直流重畳による高圧 CV ケーブルの 活線絶縁診断法の検討

正員 新 元 孝 (フ ジ ク ラ)
 正員 木 村 千 秋 (フ ジ ク ラ)
 正員 山 本 憲 (フ ジ ク ラ)
 非会員 二ノ宮 信 夫 (フ ジ ク ラ)
 非会員 梅 田 進 (旭エンジニアリング)

Study on the Method of Diagnosing the Live-Wire Insulation of High-Voltage XLPE Cables by DC Superimposition

Takashi Shinmoto, Member, Chiaki Kimura, Member, Ken Yamamoto, Member, Nobuo Ninomiya,
Non-member (Fujikura Ltd.), Susumu Umeda, Non-member (Asahi Engineering Co., Ltd.)

Recently, as part of preventive maintenance for equipment, there have been greatly increasing needs to diagnose the insulation of cables under hot-line conduction. In a background, there is a large number of equipment which was constructed around the high-growth period in the 1960s and have become obsolete, in addition to recent circumstances which make it difficult to obtain longer service interruption time.

In this paper, therefore, the results of study on the method measuring the live-wire insulation resistance by superimposing DC 50 V to a high-voltage busbar through GPT and forming a bridge with the resistance of a cable insulation taken as a side, are discussed. It was clarified that this live-wire insulation diagnostic method can detect the degradation of a cable insulation resistance from the high level and is therefore suitable for so-called trend monitoring as well.

キーワード：CV ケーブル，活線診断，直流重畳法

1. ま え が き

近年，設備予防保全の一環として，高圧ケーブルを活線（運転）状態で絶縁診断する診断ニーズが非常に高まっている。その背景には，昭和 40 年代の高度成長期ごろまでに建設された設備が多く，老朽化が懸念されているうえに，また最近では保全のための停電時間を長くとれないといった事情が加わっている。ケーブルの劣化状態を調べるには，現在は停電状態で直流高電圧を印加して漏れ電流特性を測定する方法（直流高圧漏れ電流法）を主体として行われている。この診断法は感度が良く，局所劣化も検出できる効果的な方法であるが，

- (1) 停電時にしか測定できないので診断周期が長くなる。休転時（1～2 年ごと）には各作業が集中して診断時間が限定されるため，全ケーブルの検査ができない。
- (2) 劣化の早いものはその間に絶縁性能の低下が起こ

り，突発事故を起こす恐れがある。

- (3) 測定の段取りに手間がかかる（端子取外し，端末清掃，取付け）。
- (4) 高電圧を印加するため，他の作業者に対して危険である。
- (5) 測定後接続ミスが発生する可能性がある。
- (6) 劣化を生じているケーブルに過大な電圧が印加されたとき，ダメージを受ける可能性がある⁽¹⁾。

などの問題点がある。

本論文では，上述の問題点を解決し，健全状態からのトレンド監視にも適した活線絶縁診断法について検討した結果を報告する。

2. 活線絶縁診断の位置付けと役割

ケーブルの保守・点検は布設完了後，図 1 に示す管理フローに基づいて行うことが奨励されている⁽¹⁾。ここでの保守・点検は，初期点検，日常点検，定期点検および精密診

図 1 高圧 CV ケーブルの管理フロー
Fig. 1. High-voltage CV cable control flow diagram.

断で構成されており、活線絶縁診断は定期点検の手法として位置づけられている。

一方、活線絶縁診断の役割は、ケーブルの劣化状況を判断し、線路の健全性を保つことであり、診断によってケーブルにダメージを与えたり、システムに異常を生じてはならない。言い換えれば、

- (1) 良好な状態からのトレンド監視が可能なこと。
つまり、危険状態になって初めて検知したのでは手遅れになる恐れがある。
- (2) 劣化ケーブルにダメージを与えないこと。直流高圧漏れ電流試験を実施して、それによるメガー値低下の経験がある。
- (3) システムへの悪影響のないこと。

