ECD を用いた漏電および地絡表示器の開発†

井 上 浩*・二 宮 英 樹*

Leakage Current and Ground Fault Indicators Using ECD

Hiromu INOUE* and Hideki NINOMIYA*

Leakage current indicators using ECD (Electric Chromic Display) are developed. These indicators are characterized by the following points.

- (1) Coloration density of the indicator shows electric charge which is integration of leakage current.
- (2) The coloration density is held even if input current is stopped.

Fundamental characteristics of ECD are measured. Methods which hold coloring density, compensate coloring density depending on temperature and set the threshold of coloration are described. Leakage and ground fault indicators are fabricated. Minimum charges which display in leakage and ground fault indicators are 4.2 ± 0.8 mC, 4.9 ± 1.1 C, respectively.

It was confirmed that the developed indicators were effective in electric power field.

Leakage current indicators help to determine the equipment in which insulation has broken down from lightning etc. and are useful in finding the equipment in which insulation is deteriorating.

Key Words: leakage current indicator, ground fault indicator, ECD

1. はじめに

電気事故の予防, 早期復旧の面から, 電力設備の絶縁劣化の兆候や漏電した電力設備の早期発見を, 簡単に行える方法が望まれている。

これまで, 電力設備の絶縁劣化の兆候を発見するには, 接地線に記録計を取り付けて, 常時監視する方法¹⁾, 機器の電位を測定する方法²⁾, 日常点検および, 定期点検がある。また漏電した電力設備の早期発見には, 事故発生後, 電流が流れた跡を目視によって発見する方法, メガ測定や高電圧パルスにより絶縁抵抗を点検する方法がある。

しかしこれらの方法には多くの問題点がある。接地線に記録計を取り付けて常時監視する方法および電位を測定する方法は, 多大の機材または人力を必要とし実用的ではない。日常点検および定期点検は, 多大の人力と時間を要し, より効率的な方法が望まれている。またこれらの方法は, 絶縁劣化の初期段階に発生する間欠的な地

絡電流を見落とすおそれがある。

つぎに漏電した電力設備を発見するため, 電流が流れた跡を目視により, 発見する方法は, 機器が焼損するなど, 外観が変化した場合の有効であるが, 通常, 地絡継電器³⁾が動作し, 短時間で地絡電流を遮断するため機器の損傷まで至らない場合が多く, 常に有効とはいえない。メガ測定や高電圧パルスにより絶縁抵抗を点検する方法は多大の時間と人力を必要とする。また最近の漏電事故はシーケンサを内蔵した機器が複雑な動作をした結果, ある特殊な場合地絡事故を起こすことがあり, 早期発見をさらに困難にしている⁴⁾。

そこで筆者らは, 電流を積分した通電電荷量に比例して着色濃度が増加し, 電流が遮断されても, その濃度が保持されるECD^{5),6)} (Electro Chromic Display) に着目し, 小形で容易に取り付け可能な新しい漏電, 地絡表示器を開発した⁷⁾。これらの表示器は, 入力電荷量に比例した着色濃度を得ることができる。しかも, 入力電流が途中で途切れてもそれまでの着色濃度を保持するので, 間欠的にあるいは, 短時間しか流れない地絡電流に対して特に有効である。この漏電表示器は, 間欠電流が流れ発見が難しい柱上がいしの絶縁不良を, 早期に発見するため開発された。また地絡表示器は, 電気故障が発生する

† 電気学会全国大会で発表 (1987・4)

* (株) 四国総合研究所電子技術研究所 松山市湊町 6-1-2

* Electrotechnical Lab., Shikoku Reserch Institute, Inc., Matsuyama

(Received June 10, 1991)

(Revised November 14, 1991)

と、構内全体の停電となり故障場所の探索が著しく困難となる変電所の地絡故障機器の発見を容易にするために開発されたものである。

この論文は、漏電および地絡表示器の具備すべき条件、これらの表示器の仕様、ECD の基本的特性、漏電および地絡表示器の試作結果および利用方法について述べる。

2. 漏電および地絡表示器の具備すべき条件

漏電および地絡表示器は、間欠的な地絡電流を検出・表示するため、電流の大きさとその継続時間を総合して、検出する機能が必要となる。一方、現在の地絡故障に対する保護方式では、零相電流の大きさと、その継続時間の積の大きさにより地絡継電器が動作し、電路を遮断するようになっている。そこで、漏電および地絡表示器の検出は、地絡継電器が動作する以前に検出できるようにする。すなわち、これらの表示器の検出のための電荷量（入力電流・継続時間）は、地絡継電器の動作電流・時間よりも小さい値とする。

