大容量交流発電機の直流減衰試験における らせん状の演算子インピーダンス軌跡とその検討

正員 川 端 広 一 (小山職業能力開発短期大学校)
 正員 青 木 亮 二 (小山職業能力開発短期大学校)
 正員 柴 田 兼 敏 (小山職業能力開発短期大学校)
 正員 小 田 莊 一 (小山職業能力開発短期大学校)
 正員 荒 隆 裕 (職業能力開発大学校)

Undesired Locus of Operational Impedance and Consideration of DC Decay Testing Method for Large-Capacity Alternating Current Generator

Hirokazu Kawabata, Member, Ryoji Aoki, Member, Kanetoshi Shibata, Member, Shoichi Oda, Member
(Oyama Polytechnic College), Takahiro Ara, Member (Polytechnic University)

The DC Decay Testing Method is quite useful at testing large-capacity machines, because it is a simple standstill response testing method and needs only a small capacity of dc power supply equipments. When authors held a field test of the large-capacity alternating current generator (6000KVA-18P), we found that there was an unnecessary small curl in operational impedance locus. And it lead to the error at predicting the machine constants of its generator. So we consider that it is a problem in practice.

In this paper, the investigation of measured data and approximate analytical calculation shows that the curl in operational impedance locus is caused by truncating the dc decay current data. So, authors propose a data processing method by data extrapolation which predicts the decay current after the measured data. And the result of applying the Expanded Dalton-Cameron Method to the total decay current is good agreement with the result of the other measuring methods. The proposed method is also applicable in testing the small- and middle-capacity machines and expands the usefulness of the DC Decay Testing Method.

キーワード：直流減衰試験法，拡張ダルトン・カメロン法，演算子インピーダンス，データ処理

1. ま え が き

電動機の始動特性等の諸特性を正確に把握することは製造現場などにおいて重要なことであり，その試験方法も従来からダルトン・カメロン法や三相突発短絡試験等の各種の提案がなされており，JEC114 などによる標準化も行われている。ところで，これらの測定法は交流試験によるものであり小容量機に対しては軸合せや動作状態での測定が可能であるが，中・大容量機に対しては設備容量の増大等から試験が困難となる場合がある。一方，文献(1)において提案されている直流減衰試験法は交流電源の代わりに直流電源を用いた簡単な設備による静止試験であり，演算子インピーダンスや等価回路定数を精度良く推定することができ，これまでに同期機⁽²⁾やPMモータ⁽³⁾等に適用され有効な試験方法であることが報告されている。

著者らは今般，直流減衰試験法を大容量交流発電機

(6000KVA-18P)の現地試験に適用したところ，測定された減衰電流データから算出される演算子インピーダンス軌跡が文献(1)等の小容量機についてこれまで報告されているものと異なり，らせん状の軌跡を得た。そのため拡張ダルトン・カメロン法を用いた交流発電機の直軸及び横軸の初期過渡リアクタンスや同期リアクタンスの推定に必要とされる演算子インピーダンス軌跡と横軸との交点のリアクタンス値の特定が困難となり，その対処方法を検討する必要性が生じた。本論文では，演算子インピーダンス軌跡におけるらせん状の小円の発生原因を特定し，試験設備が簡単であるという直流減衰試験法の利点を踏まえて測定データを有効に活用するためのデータ処理方法を提案し，大容量機に対する本処理法の適用結果と他の試験法による実測値との比較・検討からその有効性を示す。その結果，横軸同期リアクタンスの測定におけるすべり法のように被試験

図1 小容量機の測定回路⁽¹⁾

Fig. 1. Test Circuit of Small-Capacity Machine

図2 大容量交流発電機の測定回路

Fig. 2. Test Circuit of Large-Capacity Generator

機の回転速度を細かく制御する複雑な駆動系を必要とするため通常の試験では行われにくい測定も容易に行えることを示す。そして、本検討は測定装置の構成の簡素化や測定時間の改善に寄与することからこれまでに報告されている直流減衰試験法の適用範囲をより拡大させるものであることを示す。