3. 活線絶縁抵抗の測定⁽²⁾⁽³⁾

絶縁抵抗測定による絶縁診断は、古くから使われていて代表的手法であるが、トレンド監視に適用するには高い絶縁抵抗の測定能力が必要となる。図 2 に、3.3 kV および 6.6 kV CV ケーブルの撤去品に対して、直流高圧漏れ電流試験 (3.3 kV CV に対しては 3～8 kV を印加、6.6 kV CV に対しては 5～16 kV を印加) と交流破壊試験を実施して得た絶縁抵抗-交流破壊電圧特性を示す。この特性から、絶縁抵抗値でケーブルの残存破壊電圧を推測することができるといえる。従って、ブリッジ法を適用して高絶縁抵抗を測定する手法について検討した。

〈3・1〉 測定原理 図 3 に測定回路およびその等価回路を示す。測定基本は、GPT (接地形計器用変圧器) の中性点から DC 50 V を高圧母線に印加し、ケーブル絶縁

図 2 高圧 CV ケーブルの絶縁抵抗-交流破壊電圧特性

Fig. 2. Insulation resistance-AC breakdown voltage characteristics of high-voltage CV cable.

図 3 測定原理図

Fig. 3. Principle of measurement.

体を通して流れる漏れ電流をケーブル遮へい接地線より検出して絶縁抵抗を測定するものである。

抵抗値測定の一般的な方法としては、電流を測定する方法とブリッジを適用した方法がある。前者の場合、高抵抗を測定するには微小電流を活線下で検出しなければならず、ノイズの多い現場では高い精度を得ることが困難であ

表 1 3.3 kV CV-T ケーブルの劣化状況
Table 1. Condition of deterioration in 3.3 kV CV-T cable.

項 目	3.3 kV CV-T 3×125 mm ² (撤去ケーブル)					
	No. 1 サンプル			No. 2 サンプル		
	赤 相	白 相	青 相	赤 相	白 相	青 相
《ブリッジ法》 DC 50 V のみ印加 (MΩ)	> 1.0×10 ⁵	> 1.0×10 ⁵	> 1.0×10 ⁵	> 1.0×10 ⁵	2.1×10 ⁴	> 1.0×10 ⁵
AC 1.9 kV + DC 50 V (MΩ)	4.5×10 ³	> 1.0×10 ⁵	> 1.0×10 ⁵	> 1.0×10 ⁵	1.4×10 ³	> 1.0×10 ⁵
《直流漏れ電流法》 - 1 kV - 3 - 5 - 8 (MΩ) (換算)	> 1.0×10 ⁴ 4.3×10 ³ 1.7×10 ³ 3.6×10 ²	> 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴	> 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴	> 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴	5.0×10 ³ 2.5×10 ³ 7.1×10 ² 7.1×10 ²	> 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴ > 1.0×10 ⁴
AC 破壊電圧 (kV)	11	15	26	15	6	22
最大水トリー長 (μm)	2,200	1,420	1,460	1,810	3,150 (観察)	1,100
含有水分量 (PPM)	1,770	1,800	1,210	1,550	2,300	930

る。一方、後者のブリッジを適用した場合には、既知抵抗の比で求める方法のため前述のような問題がなく、高抵抗の測定が活線下でも可能となる。

よって、本検討ではブリッジ方式を適用した。

本ブリッジ法の場合、GPT の一次中性点とケーブル遮へいは、コンデンサで交流的に接地（直流的には絶縁）されており、ブリッジ回路は、ケーブル絶縁抵抗 R_X を 1 辺とするブリッジ構成となっている。ケーブルの絶縁抵抗 R_X は、可変抵抗 R_V を調整してバランス検出メータ V_0 の指示を零（ブリッジの平衡状態）にしたときに、基準抵抗 R_{M2} の端子電圧と可変抵抗 R_V の端子電圧 V_2 が等しくなることで成立する次式によって求められる。

$$\begin{aligned} \frac{E_1}{R_X + R_{M2}} R_{M2} \\ &= V_2 \rightarrow R_X \\ &= \frac{E_1 - V_2}{V_2} R_{M2} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

(1) 式から、ケーブル絶縁抵抗 R_X は、基準抵抗 R_{M2} と比例関係にあり、 R_{M2} を大きくすればそれだけ高い R_X を測ることができる。 $R_{M2}=50 \text{ M}\Omega$ 、 $E_1=50 \text{ V}$ 、測定電圧 $V_2=1 \text{ mV}$ とすれば、

$$\begin{aligned} R_X &= \frac{50 - 1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 50 \times 10^6 \\ &= 2,500,000 \times 10^6 \Omega \quad (=2,500,000 \text{ M}\Omega) \end{aligned}$$

