オンライン定態安定度監視のための 事故選択スクリーニング手法の開発

正員 滝本 昭 正員 内田 直之 (電力中央研究所)

Contingency Selection Method for On-line Small Signal Stability Monitoring
Akira Takimoto, Naoyuki Uchida, Member (CRIEPI)

To make more use of existing electric power transmission facilities, security assessment utilizing on-line data is thought to be one of the effective measures that can be taken. To realize on-line assessment of post-fault small signal stability for a number of supposed contingencies, it is effective to pick out severe contingencies to be analyzed with precise assessment program, e.g. S-method. We developed contingency selection method that has two indexes for selection.

One of the indexes is post-fault eigenvalue estimation based on 2nd approximation of eigenvalue change for system matrix change, which is effective for relatively weak non-linear eigenvalue change. The other one is Non-linearity Index that indicates the strength of non-linearity of eigenvalue change. It is effective to detect the strong non-linear eigenvalue change that can not be estimated correctly by the 2nd approximation estimation.

Calculation results with IEEJ Bulk Power System Models show that the proposed method can effectively decrease the number of contingencies that have to be analyzed with precise Small Signal Stability Analysis method.

キーワード：定態安定度，事故選択，スクリーニング，固有値，系統監視

Keywords: small signal stability, contingency selection, screening, eigenvalue, security monitoring

1. まえがき

近年，電力供給に対するコストダウンの要求は益々高まっており，既存の送変電設備の一層の有効利用が求められている。その一方で，電力市場自由化の進展に伴う系統運用面での不確実性の増大も予想されており，オンラインで取得したデータに基づく系統監視の必要性は今後ますます高まっていくものと考えられる。

系統監視の対象となる項目は事故直後の過渡安定度，事故後の平衡点における定態安定度，過負荷，異常電圧などが挙げられる。このうちの過負荷および異常電圧については，計算量の少ない潮流解析によって評価が可能であるためすでに実用化されている例もある。わが国の電力系統においては系統安定度が運用限界に関して支配的であるが，多大な計算量を必要とする安定度解析のオンラインへの適用は困難とされてきた。このため，これまでに提案されている系統安定度を含む総合的なオンライン系統監視・予防制御システムは概念的なものであり，実用的な手法の提案は見られなかった⁽¹⁾。

近年の計算機の処理能力の目覚ましい向上とオンライン系統監視実現への要望を背景とし，著者らは系統安定度を含む総合的なオンライン系統監視・予防制御手法を開発す

ることとした。課題として残されている系統安定度解析の高速化のうち，まずはその第一段階として定態安定度を対象とした手法の開発に着手し，これまでにオンラインでの適用を目的とした効率的なアルゴリズムを提案した⁽²⁾。

本論文では，事故後の系統状態に対する定態安定度解析の高速化を目的とした事故選択スクリーニング手法を提案し，電気学会標準モデル系統 EAST10 および EAST30 を用いた試算を通じてその有効性を示す。

2. 提案手法の概要

<2.1> オンライン系統監視の概要 電力系統の定態安定度解析手法としては，精度の高さおよび扱い易さの点で固有値解析に基づく手法以外に実用的なものがない。わが国の電気事業において広く用いられている S 法⁽³⁾がその代表として挙げられる。精度の面での実用性を考えると，最終的な安定判別は S 法に頼らざるを得ないため，事故選択スクリーニングを行い，S 法の解析対象とする想定事故の数を大幅に減少させることによって，事故後定態安定度解析の高速化を図るものとする。

図 1 に定態安定度を対象としたオンライン系統監視の処理フローを示す。以下にその概要について述べる。

(1)事故前の系統状態に対する固有値計算

まず対象とする数分～数十分後の断面における需給条件予測に基づいて、事故前の系統状態についての潮流計算と固有値解析を行う。固有値解析には、不安定あるいは減衰の悪い固有値を一度に複数求めることができる手法、たとえばS法などを用いる。

(2)事故選択スクリーニング

上で求めたM個の固有値を対象として2つの指標を算出し、これを基に(3)の対象とする想定事故を選択する。

一つ目の指標としては、各固有値の事故後の変化を二次近似によって予測し、その実部を用いる。

もう一つの指標は、二次近似でも誤差が大きくなるような非線形性の極めて強い事故ケースの選択漏れを防ぐことを目的としたもので、非線形性の強さの評価指標である。

これらの指標の算出について次節以降で詳しく述べる。

(3)詳細な定態安定度解析

選択された事故に対して、想定事故後の系統状態についての潮流計算およびS法による定態安定度解析を実施する。

図1 提案手法のフロー
Fig. 1. Flow chart of proposed method.