2. 大容量機の直流減衰試験と演算子インピーダンス軌跡

〈2・1〉 減衰電流の測定と小円の発生 図1に文献(1)に示されている小容量機に対する直流減衰試験で用いられた測定回路を、また、図2に今般の大容量交流発電機(6000KVA-18P)の試験に用いた測定回路を示す。ここで、直流減衰試験法は電動機の端子間に定常電流が流れている状態から回路を短絡し、分流器により減衰電流の測定を行うものであるが、それぞれの測定回路の特徴は以下のようなものである。はじめに、図1の小容量機の場合は、回路の短絡に水銀リレーを用い、GTOサイリスタにより短絡と同時に電源側の回路を遮断している。また、減衰電圧波形を繰り返し測定しデータの平均化処理も行われている。一方、図2の大容量機の場合は、回路遮断のための十分な仕様のサイリスタの入手が困難なため電源側の切り離しは行わず、また、回路の短絡用に真空遮断器を用いたため、短絡と切断の繰り返し制御が困難となり減衰電圧波形の取り込みは一度で、平均化処理は行っていない。そのため、試験設備は

より簡潔な構成になっている。

図3は図2の測定回路を用いて得られた大容量交流発電機に対する分流器での減衰電圧波形である。また、図4に図3のデータから算出された演算子インピーダンス軌跡を示す。ここで、文献(1)から演算子インピーダンス $X(jS)$ は次式により求められる。

$$X(jS) = \frac{Z(\omega) - R_A}{jS} \dots\dots\dots (1)$$

$$Z(\omega) = \left\{ \frac{\omega}{jV_{DC}} \int_0^\infty i(t)e^{-j\omega t} dt + \frac{I_{DC}}{V_{DC}} \right\}^{-1} \dots (2)$$

ただし、

- $S = \frac{\omega}{\omega_0}$
- ω_0 : 商用電源周波数
- $Z(\omega)$: 端子間インピーダンス
- R_A : 巻線抵抗 (1相の抵抗の2倍)
- V_{DC} : 端子間印加電圧
- I_{DC} : 定常電流
- $i(t)$: 減衰電流

ところで、一般に演算子インピーダンス軌跡の概形は文献や等価回路シミュレーション等からわかるように円弧状またはその変形された形となる。したがって、図4の演算子インピーダンス軌跡は何らかの原因により交流発電機の

図3 大容量機の減衰電圧波形

Fig. 3. Decay Voltage of Large-Capacity Generator

図4 大容量機の演算子インピーダンス軌跡

Fig. 4. Operational Impedance Locus

図5 小容量誘導モータの減衰電圧波形
Fig. 5. Decay Voltage of Small-Capacity Machine

円弧状の軌跡がらせん状になったものと考えられる。一方、このようならせん状の小円の発生は、拡張ダルトン・カメロン法を用いた直軸及び横軸の初期過渡リアクタンスや同期リアクタンスの推定に必要とされる演算子インピーダンス軌跡と横軸との交点のリアクタンス値の特定を困難とするためその原因の究明と対策を検討する必要がある。

〈2・2〉小円の発生原因の推定 演算子インピーダンス軌跡における小円の発生原因を推定するために、図5に小円の発生していない小容量機(実験教材用誘導モータ、出力15W、外形65mmφx50mm)に対する減衰電圧波形を示す。この図と大容量機に対する図3の波形を詳細に比較したところ表1のような違いのあることがわかった。ここで、減衰時間は減衰電圧が測定開始時の定常値から $\frac{1}{10}$ になるまでの時間であり、測定電圧の範囲は測定開始時の定常値を規格化して1としたときの測定終了時の減衰電圧の値(割合)を示したものである。ところで、この表1における減衰時間の違いは、電動機の容量が異なることによる時定数の違いと考えられるが、減衰電圧の違いは、減衰電圧が十分に減衰する前に測定を終了したためであるので、測定時間を長くすれば改善できると考えられる。しかし、実際の測定では大容量機の減衰電圧が小さくなったときに直流の残留電圧(約0.05V、測定開始時の定常電圧値の約0.8%)が存在し、十分に減衰するまで測定することができなかった。すなわち、微少な電圧値ではあるが減衰電圧波形が続いているため演算子インピーダンス軌跡を求める(2)式の数値積分が収束せず、軌跡を求めることができなくなるため、著者らは減衰電圧波形が十分に減衰したと考えられ、かつ、残留電圧の値となる前に測定を終了した。そして、このとき演算子インピーダンス軌跡にらせん状の小円が発生した。

