系統保護リレー信頼度解析システムの開発

正員 亀田 秀之 (電力中央研究所)

Development of Reliability Analysis System for Protective Relays

Member Hideyuki Kameda (CRIEPI)

It is expected that the introduction of the competition policy would bring us cheaper electricity. The effective use of protective equipment and the rationalization of the maintenance procedure are needed. To realize them, a reliability analysis system for protective relays has been expected. Conventional systems or methods didn't enable us to analyze the annual change of the reliability nor the reliability when maintenance procedure would be changed.

The Reliability Analysis System for protective relays (RASPR) developed satisfies the above requirements and solves the problems. The RASPR consists of two databases and reliability analysis part. The RASPR realizes to analyze the annual change of the reliability in combination with two databases and to analyze the influence on the index of the reliability according to the change of transition parameters. The construction method of an arbitrary transition diagram enables us to analyze the reliability under any maintenance procedure or for any type of protective relays.

This paper describes the features of the RASPR, the construction method of an arbitrary transition diagram, and finally some examples of the reliability analysis. The RASPR is in operation at all electric power companies in Japan.

キーワード：保護リレー，状態遷移図，信頼度，信頼度解析システム，基本ブロック

1. まえがき

電力自由化が内外で進められており，我が国においても，部分自由化が導入され，より一層のコストダウンが求められている。保護リレーを取り巻く状況でも，より一層の設備の有効活用，保守運用の合理化が求められている。こうした背景から，保護リレーの信頼度の推移を継続的に解析可能で，かつパソコン上で動作するシステムの開発が望まれていた。

保護リレーの信頼度解析については，ニューヨーク大停電を契機に保護リレーを構成要素ごとの誤不動作率，誤動作率などにより解析したのが始まりである⁽¹⁾。それ以後，保護リレーの信頼度解析は，主に電気協同研究会の下で行われてきた⁽¹⁾⁻⁽⁶⁾。

信頼度解析の手法として，保護リレーが系統に導入されてから，廃止されるまでの間で各状態の滞在率を解析する状態遷移図を用いる方法は，文献(1),(7)により提案された(状態遷移図の詳細については文献(6)参照)。この状態遷移図はそれぞれ電気機械型，アナログ静止型など，機種を限定したものであった。デジタル型については文献(5)(8)で解析され，その後第二代デジタル型の出現による自動監視機能の充実，自動監視対象範囲の拡大，故障発見までの時間の短縮，などにより，改良が行われた⁽⁹⁾。しかしながら，保守・運用方法が変化した場合には別途，状態遷移図を構築しプログラムを書き換える必要があった。

諸外国に目を向けると，CIGRE SC34(保護)の報告⁽⁹⁾があるが，保守・運用の状況や自動監視のあり方，さらに保護リレーの不要動作件数や送電線の事故率などの調査が主であ

る。したがって，本論文での解析手法とは異なり，また継続的に調査などは実施されていないと考えられる。

本論文では，信頼度解析に必要な設備データと故障データをデータベースにより一元管理し，これらデータに基づいて信頼度の推移を継続して解析可能な保護リレー信頼度解析システム(RASPR)について述べる。さらに，保守運用方法が変化した場合にもプログラムを変更することなく任意の状態遷移図の構築が可能な手法を提案する。最後に解析例として，平成9年度の設備および故障データを用いた信頼度解析結果，さらに定期点検周期を変化した場合の遷移時間率の変化に対する信頼度指標への影響解析の例を示す。

2. 保護リレー信頼度解析システム

<2.1> 開発したシステムの構成 開発した保護リレー信頼度解析システム(RASPR)の構成を図1に示す。RASPRは，保護リレー設備に関する情報を格納する設備データ管理システムと保護リレーに発生した故障に関する情報を格納する故障データ管理システムという2つのデータベース，さらに3章で述べる状態遷移図構築手法に基づく信頼度分析部から構成される。

設備データ管理システムあるいは故障データ管理システムでは，リレーの分析に必要な諸条件(リレー方式や機種など)を設定し，メニュー画面から所望の集計を行う機能を持つ。集計された結果はEXCELあるいはtext形式で外部ファイルに出力される。信頼度分析部では，信頼度解析を行うリレーの諸条件を設定すると累積稼働時間の計算，故障程度別に分類された故障発生件数が集計され，故障率が計算される。