漏電、地絡表示器は、それぞれ電柱あるいは、変電機器の接地線に取り付けるため、屋外使用に耐える構造とする。また検出表示後、外部から消色できる回路構成と

し繰り返し使用することとする。

つぎに、漏電表示器の着色最小電流を検討するため、高電圧がいしに流れる電流を測定した。Fig. 1 に測定回路を示す。Fig. 2 に健全がいし（1000 V メガ、2000 M Ω 以上）の電流波形を、Fig. 3 に不良がいし（1000 V メガ、1.2 M Ω ）の電流波形を示す。これによると健全がいしの漏れ電流は、ピーク値で 0.18 mA 程度のひずみ波である。これに対し不良がいしの電流はピーク値で 80 mA 程度の正弦波に近い電流が流れていることがわかる。したがって 0.2 mA 程度の電流から着色し、それ以下では着色しないようなしきい値を設定する必要がある。

また地絡表示器の着色最小電流を検討するため、変電機器の接地線に流れる電流を測定した。Fig. 4 は、2 次変電所内の 66 KV 用、CT の接地線に流れる電流を測定した一例である。これによると接地線にはピーク値で 0.45 A 程度の電流が流れている、他の機器についても測定したところ、電磁誘導によって、常時、実効値で 0.1～0.4 A 程度の電流が流れていることがわかった。したがって、0.5 A 程度の電流から着色し、それ以下では着色しないようなしきい値を設定する必要がある。

Fig. 1 Test circuit of insulator

Fig. 2 Leakage current form of normal insulator

Fig. 3 Leakage current form of defective insulator

Fig. 4 Static induction current passed through grounding line

3. 漏電および地絡表示器の仕様

試作した漏電表示器および地絡表示器の仕様を示す。

3.1 漏電表示器

前章で述べたように地絡電流は、がいしの絶縁程度により 0.2~80 mA の電流が流れる。また 6.1 節で述べる地絡回線選択継電器の動作電流・時間は約 1 C、遮断するまでの時間は約 1 s に設定されている。

そこで仕様としては 5 mC 以上の電荷で、0.5 s 以上継続したとき着色し、0.2 mA より小さい電流に対しては着色しないようにした。

着色最小電荷	: 5 mC
着色最小時間	: 0.5 s
着色しきい値電流	: 0.2 mA
対象設備	: 柱上がいし
設備の電源電圧	: 線間電圧 AC 6.6 KV
	対地電圧 3.8 KV

3.2 地絡表示器

6.2 節で述べる 2 次変電所の地絡方向継電器の動作電流・時間は、約 35 C、遮断するまでの時間は約 0.7 s に設定されている。

そこで仕様としては 6 C 以上の電荷で、電流が 0.1 s 以上継続したとき着色し、0.5 A より小さい電流に対しては着色しないようにした。

着色最小電荷	: 6 C
着色最小時間	: 0.1 s
着色しきい値電流	: 0.5 A
対象設備	: 変電機器
設備の電源電圧	: 線間電圧 AC 66 KV
	対地電圧 38 KV

消色はどちらも外部端子を設け、巡視者が着色を確認した後、強制的に乾電池を使って着色と逆方向に電流を流して消色する方法とした。また使用温度は 0~60°C とした。

以下、これらの表示器を試作するために、ECD の特性を測定した結果を述べる。

4. ECD の基本的特性

4.1 印刷型 ECD の構造と着色消色反応

ECD は、電気化学的可逆反応（電解酸化還元反応）による物質の色変化現象を利用した表示素子である。ECD の材料には、酸化タングステンに代表される無機物質、ピオロゲン誘導体に代表される有機物質がある⁹⁾。これらについて比較実験をした結果、前者のほうが動作特性や信頼性について優れているので、三酸化タングステン (WO_3) を用いた印刷型 ECD^{9)~11)} を使用することとし

