

汚損がいし面上における局部アークの進展

長谷川 誠 一

Elongation of the Partial Arc Discharge on a Polluted Insulator Surface

Seiichi HASEGAWA

(昭和63年10月30日受理)

In many cases, flashover of wet polluted insulator is caused by the partial arc discharge along the surface. The partial arc discharge initiates across the dry band and elongates between electrode gap. In this study, elongation phenomena of the partial arc discharge on a polluted insulator surface have been discussed experimentally with a simplified model. A conventional porcelain plate was used as the insulator. As a result, V-t characteristics on a polluted insulator depend upon the equivalent salt deposit density.

1. まえがき

最近の社会情勢はより安定した電力系統を求めようようになってきた。その結果電力系統の絶縁設計は極めて重要な問題となった。なかでも耐汚損性の向上については四方海に囲まれた我が国においては焦眉の問題でそれだけに研究も勢力的に行われている。筆者はこれまでモデルがいしを用いて局部アークの進展特性について実験、検討を行ってきた。(1) 今回は汚損がいし面上における局部アークの進展現象を50%フラッシュオーバー電圧程度の場合のフラッシュオーバー電圧Vとフラッシュオーバーまでの時間tの関係(V-t特性)およびフラッシュオーバーまでのエネルギーの点から検討した結果について報告する。

2. 実験方法

図. 1 に実験回路を示した。コンデンサはあらかじめ所定の電圧で充電しておき、トリガーギャップに始動パルスを送ってモデルがいしに矩形波電圧を印加した。アークががいし面上を進展する際の電極間の電圧と漏れ電流をデジタルメモリー（岩通DM901, DC~1MHz）で測定した。あわせて改造カメラ(1)によるアークの流し撮り写真観測も行った。モデルがいしは市販の陶磁器板(90×245mm, 24mm厚)でこの板上に銅板電極(幅20mm, 0.3mm厚)を対向して置き、この電極間に50×10mmの汚損皮膜をほど

こした。汚損液は人工汚損試験法にもとずいて蒸留水1ℓ当り40gのカオリンと塩化ナトリウムを10, 20, 40および100gを混合した各種濃度のものを用いた。汚損は次の方法で行った。まず陶磁器板を約45°の傾斜台に乗せ汚損液をがいし面が飽和するまでスプレーする。これを3分間放置した後前述の寸法の汚損皮膜を残してガーゼで拭き取った。汚損皮膜の等価塩分付着密度(平均値)は0.04mg/cm²から0.31mg/cm²までの値が得られた。汚損をほどしたモデルがいしを相対湿度80±5%, 温度25~30°Cの霧室に収めて電圧を印加した。アークの流し撮りに使用したカメラはNikomaxEL(F1.4)でこれに高速巻き上げ装置(MaX. 200cm/s)を取付けスリットを通してアーク像を撮影した。