次に、考慮する状態遷移図が構成される(図3参照)。これに μ 、 ν などの遷移パラメータ(<3.2>参照)を設定することにより、
 希望のリレー方式に関する信頼度計算が行われる。

図1 保護リレー信頼度解析システムの構成
 Fig. 1 Configuration of RASPR

<2.2> 収集データ

(1) 収集データの考え方 設備データおよび故障データの

収集に当たっては下記の考え方にに基づき項目を決定した。

- ① 各社で適用されている送電線、母線、変圧器保護をすべて包含する
- ② いずれの機種(デジタル、アナログ静止、電気機械)であっても考慮可能とする
- ③ 各社で保有しているデータを最大限収集する
- ④ 全国大での集計のため、用語などを統一化し、統計処理を可能とする

このような考え方のもとに、整理・分類した収集するデータの項目とその内容を表1に示す。これらのデータは毎年1回収集され、データベースに格納される。

(2) データベース構築に際しての留意事項 次に、データベース構築に際して考慮した事項を述べる。

- ① 入力項目が多いため、入力方法を容易にする
- ② 誤ったデータの入力を極力防止する
- ③ 入力漏れを防止する
- ④ データの検索を容易にする
- ⑤ 独自のデータ分類をある程度可能とする
- ⑥ パスワードを設けデータの保護を実施する

表1 収集されるデータの概要
 Tab. 1 Outline of Data Acquired in RASPR

項 目		内 容
設備データ	電力会社名	初期立ち上げ時に選択
	支店名	任意に20項目を登録、以後登録した項目から選択
	電気所名	全角10文字
	電圧階級	1000,500,275,220,187,154,132,110,77,66,44,33,22,11,6.6[kV]から選択。但し、集計は66kV以上
	接地方式	電圧階級に応じて決定(デフォルトは187以上が直接、154以下が抵抗接地)
	設備名	全角16文字
	区分	送電線、変圧器、母線保護、その他から選択
	リレー方式	区分に応じて変化。送電線保護13方式、母線保護8方式、変圧器保護5方式から選択
	機種	デジタル、アナログ静止、電気機械から選択
	メーカー	主要7社、その他32社から選択
	製造年月	YYYY/MM
	系統への導入年月	YYYY/MM
	自動監視の有無	選択(デフォルトはデジタルが全部、アナログ静止が常時監視、電気機械がなし)
	移設年月	YYYY/MM(リレーが調査期間内に移設された場合、従来の電気所などのデータは保存される)
故障データ	廃止年月	YYYY/MM(リレーが調査期間内に廃止された場合)
	設備数	1回線1端子ごとに1装置を原則
	系列数	1件にn系列記述の場合はnとしてカウント
	故障番号	11桁で記述
	故障の発生年月日	YYYY/MM/DDで記述
	経過年月	系統導入あるいは前回の故障発生日から算出
	原因1	ハード、ソフト、その他、不明から選択
	原因2	原因1の内容に応じて選択。ハード故障(仕様不良、設計不良、製造不良、施工不良、部品不良、取扱不良、不明)、ソフト故障(仕様不良、設計不良、製造不良、不明から、不明(不明、調査中)、その他(仕様不良、取扱不良)から選択。
	故障部位	故障の原因がハード不良の場合、リレー単体、プリント基板、入力変換器、タイマー、電源装置、補助リレー、タイマーリレー、切替開閉器、その他、限定できずから選択
	故障部品	ハード部品不良の場合、デジタルIC、アナログIC、トランジスタ、フォトカプラ、ダイオード、抵抗、コンデンサ、水晶発振器、トランス、補助リレーコイル、補助リレー接点、主リレーコイル、主リレー接点、主リレー軸受、その他の機構部、絶縁台、その他、限定できずから選択
	発見動機	デフォルトとして、常時監視、自動点検、定期点検、巡視、系統事故、その他を考慮した。運用などの変更により変化した場合にも対応可能。
	影響	故障が保護機能のどこに影響したかを示す要素で、保護機能(誤動作側、不動作側、特性不良、不明)、常時監視機能、自動点検機能、その他の機能、不明、再閉路機能から選択
	故障の程度	故障が保護機能を阻害するか否かを判断する要素で、重故障、軽故障から選択
	不良様相	永久故障、一過性故障から選択。
	故障種別	発生した故障の責任区分を明確にする要素で、故障Ⅰ、故障Ⅱ、故障Ⅲから選択
	修復時間	0~999.9[h]で記入
	状況および対応	全角256文字以内で記述

