

気中針対平板ギャップの開閉サージ フラッシュオーバー機構 (1)

下 妻 光 夫*

Flashover Mechanism of Needle-Plane Air Gap Under
Various Switching Surges. (1)

Mituo SHIMOZUMA

要 旨

大気中針対平板ギャップに開閉サージを印加した場合のフラッシュオーバー機構を光波形より観測したものを報告する。

Synopsis

This paper report about the observation of flashover mechanism through the light emission-pulse, applying various switching surges on a needle-plane air gap.

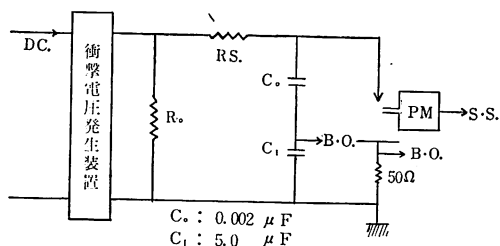
I. 緒 言

近年超高压送電系統の建設にともない経済的絶縁設計の見地から低減絶縁が採用され、これにより問題となるのは開閉サージ電圧による絶縁破壊である。この原因には雷サージ耐圧が絶縁距離に比例して増大していくのに対して、開閉サージは飽和の傾向を示し、また $V-t$ 特性においても雷サージはフラッシュオーバー電圧上昇に対してフラッシュオーバー時間が短くなっていくが、開閉サージはある領域で最低フラッシュオーバー電圧を示すいわゆる V 形特性となる。50% フラッシュオーバー電圧に対しても、開閉サージ波頭長のある値で最小電圧となり 50Hz の商用周波数フラッシュオーバー電圧よりも低くなる事がある。このような問題から開閉サージの放電機構を明確にする必要があり、各研究所、各大学等で研究がなされている。本報告もこのような立場から針対平板の電極を用いてギャップ長を 20cm に固定し、(今までの文献等によるとギャップ長 40cm 以上が多く実験されているが実験装置の都合により決定した。) 開閉サージを緩波頭波電圧で模擬して各種の波頭長をもつ緩波頭波電圧をギャップに印加し、50% 放電電圧の測定により V 形特性の確認を、またこのフラッシュオーバー時とフラッシュオーバーしない時の電流波形、光波形を観測した。光波形は、光電子増倍管

(Photomultiplier) を使用した。

II. 実 験 方 法

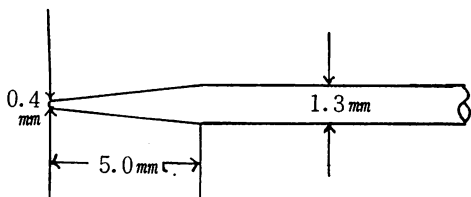
標準衝撃電圧 ($1 \times 40 \mu\text{S}$ 波) 発生には 500 Kv 衝撃電圧発生装置で R, L により波形調整して使用した。緩波頭波電圧発生は第 1 図の回路で R・C により波



第 1 図 実験回路 (緩波頭波)

形調整した。第 1 図の R_0 は $40 \text{ K}\Omega \sim 160 \text{ K}\Omega$ に R_s は $6 \text{ K}\Omega \sim 110 \text{ K}\Omega$ の間で変化させ、波頭長が $35 \mu\text{s}$, $70 \mu\text{s}$, $140 \mu\text{s}$, $500 \mu\text{s}$ で波尾長が $1000 \mu\text{s} \sim 3000 \mu\text{s}$ の波形を発生させ針対平板ギャップに印加した。以上の発生電圧は正極性である、使用電極については針電極が第 2 図に示したもので 10 度前後の角度を持ったもので材質は鉄である。また平板電極は、30 cm の直径の円板で銅製である。電圧波形電流波形は、コンデンサー C_0 より分圧またギャップと直列に 50Ω の抵抗を入れそれぞ

* 助手 電気工学科



第2図 針電極

れを同軸ケーブルにより、二本のブラウン管を持つ高速度ブラウン管オシロスコープへ接続する。光波形は光電子増倍管（東芝MS9SY）製を使用これより同軸ケーブルでシンクロスコープ（岩崎製SS-5157）に接続，それぞれ写真撮影して観測した。

波頭長対50%放電々圧測定にはギャップに各種緩波頭波電圧と標準衝撃電圧を印加し内挿法により50%放電々圧を測定した。印加時間間隔は30～60秒に取りギャップ状態を一定にしながら行なった。

