

小論文

CV ケーブルの熱刺激電流特性とその繰り返し測定の影響

汪 士 楠*, 小 田 哲 治*

(1994年9月27日受理)

Thermally Stimulated Discharge Current Characteristics of CV Cables
and Their Dependence on the Repeated Measurements

Shinan WANG* and Tetsuji ODA*

(Received September 27, 1994)

In order to investigate the electrical properties of CV cables, thermally stimulated discharge current (TSDC) of a CV cable was observed repeatedly. TSDC peaks of the CV cable shifted to higher temperatures after 3 month-cycling of DC charging at high temperatures and the TSDC measurement. Peak value of the hetero-current in the TSDC was not changed so much, while that of the homo-current became smaller.

1. はじめに

CV ケーブルは優れた電気絶縁特性を有し、高電圧送配電用ケーブルとして使用されている。特に、直流送電用ケーブルの開発が望まれている現在、CV ケーブル絶縁物中での電荷挙動は CV ケーブルの寿命を検討する上で重要な要因である。こうした背景から、筆者らは、実用ケーブルの熱刺激電流 (Thermally Stimulated Discharge Current, 以下 TSDC と略す) 特性を測定しようと試みた。なお、CV ケーブルの TSDC 測定では、長さ数十 cm のケーブルについて、研究会や全国大会¹⁻³⁾ レベルでの報告しかないようである。ここでは、長さ 5 m の CV ケーブルでの TSDC 測定の結果について報告する。また、この測定を長時間にわたって繰り返したところ、TSDC 特性に経時変化が観測されたので、それについても報告する。

2. CV ケーブルとその TSDC 測定装置

本実験に用いた CV ケーブルは 6 kV 仕様で、長さ 5 m である。図 1 に示すように絶縁厚は 4 mm、導体の直径は 15 mm である。電圧印加時、端部の放電を防ぐため、ケーブルにはガード電極が装着されている。

CV ケーブルの電圧印加および TSDC 測定システムを図 1 に示す。ケーブルは内寸の各辺が約 80 cm の恒温槽に直径約 60 cm の円形に巻いた状態で収納し、電圧印加と TSDC 測定の切り替えは温度の一定な恒温槽外部で行った。直流高電圧印加時と TSDC 測定時とは異なった接続ケーブルを用いた。低温測定を実現するため恒温槽中に液体窒素を導入した。電圧印加および TSDC 測定時の温度は 0~90°C あるいは室温 (約 20°C)~90°C であり、この間、特に冷却時の結露を防ぐため、実験中は乾燥空気を少量流し続けた。

CV ケーブルの電圧印加は、まず、ケーブルを 3.7°C/分の速度で 90°C になるまで加熱した後、40 分間所定の荷電電圧を印加する。90°C まで昇温するのに要する時間は約 20 分間であった。昇温後、扇風機、あるいは液体窒素によって試料を室温あるいは 0°C になるまで冷却した。ケーブルを室温あるいは 0°C になるまで冷却するに要する時間は約 1 時間であった。試料温度が室温あるいは 0°C に達したら 10 分間そのまま保持した後電圧印加を止め、直ちに電圧印加端子を約 20 分間短絡し、その後電流測定用配線に切り替えた。TSDC の測定は Keithley 616 エレクトロメータを用いて、1°C/分の昇温速度で行った。また、すべてのデータはパーソナルコンピュータによってフロッピディスクに保存された。

3. CV ケーブルの TSDC 特性

3.1 未処理 CV ケーブル

電界を印加する前に CV ケーブル中に存在する空間電

キーワード：熱刺激電流, CV ケーブル, 架橋ポリエチレン, ホモ電流, ヘテロ電流

* 東京大学工学部電気工学科 (113 東京都文京区本郷 7-3-1) Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, the University of Tokyo, 3-1, Hongo 7-chome, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan

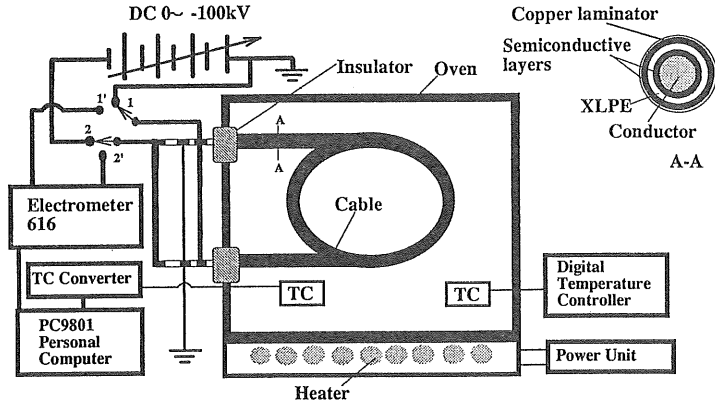


図1 長さ5mのCVケーブルの荷電とTSDC測定システム

Fig. 1 Charging and TSDC measuring system of a 5 meters long CV cable.

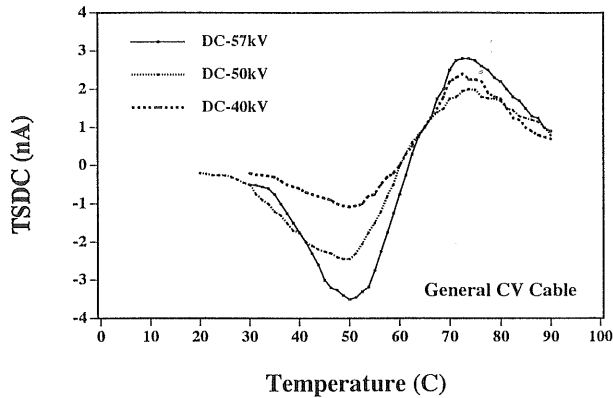


図2 長さ5cmのCVケーブルの初期TSDC特性

Fig. 2 Initial TSDCs of a 5 meters long CV cable.

荷を調べるため、最初に電圧印加前の TSDC 特性を測定した。その結果、CV ケーブルは電圧印加前には帯電していないことが確認された。

CV ケーブルに直流電圧 V_a を印加し、 90°C まで昇温したあと冷却し、TSDC スペクトルを測定した (高温電界印加繰り返し数1に相当)。初期における $V_a = -40, -50, -57\text{ kV}$ の場合の測定結果を図2に示す。これらの TSDC スペクトルには、ホモ電流ピークが約 50°C に現れ、続いてヘテロ電流ピークが約 72°C に現れている。ホモ電流の大きさは印加電界強度の増加と共に 1.2 nA から 3.6 nA まで増えている。ヘテロ電流も印加電界強度の増加と共に 2 nA から 2.8 nA まで上昇している。このように、CV ケーブルの TSDC は、ホモ電流ピークしか観測されない架橋ポリエチレン (XLPE) 薄膜¹⁾ の TSDC とは著しく異なる。

CV ケーブルでは、図1に示されているようにケーブルの構造上、導体側 (内側) と外部導体側 (外側) では、

電界強度が不均一となり、薄膜の場合と異なることが予想される。CV ケーブルの TSDC と XLPE 薄膜の TSDC の相違が、これらの幾何学的形状の相違によるものか、あるいはこれら試料に含まれている不純物の違いによるものかを明らかにすることは今後の課題である。

3.2 高電界印加サイクルを施した CV ケーブル

CV ケーブルへの高温高電界印加サイクルの繰り返しによるケーブル絶縁材料の電気特性の変化を検討するために、このケーブルを3か月間、図3のように電界印加と TSDC 測定を繰り返した。すなわち、高温で、ある電圧 V_a (-10 kV から -80 kV まで、一部は 50 kV) を印加し、 0°C まで冷却してから TSDC を測定する。これを1サイクルとして、以下、このプロセスを繰り返した。3か月間、この高温高電界印加サイクルを34回繰り返したあとの CV ケーブルの TSDC 特性を図4に示す。 $V_a = -40, -50, -60\text{ kV}$ に対する TSDC スペ