Fig. 5 Cross sectional view of ECD manufactured by screen printed method

Fig. 6 Coloring process of ECD

た。

Fig. 5 に、印刷型 ECD の原理的構造図を示す。 WO_3 層の片側にイオン伝導層である固体電解質層（アンチモン酸）を介して、その両側に透明電極 (ITO) と対向電極（炭素層）を配置した構造になっている。

WO_3 薄膜側を陰極とし、対向電極側を陽極として電流を注入すると、通電電荷量に比例したタングステンブロンズ (H_nWO_3) が WO_3 層に形成され、青色に着色する。この青色着色は、逆電圧を印加することによって消色する⁹⁾。この電気化学反応式を (1) 式に、Fig. 6 に、着色時の反応過程の模式図を示す。

ここで e^- : 電子

H^+ : プロトン

n : 個数

4.2 着色濃度の測定方法および濃度判定基準

ECD の着色濃度を測定するため、レーザー光（波長 0.633 μm ）の入射光と反射光の強度で測定した。Fig. 7 に測定方法を示す。つぎの (2) 式で計算される OD を、光学的濃度とし、ECD の着色濃度 ΔOD をある基準の OD の値からの差として定義した。

$$OD = I_n(r_0/r) \quad (2)$$

ここで OD : 光学的濃度

r_0 : 入射光強度

r : 反射光強度

消色時の ECD は着色が少し残る場合があり, 着色濃度の基準として $OD=0.1$ のときを $\Delta OD=0$ とした. 着色実験は, 測定ごとに着色濃度をこの基準にもどして行った. また目視による着色の判定基準として, 人が着色したことを確認できる濃度を $\Delta OD=0.3$ とした.

Photo. 1 に着色例を示す.

4.3 ECD の着色特性

ECD に直流電圧を印加し印加電圧に対する着色濃度を測定した. 測定方法は Fig. 7 と同じである. 測定結果

Fig. 7 Measuring set up of optical density

D : Photo-detector,
ECD: Electro chromic display,
V : Voltmeter,
SW : Switch,
E : Constant voltage power supply

を Fig. 8 に示す. この図からは, 電圧印加直後の着色濃度は薄く徐々に濃くなっている. しかも印加電圧によって, 着色濃度の飽和点が決まっている. このことは ECD を鮮明に表示するには, ある程度の印加電圧と印加時間の両方が必要となる.

ECD の注入電荷量に対する着色濃度の温度依存性について調べた. 温度 $0\sim 60^\circ\text{C}$ の範囲で印加電圧と, 印加時間を変化させ, 流れた電流から計算した ECD の注入電荷量と ΔOD との関係を Fig. 9 に示す. 同図から ΔOD は流入される電荷量にほぼ比例して増加している. この結果は, ECD が, 入力電荷検出にうまく適合した表示素子であることを示している.

ECD の着色保持特性について検討した. ECD に

Fig. 8 Optical density vs. time characteristics

Photo. 1 Examples of cloration of ECD

- (1) $\Delta OD=0.1$,
- (2) 0.3,
- (3) 0.5,
- (4) 0.8

2 mC/cm² の電荷を注入後、電極を開放した状態で、着色濃度 ΔOD と ECD 内部に蓄積された電荷によって発生した電圧 V_{ecd} の測定結果を Fig. 10 に示す。また 2 mC/cm² の電荷注入後、ECD の電極を短絡した着色濃度の測定結果を Fig. 11 に示す。Fig. 10 では ECD が着色しているときは、ECD の両電極間に電圧が発生している。また Fig. 11 では、短絡すると短時間で着色濃度が低下していることがわかる。ECD の着色を長期にわたって確保するには、ECD の電極を開放状態にしておく必要がある。

つぎに、ECD の着色は電気化学反応であるため、実際の回路で、着色濃度がどの程度温度により変化するかを検討した。Fig. 12 に示すように、分流抵抗 R を一定にして端子 A, B から 4 mC/cm² の電荷を注入したときの ECD の温度と注入電荷量の関係を求めた。その結果を Fig. 13 の○印で示す。同図では、分流抵抗 R が一定のとき ECD の温度が変化すると注入電荷量が大きく変化し

