数値が大幅に小さくなったと考えられる。しかし、10000 世代計算を行うと $CR$ の値が小さい場合でも良好な結果が得られた。 $F$ 、 $CR$ はそれぞれ DE の精度を大きく左右するものであり、適切に設定することが、機器定数推定を行うために重要である。

Table 1 : GA, DE の評価関数と計算時間の比較

	Evaluation function $d$ [A]	Time [s]
GA	19.5	5.54
DE	9.57	0.515

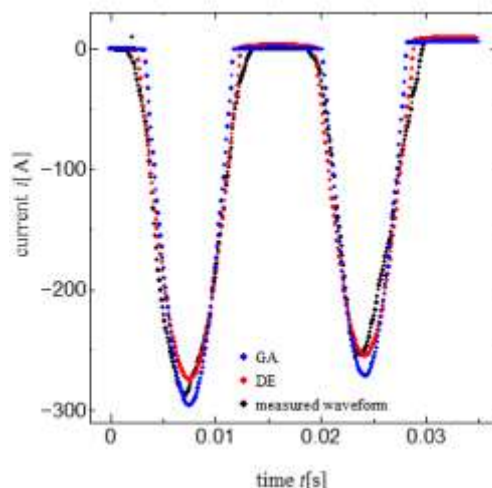


Fig. 1 : GA, DE より計算した励磁突入電流波形

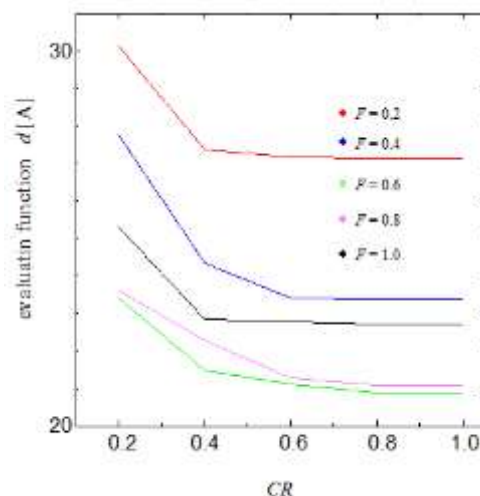


Fig. 2 : スケールングファクター $F$ 、交叉率 $CR$ を変化させたときの評価関数の変化