などである。①は、統計処理するデータのひとつを選択式とする(表1参照)ことで、入力方法を容易とした。②は、表2に例示するように、該当機種のみを選択可能とするなどにより、誤入力を極力防止した。③では統計処理する項目に入力がない場合にはメッセージを出し、入力を促している。④は設定条件に合致したデータのみを一覧として集める機能を付加した。⑤は表1で”支店”と記載しているが、各社が独自の整理・分類を容易にするため、独自に定義する項目で、以後は選択式データとして扱えるとともに、検索条件としても考慮できる。

表2 送電線保護方式一覧
Tab.2 Line Protection Systems Registered in RASPR

保護方式	D	S	M
位相比較	×	○	×
回線選択	○	○	○
過電流	○	○	○
距離	○	○	○
FM電流差動	×	○	×
PCM電流差動	○	×	×
表示線	○	○	○
方向比較	○	○	○
位相比較+距離	×	○	×
回線選択+距離 (1)	○	○	×
回線選択+距離 (2)	○	×	×
PCM電流差動+距離	○	×	×
表示線+距離	○	○	×

注)D,S,Mはそれぞれデジタル、アナログ静止、電気機械型と機種を、また○は該当項目、×は該当しない(入力できない)項目を表す。

(3) 信頼度分析部の考え方 保護リレーの信頼度を解析する段階において、各種の集計をはじめ、いろいろな角度から信頼度を解析することにより、効率的な保守運用計画の策定などに寄与するデータの提供が必要となる。この部分については以下を考慮して開発した。

- ① 各社固有の保守運用実態を反映した信頼度解析が可能
- ② 単年度ごとの信頼度解析、年度間推移さらに遷移パラメータの変化に対する信頼度への影響の解析が可能
- ③ 集計については、操作の容易性を考慮しメニューからの選択方式を採用

3. 任意の状態遷移図の構成手法

まえがきでも触れたような、従来の信頼度解析における問題点を以下に述べる方法で解決し、各社の保守運用実態を反映できる信頼度解析を可能とした。

<3.1> 状態遷移図において考慮する保護リレーの状態

状態遷移図は解析対象とする保護リレーが系統に導入されてから廃止されるまでの間に置かれるさまざまな状態への滞在率を求める手法である。そこに現れる状態には、表3に示す4種類がある。

<3.2> 状態遷移図の構成手法

(1) 基本ブロック 解析対象とする保護リレーに何らかの原因で故障が発生すると、常時監視、自動点検、定期点検、

日常巡視、系統事故、その他のうちのいずれかの契機で発見され则认为(故障発見契機の種類)。いま、定期点検を例にとると、点検周期がくると定期点検が行われ、もし故障がなければ、健全な状態で系統に再接続される。故障が発見されれば、原因の調査や故障部位の特定が行われ、適切に修理された後、健全な状態となって系統に再接続される。

表3 リレーの状態
Tab.3 States in which a Relay Stays

健全 (A)	故障がまったく存在しない状態
故障中 (B _{ij})	何らかの原因でリレーに故障が発生している状態 故障の程度については、保護機能を阻害しない軽故障と保護機能を阻害する重故障(誤動作、不動作、特性不良)に分類される。
原因調査・修理中 (R _{ij})	故障発生後、その原因や故障部位が調査され、修理が行われている状態。リレーは停止されている。修理完了後、リレーは健全に戻る。
一時停止中 (S)	リレーは健全であるが、保守のために一時的にリレーが系統から接続を除外される状態。終了後には健全に戻る。

注)B,R,Sに付随する添字ijのうち、iは故障発見契機に割り当てた添字で、ここでは $1 \leq i \leq 6$ である。また、jは故障程度の種類に対して割り当てた添字で、ここでは $1 \leq j \leq 4$ である。

このように、リレーの状態間の遷移をみると

- ①. 健全状態から一時停止状態(リレー装置が一時的に系統から接続が解除され、保護機能を発揮しない状態)へ移行し、その保守が終了すると健全に戻る遷移(ループI)
- ②. 健全状態から何らかの原因で故障が発生し、その原因が調査され、修理の後に健全に復帰する遷移(ループII)