ている。これは、ECD の入力抵抗が温度により変化しているものと考えられる。Fig. 14 に温度を変化させたときの入力抵抗の測定値を●印で示す。

一方、25~150°C における WO₃ 薄膜 ECD における直流導電率 σ は次式で示される¹²⁾。

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\epsilon/(kT)) \quad (3)$$

ここで ϵ : 活性化エネルギー

k : ボルツマン定数

T : 絶対温度

したがって抵抗率を ρ とすると、

$$\rho = \rho_0 \exp(\epsilon/(kT)) \quad (4)$$

特に、絶対温度 T_a のとき、ECD の抵抗を R_a とすると、絶対温度 T のときの ECD の抵抗 $R_e(T)$ は、(4) 式より次式となる。

$$R_e(T) = R_a \exp\{B(1/T - 1/T_a)\} \quad (5)$$

(5) 式は温度 T_a のとき、サーミスタ抵抗値を R_a 、サーミスタ定数を B とするサーミスタ抵抗体の抵抗計算式と同じ型になる¹³⁾。またこの式は $1/T$ を X 軸に $\ln(R_e)$

Fig. 9 Optical density vs. injected charge characteristic

Fig. 10 Opened ECD voltage and optical density vs. time characteristics (20°C)

Fig. 11 Optical density vs. time characteristic of shorted ECD (20°C)

Fig. 12 Measuring set up of temperature dependence of coloration
R: Shunt resistance

Fig. 13 Injected charge vs. temperature characteristics

Fig. 14 Resistance vs. $1/T$ characteristic

を Y 軸にした片対数グラフ上では傾きを B とする直線となるので、測定値を近似する最適な直線を Fig. 14 に、その式を (6) に示す。このとき、最適なサーミスタ定数を B_0 、温度 T_a のときの最適抵抗を R_{a0} とした。

$$R_e(T) = R_{a0} \exp\{B_0(1/T - 1/T_a)\} \quad (6)$$

Fig. 14 の場合の最適値は、 $B_0 = 4200(\text{K})$ 、 $T_a = 293(\text{K})$ 、 $R_{a0} = 3.5(\text{k}\Omega)$ であった。

つぎに、Fig. 12 の分流抵抗 R をつぎの (7) 式

$$R_{th}(T) = n/(1-n) \cdot R_t \exp\{B_t(1/T - 1/T_a)\} \quad (7)$$

で示すようなサーミスタ抵抗体 R_{th} に変更し、 $T = T_a$ のとき $R_t = R_{a0}$ 、 $B_t = B_0$ となるようなサーミスタ抵抗体を選べば、温度が変化しても端子 A から流入した電流 I_A の $n(0 < n < 1)$ 倍が常に ECD に流れるようにすることができる。すなわち、ECD を流れる電流 I_e は、

$$I_e = R_{th}(T) \cdot I_A / (R_e(T) + R_{th}(T)) \quad (8)$$

特に、 $R_t = R_{a0}$ 、 $B_t = B_0$ のときは (6)、(7) 式を上式に代入して、

$$I_e = n I_A \quad (9)$$

(9) 式では、ECD を流れる電流 I_e は温度に無関係に端子 A から流入する電流 I_A の常に n 倍となることを示している。

さらに、サーミスタ抵抗体を選ぶ場合 ECD の温度特性を補償するのに最適なサーミスタ抵抗値 $n/(1-n) \cdot R_{a0}$ 、サーミスタ定数 B_0 が市販されているとはかぎらないので、それらに近い値のものを使用する場合がある。筆者らは漏電または、地絡表示器をなるべく安価に多数試作する必要があったので $R_t = 2.5(\text{k}\Omega)$ ($n = 0.5$ 、 $T_a = 298(\text{K})$)、 $B_t = 3000(\text{K})$ であるサーミスタ抵抗体 D 33 A を選んだ。