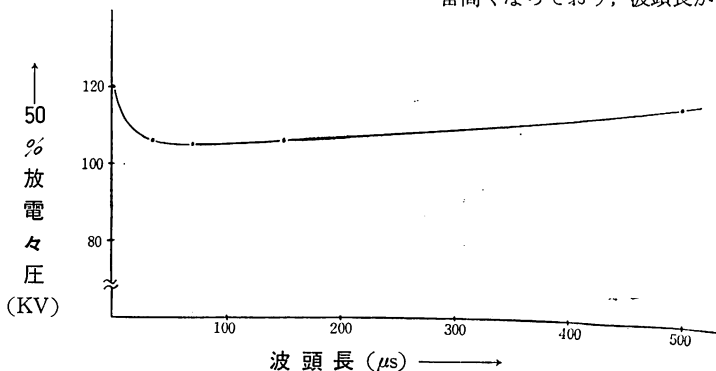
放電機構観測には実験室全体を暗幕により暗室状態

にした。しかし幾分かの光が外部から入射することは免れなかったが実験には影響はなかったようである。光電子増倍管（以後P・Mと記す）の電源装置及びPM管は光取り入れ口に取り付けたスリット部分を除いては完全シールドをし，外部からの誘導電圧が入らないようにした。PMの配置については針電極より横1～1.2 m 離し，針先端よりギャップ軸上5～10 cmの所の光を受けるようにした。ブラウン管オシロ，シンクロスコープの掃引開始は，衝撃電圧発生装置の始動ギャップにより行なわせた。印加電圧は各波形による50%放電々圧よりこの50%放電々圧の5～10%増くらいであり，フラッシュオーバー時，フラッシュオーバーしない時とそれぞれの場合について観測を行なった。

Ⅲ. 実験結果

1) 50%フラッシュオーバー特性

第3図に波頭長対50%フラッシュオーバー電圧特性を示した。このグラフより標準衝撃電圧で120 Kvを示し一番高くなっており，波頭長がそれよりも長くなるに



第3図 波頭長—50%放電々圧特性

従って下降し50 μ S 付近で最低となり，また徐々に上昇していくような特性である。この実験で行なった緩波頭波電圧で最も高いフラッシュオーバー電圧値を示した500 μ S 波は70 μ S 波のそれよりも約6% 程上昇している。またこのギャップ長における50 Hz 商用周波電圧のフラッシュオーバー電圧（波高値）は115Kvであった。したがって緩波頭波は50 Hz よりも低下したフラッシュオーバー電圧を持つと思われる。標準衝撃電圧波においては波高値付近において多くフラッシュオーバーしており緩波頭波では，波尾においてそれが行なわれている事も確認することができた。

2) 放電過程

第4～10図までPMより得られた光波形であり第11～14図はそれぞれの印加電圧波形を示す。第15～17図は140 μ S 波の電圧を97 Kv, 102 Kv, 107 Kvに変化させた時のギャップ状態を表わしたものである。

a) 標準衝撃電圧波の場合

電圧印加後1～2 μ S 程でフラッシュオーバーが行なわれている。フラッシュオーバー前の光パルスは細かい規則的なものである。フラッシュオーバーしない場合においても変化はなく，電圧が減衰する時に数度のパルスを発生している。

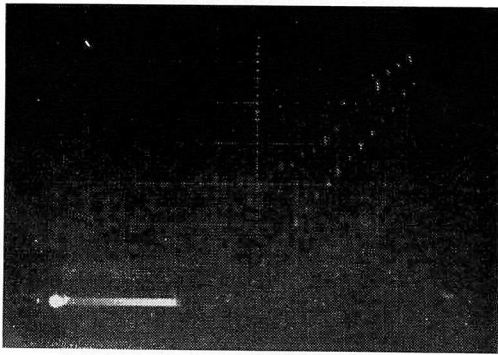
b) 70×1000 μ S 波の場合

電圧印加後7～8 μ S で針電極より発生したと思われる光パルスが15～25 μ S 程持続しその後光を増して段階的に3～4回繰返し，0.5 μ S 程の細い規則的な光パルスを何度も発生させてフラッシュオーバーに至っている。

c) 150×2000 μ S 波の場合

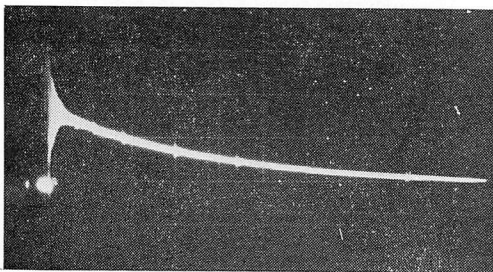
70 μ S 波と同様に始めは持続性のある光パルスが3～5回発生し，その後4 μ S 程の光が強いパルスが10～15回発生してフラッシュオーバーに至っている。70 μ S