という2つの遷移が一般に存在する。このとき、最大1つのループIと故障程度の段階区分から分類された数のループIIから構成される単位を基本ブロックと呼ぶ(図2)。

図2 保護リレーの状態の遷移と基本ブロック
Fig.2 Transition Mode of a Protective Relay and "Fundamental Block"

基本ブロックは故障発見契機ごとに分類され、これを組み合わせることで任意の状態遷移図が作成される。これには、基本ブロック間の状態の遷移がないことが前提となるが、これまで収集されたデータ⁽⁶⁾および今回収集したデータの分析からこの遷移は無視できることを確認している。

なお、各状態間の遷移は、時間の逆数すなわち時間率で関連付ける。このうち図2の λ は故障率に対応する。

(2) 状態遷移図の関係式 考慮する状態遷移図が、図2の k 個の基本ブロックから構成されるとする。そして、1つの基本ブロックは1つのループⅠと m 個のループⅡから構成されるとする。なお、ループⅠがない場合には $\gamma_i = 0$ とする。

次に、図3を参照し、また文献(4)の考え方を拡張して、以下の関係式が導かれる。まず、 A について

$$-\sum_{i=1}^k \gamma_i A + \sum_{i=1}^k \chi_i S_i - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} A + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m \mu_{ij} R_{ij} = 0 \quad \dots(1)$$

その他の状態である B_{ij}, R_{ij}, S_i については、それぞれ

$$\lambda_{ij} A - \nu_{ij} B_{ij} = 0 \quad \dots(2)$$

$$\nu_{ij} B_{ij} - \mu_{ij} R_{ij} = 0 \quad \dots(3)$$

$$\gamma_i A - \chi_i S_i = 0 \quad \dots(4)$$

また、各状態の総和は1になるので、

$$A + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m B_{ij} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m R_{ij} + \sum_{i=1}^k S_i = 1 \quad \dots(5)$$

(2)(3)(4)式より B_{ij}, R_{ij} および S_i はすべて A で表せることになる。すなわち

$$B_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\nu_{ij}} A \quad \dots(6)$$

$$R_{ij} = \frac{\nu_{ij}}{\mu_{ij}} B_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\mu_{ij}} A \quad \dots(7)$$

$$S_i = \frac{\gamma_i}{\chi_i} A \quad \dots(8)$$

となるから、これらを(5)式に代入することにより、健全状態 A にある確率が(9)式のように求まる。(9)を(6)~(8)に代入することにより、すべての状態に滞在する確率が求まることになる。

$$A = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} \left(\frac{1}{\nu_{ij}} + \frac{1}{\mu_{ij}} \right) + \sum_{i=1}^k \frac{\gamma_i}{\chi_i}} \quad \dots(9)$$

(3) 本手法の特徴 提案した状態遷移図構成手法による信頼度解析の特徴を以下に述べる。

- ① 保護リレーの機種によらず同一の手法で信頼度を解析できる。例えば自動監視機能を持たない電気機械型ではそれに関する基本ブロックを消去することにより対応する。これは γ_2 などの遷移パラメータを0にすることに対応する。

図3 状態遷移図例
Fig.3 An Example of Transition Diagram

② 保守運用の状況が変化した場合にも容易に対応可能である。例えば、臨時点検などの状態が必要であれば、 k を増やすことにより、プログラムの変更なしに状態遷移図を容易に変更できる。

また、適用に際しての一般的な考え方は、次の通りである。

- ① 取り扱う故障は、リレー装置がシステムに導入されてから発生したものを対象とする。すなわち、工場での製造過程など現地に於て保護リレーが運用を開始以前に発見された故障は対象外とした。
- ② 保護機能を阻害せず、そのまま保護リレーを電力システムに接続していても事故時には正しい応動ができる軽故障については、健全状態と同一に扱う。
- ③ デジタルリレーなどにおける自動点検（手動点検を含む）中についてはトリップロックされ、一時的にシステムから接続を除外されるため、システムに接続される時間には含めない。

(4) 信頼度指標 RASPRで解析する信頼度指標は、(10)(11)式で定義される稼動信頼度(RS)、動作信頼度(RO)⁽⁸⁾とした。ただし、 $j=1$ は軽故障とした。