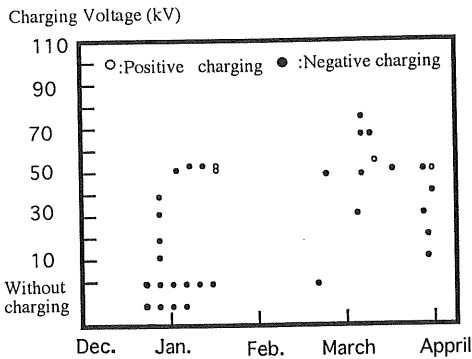


図3 長さ5mのCVケーブルの高温高電界印加サイクル

Fig. 3 Cycling processes of DC charging at high temperature and TSDC measuring of CV cable.

クトルが示されている。これらのスペクトルを図2に示されているものと比較するとホモ電流ピークの大きさはあまり変化していない。一方、ヘテロ電流ピークは電界印加サイクルを繰り返すことにより大幅に小さくなっていることが認められる。また、そのホモおよびヘテロ電流ピーク温度の変化も注目される。すなわち、3か月間約34回高温高電界印加サイクルを経たケーブルのホモ電流ピーク温度は約55°C、ヘテロ電流ピークでは約82°Cとなり、高温電界印加サイクル試験を実施する前の場合より、それぞれ5°C、10°C上昇している。

3.3 TSDC ピーク温度変化についての考察

高電界印加サイクルを十分経験したCVケーブルのTSDC特性においてホモ電流ピークあるいはヘテロ電流ピークのいずれも高い温度側に移動することが観測されている。これらの電流ピークの移動に対しては高温サイクルによりCVケーブルの絶縁材料の結晶性が増加したこと、並びにXLPEの架橋残渣が高温高電界サイクル時に揮発し、しだいに減少していったためと推測している。

4. ま と め

以上の結果から高温高電界印加サイクル（実際には、電圧印加とTSDC測定）を繰り返し行ったCVケーブルでは、そのTSDCヘテロおよびホモ電流ピークが高温側に移動することを見出した。これはXLPEの架橋残渣が揮発し、しだいに減少したことおよびその結晶性が増加したためと推測し、これを実証すべく、目下研究中である。その結果については近日中に報告する予定である。

参 考 文 献

- 1) 小川勝徳, 鈴木建設, 片貝昭史, 金岡 護, 関井康雄: ケーブル絶縁材料の直流絶縁特性の検討(その2), 電気学会研究会, EIM-88-89 (1988)
- 2) 安藤順夫: 絶縁材料の熱刺激電流と解析技術, 昭和57年電気四学会連合大会, p. 2-113 (1982)
- 3) 草野哲夫: CVケーブルのTSC測定(その1), 昭和50年電気学会全国大会, p. 366 (1975)

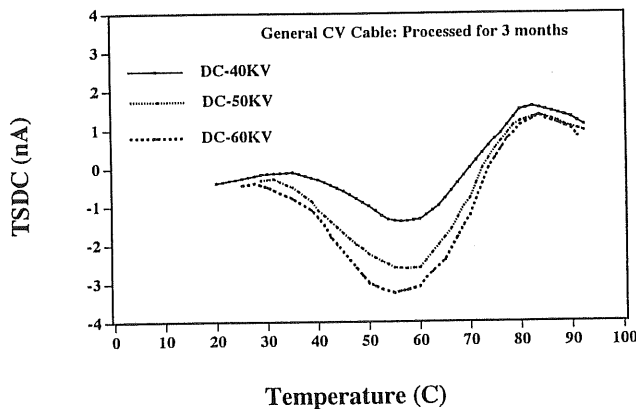


図4 高温高電界印加サイクルを繰り返した5m CVケーブルのTSDC特性

Fig. 4 TSDCs of CV cable after cycling of DC charging at high temperature and TSDC measuring.