<2.2> 固有値変化の二次近似の算出 まず、従来より固有値感度⁽⁴⁾として用いられている固有値変化の一次近似と二次近似との関係について示す。

いま、ある潮流断面において線形化した電力系統の動特性方程式が次式で表されるものとする⁽³⁾。

$$\left. \begin{aligned} \Delta \dot{X}_G &= A_G \Delta X_G + B_G \Delta V_G \\ \Delta \dot{I}_G &= C_G \Delta X_G + D_G \Delta V_G \\ \Delta I_G &= Y_G \Delta V_G \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 X_G : 状態変数ベクトル、 I_G, V_G : 発電機端子の電流および電圧ベクトル、 Y_G : 機間アドミタンス行列、 A_G, B_G, C_G, D_G : ブロック対角の構造をもつ係数行列、 Δ : 微小変動量を表す

(1)式から $\Delta I_G, \Delta V_G$ を消去し、表記を簡単にするため ΔX_G を x で置き換えたものが次式である。

$$\dot{x} = Ax \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 A はシステム行列であり、次式で表される。

$$A = A_G + B_G(Y_G - D_G)^{-1}C_G \dots\dots\dots (3)$$

ここで、行列 A のある固有値を λ_i 、これに属する右固有ベクトルおよび左固有ベクトルをそれぞれ v_i, w_i とする。 A が ΔA だけ変化したとき、 λ_i および v_i の変化分をそれぞれ $\Delta \lambda_i, \Delta v_i$ とすると次式が成り立つ。

$$(A + \Delta A)(v_i + \Delta v_i) = (\lambda_i + \Delta \lambda_i)(v_i + \Delta v_i) \dots\dots\dots (4)$$

上式の両辺に w_i を転置したものを左から掛け整理すると次式が得られる。

$$\Delta \lambda_i = w_i^T \Delta A v_i + w_i^T \Delta A \Delta v_i \dots\dots\dots (5)$$

上式の右辺第2項を無視したものが ΔA に対する固有値変化の一次近似 $\Delta \lambda_i'$ であり、次式で表される。

$$\Delta \lambda_i' = w_i^T \Delta A v_i \dots\dots\dots (6)$$

上式は非常に高速に計算が可能であり、 ΔA が微小な場合には(5)式の良い近似として使用することができる。しかし、送電線事故後の1回線開放などのように ΔA が比較的大きな場合には、十分な精度が得られない場合が多い。そこで、文献(5)および(6)で提案されている方法で Δv_i の近似値 $\Delta v_i'$ を求め、これを次式に代入することにより固有値変化のより良い近似値 $\Delta \lambda_i''$ を算出する。

$$\Delta \lambda_i'' = w_i^T \Delta A v_i + w_i^T \Delta A \Delta v_i' \dots\dots\dots (7)$$

以下に $\Delta v_i'$ の算出法について示す。まず、前出の(4)式から Δ 分同士の積を含む項を無視することとし、整理したものが次式である。

$$(A - \lambda_i I) \Delta v_i = (\Delta \lambda_i' I - \Delta A) v_i \dots\dots\dots (8)$$

上式を解いて得られた Δv_i を $\Delta v_i'$ として用いるが、右辺の $\Delta \lambda_i$ は未知であるため、代わりに(6)式により求めた一次近似 $\Delta \lambda_i'$ を使用する。また、(8)式左辺の行列 $(A - \lambda_i I)$ が正則でないため、次式を連立させて解くことにより $\Delta v_i'$ を求める。

$$\left. \begin{aligned} (A - \lambda_i I) \Delta v_i' &= (\Delta \lambda_i' I - \Delta A) v_i \\ w_i^T \Delta v_i' &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

求めた $\Delta v_i'$ を(7)式に代入すると、同式は ΔA に関する二次式で表されることから、 $\Delta \lambda_i''$ は固有値変化の二次近似となる。

<2.3> 固有値変化の非線形性指標 固有値変化の二次近似により送電線一回線開放後の固有値変化を高い精度で予測が可能であるが、なかには十分な精度が得られないケースがあることが試算を通じて明らかとなった。このような非線形性の強い事故を検出するための指標として、以下に示す指標 NLI を提案し、二次近似と合わせて事故選択スクリーニングに用いることにより、定態不安定となる事故の選択漏れを防いでいる。