ここで、残留電圧の発生原因は電源側の回路を遮断する素子の省略が影響していると考えられた。すなわち、真空

遮断器による回路の短絡後も電源から電流が供給されているため、真空遮断器の両端でわずかな電圧降下が発生し、交流発電機に電圧を加え続けていると考えられた。これは、測定開始時に交流発電機に与えられる電圧変化が定常電圧値から0Vでなく、真空遮断器での電圧降下分までとなり相対的に電圧の変化量を小さくすることになる。一方、このような交流発電機に加えられる相対的な電圧の変化は、一定の電圧値を減衰電圧波形のデータから差し引き、さらに(2)式の V_{DC} や I_{DC} の換算により対応することも考えられる。しかし、実際の測定では一定の電圧値となるまでに時間がかかり、その大きさもほぼ残留電圧値程度と小さく、またノイズ等の影響から特定もしにくく、一定の電圧値を差し引いた場合でも正負の減衰電圧のデータが発生するなど減衰電圧波形の終了点が定まらずこの方法は適用しにくかった。

そのため、減衰電圧波形が十分に減衰し残留電圧の値となる前に測定を終了した減衰電圧のデータに対し、演算子インピーダンス軌跡にらせん状の小円が発生する原因と対策を検討することが必要となった。そこで、測定された減衰電圧波形の関数近似や移動平均化処理等を行い考えられる要因を検討していった結果、らせん状の小円の発生していない小容量機の場合の減衰電圧波形と比較して十分に減衰していると思われた測定データでは、まだ、減衰が十分でなかったことがわかった。すなわち、演算子インピーダンス軌跡におけるらせん状の小円の発生は、減衰電圧波形が十分に減衰する前に測定を終了し打ち切ったためであり、小円の発生をなくして測定データを有効に活用するためにはデータ処理により打ち切られた部分の電圧波形を推定し付加することが考えられた。

ここで、実際の測定では残留電圧の値が小さいことから真空遮断器での電圧降下の影響は減衰電圧波形が残留電圧値の数倍程度になるまでは少ないと考えられる。そして、一般に減衰電圧波形が十分に減衰する前に測定を終了した場合には、小容量機等でも演算子インピーダンス軌跡にらせん状の小円が発生することが予想される。

〈2・3〉減衰電圧波形の打ち切りによる影響 図6は図5の小容量機の減衰電圧波形に対する演算子インピーダンス

図6 小容量機の演算子インピーダンス軌跡
Fig. 6. Operational Impedance Locus

表1 減衰時間と電圧範囲の比較

Table 1. Comparison of Decay Time and Voltage Range

	減衰時間 [sec]	測定電圧の範囲 (割合)
小容量機	0.0159	0.0029
大容量機	0.353	0.014

軌跡(黒丸の実線)とその減衰電圧波形を途中の0.03[sec]のところで打ち切った波形に対するものとを重ねて表示したものである。これより減衰電圧波形を途中で打ち切ることにより小円が発生すること、また、打ち切られた部分を付加して通常の波形とすることにより、小円の発生はなくなることがわかる。さらに、演算子インピーダンス軌跡において発生する小円は、減衰電圧波形を打ち切らないときの軌跡上に中心をもつ右回りの円であることもわかる。

