On-Site Diagnosis of Transformer Winding by Frequency Response Analysis

Satoru Miyazaki Member (Central Research Institute of Electric Power Industry)

Yoshinobu Mizutani Member (Central Research Institute of Electric Power Industry)

Kazumichi Matsumoto Member (Kyushu Electric Power Company Inc.)

Shinichi Nakamura Non-member (Kyushu Electric Power Company Inc.)

Keywords: frequency response analysis (FRA), transformer, diagnosis of abnormality, on-site diagnosis

Displacement and/or deformation of a coil in oil-immersed transformers are hazardous. Frequency Response Analysis (FRA) has the possibility to detect these abnormalities with high sensitivity. In this paper, FRA is applied to seven oil-immersed transformers, which are installed in substations.

In FRA, transfer functions of windings are measured and abnormality of winding is detected by detecting their change compared

with initial data measured beforehand. However, initial data of most transformers, which are under operation, had not been measured. When the initial data do not exist, it may be possible to diagnose transformer windings by comparing transfer functions of three phases (phase-to-phase comparison) or by comparing transfer functions to those of sister units (sister-unit comparison). The phase-to-phase comparison is applicable when transfer functions are measured between a terminal and the neutral point of the Y connected windings. However, in case of transformers without the neutral point terminal, the phase-to-phase comparison is not applicable for the transfer functions measured between 2 terminals of the Y-connected windings. The sister-unit comparison is fully applicable and the performance of the comparison can be improved by additionally comparing the transfer functions phase-to-phase.

Furthermore, influence of the bus in measuring the transfer functions is evaluated. Transfer functions measured with connecting the bus to the transformer are much different from those measured when the bus is disconnected. Therefore, it is recommended disconnecting the bus from the transformer in measuring transfer functions.

(a) Transfer function between terminal and neutral point of Y-connected winding

(b) Transfer function between 2 terminals Y-connected winding

Fig. 1. Phase-to-phase comparison of transfer functions

Fig. 2. Sister-unit comparison of transfer functions

周波数応答解析による変圧器巻線異常の現地診断手法の検討

正員 宮崎 悟* 正員 水谷 嘉伸*
正員 松本 一道** 非会員 中村 信一**

On-Site Diagnosis of Transformer Winding by Frequency Response Analysis

Satoru Miyazaki*, Member, Yoshinobu Mizutani*, Member, Kazumichi Matsumoto**, Member,
Shinichi Nakamura**, Non-member

Displacement and/or deformation of a coil in oil-immersed transformers are hazardous. Frequency Response Analysis (FRA) has the possibility to detect these abnormalities with high sensitivity. However, a guideline for diagnosis of transformers by FRA is not yet firmly established. In this paper, FRA is applied to seven oil-immersed transformers installed in substations. Diagnosis methods when initial data do not exist are evaluated. When the initial data do not exist, it may be possible to diagnose by comparing transfer functions of three phases (phase-to-phase comparison) or by comparing transfer functions to those of sister units (sister-unit comparison). The phase-to-phase comparison cannot be applied to some kinds of vector groups. The sister-unit comparison is fully applicable and the performance of the comparison can be improved by additionally comparing the transfer functions phase-to-phase. Furthermore, applicability of measurement of the transfer functions without disconnecting the bus from the transformer is evaluated. The bus should be disconnected from the transformer under tests because the measured transfer functions are influenced by bus.

キーワード：周波数応答解析，変圧器，異常診断，現地診断

Keywords: frequency response analysis (FRA), transformer, diagnosis of abnormality, on-site diagnosis

1. はじめに

変圧器で用いられている絶縁紙やプレスボードなどの絶縁物は、熱劣化しても絶縁耐力自体はほとんど低下しないことが知られている⁽¹⁾。一方で、これらの絶縁物は構造支持材としての役割を担っており、熱劣化により強度が低下する⁽²⁾。このため、短絡事故時に発生する電磁機械力に耐える機械的強度をこれらの絶縁物が有するかが変圧器の寿命決定要因の1つとされている。絶縁紙の機械的強度を診断するパラメータとしては、平均重合度がある。例えば電気協同研究会では、平均重合度450を寿命レベルと定めている⁽³⁾。しかし、撤去変圧器を熱加速劣化して短絡試験を