そこで Fig. 12 において R を抵抗にした場合と、サーミスタにした場合とを比較した結果を Fig. 13 に示す。実線は、(8) 式を用いて ECD に流れる電流から電荷量を計算した計算値である。このとき、抵抗 R は $2 \text{ k}\Omega$ 、サーミスタは上述の D 33 A を使用した。同図において○印は抵抗 R を使用したとき、●印はサーミスタを使用したときの測定結果である。これによると、計算結果と測定結果はほぼ一致している。またサーミスタにしたほうが、注入電荷量の温度変化が少ない。したがって、ECD の温度特性は (5) 式で示されるサーミスタ抵抗体の抵抗計算式で記述でき、サーミスタを使って ECD の温度変化による注入電荷量を補償することができる。さらに、ECD の着色は Fig. 9 から注入電荷量に比例しているので、サーミスタにより ECD の着色温度補償ができることがわかる。

4.4 紫外線照射と着色

ECD に紫外線を照射すると、 WO_3 膜内に光電子が発生し外部から電荷を与えたと同じように着色する^{(12),(14)}。このことは、ECD を屋外表示器として使用する場合に障害となるため、紫外線カットフィルタを取り付ける必要がある。Fig. 15 にキセノンランプによる紫外線照射実験方法を、Fig. 16 に実験に用いた紫外線カットフィルタの分光特性を示す。そしてキセノンランプの反射光のためレーザーを使った ECD の着色濃度測定が行えないため、それにかえて紫外線照射時間と ECD 電極両端に誘

Fig. 15 Configuration of UV ray irradiation test

Fig. 16 Transmittance of optical filters

Fig. 17 Photo-induced voltages vs. time characteristic under Xe lamp

起された電圧を測定した。Fig. 17 にこの測定結果を示す。ここで、L-39、L-42 はシャープカットガラスフィルタで、SP-200 は黄色透明の亚克力樹脂（厚さ 2 mm）である。Fig. 17 に示すように、SP-200 を用いた場合は着色していない。L-39 と L-42 の場合は、着色している。したがって、波長 $0.46\ \mu\text{m}$ 以下の短波長を遮光することにより ECD の紫外線による着色は防止できる。また SP-200 で ECD 表面を覆い、太陽光の当る屋外で暴露試験を 2 年間行った結果着色は認められなかった。

4.5 着色開始電圧の設定

着色のためのしきい値を設定する場合、定電圧ダイオードを利用したしきい値回路が考えられるが、一般的に入手できる定電圧ダイオードの最低電圧は約 2 V であり、本研究では高感度の漏電、地絡表示器を開発しておけば、感度を低下させることは容易であることから、さらに低い設定値を得ることができるダイオードの順方向電圧特性を利用することとした。Fig. 18 は、ECD に直列

Fig. 18 Optical density vs. input voltage characteristics

にダイオードを接続したときの印加電圧と着色濃度の関係を示している。ダイオード 1 本のときは $0.4\ \text{V}$ 、ダイオード 2 本のときは $0.8\ \text{V}$ からそれぞれ着色し始めている。このようにダイオードの直列接続の個数で、着色のしきい値電圧を増減させることができる。

5. 漏電および地絡表示器の試作

5.1 回路ブロック

ECD の基本的測定結果をもとに設計された漏電および地絡表示器の基本的な回路ブロックを Fig. 19 に示す。端子 A、B に交流電圧を印加する。基本的な回路ブロックは、分路器または変流器、整流回路、ダイオードを用いたしきい値回路、温度補償用のサーミスタ Th 、ECD の発生電圧を保持するダイオード Dr から成り立っている。

電気設備の絶縁が劣化し、接地線を通る電流が増加すると、入力回路の出力端子 C、D の電圧が上昇する。そしてしきい値回路の設定値を超え、ECD に電流が流れ着色する。もし、地絡継電器が動作して電路を遮断するか

Fig. 19 Block diagram of leakage of ground fault indicator

あるいは、電気設備の絶縁が回復して漏れ電流が流れなくなった場合、ECD に発生した電圧は Dr によって保持され、着色が長期間保存される。

5.2 漏電表示器の回路および感度特性

試作した漏電表示器の回路を Fig. 20 に示す。端子 A, B から注入された電流は、整流用ダイオードによりサーミスタと ECD に分流されている。整流回路は、ブリッジ整流を採用し、着色しきい値電圧はブリッジ整流回路のダイオードの順方向電圧を利用した。サーミスタは ECD の着色濃度が温度により変化するのを補償するためのもの