まず次式で表される NLI_i は、ある事故における i 番目の固有値について事故後の変化の非線形性を評価することを目的としたものである。

$$NLI_i = |(\lambda_{iR}'' - \lambda_{iR}') / \lambda_{iR}'| \times 100 \dots\dots\dots (10)$$

ただし、 λ_{ir}' :一次近似の実部、 λ_{ir}'' :二次近似の実部

これは、一次の項と二次の項のみが情報として得られている場合に、それらを比較して二次の項が比較的大きいものについては三次以上の項も大きい可能性が高いと考えることとし、 NLI_i が大きい固有値は非線形性が強い変化をしていると見なすという考えに基づいている。

次に、次式に示すように、 M 個の固有値のうちで最大の NLI_i をその事故の非線形性指標 NLI として定義し、これを事故選択の判定に用いる。

$$NLI = \max_{i=1, M}(NLI_i) \quad \dots\dots\dots (11)$$

図2 非線形性指標 NLI と二次近似の誤差との関係
Fig. 2. Interrelation between NLI and 2nd approximation error.

図2は、電気学会標準モデル系統 EAST10 を用いた試算結果を基に、各事故の NLI と二次近似の誤差の最大値との関係を示したものである。同図から、安定な事故は二次近似の誤差が小さく NLI の値も小さいのに対して、安定限界あるいは不安定な事故は NLI が大きく二次近似の誤差も大きくなる傾向がみられる。このことから、 NLI を適当なしきい値とと共に事故選択に用いることが妥当であると考えられる。

ξ の値を大きく設定するほど選択の効率は向上するが、不安定な事故の選択漏れの可能性が高まり、逆に小さ過ぎると不必要に多数の事故が選択されてしまい、スクリーニングの効率が低下してしまう。4章で示す通り、今回の試算においては、 ξ を40%以下に設定することにより不安定となる事故の選択漏れはなく、効率的な事故選択を行うことができたが、提案手法の使用にあたって適切な ξ を定める方法の検討が今後の課題として残されている。

3. 計算処理の高速化

前章で述べた一次近似および二次近似の算出では密行列である A および ΔA とベクトルとの積が処理の大半を占める。そのままの形で処理を行った場合、 A 行列のサイズが n 倍となった場合に計算処理に必要な時間が n^2 倍に膨

れ上がってしまうため、大規模系統への適用は困難となる。そこで、以下に示すように A 行列をスパースな行列に置き換えることによって計算効率の向上を図った。

<3.1> 一次近似算出の高速化 まず、前章で示した(6)式を次式のように変形する。

$$\left. \begin{aligned} \Delta \lambda_i' &= w_i^T \Delta A v_i \\ &= w_i^T (A' - A) v_i \\ &= w_i^T (A' v_i - A v_i) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

ただし、 A' : 事故後の系統状態のシステム行列
次に、(12)式に(3)式を代入することにより次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \Delta \lambda_i' &= w_i^T (A' v_i - A v_i) \\ &= w_i^T \{ A_G' v_i + B_G' (Y_G' - D_G')^{-1} C_G' v_i \\ &\quad - A_G v_i - B_G (Y_G - D_G)^{-1} C_G v_i \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

ただし、 $A_G', B_G', C_G', D_G', Y_G'$: 事故後の系統状態での係数行列および機間アドミタンス行列

(13)式を用いることにより、ブロック対角行列 A_G, B_G, C_G, D_G とアドミタンス行列 Y_G のスパース性を利用して、 $\Delta \lambda_i'$ を効率よく算出することができる。

<3.2> 二次近似算出の高速化 二次近似算出に必要な $\Delta v_i'$ を求める際に、(9)式を文献(3)で示された計算手順を参考に、スパース性を利用して効率よく解く方法を以下に示す。

まず(9)式の最初の式の右辺を z_i とおき、(3)式を代入して下式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \lambda_i \Delta v_i' + z_i &= A \Delta v_i' \\ &= (A_G + B_G (Y_G - D_G)^{-1} C_G) \Delta v_i' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