波と全く異なる点は3～5回段階的に発生するパルスの持続している間に数度の小さな光パルスが発生していることである。フラッシュオーバーしない場合も同じような光パルスを発生した後、減衰していく。



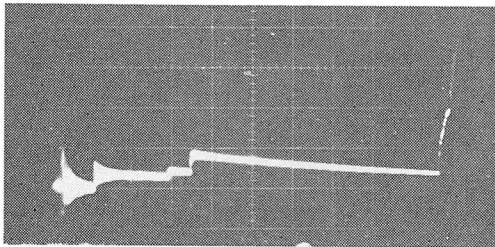
第 4 図

1×40 μ s 波 0.5 μ s/cm 132KV



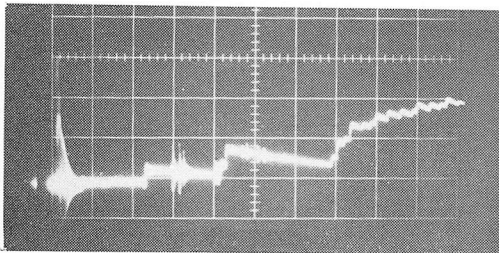
第 5 図

1×40 μ s 波 20 μ s/cm 113KV



第 6 図

70×1000 μ s 波 10 μ s/cm 119KV

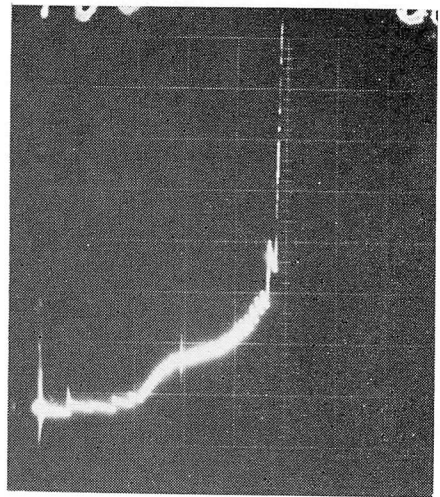


第 7 図

150×2000 μ s 波 20 μ s/cm 112KV

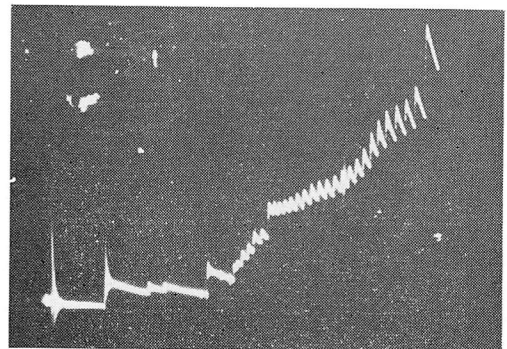
d) 500×3000 μ s 波の場合

150 μ s 波と非常に似ている光波形である。フラッシュオーバー前の小さなパルスは数を増し光度も急激に上がっている。このパルスはフラッシュオーバー前のリーダが増光しながら伸展していくものによると思われる。フラッシュオーバーしない場合は150 μ s波と 同 じ よ う な 減 衰 を し て い く。