行ったところ、平均重合度450以下でも破壊に至らないものもあれば、450程度で破壊したものもあり⁽⁴⁾、変圧器の状態に応じて寿命レベルを設定することで、更なる寿命延伸を図れる可能性がある。

この一方で、短絡時に変圧器内部で発生する電磁機械力は、巻線の変形や位置ずれによって大きく変化する。例えば、変圧器輸送時の振動や衝撃、雷サージの侵入、地震、経年による絶縁物の寸法収縮などによって、これらの巻線異常が発生する可能性がある。高経年変圧器の寿命延伸あるいは信頼度の高い運用を行うためには、このような変圧器内部の異常現象を外部から診断する手法の開発が必須である。変圧器巻線の変形・位置ずれなどの異常診断手法として、周波数応答解析 (Frequency Response Analysis : FRA)^{(5)~(10)}が着目されている。FRAでは、例えば診断対象変圧器の巻線インピーダンスなどの周波数特性 (以降では伝達関数と称する) を数10Hz~数MHzまで測定し、初期データと比べた変化の有無で異常の有無を診断する。一方、JEC-2200⁽¹¹⁾では変圧器巻線の変形や位置ずれを検出する手法として、短絡インピーダンス測定が規定されている。巻線の変形や位置ずれが発生した場合、主に巻線の対地容量や巻線間容量が変化する。これらは低周波領域ではインピーダンスに

* (財) 電力中央研究所 電力技術研究所
〒240-0196 横須賀市長坂 2-6-1
Electric Power Engineering Research Laboratory, Central Research
Institute of Electric Power Industry
2-6-1, Nagasaka, Yokosuka 240-0196

** 九州電力 (株) 大分電力所
〒870-8606 大分市金池町 2-3-4
Oita Power System Maintenance Office, Kyushu Electric Power
Company, Inc.
2-3-4, Kanaike-cho, Oita 870-8606

はほとんど影響せず、高周波領域で大きく影響する。したがって、商用周波数で測定する短絡インピーダンス測定よりも、FRAの方が高感度である。

FRAでは、健全時に測定した初期データとの比較による異常診断を基本とするため、現在運用中の変圧器に新たに同手法を適用するにあたっては、初期データが無い場合の診断方法の検討が必須である。また、診断に伴う変圧器停止時間をできるだけ短くするため、現地診断における測定の効率化が重要となる。本論文では、国内で実運用されている変圧器の伝達関数を測定し、初期データが無い場合の診断方法、測定の効率化方策について検討した結果を報告する。

2. FRAの基本原理

FRAでは、正弦波の電氣的信号（例えば電圧）を変圧器入力にし、出力信号（例えば電流）の振幅測定を周波数を変化させながら行い、その商として伝達関数（例えばインピーダンス）を求める。文献(9)では、伝達関数測定項目を、電圧入力箇所および出力電圧測定箇所により4種に分類している。

本論文では、伝達関数測定項目として、Fig. 1に示すように、1つの巻線の片端に電圧を入力して他端での出力電圧を測定する端子間測定⁹⁾を採用する。端子間測定においては、測定しない巻線（2巻線変圧器での1次巻線測定時の2次巻線、2次巻線測定時の1次巻線）を開放して測定する場合と短絡して測定する場合があり⁹⁾、以降では前者を開放測定、後者を短絡測定と称する。

本論文の測定では、巻線端子の一端に入力した電圧を

Fig. 1. Measurement of transfer functions.

Table 1. Transformers examined in this paper.

Trnsformer	Rated capacity	Rated voltage	Connection	Operation years	Neutral Point	Remarks
A-1	180 MVA	220/110/66 kV	Y-Y-Δ	40	grounded	
A-2				38		
B-1	20 MVA	66/6.9 kV	Y-Y-Δ	29	not grounded	Tertiary winding is used as a stabilizing winding
B-2				31		
C-1	20 MVA	66/6.9 kV	Y-Y-Δ	31	not grounded	Tertiary winding is used as a stabilizing winding
C-2				31		
C-3				32		

V_{input} , 他端で測定される電圧を V_{output} とし、伝達関数 $H(j\omega)$ を (1) 式で定義した。

$$H(j\omega) = 20 \log \frac{V_{output}(j\omega)}{V_{input}(j\omega)} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 j は虚数単位、 ω は角周波数である。

本論文で検出対象としている巻線変形や位置ずれが発生した場合、巻線間静電容量やインダクタンスが変化する。静電容量やインダクタンスの変化は、共振周波数の変化として伝達関数にあらわれるので、伝達関数比較においては主にこの変化に着目する。