これを(15)式のように分解し、さらに変形した連立方程式(16)式を以下の手順で解く。

$$\left\{ \begin{aligned} \lambda_i \Delta v_i' + z_i &= A_G \Delta v_i' + B_G V_G \\ I_G &= C_G \Delta v_i' + D_G V_G \\ I_G &= Y_G V_G \\ 0 &= w_i^T \Delta v_i' \end{aligned} \right. \dots\dots\dots (15)$$

$$\left\{ \begin{aligned} z_i &= (A_G - \lambda_i) \Delta v_i' + B_G V_G \\ I_G &= C_G \Delta v_i' + D_G V_G \\ I_G &= Y_G V_G \end{aligned} \right. \dots\dots\dots (16)$$

ただし、 $C_G' = C_G + w_i^T$

まず(16)式の上2つの式より $\Delta v_i'$ を消去する。

$$\left\{ \begin{aligned} I_G &= C_G' \Delta v_i' + D_G V_G \\ &= C_G' (\lambda_i I - A_G)^{-1} (B_G x - z_i) + D_G V_G \\ &= -C_G' (\lambda_i I - A_G)^{-1} z_i \\ &\quad + C_G' (\lambda_i I - A_G)^{-1} B_G x + D_G V_G \\ &= -F_G z_i + G_G V_G \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

ただし、 $F_G = C_G' (\lambda_i I - A_G)^{-1}$

$$\begin{aligned} G_G &= C_G' (\lambda_i I - A_G)^{-1} B_G + D_G \\ &= F_G B_G + D_G \end{aligned}$$

つぎに(16)の最後の式と(17)式より I_G を消去し次式を得る。

$$V_G = (G_G - Y_G)^{-1} F_G z_i \quad \dots\dots\dots (18)$$

(16)の最初の式を変形したものが次式であり、これに(18)

式より求めた V_G を代入し、 $\Delta v_i'$ を算出する。

$$\Delta v_i' = (\lambda I - A_G)^{-1} (-z_i + B_G V_G) \quad \cdots \cdots (19)$$

$(G_G - Y_G)^{-1}$, F_G および $(\lambda I - A_G)^{-1}$ は事故ケースによって変化しないため、事故前の系統状態について一度計算しておけば、想定事故毎に繰り返す必要はない。

上で求めた $\Delta v_i'$ を (7) 式に代入して二次近似を求めるが、このときも一次近似算出の場合と同様に次式を用いることによってスパース性を活かした高速化を行っている。

$$\begin{aligned} w_i^T \Delta A \Delta v_i' &= w_i^T (A' \Delta v_i' - A \Delta v_i') \\ &= w_i^T \left\{ A_G' \Delta v_i' + B_G' (Y_G' - D_G')^{-1} C_G' \Delta v_i' \right. \\ &\quad \left. - A_G \Delta v_i' - B_G (Y_G - D_G)^{-1} C_G \Delta v_i' \right\} \quad \cdots (20) \end{aligned}$$

4. 試算例

提案する事故選択スクリーニング手法の有効性を示すため、電気学会標準モデル系統 EAST10 および EAST30 (いずれも昼間断面) (7) を用いて試算を行った。

<4.1> 試算条件 使用したモデル系統の構成および事故のない状態での主な線路潮流を図 3 および図 4 に示す。また、表 1 に試算条件をまとめる。事故後に定態不安定となるケースを作り出すために、同表に示したブランチの 1 回線を作業停止中とした。また、EAST30 については発電機定数を変更してある。想定事故ケースは 2 回線ブランチの 1 回線開放とした。

表 1 試算条件

Table 1. Calculation condition.

モデル系統	EAST10	EAST30
発電機数	10	30
ノード数	47	107
ブランチ数	100	191
A 行列のサイズ	103	339
作業停止中のブランチ番号	#36	#3106
	—	#3108
	—	#3110
	—	#3118
	—	#3123
事故ケースの数	—	#3125
	38	62

事故前の系統状態において求めた固有値の数は EAST10 と EAST30 でそれぞれ 8 個および 5 個であり、これらを対象に事故選択の指標を計算する。

<4.2> 事故選択指標の計算結果 定態不安定となる事故ケースのみを例として表 2 および表 3 に示す。

(1) EAST10

事故後に定態不安定となった事故ケース (#37 送電線一回線開放) における指標の計算結果は表 2 に示す通りである。本ケースは、#7 固有値の二次近似の実部が正すなわち不安定となると共に、 NLI が大きな値を示した。

#7 固有値の二次近似が S 法の結果に近い値となっており、および他の固有値の NLI が非常に小さいことが

ら、本ケースは定態不安定とはなるが、非線形性はそれほど強くはないと考えられる。

NLI のしきい値 $\xi = 40\%$ とした場合、上記の事故ケースの他に一波脱調となるケース (事故送電線 #11)、安定限界となるケース (事故送電線 #28) の合計 3 ケースが選択され、事故後に安定となる残りの 35 ケースについてはすべて選択されなかった。

