

研究ノート

電気設備機器におけるトラッキング現象の解析

水野大貴^{*1}、竹中清人^{*2}、平出貴大^{*1}

Analysis of Tracking Phenomena in Electrical Equipment

Daiki MIZUNO^{*1}, Kiyoto TAKENAKA^{*2} and Takahiro HIRADE^{*1}Industrial Research Center^{*1*2}

電気設備機器火災の主要原因の1つであるトラッキング現象の解析を行った。一般に広く流通している100V用のコンセントと差込プラグを用いて、埃を模擬したガラス繊維をプラグ間に挟み、塩化アンモニウム水溶液を滴下してトラッキングを再現した。その結果、ガラス繊維の湿潤や炭化経路の形成により、温度上昇や火花放電が確認できた。また、プラグの差し刃間で伝導性ノイズが発生することが分かった。

1. はじめに

近年、工場や商業施設、一般家庭などの様々な環境において、電気設備機器に起因する火災が多く発生している。電気設備機器火災の主な発火原因として電線の短絡、金属の接触部の過熱、トラッキングが挙げられる。その中でもトラッキングによる火災件数は年々増加傾向にあり、電気設備機器火災の1割近くを占め、その多くは差込プラグの差し刃間において発生している。

差込プラグにおけるトラッキングは、プラグの両刃間のPVC(ポリ塩化ビニル)等の有機絶縁物表面に湿潤した塵埃が溜まった状態で電圧が印加され、表面に微小な電流が流れることによる、ジュール熱の発生に伴い、表面の乾燥、微小放電の発生によって炭化導電路を次第に形成する現象であり、トラッキングを繰り返すことで発火に至る。

本研究では、トラッキング現象の解析を進めるため、プラグ表面観察と伝導性ノイズを調べた。

2. 実験方法

電源は100V、60Hzの分電盤から擬似電源回路網(AMN: Artificial Mains Network)に供給した。AMNから分岐回路用ブレーカ、コンセントと差込プラグを接続した。本実験では、差込プラグの先に負荷を接続せず無負荷の状態とした。差込プラグの絶縁材料は、PVCである。日本配線器具工業会(現日本配線システム工業会)規格の電源プラグの耐トラッキング性(JWDS0028)に準じた方法により、トラッキング加速試験を実施した。差込プラグの両刃間にシート状のガラス繊維を挿入し、0.2mass%の塩化アンモニウム(NH₄Cl)水溶液を5分ごとに20μL滴下し、トラッキング劣化を促進させた。プ

ラグのトラッキング進行を確認するため、NH₄Cl水溶液滴下前と200滴下までのガラス繊維の状態を段階的に観察するとともに、サーモグラフィカメラ(日本アビオニクス(株)製R300SR-H)によりコンセントと差込プラグ付近の温度計測を行った。トラッキングにより発生する伝導性ノイズの周波数スペクトルはスペクトラムアナライザ(Keysight Technologies社製N9038A)を用いて測定した。¹⁾

3. 実験結果及び考察

図1に、無負荷状態でのトラッキングの進行過程におけるガラス繊維の変化を示す。NH₄Cl水溶液滴下前の状態と比べて50滴下後には中央部のガラス繊維にほつれが見られた。100滴下後には中央部を中心に黒く炭化し、200滴下後にはプラグの絶縁体全体に炭化が進行し広範囲にて焦げた痕跡が生じた。

図2に、コンセントと差込プラグの差し刃埋め込み樹脂の最高温度の変化を示す。滴下後数滴で80℃以上に達し、その後80℃~120℃の間を推移した。絶縁体の炭化が全体に進行した200滴下後は、180℃以上となった。最高温度が100℃付近でも図3に示すように火花放電が見られることから、コンセントと差込プラグの接触部(外周)にて火災が発生する可能性が示唆された。

図4に無負荷状態における、正常時とトラッキング時に発生した伝導性ノイズの一例を示す。なお、正常時にはNH₄Cl水溶液を滴下せず負荷に対して正常に通電を行っている状態を言う。正常時に比べトラッキング発生時は、広範囲の周波数で伝導性ノイズレベルの増加が見られた。これは、トラッキングの進行により差込プラグの差し刃間に導電経路が形成され、微小な短絡電流が流