3. 伝達関数測定結果

本論文で検討対象とした変圧器を Table 1 に示す。変圧器名のアルファベットが同じ変圧器は、構造が同じ同一形式器である。

Y 結線の中性点が接地されている A-1 および A-2 変圧器は、このままでは伝達関数を測定できないため、測定時には中性点を接地から切り離れた。測定対象の変圧器のうち B-1, B-2, C-1, C-2, C-3 変圧器は、3 相 3 巻線 Y-Y-Δ 結線の変圧器だが、3 次巻線は安定巻線として使われており、3 端子のうち 1 端子しか変圧器タンク外に出ておらず、この巻線を測定対象とすることができない。このため、2 巻線分の伝達関数しか測定していない。また、Y 結線の 1 次巻線、2 次巻線の中性点是非接地方式であり、変圧器タンク外に中性点端子が設けられていない。このため各相の端子-中性点間で伝達関数を測定できないので、Fig. 2 に示すように 2 相ずつ、U 相-W 相間、V 相-U 相間、W 相-V 相間の伝達関数を測定した。

FRA における伝達関数測定は、変圧器を停止した状態で行う。この時、遮断器を切っただけで、遮断器と変圧器を接続したままの状態では、高周波領域では接続線と対地容量からなる回路が形成され、接続線の特性を含んだ伝達関数を測定してしまうことになる。この接続線の影響については 4.2 節で検討するが、さしあたって変圧器単体の伝

Fig. 2. Measurement of transfer functions when neutral terminal of Y connection does not exist.

Fig. 3. Transfer functions of A-1 transformer.

達関数を測定する観点から、変圧器ブッシング端子から接続線を切り離した状態で測定する。

伝達関数測定には、Doble 社の M5300 (A-1, A-2, B-1, C-1, C-2 変圧器) および M5400 (B-2, C-3 変圧器) を用いた。

A-1, B-1, および C-1 変圧器の伝達関数を Fig. 3～Fig. 5 に示す。

4. 考 察

〈4・1〉 初期データがない場合の診断方法 初期データが無い場合の診断方法として、3 相変圧器の各相間比較による診断手法と、同型器の伝達関数比較による診断手法が提案されている⁽⁸⁾。ここでは、実機で測定した伝達関数を用いて、両手法の適用可能性を検討する。なお、本報告

で検討する全変圧器は、各相間の伝達関数比較と同型器間での伝達関数比較から総合的に判断して、異常が発生していないと判断した。

〈4・1・1〉 3 相変圧器の各相間比較による診断 3 相変圧器の各相の巻線は同一構造であることから、伝達関数が一致すると考えられる。Fig. 3 に示した A-1 変圧器の伝達関数を各相間で比較すると、よく一致している。開放測定における第 1 共振周波数付近 (Fig. 3 では 500 Hz 付近) は鉄心の特性を表し⁽¹⁰⁾、巻線の診断にはあまり関係しない。また、3 次巻線の伝達関数は概ね 500 kHz 以上の領域で伝達関数が一致していないが、この部分は測定リード線の影響を受けている可能性がある。なお A-1 変圧器では、3 次巻線端子のみ変圧器建家内部に設置されており、1 次巻線および 2 次巻線測定時とは測定器の設置位置が異なる。1

(a-i) Primary winding (Open measurement)

(a-ii) Primary winding (Short measurement)

(b-i) Secondary winding (Open measurement)

(b-ii) Secondary winding (Short measurement)

Fig. 4. Transfer functions of B-1 transformer.

(a-i) Primary winding (Open measurement)

(a-ii) Primary winding (Short measurement)

(b-i) Secondary winding (Open measurement)

(b-ii) Secondary winding (Short measurement)

Fig. 5. Transfer functions of C-1 transformer.

Fig. 6. Transfer functions of A-1 transformer measured by the method of Fig. 2.