(2) EAST30

事故後に定態不安定となった事故ケース (#3105 送電線一回線開放) における指標の計算結果は表 3 に示す通りである。本ケースでは、#3 固有値の二次近似が不安定となると共に、 NLI が非常に大きな値を示した。

#3 固有値は S 法による解析結果でも事故後に不安定となるが、二次近似の値は S 法と大きく異なっている。さらに複数の固有値の NLI_i が非常に大きい値を示していることから、本ケースは非線形性が非常に強い事故ケースであると考えられる。なお、EAST30 では本ケースのみが事故後不安定となり、残りはすべて安定であった。 $\xi = 40\%$ とした場合、不安定となる事故のみが選択された。

表 4 試算結果のまとめ

Table 4. Summary of calculation results.

モデル系統	EAST10 (38 ケース)	EAST30 (62 ケース)
全事故ケースに対する S 法の所要時間 (sec)	13.7	55.8
全事故ケースに対するスクリーニングの所要時間 (sec)	3.6	14.9
選択された事故の数	$\xi = 40\%$	3
	$\xi = 20\%$	5
	$\xi = 10\%$	10
スクリーニングと選択された事故に対する S 法の合計所要時間 (sec)	$\xi = 40\%$	4.7
	$\xi = 20\%$	5.4
	$\xi = 10\%$	7.2

<4.3> スクリーニングによる高速化の効果 提案する事故選択スクリーニングによる事故後定態安定度解析の高速化の効果について表 4 にまとめた。計算には AMD Athlon 1.0GHz, Linux Kernel Ver. 2.2.19, Fujitsu Fortran Ver. 2. を用いた。

(1) S 法に対する高速性の評価

表 4 に、選択された事故数、スクリーニングのみに要する時間、S 法実行時間を含むトータルの計算時間を示す。スクリーニングのみに要する時間は S 法の約 4 分の 1 であった。 $\xi = 40\%$ として提案するスクリーニングによる高速化を行った場合、想定事故ケースすべてに S 法を実行した場合と比べて、EAST10 および EAST30 系統で、それぞれ 66% および 72% 計算時間が短縮された結果となった。

(2) 大規模系統への適用性

3 章で述べたように、提案手法では行列のスパース性を活かして処理の高速化を図っている。表 4 に示した EAST10 と EAST30 の計算時間を 1 事故あたりに換算して比較すると、系統規模が約 3 倍に増大しているのに対

して、スクリーニングの所要時間は約 2.7 倍とほぼ系統規模に比例した結果となり、高速化の効果が確認できた。

<4.4> 対象とする固有値の選択についての考察
提案する事故選択スクリーニング法は、事故前の系統状態において求めたM個の固有値のみを対象に指標を計算しているが、それ以外の固有値が事故後に不安定となる可能性に

ついては否定できない。しかし、このようなケースについても、表 3 に示されるように、不安定となる固有値だけでなく他の固有値の NLI_i も大きな値を示していることから、複数の固有値を対象として NLI を評価することにより、不安定となる事故を漏らさず選択可能であると考ええる。

図 3 電気学会 EAST10 機系統モデル系統図
Fig. 3. IEEJ EAST10-machine system model.

図 4 電気学会 EAST30 機系統モデル系統図
Fig. 4. IEEJ EAST30-machine system model.

表2 指標の計算結果 (EAST10, 不安定ケース)

Table 2. Calculated indexes (EAST10, unstable case).

No.	事故前の固有値		事故後の固有値の一次近似		事故後の固有値の二次近似		NLI	S法で求めた事故後の固有値	
	実部(1/sec)	虚部(Hz)	実部(1/sec)	虚部(Hz)	実部(1/sec)	虚部(Hz)		実部(1/sec)	虚部(Hz)
1	-0.36075	0.98927	-0.35869	0.97742	-0.35974	0.97969	0.29	-0.35909	0.97939
2	-0.12577	0.69622	-0.13289	0.68526	-0.13619	0.68172	2.49	-0.13735	0.68029
3	-0.25769	0.88137	-0.21781	0.83564	-0.23357	0.83084	7.23	-0.20320	0.83317
4	-0.18109	0.85333	-0.17219	0.85319	-0.15862	0.85240	7.88	-0.19370	0.85230
5	-0.19288	0.80605	-0.18977	0.80579	-0.18783	0.80564	1.02	-0.18425	0.80537
6	-0.26701	0.48020	-0.29102	0.47533	-0.29830	0.47440	2.50	-0.30082	0.47418
7	-0.04589	0.24334	0.01239	0.24217	0.02634	0.24144	112.55	0.02992	0.24101
8	-0.88357	1.16431	-0.88479	1.16391	-0.88479	1.16391	0.00	-0.88532	1.16415

表3 指標の計算結果 (EAST30, 不安定ケース)

Table 3. Calculated indexes (EAST30, unstable case).