*1 産業技術センター 自動車・機械技術室 *2 産業技術センター 自動車・機械技術室 (現産業振興課 次世代産業室)

れたためと考えられる。

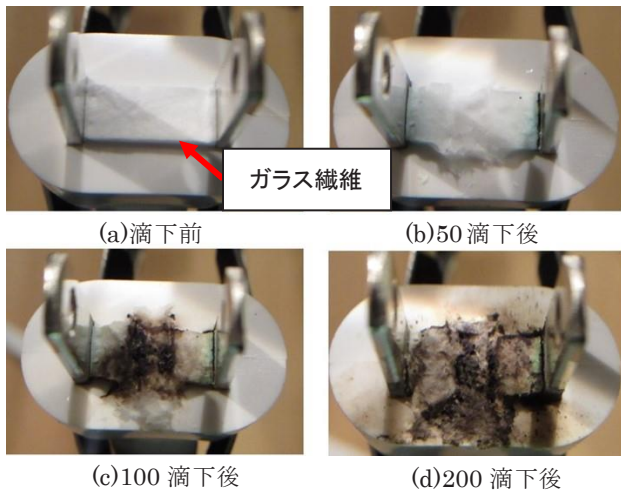


図1 無負荷でのトラッキングの進行過程におけるガラス繊維の変化

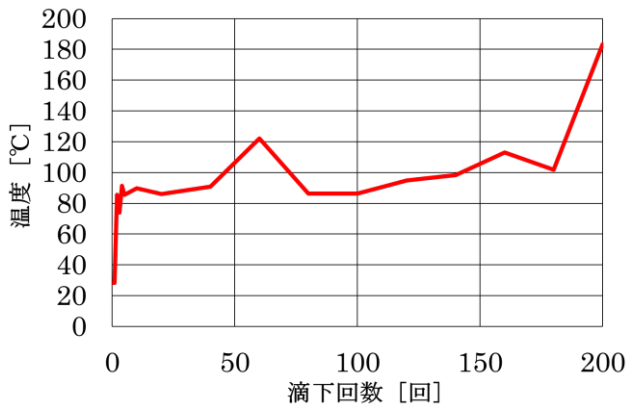


図2 コンセントと差込プラグの差し刃埋め込み樹脂の最高温度の変化



図3 火花放電の様子(赤丸箇所)

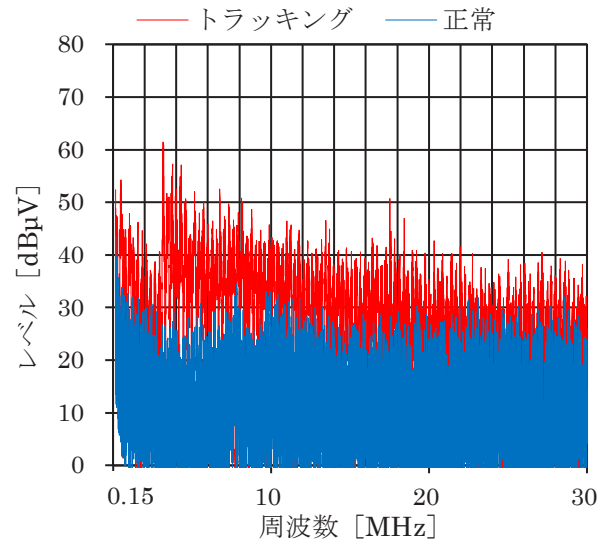


図4 無負荷状態における正常時とトラッキング時の伝導性ノイズ

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) トラッキングにより、微小な火花放電を発生させながら絶縁体が炭化し、180℃以上の高温に達することを確認した。
- (2) トラッキングにより、広範囲の周波数で伝導性ノイズレベルの増加が見られた。

謝辞

本研究の実施に当たり、名古屋工業大学大学院工学研究科工学専攻教授水野幸男様、河村電器産業株式会社林文移様にご指導頂きました。厚く御礼申し上げます。

付記

本研究の一部は、JSPS 科研費(JP21K04023)の助成を受けて行われた。

文献

- 1) 水野大貴, 竹中清人, 平出貴大, 水野幸男, 林文移: 差込プラグのトラッキングに伴う伝導性ノイズの解析, 電気学会研究会資料, 47(2023)