次巻線の伝達関数 (Fig. 3(a-1)) は、50 kHz 付近で振幅が一致していないが、診断において着目する共振周波数は一致している。

次に、B-1 (Fig. 3) および C-1 変圧器 (Fig. 5) の伝達関数を各相間で比較した場合、伝達関数は一致していない。開放測定において、10 kHz 以下の周波数領域で伝達関数が一致していないのは、各相巻線の配置により磁路長が異なるためである。

これ以上の周波数領域でも伝達関数が各相間で一致しない要因として、Y 結線の巻線を 2 相ずつ測定 (Fig. 2) していることが考えられる。このことを検証するため、Y 結線を通常の方法 (Fig. 1(a)) で 1 相ずつ測定した場合に各相間で伝達関数が一致した A-1 変圧器で、Fig. 2 の方法で測定した伝達関数を Fig. 6 に示す。1 次巻線では、V 相-U 相間と W 相-V 相間の伝達関数はよく一致しているが、U 相-W 相間の伝達関数はこれらと一致していない。B-1、B-2、C-1、C-2 および C-3 変圧器でも、1 次巻線 V 相-U 相間と W 相-V 相間の伝達関数は比較的一致しているが、U 相-W 相間の伝達関数は大きく異なっており、同様の傾向を示している。

高周波領域における Y 結線と Δ 結線の等価回路例を Fig. 7 に示す。Y 結線の場合、高周波領域では巻線間容量によるインピーダンスを考慮する必要がある。Y 結線では、U-V 相間と V-W 相間のインピーダンスは同一であり、V-U 相間、W-V 相間の伝達関数は一致する。しかし、U-W 相間のインピーダンスは、U-V 相間と V-W 相間のインピーダ

(b) Δ connection

Z_w : Impedance of winding.

Z_L : Impedance of connection lead of windings.

Z_c : Impedance due to inter-winding capacity.

Fig. 7. Example of circuit of 3-phase transformer in high frequency range.

ンスと異なり、伝達関数も一致しない。一方 Δ 結線では、巻線が互いに直接接続されているので、その影響は小さいと考えられる。 Δ 結線では、どの端子間のインピーダンスも同一になり、伝達関数も一致する。

A-1 変圧器の 2 次巻線を 2 相ずつ測定した伝達関数 (Fig. 6 (b)) は、u-w 相間の伝達関数も他の 2 つの伝達関数とほぼ

Fig. 8. Comparison of transfer functions of A-1 and A-2 transformers.

一致している。これは、2次巻線は1次巻線の内側に同心円筒状に配置されるため、Fig. 7の巻線間容量によるインピーダンスの影響が1次巻線よりのそれより小さいためと考えられる。

B-1, C-1変圧器で2次巻線の伝達関数が一致しないのは、これらの変圧器の3次巻線は安定巻線として使われており、3端子のうち1端子しか変圧器タンク外に出ていないためである可能性がある。安定巻線が各相で同一の構造になっていないため、同軸円筒状にその外側に巻かれた2次巻線、1次巻線との間の静電容量も各相間で同一にならず、伝達関数が一致しないと考えられる。2次巻線の方が、1次巻線よりも各相間で伝達関数が大きく異なっているのは、安定巻線の直近に巻かれているため、安定巻線との間の静電容量の影響が大きいためと考えられる。3次巻線の

3つの端子全てが外部に引き出されているA-1, A-2変圧器では、各相の伝達関数が良く一致している。

以上から、変圧器の構造によっては各相間での伝達関数比較による診断が適用できないことがあることが明らかになった。今後、変圧器の構造に応じて、各相間の伝達関数比較による診断が可能か、変圧器を分類できるようにデータの蓄積および検討を継続する必要がある。各相間で伝達関数比較ができない例としては、本論文での検討のほかに、文献(8)でZ結線を含む場合に適用できないことが報告されている。ただし、同文献では、その理由については検討されていない。

〈4・1・2〉 同型器との比較 Fig. 8～Fig. 10に、本論文で測定した変圧器伝達関数を同型器ごとに比較したものを示す。同型変圧器の伝達関数は、ほぼ一致している。開放

(a-i) Primary winding: U-W phase (Open measurement)

(a-ii) Primary winding: U-W phase (Short measurement)

(b-i) Secondary winding: u-w phase (Open measurement)

(b-ii) Secondary winding: u-w phase (Short measurement)

Fig. 9. Comparison of transfer functions of B-1 and B-2 transformers.

(a-i) Primary winding: U-W phase (Open measurement)

(a-ii) Primary winding: U-W phase (Short measurement)

(b-i) Secondary winding: u-w phase (Open measurement)

(b-ii) Secondary winding: u-w phase (Short measurement)

Fig. 10. Comparison of transfer functions of C-1, C-2 and C-3 transformers.