No.	事故前の固有値		事故後の固有値の一次近似		事故後の固有値の二次近似		NLI	S法で求めた事故後の固有値	
	実部(1/sec)	虚部(Hz)	実部(1/sec)	虚部(Hz)	実部(1/sec)	虚部(Hz)		実部(1/sec)	虚部(Hz)
1	-0.13611	0.22815	-0.04276	0.23152	-0.01668	0.22823	61.00	-0.01432	0.2266
2	-0.01035	0.00000	-0.01010	0.00000	-0.01004	0.00000	0.57	-0.01003	0
3	-0.09936	0.52448	-0.01464	0.56967	0.19024	0.63135	1399.00	0.45502	0.54427
4	-0.22324	0.63653	-0.37972	0.56879	-0.69998	0.50652	84.34	-	-
5	-0.25504	0.73215	-0.16837	0.62539	-0.06780	0.61048	59.73	-0.13709	0.64885

5. むすび

定態安定度を対象としたオンライン系統監視のための事故選択スクリーニング法の開発を行った。提案手法は以下に述べる2つの指標を事故選択に用いており、両者の組合せによって想定事故の数を有効に絞り込むことができることを示した。

- (1) 固有値変化の二次近似を用いることにより、比較的非線形性の弱い事故について、十分な精度で事故後の固有値変化を推定することができる。
- (2) 二次近似では誤差が大きくなるような非線形性の強い事故ケースについては、新たに提案した想定事故の非線形性指標によって選択が可能である。

また、行列のスパース性を利用した計算処理の高速化により、大規模系統に対しても実用的な計算時間で計算が可能であることを示した。

(平成13年11月6日受付, 平成14年2月15日再受付)

文 献

- (1) 北裕之・西谷健一・長谷川淳:「エネルギー関数法に基づいた電力系統のオンライン過渡安定度予防制御手法」, 電学論B, 110巻9号, 745-752, (1990-9)
- (2) 滝本昭:「オンライン定態安定度監視への適用性からみた定態安定度解析・潮流解析手法」, 電中研調査報告 T98021, (1999-4)
- (3) 内田直之:「新しい固有値解法による電力系統の動的定態安定度解析」電学論B, 100巻7号, 389-396, 1980
- (4) 内田直之・高崎昌洋・吉村健司:「電力系統の安定運用のための予防制御理論(その2)ー固有値感度による予防制御の基本論理ー」, 電中研研究報告 T86039, (1987-2)

- (5) H.K.Nam, K.S.Shim, Y.K.Kim: "A New Eigenvalue Sensitivity Theory of Augmented Matrix and Its Applications PART I: Theory", ICEE'98, Vol.1, 524-527, 1998

- (6) H.K.Nam, K.S.Shim, Y.K.Kim: "A New Eigenvalue Sensitivity Theory of Augmented Matrix and Its Applications PART II: Applications", ICEE'98, Vol.2, 433-436, 1998

- (7) 電気学会電力系統モデル標準化調査専門委員会:「電力系統の標準モデル」電気学会技術報告第754号, (1999-11)

滝本 昭

(正員) 1962年3月16日生。87年3月北海道大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月(財)電力中央研究所入所。現在、同研究所電力システム部主任研究員として、主に電力系統の解析、制御に関する研究に従事。93年8月～94年8月米国テキサス大学アーリントン校客員研究員。

内田 直之

(正員) 昭和22年9月29日生。53年3月東京大学大学院工学研究科電気工学博士課程修了。同年4月(財)電力中央研究所入所。主として電力系統の解析手法に関する研究に従事。平成14年4月より東京理科大学工学部電気工学科教授。57年8月～58年8月米国テキサス大学アーリントン校客員研究員。平成11年電気学会学術振興賞論文賞受賞。IEEE Senior Member。