となる。従って、 R_{M2} を $50 \text{ M}\Omega$ とした場合、電圧計 V_0 の検出感度が 1 mV であれば、250 万 $\text{M}\Omega$ まで測定可能となる。

〈3・2〉 劣化ケーブルの特性 表 1 に、劣化ケーブルについて調査した結果を示す。撤去サンプルすべてに水トリー劣化が確認されたが、No. 2 サンプルの白相を除いて 10 kV を超える交流破壊電圧値を示している。また、活線絶縁抵抗について、No. 1 サンプルの赤相および No. 2 サンプルの白相に着目すると、単なる DC 50 V 印加では高い絶縁抵抗を示す劣化ケーブルが、交・直重畳印加にすると低い値を示すことがわかる⁽³⁾⁽⁴⁾。この値は、直流高圧

図 4 水トリー劣化 3.3 kV CV-T ケーブル
Fig. 4. Water-tree deteriorated 3.3 kV CV-T cable.

図 5 活線絶縁抵抗と直流高圧絶縁抵抗の関係
Fig. 5. Relation between live-wire insulation resistance and DC high-voltage applied insulation resistance.

3～5 kV 印加時の値におおむね相当しているが、この原因は交流電圧印加により水トリーの挙動が変わるためと考えられている⁽²⁾。また、実用性能上良品と考えられる相においては、双方ともに高い絶縁抵抗値を示している。

著しい水トリー劣化を生じている No. 2 サンプルの白相について、その水トリー劣化の様相を図 4 に示す。これら

表 2 水トリ－劣化ケーブルの調査

Table 2. Investigation into water-tree deteriorated cable.

測 定		結 果		
順	方 法	白 相	赤 相	青 相
①	1 0 0 0 V メ ガ ー 測 定 (MΩ)	800	>2.000	>2.000
②	活線絶縁抵抗測定 (MΩ) (A.C 1.9kV印加)	137	1.050	1.250
③	1 0 0 0 V メ ガ ー 測 定 (MΩ)	1.500	>2.000	>2.000
④	直流高圧漏れ 電流試験 (μA)	5 k V	17.5	0.25
		7 k V	—	15.0
⑤	1 0 0 0 V メ ガ ー 測 定 (MΩ)	50	100	1.500
⑥	A C 破 壊 電 圧 試 験 (k V)	10	9	10

ど劣化したケーブルでも、DC 1 kV 印加の直流高圧漏れ電流試験で5,000 MΩを示したことから、1,000 V メガー測定のみでは的確なケーブル診断は難しいと考えられる(5,000 MΩ は、1,000 V メガーでは inf. 領域に入る)。

第 1 章で述べたように、現状は直流高圧漏れ電流法を主体とした絶縁診断が行われている。従って、活線絶縁抵抗が、直流高圧漏れ電流法による絶縁抵抗と良い相関性を有していることが重要といえる。図 5 に、種々の撤去ケーブルを調べて得た活線絶縁抵抗と直流高圧絶縁抵抗の関係を示す。前述のように、活線絶縁抵抗は 5 kV 印加時の直流高圧絶縁抵抗にほぼ相当していることがわかった。

〈3・3〉 劣化ケーブルへの診断の影響⁽⁴⁾ 絶縁劣化診断で劣化が促進することは避けねばならない。表 2 に、22 年間使用後に撤去された 3.3 kV CV ケーブルの劣化調査結果を示す。劣化調査は、①→②→…→⑥の順で行われた。活線絶縁抵抗測定の場合、その前後での 1,000 V メガー値の低下はみられないが、反面、直流高圧漏れ電流試験後には高圧印加によって大きく低下していることが明らかである。実際の現場測定でこのような結果が得られた場合、通常、本ケーブルの継続使用には問題があると判断される。直流高圧印加によって絶縁抵抗低下が発生した場合、劣化ケーブルをスクリーニングできたとする観点もあるが、予備ケーブル・回線がなくてしかも、容易に更新のできない布設方式に対しては、劣化診断時の高圧印加による絶縁破壊は避けるべきと考える⁽¹⁾。

〈3・4〉 測定誤差要因の対策

(1) シース局部電池 e_s のキャンセル 図 3 について、ケーブルシースに発生する局部電池 e_s は、等価回路に示すようにブリッジの中央に入るために検出用抵抗 R_c の両端に電圧を発生させる。そのため、本測定の前に E_1 の off 状態において、直流電源 E_2 を調査して電圧計⑦の指示値 (A, B 間の電位差) を零にすることで e_s の影響をキャンセルする必要がある。

シース絶縁抵抗 R_s , または他の系の絶縁抵抗 R_N (MΩ)

図 6 活線絶縁抵抗 R_X に対するシースまたは他の系の絶縁抵抗の影響

Fig. 6. Effects of the insulation resistance of sheath or other systems on live-wire insulation resistance R_X .