稼動信頼度RS

$$= \frac{\left(\begin{array}{l} \text{保護リレー装置がシステムに接続され、} \\ \text{保護機能が正しく発揮される時間} \end{array} \right)}{\text{全時間}} \quad \cdots(10)$$

動作信頼度RO

$$= \frac{\left(\begin{array}{l} \text{保護リレー装置がシステムに接続され、} \\ \text{保護機能が正しく発揮される時間} \end{array} \right)}{\text{保護リレー装置がシステムに接続される時間}} \quad \cdots(11)$$
$$= \frac{\left(A + \sum_{i=1}^k B_{i1} \right)}{\left(A + \sum_{i=1}^k \sum_{j=2}^m B_{ij} \right)}$$

稼動信頼度は、リレーがシステムに導入されてからの全時間を対象に、保護リレーが健全で保護機能が正しく行われる状態でシステムに接続される時間率を表す。すなわち、なるべく短い時間で効果的に保守を行い、保護機能を正しく発揮させるかを見る指標で、合理的かつ効果的な保守計画を行うための1つの指標となりうる。また、動作信頼度は、保護リレーがシステムに接続されている時間を対象に、保護機能が正しく発揮される時間率を表したものである。すなわち、保護機能を阻害する重故障をいかに早く発見するかを考えるための指標の1つとなりうる。

4. 解析例

ここでは、RASPRで収集したデータを基にした信頼度解析について、以下に例を示す。

<4.1> 基本ケースの信頼度 信頼度解析を行うためには、解析対象とするリレーと対象年月を設定する。これにより、故障件数と累積稼動時間が算出され、実績値である故障率が求められる。次に、図3に見られる各種遷移パラメータを定

める必要がある。この設定に際しては解析対象とするリレーの機種や保守運用実態などをベースに定める。これをもとに計算された信頼度を基本ケースの信頼度と呼ぶ。遷移パラメータは、表4に示すように、時間を単位として与え内部で変換した。なお、遷移パラメータを個別に直接設定することもできる。

表4 設定パラメータの例
Tab.4 An Example of Transition Parameters

パラメータ	表記	入力単位	設定値
自動点検周期	$t\gamma 2$	day	1
自動点検所要時間	$t\chi 2$	sec	200
定期点検周期	$t\gamma 3$	year	6
定期点検所要時間	$t\chi 3$	hour	8
巡視周期	$t\gamma 4$	day	1
巡視点検所要時間	$t\chi 4$	sec	200
軽故障平均修理所要時間	$t\mu L$	hour	2
重故障平均修理所要時間	$t\mu H$	hour	6
常時監視対象部故障発見後リレーが停止されるまでの平均時間	$t\nu 1$	sec	10
自動点検対象部故障発見後リレーが停止されるまでの平均時間	$t\nu 2$	day	$=t\gamma 2/2$
定期点検対象部故障発見後リレーが停止されるまでの平均時間	$t\nu 3$	year	$=t\gamma 3/2$
巡視点検対象部故障発見後リレーが停止されるまでの平均時間	$t\nu 4$	day	$=t\gamma 4/2$
系統事故対象部故障発見後リレーが停止されるまでの平均時間	$t\nu 5$	year	1
その他対象部故障発見後リレーが停止されるまでの平均時間	$t\nu 6$	year	1

注)パラメータ表記については図3参照、また設定値はここでの解析で使用した値

いま、解析対象として直接接地系のデジタル型送電線保護(累積稼動時間 2.29×10^8)で解析した例を以下に示す。本計算では、遷移パラメータは表4の値を、障害データは平成9年度1年分を使用した。故障率は全67件の故障から表5のように算出された。このとき稼動信頼度RS、動作信頼度ROを不信度で表すと

$$1 - RS = 8.82 \times 10^{-4}$$

$$1 - RO = 2.68 \times 10^{-4}$$

であった。

表5 故障率(単位: $fit = \text{件}/10^9 \text{時間}$)

Tab.5 Failure Rate of Digital Type Line Protection for Direct Ground System (in fit)

常時監視	自動点検	定期点検	巡視	系統事故	その他
λ_{11} 44	λ_{21} 17	λ_{31} 0	λ_{41} 26	λ_{51} 0	λ_{61} 17
λ_{12} 37	λ_{22} 0	λ_{32} 1	λ_{42} 0	λ_{52} 0	λ_{62} 12
λ_{13} 79	λ_{23} 7	λ_{33} 1	λ_{43} 9	λ_{53} 0	λ_{63} 0
λ_{14} 37	λ_{24} 7	λ_{34} 1	λ_{44} 0	λ_{54} 0	λ_{64} 6