つぎに近似解析的に減衰電圧波形の打ち切りと小円の発生について検討する。ただし、ここでは演算子インピーダンスの計算式(1),(2)にしたがって、減衰電流により考察するものとする。はじめに、減衰電流をつぎのように測定電流と打ち切られた電流とにより表されるものとする。

$$i_d(t) = i_m(t) + i_t(t) \\ \approx i_m(t) + i_a(t) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、

- $i_d(t)$: 本来の減衰電流 (decayed)
- $i_m(t)$: 測定された減衰電流 (measured)
- $i_t(t)$: 打ち切られた減衰電流 (truncated)
- $i_a(t)$: 打ち切られた減衰電流の近似関数 (approximated)

このときの端子間インピーダンスは(2)式を用いてつぎのようになる。

$$\frac{1}{Z(\omega)} = \frac{\omega}{jV_{DC}} \int_0^\infty i_m(t)e^{-j\omega t}dt + \frac{I_{DC}}{V_{DC}} \\ \approx \frac{\omega}{jV_{DC}} \int_0^\infty i_d(t)e^{-j\omega t}dt + \frac{I_{DC}}{V_{DC}} \\ - \frac{\omega}{jV_{DC}} \int_\alpha^\beta i_a(t)e^{-j\omega t}dt \\ = y_d(\omega) - y_a(\omega) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、

- α : 減衰電流の測定終了時間
- β : 近似関数の終了時間
- $y_d(\omega)$: 本来の減衰電流によるアドミッタンス
- $y_a(\omega)$: 近似関数によるアドミッタンス

以上から演算子インピーダンスは(1)式を用いてつぎのようになる。

$$X(j\omega) = \frac{Z(\omega) - R_A}{j\frac{\omega}{\omega_0}} \\ = \frac{\frac{1}{y_d(\omega) - y_a(\omega)} - R_A}{j\frac{\omega}{\omega_0}} \\ \approx \frac{\frac{1}{y_d(\omega)} - R_A}{j\frac{\omega}{\omega_0}} + \frac{\frac{y_a(\omega)}{y_d(\omega)^2}}{j\frac{\omega}{\omega_0}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $y_d(\omega) \gg y_a(\omega)$ として近似を行った。ここで(5)式の右辺の第1項はらせん状の小円のない演算子インピーダンス軌跡の特性を表し、第2項が小円を発生させる原因となるものと考えることができる。

3. 打ち切りられた減衰電圧データの推定法

演算子インピーダンス軌跡における不要な小円の発生をなくするため打ち切られた減衰電流 $i_a(t)$ の具体的な表現、すなわち測定された減衰電圧データに付加する補外データの推定方法について考える。ここで、〈2・2〉節の結果から減衰電流は十分小さな値まで設定する必要があることを考慮して、本論文では減衰電流が時間 β においてゼロとなる $i_a(t)$ の簡単な近似関数を検討する。

はじめに減衰電流は一般的に指数関数を用いて表されることからつぎの近似関数を考える。

$$i_a(t) = \{i(\beta) - i(\alpha)\} \frac{e^{-\frac{t-\alpha}{a}} - 1}{e^{-\frac{\beta-\alpha}{a}} - 1} + i(\alpha) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ただし、

- $i(\alpha)$: 時間 α のときの電流値
(測定終了時の減衰電流値, $i_a(\alpha)$)
- $i(\beta)$: 時間 β のときの電流値
($i(\beta) = 0$ に設定)
- a : 近似関数を特定する定数

ここで、この近似関数は定数 a の値の推定が行いにくいという欠点をもっていることがわかった。すなわち、 t の値の範囲により指数部の $\frac{t-\alpha}{a}$ や $\frac{\beta-\alpha}{a}$ の取る値の範囲が変化するため、打ち切られたときの減衰電流値からゼロまでの値を補外する指数関数の形と定数 a との対応関係が一定とならず煩雑になることがわかった。

一方、本論文では $i_a(t)$ の近似関数として打ち切り時の減衰電流値からゼロまでの値を直線的な補外から徐々に関数の形を変化させることができ、時間軸になめらかに接しながらゼロとなるつぎの簡単な多項式を提案する。

$$i_a(t) = \{i(\alpha) - i(\beta)\} \left\{ \frac{\beta - t}{\beta - \alpha} \right\}^n + i(\beta) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ただし、