(2) シース絶縁抵抗 R_s の影響 シース絶縁抵抗 R_s は、ブリッジの中央に入るために検出用抵抗 R_c と並列になり、その合成抵抗が検出抵抗となるためにブリッジ平衡の検出感度に影響を与える。しかし、検出用抵抗 R_c を小さく選んでおけば、シース絶縁抵抗 R_s の影響は小さく抑えることができる。

R_s を変化させたときのケーブル絶縁抵抗 R_X に対する影響を図 6 に示す。 R_s が 3 kΩ に低下するまで R_X の測定誤差は ±10% 以内に入っている。

(3) 他の系 (モータなど) の絶縁抵抗 R_N の影響

一般的には他の系の絶縁抵抗 R_N は、基準抵抗 R_{M1} に対し並列に入るためにその合成抵抗を変化させ、ブリッジの抵抗比に影響を与えると考えられる。しかし、(1) 式のように電圧比から R_X を求めているので、 R_N の変化によって合成抵抗が変化しても何ら問題はない。一方、基準抵抗 R_{M1} を小さく選んでおけば、他の系の絶縁抵抗 R_N の影響は更に小さく抑えることができる。 R_s の場合と同様に、図 6 より R_N が 3 kΩ に低下するまで、 R_X の測定誤差は ±10% 以内に入っている。

4. 系統への安全性について⁽⁵⁾

ここでの活線絶縁抵抗測定法は、GPT の一次側中性点を、測定のためにコンデンサを介して接地するように結線変更する必要がある。このコンデンサ接地と高圧母線に DC 50 V を重畳することによる、系統への影響を検討した。

〈4・1〉 GPT 機能への影響 高圧系統の地絡保護は、通常、GPT による零相電圧の監視と、ZCT (零相変流器) による零相電流監視の組合せによって行われている。よって、系統を保護する重要な役目になう GPT の機能に対して、本測定により支障が生じてはならない。以下にその検討結果を示す。

GPT の一次側中性点がコンデンサで接地された図 7 の系統において、一線地絡事故が発生 (ケーブルにて) した場合、その等価回路は図 8 で表すことができる。

ここで、

E_g : 関連き線の相電圧 (3.3 kV 回路では $3,300/\sqrt{3}=1,905$ V)

R_g : 地絡抵抗

C_T : 変圧器につながる全ケーブル健全相一括の対地静電容量

R_T : 変圧器二次側の健全相一括の対地漏えい抵抗

R_N : GPT の二次側 (三次側) オープンデルタの開放部に入れる制限抵抗 r (CLR) を、一次側に換算したもの

$$R_N = \frac{r}{3} \alpha^2 \times \frac{1}{3} \quad (\alpha: \text{GPT の巻線比})$$

C_N : 交流接地回路の静電容量 (110 μF)

よって、地絡等価回路の合成インピーダンス Z_g は、

$$\dot{Z}_g = R_g + \frac{1}{\frac{1}{R_T} + \sum_{n=1}^m \frac{1}{(R_N)_n + (1/j\omega C_N)} + \frac{1}{1/j\omega C_T}} \quad (2)$$

図 7 典型的な高圧配電系統図

Fig. 7. Schematic diagram of typical high-voltage distribution system.