<4.2> 遷移パラメータの変化による信頼度指標への影響

直接接地系のデジタル型送電線保護を対象に、定期点検周期を1年~25年まで変化させたとき、基準の6年での値に比較して、信頼度指標への影響を解析した結果を図4に示す。障害データは前出の例と同様に平成9年度のデータを使用した。

これによれば、稼働信頼度は、定期点検周期の延伸とともに、定期点検中への滞在確率が低下するため、一旦は向上するが、次第に定期点検対象部の重故障中への滞在確率が大きくなり、稼働信頼度は低下する。動作信頼度については、定期点検周期の延伸とともに、定期点検対象部重故障中への滞在確率が大きくなるため低下していくことがわかる。これから、保護機能を阻害する重故障を速やかに発見し、かつ定期点検対象部の重故障を確実に発見できる自動監視手法の確立が重要であると推察できる。

図4 定期点検周期の影響
Fig.4 Reliability versus Cyclic Testing Period

現在はまだ2ヶ年分のデータの蓄積であるが、これを蓄積し、特に故障データの分析を詳細に行うことにより、適切な自動監視範囲の提言、より合理的かつ効果的な保守運用計画に資するデータの提供などが可能となると考える。

5. おわりに

本論文では、保護リレーの信頼度を多角的に解析可能かつパソコン上で動作する系統保護リレー信頼度解析システム(RASPR)について述べた。これを用いれば、リレー設備や故障に関する各種集計のほか、信頼度の推移、遷移パラメータの変化に対する信頼度指標への影響をも解析できるため、効果的な保守計画の立案などに役立てることができる。その中心となる状態遷移図の作成に当たっては、保護リレーの保守・運用形態が変化しても対応可能な状態遷移図の構成手法を提案した。これにより、リレー機種によらず統一的に解析できるとともに保守運用状況が変化してもプログラムの変更なしに状態遷移図の作成が可能である。

RASPRの開発に当たっては、電気事業連合会 電力技術部の池田副部長、今田副長、電気事業連合会 保護制御担当課長会議の下に設置されている保護設備検討会メンバーの方々の多大な協力を賜った。さらに、本研究の遂行においては当所電力システム部の谷口部長、熊野主任研究員、㈱電力計算センターの坪井氏に多大なご指導・援助を賜った。ここに紙面をお借りして深謝致します。

開発した系統保護リレー信頼度解析システムは全電力会社に導入され、稼働している。

(平成12年6月7日受付)

参考文献

- (1) 主幹系統保護施設専門委員会,「主幹系統保護施設」,電気協同研究 第25巻第4号,昭和44年11月
- (2) 保護リレー自動監視専門委員会,「保護リレー自動監視」,電気協同研究 第28巻第1号,昭和47年7月
- (3) 後備保護継電方式専門委員会,「後備保護継電方式」,電気協同研究 第37巻第1号,昭和56年6月
- (4) 保護継電装置保守点検専門委員会,「保護継電装置保守点検方策」,電気協同研究 第39巻第1号,昭和58年6月
- (5) デジタルリレー専門委員会,「デジタルリレー」,電気協同研究 第41巻第4号,昭和61年1月
- (6) 第二世代デジタルリレー専門委員会,「第二世代デジタルリレー」,電気協同研究 第50巻第1号,平成6年4月
- (7) 坪井,「電力系統保護リレーの信頼度解析手法」,電力中央研究所 研究報告 73108 昭和49年7月
- (8) 坪井,亀田,「デジタルリレー信頼度解析手法の開発」,電力中央研究所 研究報告 184041 昭和61年7月
- (9) G. Dienne, "Reliability of protection and automation systems", electra, Mars-March, 1982, pp36-39

亀田秀之 (正員)

昭和56年3月成蹊大学大学院前期博士過程電気工学専攻修了。同年4月(財)電力中央研究所入所。平成8年8月～平成9年8月アメリカ・テキサス大学アーリントン校客員研究員。超電導機器を含む電力系統の保護・制御、超電導限流器に関する研究に従事。2000年電気学会論文賞受賞。