Fig. 11. Transfer functions measured when bus is connected or disconnected to the transformer. (C-2 transformer. Open measurement.)

測定した伝達関数の第1共振周波数がずれているのは、鉄心の残留磁束の影響である。例えば Fig. 8(a) では、U 相の伝達関数が 50 kHz 付近で一致していないが、診断において着目する共振周波数は一致している。以上の検討から、同型器比較による診断を適用できる見通しが得られた。ただし、〈4・2〉節で詳述するが、接続線としてケーブルが使用されているなどの理由で、遮断器と変圧器を接続したまま伝達関数を測定した場合、同型器との比較による診断は適用できない。

〈4・2〉 遮断器との接続線の影響 実運用中の変圧器を FRA により診断する場合、遮断器との接続線としてケーブルが使用されている等の理由で、遮断器と変圧器を接続したまま測定せざるを得ない場合もある。また、変圧器ブッシング端子から接続線を切り離すことが可能な場合でも、停止時間を短くする目的で接続したまま測定したいとの要望がある。Fig. 11 に、C-2 変圧器において変圧器と遮断器を接続した状態と変圧器ブッシング端子から接続線を切り離した状態で測定した伝達関数を示す。接続線の有無により、伝達関数は大きく異なっている。

変圧器と遮断器を接続したまま測定した伝達関数は、変圧器と接続線両方の構造を反映していると考えられ、同様に接続したまま測定した初期データとの比較による異常検出は可能と考えられる。しかし、伝達関数変化を解釈し、変圧器

異常様相・異常量を診断することは難しくなる。〈4・1・2〉項では、同型器との伝達関数比較による診断が可能と述べたが、接続線の長さや配線方法は設置場所によって異なり、接続線によって伝達関数が大きく変化することから、変圧器を遮断器に接続したまま伝達関数を測定した場合、同型器との伝達関数比較による診断は適用できないといえる。以上の考察から、伝達関数測定時には接続線を変圧器ブッシング端子から切り離すことが推奨される。

通常、変電所には複数の変圧器が設置されており、遮断器から変圧器ブッシング端子までは母線が近接して配線されることもある。やむをえない理由で、変圧器と遮断器を接続したまま伝達関数測定を行う場合、稼働中の変圧器が接続されている高電圧の母線により、FRA 試験を行う停止中の変圧器と遮断器との接続線に、誘導電圧が発生する可能性があり、注意を要する。一例として A-1 変圧器において、2 次巻線のブッシング端子を遮断器と接続した状態で、2 次巻線ブッシング端子-大地間の誘導電圧を測定した結果、33.6 V であった。このように大きな誘導電圧が発生している場合、測定器を保護する観点からも伝達関数測定は難しい。ただし、上記の誘導電圧は変電所内での配線、変圧器の配置によるため、誘導電圧が小さく、伝達関数測定が可能な場合もある。なお、Fig. 11 の伝達関数は、C-2 変圧器のブッシング端子に発生している誘導電圧が十分小さいことを確認して測定した。

5. おわりに

本論文では、実運用されている変圧器の伝達関数を測定し、初期データが無い場合の診断方法、現地診断における測定の効率化について検討した。

(1) 初期データがない場合の伝達関数比較法として、各相間の比較および同型器との比較について検討した。

(i) 3 相変圧器の Y 結線、 Δ 結線の巻線に対して Fig. 1 の方法で伝達関数を測定した場合、各相間の比較により診断できる見通しを得た。

(ii) Y 結線の中性点端子が外部に設けられていない等の理由で、2 相ずつ伝達関数を測定した場合、各相間の比較による診断は困難である。

(iii) 安定巻線の端子が 3 相全てにではなく 1 相にしか設けられていないなど、変圧器内部が対称な構造になっていない場合は、各相間の比較による診断ができない可能性が示唆された。

(iv) 同型器との伝達関数比較は、変圧器を遮断器との接続線から切り離し、変圧器単体の伝達関数を測定した場合に適用できる見通しが得られた。

(2) 変圧器を遮断器に接続したままの伝達関数測定の可否を検討した。

(i) 変圧器を遮断器に接続したまま測定した伝達関数は、切り離して測定した場合に比べて大きく変化するため、切り離した状態で伝達関数を測定する必要がある。

(ii) 接続線としてケーブルが使用されている場合など、

変圧器を遮断器から切り離すことができない場合も、初期データとの比較による診断は可能と考えられる。この場合、同型器との比較は適用できない。

(iii) 変圧器を遮断器に接続したまま測定する場合、母線の配置によっては、隣接する稼働中の母線や変圧器によって誘導電圧が発生することがあり、注意を要する。

(平成21年7月23日受付、平成21年11月24日再受付)