通常、 $R_T \gg \frac{1}{\omega C_T}$ であるので、 $\frac{1}{R_T}$ を省略して考える。

$$\therefore \dot{Z}_g = R_g + \frac{1}{\sum_{n=1}^m \frac{1}{(R_N)_n + (1/j\omega C_N)} + j\omega C_T} \quad (3)$$

以上より、

$$\dot{I}_g = \frac{\dot{E}_g}{\dot{Z}_g} \quad (4)$$

一方、任意の R_N の両端に表れる電圧 ($\dot{V}_{RN}$)_n は、

$$(\dot{V}_{RN})_n = \frac{\dot{E}_g - \dot{I}_g R_g}{(R_N)_n + (1/j\omega C_N)} (R_N)_n \quad (5)$$

で表される。

上式について、 m , C_T をパラメータとしたときの $\dot{I}_g$, $\dot{V}_{RN}$ および $\dot{I}_g$ と $\dot{V}_{RN}$ 間の位相差について、それらの理論計算値を表 3 に示す。なお、検討条件としては下記を採用した。

$$E_g = 6,600/\sqrt{3} = 3,810 \text{ V}$$

$$r = 25 \Omega$$

$$\alpha = 60$$

$$R_N = \frac{r}{3} \times \alpha^2 \times \frac{1}{3} = \frac{25}{3} \times 60^2 \times \frac{1}{3} = 10 \text{ k}\Omega$$

また、直接接地の場合の理論計算値についても、比較検討のため併せて示した。一方、表中の系統 1 相の全静電容量が 10 μF の場合は、その値をケーブルに換算すると、6.6 kV CV 3 $\times$ 200 mm² の約 20 km の長さに相当する。

表 3 の理論計算値は、GPT の台数が多い場合でも、または線路の静電容量が大きい場合でも、直接接地方式とコ

図 8 一線地絡時の等価回路

Fig. 8. Equivalent circuit at single-phase ground fault.

表 3 100 Ω 地絡発生時の地絡電流 I_g とオープンデルタ電圧 V_d

Table 3. Ground-fault current I_g and open-delta voltage V_d at 100 Ω ground fault.

項目	GPT 台数											
	1			5			10			20		
系統 1 相の全静電容量 (μF)	0.1	1	10	0.1	1	10	0.1	1	10	0.1	1	10
[直接接地]												
I_g (A)	0.40	1.24	11.3	1.82	2.14	11.1	3.46	3.63	11.0	6.35	6.43	11.5
V_d (V)	188	188	180	181	181	173	173	173	166	158	158	153
$\dot{I}_g$ と $\dot{V}_{RN}$ 間位相差 ($^\circ$)	19	80	98	4	36	90	2	19	81	1	10	64
[コンデンサ接地]												
I_g (A)	0.40	1.24	11.3	1.82	2.14	11.1	3.46	3.63	11.0	6.35	6.43	11.5
V_d (V)	188	188	180	181	181	173	173	173	166	158	158	153
$\dot{I}_g$ と $\dot{V}_{RN}$ 間位相差 ($^\circ$)	19	80	97	4	36	90	2	19	80	1	10	64

図 9 一線地絡を生じた典型的高圧配電系統
Fig. 9. Typical high-voltage distribution system with single-wire ground fault.

ンデサ接地方式の間には全く有意差のないことを示している。従って、GPT の一次中性点のコンデンサ接地は、GPT の動作特性に対して悪影響を及ぼさないことが確認された。

〈4・2〉 系統異常電圧の発生 GPT の一次中性点をコンデンサ接地することについて、それが系統のインダクタンス L とキャパシタンス C とで発生する共振に作用し、異常電圧を発生しうるか検討しておく必要がある。よって、系統に発生する異常電圧について、なかでも最も厳しい「一線地絡時の健全相異常電圧」を検討した。

(1) 異常電圧倍数(q) 図 9 のような系統にて 1 線に地絡が生じた場合、系統の L と C とで共振現象を起こし、健全相に常規対地電圧の数倍から数十倍の異常電圧が発生することがある。

この回路において、 a 相が地絡したとすると、他の 2 相の対地電圧はそれぞれ次式で表されている。

$$V_b = \frac{(a^2 - 1)Z_0 + (a^2 - a)Z_2}{Z_0 + Z_1 + Z_2} E_a \quad (6)$$

$$V_c = \frac{(a - 1)Z_0 + (a - a^2)Z_2}{Z_0 + Z_1 + Z_2} E_a \quad (7)$$

ここで、 a, a^2 : 対称座標法によるベクトルオペレータ、 Z_0, Z_1, Z_2 : 零相、正相、逆相インピーダンス

一方、地絡時の過渡時について、

$$Z_1 = Z_2 = j\omega L = jX_1$$

$$Z_0 = R_0 + jX_0$$

となるため、この Z_0, Z_1, Z_2 を上式に代入すると、

$$\left. \begin{aligned} V_b &= \frac{(a^2 - 1)(R_0 + jX_0) + (a^2 - a)jX_1}{R_0 + j(X_0 + 2X_1)} E_a \\ V_c &= \frac{(a - 1)(R_0 + jX_0) + (a - a^2)jX_1}{R_0 + j(X_0 + 2X_1)} E_a \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