- n : 近似関数を特定する定数

この(7)式では、常に $1 \geq \frac{\beta - t}{\beta - \alpha} \geq 0$ であるため、時間 t の値により定数 n が影響を受けることはなく、推定が行いやすいと考えられる。また、定数 n の具体的な値は、つぎのように推定された。すなわち、図6で示される小容量機等のこれまでの測定データに対して故意の打ち切りと本補外法の適用例から最もよく、演算子インピーダンス軌跡を再現するときの定数として $n = 2$ が設定された。また、減衰電流の終了時間 β もつぎのように推定することができる。す

なわち、減衰電流の変化が指数関数的であるとするとき $i(0)$ を測定開始時の減衰電流の定常値、 p を定数として次式のように表すことができる。

$$i(t) = i(0)e^{-pt} \dots\dots\dots (8)$$

このとき、減衰電流の終了時間 β は減衰電流が測定開始時の定常値の $\frac{1}{1000}$ となるまでの時間としてほぼつぎの式により推定することができる。

$$\frac{i(\beta)}{i(0)} = \frac{1}{1000} = e^{-p\beta} = \left\{ \frac{i(\alpha)}{i(0)} \right\}^{\frac{\beta}{\alpha}}$$

より

$$\beta = \frac{3\alpha}{\log_{10} \frac{i(0)}{i(\alpha)}} \dots\dots\dots (9)$$

つぎに、減衰電流の打ち切り部分 $i_a(t)$ の近似関数として (7) 式を用いて、〈2・3〉節で示したらせん状の小円の発生に関する一般式 (5) の第 2 項の計算を具体的に行うとつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \frac{y_a(\omega)}{j\omega} &= \frac{1}{y_d(\omega)^2} \frac{1}{j\omega_0} \frac{\omega}{V_{DC}} \int_{\alpha}^{\beta} i_a(t) e^{-j\omega t} dt \\ &= -\frac{1}{y_d(\omega)^2} \frac{1}{j\omega_0} \frac{i(\alpha)}{V_{DC}(\beta-\alpha)^2} \\ &\quad [e^{-j\omega\alpha} \{ (\beta-\alpha)^2 - \frac{2(\beta-\alpha)}{j\omega} - \frac{2}{\omega^2} \} \\ &\quad + e^{-j\omega\beta} \frac{2}{\omega^2}] \end{aligned} \dots\dots\dots (10)$$

ここで、 $y_d(\omega)^2$ の変化が ω の変化に対してゆるやかだとし、この演算子インピーダンス軌跡を表す (10) 式の値の変化の様子を調べるとつぎのようになる。

(1) $\omega \rightarrow \infty$ のとき

$$\frac{y_a(\omega)}{j\omega} \approx -\frac{1}{y_d(\omega)^2} \frac{1}{j\omega_0} \frac{i(\alpha)}{V_{DC}} e^{-j\omega\alpha} \dots\dots\dots (11)$$

これから打ち切り部分 $i_a(t)$ による影響はらせん状の小円の特性を表す演算子インピーダンス軌跡上に中心をもち、 ω の増加とともに半径の小さくなる右回りの円が加算されることがわかる。これは、図 6 に示される本来の特性と減衰電圧を途中で故意に打ち切ったときのものととの比較による結果と合致するものである。

(2) $\omega \rightarrow 0$ のとき

$$\frac{y_a(\omega)}{j\omega} \approx -\frac{1}{y_d(\omega)^2} \frac{1}{j\omega_0} \frac{i(\alpha)}{V_{DC}} (\beta-\alpha) \dots\dots\dots (12)$$

これより定常インピーダンス値の誤差は、 $\frac{i(\alpha)}{V_{DC}}$ と $(\beta-\alpha)$ の積に比例することがわかる。したがって、誤差を小さくするためには前者の割合を小さくすること及び後者を小さくすること、すなわち測定時間を長くして打ち切り部分の時間を少なくすることが有効であることがわかる。