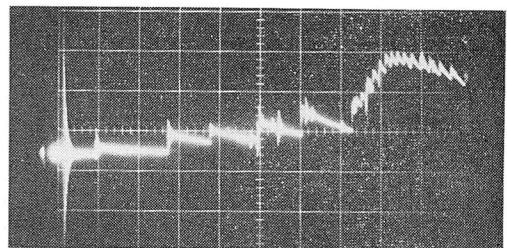
第 8 図

500×3000 μ s 波 50 μ s/cm 121KV



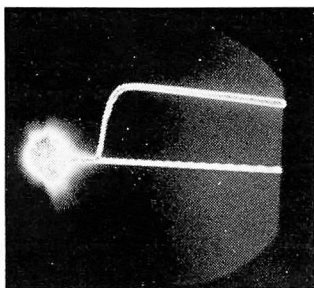
第 9 図

500×3000 μ s 波 50 μ s/cm 105KV

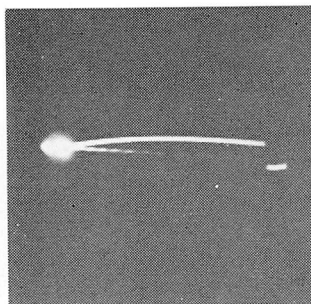


第 10 図

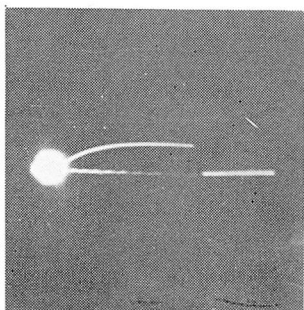
500×3000 μ s 波 50 μ s/cm 105KV



第 11 図
1 × 40 μ s 波 132KV



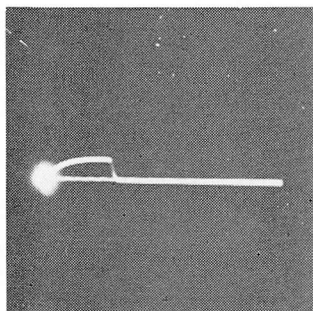
第 14 図
500 × 3000 μ s 波 121KV



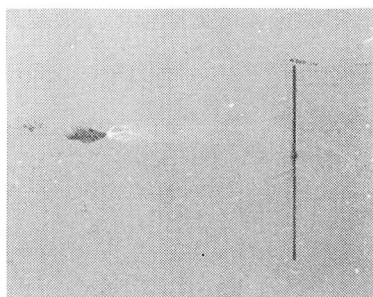
第 12 図
70 × 1000 μ s 波 119KV



第 15 図
150 × 2000 μ s 波 97KV



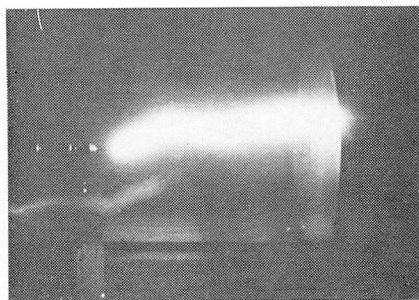
第 13 図
150 × 2000 μ s 波 112KV



第 16 図
150 × 2000 μ s 波 102KV

Ⅳ．考 察

針対平板 20cm ギャップにおいて、波頭長対50%フラッシュオーバー電圧特性にわずかではあるがV形特性の傾向が出ている。今までの文献によると棒対平板電極において 40cm ギャップ以上でV形特性が確認されている。この実験での 20cm ギャップでこの傾向が現われた理由として考えられることは、針と平板という極端な不平等電極を使用し、針電極も第2図のように細い物であったことによると思われる。一般にこのV形



第 17 図
150 × 2000 μ s 波 107KV

特性の理由として、ある波頭長を持つ緩波頭波電圧印加時に発生する間欠のコロナストリーマによると言われている。この間欠のコロナストリーマはギャップ中から伸展し3～4回繰返しその間に二次的な小さなコロナストリーマも発生、その後リーダが徐々に伸展しギャップを橋絡後フラッシュオーバに至ると言われている。本実験においても標準衝撃電圧波では観測されなかった間欠のコロナストリーマからの光と思われるものが各緩波頭波電圧に見られた。始めの持続性のある光パルス、またこのパルスとパルスの間に小さいパルスが出て来ているのは、それぞれ間欠的な一次コロナストリーマと二次コロナストリーマの光と思われる。この持続性のパルスの後に小さな数度のパルスが出ているのは、リーダが伸展するたびに光を増すことによる光パルスと思われその後フラッシュオーバに至っている。この光パルスがそれぞれのコロナストリーマに対応するものとするならば次のような事が言えると思われる。70 μ s波では3～4回の間欠のコロナストリーマが現われその後急激にリーダが展しフラッシュオーバに至る。また150 μ s、500 μ s波については4～5回間欠的な一次コロナストリーマが現われその間に二次コロナストリーマが、その後比較的ゆっくりリーダが伸展してギャップを橋絡しフラッシュオーバに至ると思

われる。70 μ s波と150 μ s以上の波形とではリーダの伸展速度が異なりこれがV形特性に何らかの関係があるのではないかと思われる。

V. む す び

本実験での光波形を裏付けるデータがないので明確に確認することができなかった。放電機構を論ずる場合どうしても高速度カメラによる写真撮影が必要になってくる。本校においては設備不十分のため実験を行なうことが出来ないがこれからもこの研究を続けていくつもりである。最後に本実験に協力していただいた苫高専電気科技官石川貞夫君に深謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 原田・瀬田・鈴木・青島・相原
正極性緩波頭波電圧による気中ギャップの放電現象
- (2) 和田 電気学会誌 VOL 89—8 (昭和44年)
- (3) 和田 電気学会誌 VOL 90—3 (昭和45年)
- (4) 原田・石橋・中野 高電圧工学 (オーム社)
- (5) 伊藤・下妻・坂本 電気四学会, 道支部大会
1—2 (昭和42年)

(昭和46年1月9日受理)