また、零相インピーダンスの等価回路により R_0, X_0 を求め、共振条件 $X_0 + 2X_1 = 0$ の関係を (8) 式に代入して整理すると、 V_b および V_c が求まる。

その結果、 V_b または V_c の健全相相電圧に対する異常

表 4 非接地系の異常電圧倍数の計算例
Table 4. Example of calculation for abnormal voltage ratio in ungrounded neutral system.

$\begin{matrix} C_N (\mu F) \\ q \\ C (\mu F) \end{matrix}$		1	5	10	55	110	220	直接接地
V_b/E_a	0	1.55	1.62	1.67	1.72	1.73	1.73	1.73
	1	9.65	5.13	4.90	4.77	4.76	4.75	4.75
	10	91.8	54.6	53.4	52.9	52.9	52.9	52.9
V_c/E_a	0	2.60	1.87	1.80	1.74	1.74	1.74	1.73
	1	11.36	6.81	6.57	6.44	6.43	6.42	6.42
	10	93.6	56.4	55.1	54.6	54.6	54.6	54.6

注) a 相地絡 V_b : b 相対地電圧 (a 相より遅れ相)
 V_c : c 相対地電圧 (a 相より進み相)

電圧の倍数 (異常電圧倍数) q は次式で与えられる。

$$q_b = \left| \frac{V_b}{E_a} \right| = \frac{1}{2} \sqrt{9 + \left\{ \frac{k(1+k) + 9\gamma^2}{\gamma} - \sqrt{3} \right\}^2} \quad (9)$$

$$q_c = \left| \frac{V_c}{E_a} \right| = \frac{1}{2} \sqrt{9 + \left\{ \frac{k(1+k) + 9\gamma^2}{\gamma} + \sqrt{3} \right\}^2} \quad (10)$$

ここで、

$$k = 3 \frac{C}{C_N}, \gamma = \omega C R_N, R_N: \text{中性点抵抗}, C: 1$$

相の対地静電容量, C_N : 中性点接地用コンデンサの静電容量

(2) q の算出例 q の算出例を表 4 に示す。なお、検討条件としては、下記を設定した。

線路電圧: 3,300 V

GPT 仕様:

$$\alpha = \frac{3,300}{\sqrt{3}} \div \frac{110}{\sqrt{3}} = 30$$

$$r = 38 \Omega$$

$$R = \frac{r}{3} \alpha^2 = 11,400 \Omega$$

$$R_N = \frac{11,400}{3} = 3,800 \Omega$$

系統の静電容量: $C = 0 \sim 10 \mu F$

図 10 水トリー劣化 CV ケーブルの活線絶縁抵抗経年特性

Fig. 10. Live-wire insulation resistance secular characteristics of water-tree deteriorated CV cable.

図 11 活線絶縁抵抗の測定風景

Fig. 11. Measurement of live-wire insulation resistance.

表 4 の結果から明らかなように、GPT 一次中性点をコンデンサ接地しても、 $55 \mu\text{F}$ 以上の静電容量であれば、それが共振を増長して系統異常電圧を更に高めることはなく、よってコンデンサ接地は系統上問題のないことが確認された。

5. トレンド監視フィールドデータ (追跡事例)

図 10 に、劣化が確認されたケーブルの活線絶縁抵抗経年特性を示す。ケーブル品種、布設条件が異なるためか低下傾向に差はみられるが、 $10,000 \text{ M}\Omega$ 程度からの低下が著しい。表 1、表 2 および図 5 から明らかなように、 $1,000 \text{ M}\Omega$ 程度まで低下したケーブルは嚴重な注意が必要な劣化ケーブルと考えられるので何らかの対応を早急に図らなければならないが、その実施までに与えられる期間は劣化が確認されて数箇月程度しかないことを示唆している。