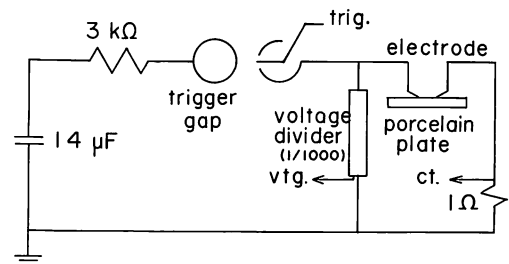


図1 実験回路

汚損がいし面上における局部アークの進展

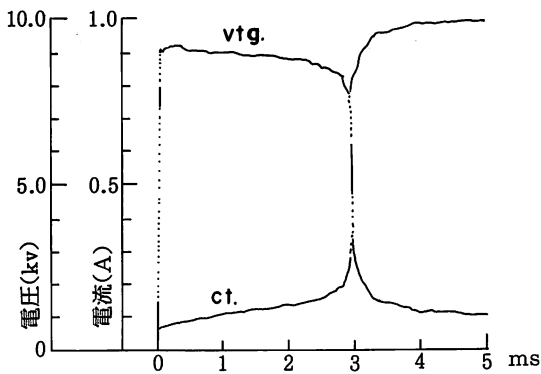


図2 アーク進展時のオシログラム

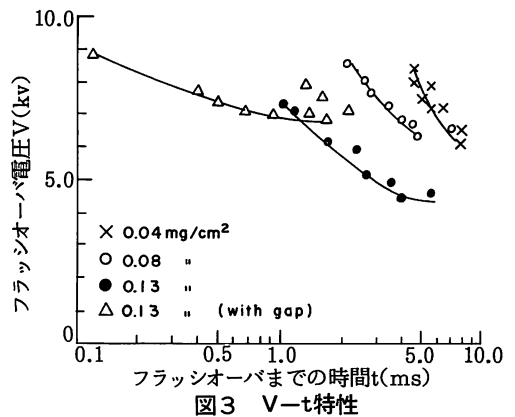


図3 V-t特性

3. 実験結果と検討

3.1 V-t特性

汚損がいし面上におけるフラッシュオーバーは過電圧印加時においては極めて短時間の領域で起こる。しかし50%フラッシュオーバー電圧程度の低い電圧印加時はフラッシュオーバーまでの時間は数msのオーダーになる。これはフラッシュオーバー機構のちがいによるもので過電圧印加時の破壊が電界的なものであるのに対して、50%フラッシュオーバー電圧程度の電圧印加時には熱的な破壊となるからである。すなわち局部アークの先端付近の汚損液がジュール熱によって急激に沸騰しその部分に突発的にアークが進展する。(2)

図2にモデルがいしにおけるアーク進展時のオシログラムを示した。この場合フラッシュオーバー電圧Vが8.5 kVでフラッシュオーバーまでの時間tが3.0 msになっている。このようにフラッシュオーバー電圧が低くアークの進展時間が長い場合、フラッシュオーバー後の汚損皮膜は局部的に飛散しその部分で急激な汚損液の沸騰が起きていることをあらわしている。図3は各種等価塩分付着密度の場合のV-t特性である。図中の●、○および×印は等価塩分付着密度がそれぞれ0.13 mg/cm²、0.08 mg/cm²、0.04 mg/cm²の場合のプロットである。また曲線は各等価塩分付着密度のフラッシュオーバー電圧の下限値をあらわす。

一般にフラッシュオーバー電圧Vが低くなるとフラッシュオーバーまでの時間tが長くなる。また等価塩分付着密度が高いほどフラッシュオーバー電圧は低くなる。しかしこの下限値に対応するフラッシュオーバーまでの時間は等価塩分付着密度が低いほど長くなる。すなわち等価塩分付着密度が高い場合は低い電圧で短時間のうちにアークが進展することになる。

汚損がいし面上のフラッシュオーバー過程の中で、最

初の過程の漏れ電流が流れ出してから乾燥帯形成までにはある時間を要する。この乾燥帯形成の時間の影響を除く目的で汚損皮膜の高電位側電極端に5mmのギャップを設けた。図中の△印は等価塩分付着密度が0.13 mg/cm²でギャップ付きの場合のプロットである。ギャップがある場合フラッシュオーバー電圧が高い領域ではフラッシュオーバーまでの時間がギャップ無しの場合よりはるかに短くなる。またフラッシュオーバー電圧の漸減にともないフラッシュオーバーまでの時間が長くなるが2ms以上にはならない。このことからギャップなしでフラッシュオーバーまでの時間が長い場合乾燥帯形成に費やされる時間は2ms以内とみなされる。この時間領域ではギャップがある場合のフラッシュオーバー電圧の下限値はある値に漸近する。すなわちギャップがフラッシュオーバー電圧の下限値を限定する。しかしこの値は清浄ながいし面上で銅板電極5mmギャップのフラッシュオーバー電圧よりやや低い。すなわち汚損皮膜端を一方の放電極とすると銅板電