Fig. 20 Circuit of leakage indicator

Fig. 21 Time vs. current characteristics of leakage indicator at $\Delta OD=0.3$

のであり、4.3 節で述べた D 33 A を用いた。端子 C, D は、ECD を着色したときと逆方向の電圧を外部から印加して消色する端子である。この回路で使ったダイオード Dr は一般整流用ダイオード 1 D 4 である。

Fig. 21 に $\Delta OD=0.3$ を着色表示させるため、端子 A, B から注入された電流と、その継続時間との関係を示す。実験の結果、しきい値電流は 0.2 mA 、着色最小時間は 0.5 s であった。Fig. 22 は、温度と注入電荷量との関係を示している。同図から、温度範囲 $0 \sim 60^\circ\text{C}$ で、 $4.2 \pm 0.8 \text{ mC}$ の入力電荷で着色判定基準 $\Delta OD=0.3$ を得ることができた。Fig. 23 に外観図を示す。この漏電表示器は小形軽量であり電柱の接地線に簡単に取り付けることができる。

5.3 地絡表示器の回路および感度特性

Fig. 24 に試作した地絡表示器の回路を示す。地絡電流の入力には接地線に取り付けが容易な分割型変流器を使っている。整流回路には平滑用コンデンサ C が追加されている。その他は、漏電表示器の回路と同じである。コンデンサ C の値は、瞬時的な入力電流に対しても着色す

Fig. 22 Injected charge of leakage indicator to obtain $\Delta OD=0.3$

Fig. 23 Leakage indicator

Fig. 24 Circuit of ground fault indicator

Fig. 25 Time vs. current characteristic of ground fault indicator at $\Delta OD=0.3$ Fig. 26 Injected charge of ground fault indicator to obtain $\Delta OD=0.3$

る最適容量を実験的に求めた。その結果は $33 \mu\text{F}$ であった。

Fig. 25 に $\Delta OD=0.3$ を着色表示するため、変流器の1次側に流れる電流とその継続時間との関係を示す。実験の結果、しきい値電流は 0.5 A 、着色最小時間は 0.1 s であった。Fig. 26 は、温度と流入電荷量との関係を示している。同図から $0 \sim 60^\circ\text{C}$ の範囲で $4.9 \pm 1.1 \text{ C}$ の入力電

Fig. 27 Ground fault indicator

荷で $\Delta OD=0.3$ を得ることができた。

Fig. 27 に外観図を示す。この地絡表示器は、小形軽量であり、変電機器の接地線に簡単に取り付けることができる。

6. 漏電および地絡表示器の利用方法

6.1 漏電表示器

配電線地絡保護のため、地絡回線選択継電器が設置されている。電柱上でのがいしの絶縁が低下すると、接地線に漏れ電流が流れ、この地絡回線選択継電器が零相電流を検出する。この電流の大きさがある時間継続して設定値を超えると、地絡回線選択継電器が動作し、その配電線を停電させる。配電系統の設置方式がリアクトル接地方式の場合は、 1 A の零相電流が 1 s 程度継続したとき、すなわち 1 C 程度の電荷で地絡回線選択継電器は電路を遮断する。この漏電表示器は、それよりも小さい 5 mC で検出することができる。そこでこの漏電表示器を Fig. 28 に示すように、電柱の接地線に取り付けておけば、地絡回線選択継電器が電路の遮断を開始する以前に着色するので、その濃度を確認することにより、電柱単位で絶縁劣化したがいしを発見することができる。この表示器は地絡回線選択継電器が動作するよりも、非常に小さな電荷で動作するので、地絡回線選択継電器が電路を遮断する以前に漏電を検知できる。そこで、あらかじめ多くの電柱の接地線にこの表示器を取り付けておき、巡視点検時に着色濃度が濃くなったところから、順番に漏電個所の改善を行うこともできる。

6.2 地絡表示器

変電設備の地絡保護のため、地絡方向継電器が設置されている。この地絡方向継電器の設定は2次変電所での構内事故の場合約 0.7 s であり、1線地絡事故の場合、接

Fig. 28 Installation of leakage indicator on electric pole

地線に 50 A 以上の地絡電流が流れる。一方、落雷などにより瞬時的に地絡電流が流れた場合は、この地絡方向継電器で検出できる時間より地絡時間が短いため、停電にはならない。しかし何回も落雷を受け、電気絶縁が低下してくると地絡方向継電器は地絡電流を検出し、停電を引き起こす。この停電は、変電所全体の停電となり、故障場所の発見が著しく困難となる。地絡事故は気象条件の悪いときに発生する頻度が高く、地絡場所を発見するには多大の人力と経費を要する。そこで、あらかじめ機器の接地線にこの地絡表示器を取り付けておけば、地絡方向継電器が動作する以前に地絡電流が流れた跡を容易に発見することができる。