文 献

- (1) 矢成敏行・池田正己・谷口安彦・石岡康昭：「変圧器絶縁油の長期劣化の調査結果」, 電学論 B, Vol.101-B, No.12, pp.719-726 (1981-12)
- (2) 石岡康昭・大久保仁・鈴木敏夫・本多正己：「油浸絶縁の劣化現象」, 電気学会絶縁材料研資, EIM-84-11 (1984)
- (3) 電気協同研究会：「油入変圧器の保守管理 (その 1)」, 電気協同研究, Vol.54, No.5, p.177 (1999)
- (4) E. Yajima, T. Toda, and T. Okamoto: "The Relation Shop between Deterioration and Short-circuit Strength of Oil-immersed Transformers", 1998 National Convention Record IEE Japan, No.1126 (1998-3) (in Japanese)
矢嶋栄司・戸田恒雄・岡本達希：「油入変圧器の劣化と短絡強度の関係」, 平成 10 年電気学会全国大会, No.1126 (1998-3)
- (5) T. Sano and K. Miyagi: "Examination on Applicability of Power Transformer Diagnosis by Frequency Response Analysis", The Papers of Technical Meeting on Static Apparatus, IEE Japan, SA-06-108 (2006-12) (in Japanese)
佐野貴弘・宮城克徳：「周波数応答分析による電力用変圧器診断の適用性検証」, 電気学会静止器研資, SA-06-108 (2006-12)
- (6) T. Sano and K. Miyagi: "Experimental Investigation on FRA Diagnosis of Transformer Faults", *IEEE Trans. PE*, Vol.127, No.7, pp.791-796 (2007-7)
- (7) S.A. Ryder: "Diagnosing Transformer Faults Using Frequency Response Analysis", *IEEE Electrical Insulation Magazine*, Vol.19, No.2, pp.16-22 (2003)
- (8) J. Christain and K. Feser: "Procedures for Detecting Winding Displacements in Power Transformer by the Transfer Function Method", *IEEE Trans. Power Delivery*, Vol.19, No.1, pp.214-220 (2004)
- (9) "Mechanical-condition assessment of power transformer windings using Frequency Response Analysis (FRA)", CIGRE WG A2.26 Report, No.342 (2008)
- (10) S. Miyazaki, Y. Mizutani, H. Suzuki, and M. Ichikawa: "Detection of Deformation and Displacement of Transformer Winding by Frequency Response Analysis", CRIEPI Report, H06003 (2007-8) (in Japanese)
宮崎 悟・水谷嘉伸・鈴木 寛・市川路晴：「周波数応答解析を用いた変圧器巻線の変形・位置ずれ検出手法の検討」, 電中研報告, H06003 (2007)
- (11) 電気学会：「変圧器」, 電気規格調査会標準規格 JEC-2200-1995 (1995)

宮 崎 悟

(正員) 1977 年 8 月 26 日生。2006 年 3 月東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。同年 4 月(財)電力中央研究所入所。現在, 同所電力技術研究所主任研究員。主として電力機器の診断技術, 高電圧計測に関する研究に従事。博士(工学)。IEEE 会員。

水 谷 嘉 伸

(正員) 1973 年 2 月 2 日生。1997 年 3 月東京工業大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年 4 月(財)電力中央研究所入所。現在, 同所電力技術研究所主任研究員。主として電気絶縁材料の熱劣化や機器の劣化診断に関する研究に従事。2003 年度, 2006 年電気学会論文発表賞受賞。

松 本 一 道

(正員) 1966 年 3 月 12 日生。1989 年 3 月慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。同年 4 月九州電力(株)入社。系統計画, 電源計画, 原価戦略などに携わる。2001~2004 年(社)海外電力調査会ワシントン事務所。現在, 同社大分電力所にて電力供給の現場責任者として従事。1998 年電気学会論文賞受賞。

中 村 信 一

(非会員) 1964 年 11 月 20 日生。1983 年 4 月九州電力(株)入社。現在, 同社大分電力所にて発電設備の保全, 設備計画業務および保全に関する研究開発に従事。