以上より演算子インピーダンス軌跡における小円の発生原因は、減衰電圧波形が十分に減衰する前に測定を打ち切ったためであることが実際の減衰電圧データを故意に打ち切ったときのシミュレーション及び打ち切られた波形の関数を仮定した近似解析的な検討から確かめられた。

図 7 処理後の大容量機の演算子インピーダンス軌跡
Fig. 7. Processed Operational Impedance Locus

4. 補外法の大容量機への適用と検討

試験の対象とした機械は 6000KVA-6600V-525A-18P-60Hz-400rpm の制動巻線付きの回交界磁突極形同期発電機である。R-S 相端子間に直流電圧 11.8V を印加し直流電流 52A (分流器電圧 6.27V) の定常状態から端子間を短絡して 1.28sec 経過後に測定を終了した。このときの直流電流は 0.72A、分流器電圧は 0.087V であった。このときの減衰電圧波形が図 3 に、演算子インピーダンス軌跡が図 4 にそれぞれ示されている。

このデータに対して本論文で提案する補外法を用いてデータ処理した演算子インピーダンス軌跡を図 7 に示す。このとき (9) 式から減衰電圧の終了時間 β は 2.07sec と計算された。図 4 と図 7 を比較することにより演算子インピーダンス軌跡が著しく改善されることがわかる。

表 2 は、同様にこの発電機の S-T 相間及び T-R 相間についても減衰電圧を測定後、本補外処理を適用し、文献 (4) で示されている拡張ダルトン・カメロン法に必要な演算子インピーダンス軌跡と横軸との交点のリアクタンス等のデータをまとめたものである。

これより各種インピーダンスを求めるとつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \text{直軸初期過渡リアクタンス } X_d'' &= 2.23\Omega \\ \text{直軸同期リアクタンス } X_d &= 7.00\Omega \\ \text{横軸初期過渡リアクタンス } X_q'' &= 2.09\Omega \\ \text{横軸同期リアクタンス } X_q &= 5.20\Omega \end{aligned}$$

また、他の試験法から求められた実測値はつぎのようである。

表 2 拡張ダルトン・カメロン法に必要なデータ
Table 2. Data for Expanded Dalton-Cameron Method

	リアクタンス [Ω]		界磁誘導電流 [A]
	初期過渡	同期	
R-S 相間	$X_{RSA} = 4.21$	$X_{RSB} = 12.0$	1.6
S-T 相間	$X_{STA} = 4.44$	$X_{STB} = 13.8$	2.4
T-R 相間	$X_{TRA} = 4.30$	$X_{TRB} = 10.7$	0.7
	$K_{XA} = 4.32$	$K_{XB} = 12.2$	
	$M_{XA} = 0.149$	$M_{XB} = 1.80$	

三相突発短絡試験より

$$Xd'' = 1.94\Omega, \quad Xd = 7.29\Omega$$

横軸位置の直流減衰試験より

$$Xq'' = 2.13\Omega, \quad Xq = 5.10\Omega$$

これらの試験結果より結論としてつぎのことがわかる。

(1) 本補外処理法及び拡張ダルトン・カメロン法を用いて直流減衰電流試験から求めた各種インピーダンスの値は、三相突発試験法による値とよく一致する。

(2) 横軸同期インピーダンス Xq を本補外処理法を用いて横軸位置での直流減衰試験法により求めた値と拡張ダルトン・カメロン法により任意の位置から求められた値とはよく符合する。

5. あとがき

本論文で得られたおもな結論をまとめるとつぎのとおりである。

(1) 直流減衰試験法においてノイズや残留電流等の影響から減衰電流が十分小さくなる前に測定打ち切られたデータに対し、演算子インピーダンス軌跡を求めるとらせん状の小円の発生が見られる。

(2)(1)の小円の発生した不十分な減衰電流の測定データに対し、本論文で提案する補外法を用いてデータ処理することにより、特性解析に利用可能な演算子インピーダンス軌跡を得ることができ、測定データの有効活用を可能とする。