7. おわりに

ECD の着色特性を利用した小形の漏電および地絡表示器の開発を行った。

本稿で述べた表示器は、零相電流により電路を遮断する地絡継電器などとは異なり、漏電電荷量を着色濃度で表示するものである。

ECD の基本的特性を測定し着色保持、温度補償、着色のためのしきい値回路および紫外線による誤着色防止フィルタについてテストした結果、実用的な漏電および地絡表示器を試作することができた。漏電表示器は微小漏れ検出用に、地絡表示器は、比較的大きい地絡電流の検出用に使用される。

これらの表示器は、地絡故障時の不良機器の探索だけでなく、故障を起こす以前の予防段階での絶縁劣化機器の早期発見に有力な手段となることを 2 例について述べた。

これらの表示器の精度をさらに上げるためには、ECD そのものの着色メカニズムを検討する必要がある、ECD の電気的等価回路の考察などが今後の研究課題となる。

最後に ECD の提供を受けた凸版印刷(株)および貴重なご指導を賜った岡山大学の中田高義教授に心から感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 小松 巖：変電所の機器異常監視システムの開発動向，電気現場技術，9 (1988)
- 2) 徳本，三好：漏電電圧測定による不良碍子の発見方法，電気現場技術，11，43/45 (1986)
- 3) 電気学会編：電気工学ハンドブック，946，電気学会(1978)
- 4) 本田稔基：やっかいもの間欠漏電，電気と工事，29-9，29/36 (1988)
- 5) C. J. Schoot, J. J. Ponjee, H. T. van Dam, R. A. van Doorn and P. T. Bolwijn: New Electrochromic Memory Display, Applied Physics Letters, 23-2-15, July, 64/65 (1973)
- 6) 浜田 浩：ディスプレイ・デバイスの可能性 ECD (エレクトロクロミック)，電子技術，24-10，57/60 (1982)
- 7) 二宮，井上，水溪，松平：ECD 利用の漏電-地絡検出器，電気学会全国大会，1503 (1987)
- 8) 矢口正親：新しい多色パネル-エレクトロクロミックディスプレイ，電子通信学会誌，67-7，807/816 (1979)
- 9) 二宮，ほか：ECD を用いた漏電表示器，第 5 回エレクトロクロミー研究会資料，Feb., 1/3 (1987)
- 10) 松平，吉田，二宮：表示素子の新しい流れ-ECD を中心として，第 14 回境界領域における電気化学セミナー，Aug., 1/7 (1986)
- 11) 松平，吉田：印刷方式による固体エレクトロクロミック・ディスプレイ，電子技術，26-2，59/63 (1984)
- 12) S. K. Deb: Optical and Photoelectric Properties and Colour Centres in Thin Films of Tungsten Oxide, Phil. Mag., 27 (1973)
- 13) 電気学会編：電気工学ハンドブック，230/231，電気学会(1978)
- 14) R. V. Pole, G. T. Sincerbox and M. D. Shattuck: Photoinduced Electrochromic Effect and Its Applications to Displays, Applied Physics Letters, 28-9-1, May, 494/497 (1976)

[著 者 紹 介]

井 上 浩 (正会員)

1972 年，大阪大学大学院工学研究科修士課程修了。同年四国電力(株)入社。1987 年，(株)四国総合研究所，現在に至る。主に電力分野での設備診断，ロボット化技術の研究に従事。電気学会，電子情報通信学会などの会員。

二 宮 英 樹

1981 年，甲南大学大学院自然科学研究科博士課程修了。1982 年，四国電力(株)入社。1987 年，(株)四国総合研究所，現在に至る。ガスレーザー，金属蒸気レーザー，レーザー計測の研究に従事。理学博士。レーザー学会，応用物理学会の会員。