6. あとがき

健全な状態からのトレンド監視を可能にする活線絶縁診断法について報告した。GPT を介して高圧母線に DC 50

V を重畳し、ケーブル絶縁体の抵抗を 1 辺とするブリッジを構成して絶縁抵抗を測定する手法は、目指す活線絶縁診断を実現することが明らかになった。測定場所に GPT が備えられていなければ使えないという欠点はあるが、

- (1) $10^5 \text{ M}\Omega$ 以上の高抵抗を精度良く測定でき、トレンド監視に適している。
- (2) シースに外傷があつてシース絶縁抵抗が低下していても問題なく測定できる。
- (3) 高圧母線の対地絶縁抵抗が変動しても問題なく測定できる。
- (4) 直流高圧漏れ電流試験との対比において、 5 kV 印加時の絶縁抵抗にほぼ相当する。
- (5) 劣化の進んだケーブルの診断において、劣化を更に促進するような影響はない。
- (6) 測定中は GPT 一次中性点をコンデンサを介して交流的に接地することになるが、コンデンサの静電容量を適正に選択することにより、GPT 機能が損なわれることなく、またそれによる系統異常電圧の発生もない。

などの数多くの利点を有している。

今後ますます活線診断の普及が進み、いずれ定期点検は活線下でしか行われない日が到来するものとも予想され、その際には本手法が非常に効力を発揮すると期待される。

本論文をとりまとめるにあたり、御指導を賜った(株)フジクラ エネルギーシステム研究所 小野所長、旭エンジニアリング(株)ならびに(株)フジクラの関係各位に深く感謝の意を表します。

(平成 6 年 1 月 19 日受付, 同 6 年 7 月 4 日再受付)

文 献

- (1) 日本電線工業会：「高圧 CV ケーブルの保守・点検指針」, 技資, No. 116 (平 5)
- (2) 運転中における電力設備の絶縁劣化診断調査専門委：「電力設備の運転中絶縁診断技術」, 電気学会技報(II 部), No. 402 (平 4)
- (3) 牧 修市・岡本 包・白浜 治・梅田 進・木村千秋・新元 孝・水沼 勲：「高圧ケーブル活線絶縁診断装置 (LINDA-1000)」, フジクラ技報, No. 73 (昭 62)
- (4) 新元 孝・中島碩樹・宇薄勇生：「高圧 CV ケーブル余寿命推定法の一考察」, 電気学会誘電・絶縁材料研資, DEI-92-44 (平 4)
- (5) 牧 修市・岡本 包・白浜 治・梅田 進・木村千秋・新元 孝・二ノ宮信夫・関根伸隆：「高圧ケーブル活線絶縁診断装置 (LINDA-1000) ー第 2 報安全性についてー」, フジクラ技報, No. 75 (昭 63)

新元 孝 (正員) 1950 年 1 月 20 日生。1973 年 3 月中央大学理工学部電気工学科卒業。同年(株)フジクラ入社。研究所にて高電圧ケーブル絶縁材料の開発に従事した後、1976 年から産業用ゴム・プラスチックケーブルの設計業務に従事。その間、絶縁診断技術および活線診断装置の開発を担当。

木村 千秋 (正員) 1944年9月30日生。1967年3月千葉大学工学部電気工学科卒業。1969年3月同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年(株)フジクラ入社。5年間高電圧CVケーブルおよび付属品の開発に従事した後、産業用ゴム・プラスチックケーブルの設計を担当。現在、マレーシア・フェデラルパワー社勤務。

二ノ宮 信夫 (非会員) 1959年4月8日生。1983年3月宮崎大学工学部電気工学科卒業。同年(株)フジクラ入社。産業用ゴム・プラスチックケーブルの設計業務を経て、工場での製造技術業務に従事。現在、マレーシア・フジクラフェデラル社勤務。

山本 憲 (正員) 1962年7月27日生。1987年3月東京電機大学工学部電気工学科卒業。同年(株)フジクラ入社。以来、産業用ゴム・プラスチックケーブルの設計業務に従事。その間、活線診断装置の開発普及を担当。

梅田 進 (非会員) 1942年1月26日生。1960年3月東京電機大学高等学校計測科卒業。同年旭化成工業(株)入社。以来、計測保全、プラント建設などを経て、1979年から旭エンジニアリング(株)で設備診断技術の開発に従事。