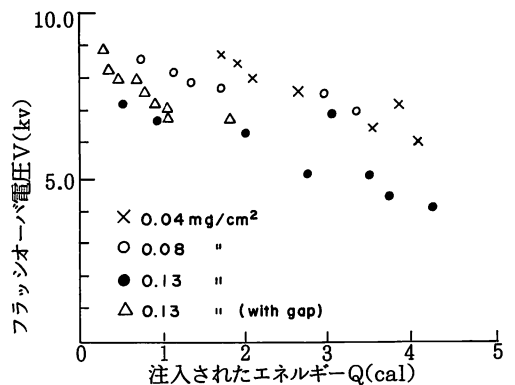


図4 V-Q特性

極どうしを対向させた場合よりフラッシュオーバー電圧がやや低下する。

3.2 フラッシュオーバーまでの注入エネルギー

フラッシュオーバーまでの時間が数ms以上におよぶ場合電圧を印加してから電極間をアークが完全に橋絡するまで僅かではあるが漏れ電流が流れ続ける。この漏れ電流が汚損皮膜内で発生するジュール熱が乾燥帯を形成しこれがフラッシュオーバーのきっかけとなる。このフラッシュオーバーに至るまで注入されたエネルギーを電圧印加からフラッシュオーバーまでの電極間電圧と漏れ電流のデジタルメモリのデータをコントローラに転送して計算して求めた。図. 4 にフラッシュオーバー電圧Vとフラッシュオーバーに至るまでに注入されたエネルギーQの関係を示した。各プロットの等価塩分付着密度は図. 3と同じである。全体的にフラッシュオーバー電圧が低いほど注入エネルギーは増大する傾向がある。とくに等価塩分付着密度が高い場合その傾向が著しい。図中の△印は高電位側の汚損皮膜に5mmのギャップを設けた場合のプロットであるが高フラッシュオーバー電圧、小エネルギーの領域に分布している。アークが進展中注入されたエネルギーはまず最初の過程では乾燥帯の形成に消費され、次いで局部アークの進展に消費される。この局部アークは発生当初はがいし面に沿う形の沿面アークであるが直ぐにアーチ状にがいし面から浮上する。注入エネルギーはこのアークコラムの浮上と熱放散としても消費される。したがってフラッシュオーバーまでの時間tが長いほど注入エネルギーも大きくなる。

3.3 アークの進展

図. 5 にアークの流し撮り写真の一例を示す。実験条件はフラッシュオーバー電圧が4.0 kv, フラッシュオーバーまでの時間が3.8 ms, 等価塩分付着密度が0.13 mg/cm²である。アーク像の下側が高電位電極, 上側が接地電極である。この実験で用いた汚損皮膜は幅1cmの一樣漏れ通路でアークの進展方向を特に一方方向に限定はしていない。一般にアークの始発点は高電位, 接地両電極付近でアークはそこから互いに相手側の電極に向かって伸びていく。進展中のアークは両電極付近の輝度が強い。また接地電極から伸びてきたアークの先端付近は水蒸気の霧が見られ汚損液の沸騰が盛んに起きていることを示している。この接地側電極のアーク像の一部が欠けている部分はアークが浮上したことを示している。両電極から伸びてきたアークは橋絡後直ちにがいし面から空気中に浮上する。このアークの浮上が極めて短時間のうちに起こるので沿面アーク像は得がたい。図中のF

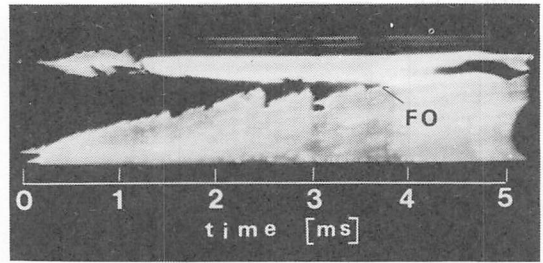


図5 流し撮り写真

Oの印のところで両電極から伸びてきたアークが橋絡している。フラッシュオーバー後のアークの浮上運動は高電位側電極で活発でそれが高電位側のアーク像を特徴ある三角形としている。流し撮り写真から判定したアークの進展速度は最大2.5 m/sでバラツキが大きく進展速度と等価塩分付着密度, フラッシュオーバー電圧等との関係については検討中である。

4. まとめ

以上の実験結果から50%フラッシュオーバー電圧印加時の汚損がいし面上の局部アークの進展特性について次のことが明らかとなった。

1) 等価塩分付着密度が高いほどフラッシュオーバー電圧は低くなりフラッシュオーバーまでの時間も長くなる。フラッシュオーバーまでの時間tに占める乾燥帯形成の時間は今回用いた50×10mmの汚損皮膜の場合2ms以内である。

2) フラッシュオーバー電圧Vが低いほどフラッシュオーバーまでの時間tも長くなり注入エネルギーが大きくなる。等価塩分付着密度が高いほどこの傾向が著しい。

このほか進展中のアークの挙動とフラッシュオーバー電圧V, フラッシュオーバーまでの時間tとの関係については今後も検討を続けていく予定である。

参考文献

- (1) 長谷川誠一：“がいし面上を進展するアークの写真観察” 秋田高専紀要 No.22 1987
- (2) 西村誠介, 中島好忠：“電解液面を進展する局部アーク” 電気学会雑誌 Vo1, 88-12 No.963 1968