(3) 大容量機に対して直流減衰試験法と提案した補外法によるデータ処理を適用し、拡張ダルトン・カメロン法を用いて得られた電動機の各種インピーダンス値は他の試験法による値とよく一致し、本手法の有効性が示された。

(4) 提案した補外処理法は大容量機以外にこれまでの小・中容量機にも適用可能であり、測定や装置の構成を容易とし測定時間の改善も可能とすることから、直流減衰試験法の適用範囲をさらに拡大するものである。

最後に、本研究の遂行にあたり多大なご協力をいただいた(株)明電舎太田工場 大湊茂夫主任技師、布施光雄技師に心よりお礼申し上げます。

(平成11年1月14日受付, 同11年11月2日再受付)

文 献

- (1) 荒隆裕, 山本和直, 小田莊一, 松瀬貢規:「直流試験法による同期電動機の始動特性推定法」, 電学論 D, 112, No.1, 73(平4-1)
- (2) 荒隆裕, 浅野博, 小田莊一, 松瀬貢規:「直流減衰電流のフーリエ変換による同期機等価回路定数の同定法」, 電学論 D, 113, No.6, 801(平5-6)
- (3) 荒隆裕, 山本修, 浅野博, 小田莊一:「PMモータの始動特性算定法」, 電学論 D, 116, No.6, 620(平8-6)
- (4) 荒隆裕, 山本修, 浅野博, 小田莊一:「拡張ダルトン・カメロン法」, 電学論 D, 117, No.6, 718(平9-6)

川 端 広 一

IEEE 会員。

(正員) 昭和60年3月電気通信大学大学院電気通信学研究科修了。同年4月(株)東芝入社。平成1年4月雇用促進事業団に入り、茨城職業訓練短期大学校, 茨城職業能力開発短期大学校(平成5年4月校名変更)を経て, 平成8年4月小山職業能力開発短期大学校講師, 現在に至る。主として電磁界の数値解析とシミュレーション及びデータ処理に関する研究に従事。電子情報通信学会,

青 木 亮 二

(正員) 昭和52年3月宇都宮大学工学部電気工学科卒業。同年4月国鉄入社。鉄道技術研究所勤務。昭和62年4月雇用促進事業団に入り, 小山職業訓練短期大学校, 小山職業能力開発短期大学校(平成5年4月校名変更)を経て, 平成9年7月同短期大学校助教授, 現在に至る。主として電子回路の教育と研究に従事。

柴 田 兼 敏

(正員) 昭和47年3月秋田大学大学院修士課程電気工学専攻修了。同年4月宇都宮大学工学部電気工学科助手, 講師を経て, 平成4年5月雇用促進事業団に入り, 小山職業訓練短期大学校講師を経て, 小山職業能力開発短期大学校講師(平成5年4月校名変更), 現在に至る。プロセス用プラズマ源, 薄膜形成技術に関する研究に従事。日本物理学会, プラズマ・核融合学会会員。

小 田 莊 一

IEEE 会員。

(正員) 昭和28年3月東京工業大学電気工学科卒業。同年, 明電舎入社。昭和48年4月, 雇用促進事業団に入り, 職業訓練大学校教授, 職業能力開発大学教授(平成5年4月校名変更), 平成7年4月小山職業能力開発短期大学校校長, 現在に至る。回転機の解析, 関連技術, 回転機を含む小規模システムのシミュレーション及び電動応用の研究に従事, 現在に至る。技術士, 工学博士。

荒 隆 裕

(正員) 昭和52年3月職業訓練大学校電気工学科卒業。同年, 雇用促進事業団に入り浜松総合高等職業訓練校勤務を経て, 昭和55年4月職業訓練大学校助手, 講師を経て, 平成4年4月同助教授, 職業能力開発大学校助教授(平成5年4月校名変更), 現在に至る。主として, 電気機械の解析と制御に関する研究に従事。工学博士。日本産業教育技術学会会員。IEEE 会員。