空気および SF_6 ガス中短ギャップ放電波形と放射電磁波

正員 荒井 健次 (神戸大)

正員 許 国 祥 (神戸大)

正員 杉 本 修 (関西電力)

1. ま え が き

電力系統の信頼性を向上させるために、ガス絶縁変電所の運転状態を常時監視する予測保全システムの開発が既に各方面で試みられている^{(1)~(3)}。また、GIS内部の微弱放電に伴う放射電磁波を外部アンテナで捕え、測定波形の周波数スペクトル分布を高速フーリエ変換により導出して事故を予知しようとする研究も報告されている^{(4)~(6)}。そこで、これらに関する基礎的研究として、大気中および SF_6 ガス中の短ギャップ放電現象の開始電圧やその電離指数値、放電電流波形やそれに伴う放射電磁波のスペクトル分布などを調べ^{(6)~(7)}、また短ギャップ放電の放射電磁波の特徴が、背後雑音レベルの高い EHV 変電所構内でも捕えられるかどうかを調べる実験などを行い、数十 nC の放電電荷量を示す短ギャップ火花形放電においては 200 MHz~1 GHz の高い周波数領域における放電検出が有効であることを見いだした⁽⁸⁾。しかし各種センサの出力信号と、GIS 容器内部で生じている放電現象との関係は非常に複雑で、まだ十分には把握されていないと思われる。そこで、放電電流波形を広帯域オシロスコープで観測し、またその際の放射電磁波の周波数スペクトル分布を調べ、単一電子なだれモデルの試算、測定スペクトル分布のデジタル処理などを行ったので結果を報告する。

2. 実験装置と方法

図 1 に実験装置および測定回路を示す。用いたガス

Micro-Gap Discharge Waveshapes and Radiated Electromagnetic Waves in Atmospheric Air and Sulphur Hexafluoride Gas. By Kenji Arai, Member, Xu Guoxiang, Member (Kobe University) & Osamu Sugimoto, Member (Kansai Electric Power Co., Inc.).

荒井健次: 正員, 神戸大学

許 国 祥: 正員, 神戸大学

杉 本 修: 正員, 関西電力(株)

容器の寸法は直径 85 cm, 長さ 180 cm で、直径 12 cm のアクリル板観測窓を備えている。直流または交流高電圧は 16 M Ω の高抵抗を通して平板電極に印加した。測定系の漂遊静電容量を減少させ、測定可能周波数上限値を 1 GHz 以上に高めるため、棒電極側に銅円筒内に配置した 50 Ω の検出抵抗を接続した。この抵抗端子間に生じる放電電流波形は DC~1 GHz 広帯域オシロスコープ (Tektronix 7104 型) を用いて写真撮影した。ガス容器の外部に設置したアンテナの出力は直接、または 5~1,000 MHz の広帯域アンプを通して、スペクトラムアナライザ (10 kHz~3.5 GHz Advantest TR-4131 型) に入力し、放射電磁波の周波数スペクトル分布を測定した。なお、スペクトル分布はパーソナルコンピュータ (PC-9801; NEC) を用いて、使用したアンテナのアンテナ係数により補正した後、X-Y プロッタで描かせた。今回、主に使用したアンテナは EMCO 3104 型 (20~200 MHz) および Schwarzbeck 9107 型 (0.3~1 GHz) である。

実験に用いた電極系は図 2 のようにステンレス鋼製 76 mm ϕ 円板対棒電極より構成し、種々のギャップの長さ G について実験を行った。棒電極としては、直

図 1 実験装置

Fig. 1. Experimental equipment.

図 2 放電電極

Fig. 2. Discharge electrode.

径 1.6 mmφ で先端は半球状 (S-rod) と円すい状 (C-rod) のものを用いた。接地側の 170 mmφ 黄銅円板は、棒対平板電極系の電界分布計算を容易にするためと、放電現象に影響を及ぼす電極間漂遊静容量値の調整を容易にするために配置した。

このような電極系におけるアンテナの出力電圧発生機構の概略は次のように説明できる。すなわち、図 2 に示した漂遊静容量の合成値 $C_0 (=C_0' + C_0'' + C_0''')$ は高抵抗 R_0 を通して充電され、その蓄積電荷 q_0 による電位 (q_0/C_0) が上昇して、ギャップ G の放電開始値に達した時点で放電が生じ、各部の電荷が流れて棒電極の電流 $i(t)$ を形成する。放電による電荷減少に基づく C_0 の電位低下で一連の放電過程は終了し、 $i(t)$ は零となって再び時定数 $R_0 C_0$ による充電過程に入り、次の放電過程が繰返される。従って、放電電流

図 3 放電開始電圧対気圧特性

Fig. 3. Characteristics of discharge inception voltage vs. pressure.

パルスが一定時間間隔ごとに棒電極 (アンテナ) に流れる。この結果、棒電極からの伝搬距離による減衰および金属容器の遮へい効果による減衰を受けた後の放射電磁波が受信アンテナで捕えられる。

3. 実験結果

〈3・1〉 放電開始電圧 図 3 に先端半球 (S-rod) および先端円すい (C-rod) 棒電極における放電開始電圧の気圧変化特性⁽⁶⁾を示す。S-rod の先端曲率半径が 0.8 mm であるために、ギャップ $G=0.11$ mm の場合、中心軸上の電界分布は平等に近いといえる。従って、放電開始電圧 V_i は棒電極への印加電圧極性にかかわらずほぼ同じ値となる。この V_i は圧力 P に対し直線的に変化しており、各 P における V_i に対応するところの棒電極中心軸上電離指数 ($\int (\alpha - \eta) dx$) を計算すると、約 13 一定で P 変化には依存しない⁽⁶⁾。しかし、C-rod の場合では、0.14 mm ギャップにおいても V_i の P 変化は直線ではなく、また棒側電圧が正極性の場合、負極性の場合より V_i が高いという極性効果が現れる。また、その V_i 値は S-rod, 0.11 mm ギャップの場合に比べばらつき幅が広い。これは C-rod の先端曲率半径が 0.12 mm であるため、S-rod に比べて電極間中心軸上電界分布の不平等性が強く、火花放電開始前の電離現象により生じた空間電荷が見掛け上の放電開始電圧 V_i を上昇させ、また印加電圧

Fig. 4	(a)	(b)	(c)	(d)
Voltage (kV)	7.17	3.78	4.32	2.26
Current (A/div)	2.0	0.8	2.0	0.8
Time (ns/div)	0.5	1.0	1.0	1.0
I_p (A)	8.3	5.2	9.5	3.4
T_r (ns)	1.1	2.4	2.3	2.9
T_t (ns)	2.1	4.3	3.9	5.1

図 4 火花形の放電電流波形 ($G=0.5$ mm, 1 気圧)

Fig. 4. Spark-type discharge current wave shapes ($G=0.5$ mm, 1 atm).

上昇速度の変動の影響で空間電荷の集積度や密度分布に相違が生じることにより V_i 値の大きなばらつきが現れたものと推定される。なお、ギャップの長さ 1.02 mm においては明確にコロナ放電の開始が観測され、印加電圧をより上昇させると火花放電の開始が観測される。この場合は、コロナ、火花いずれの放電開始電圧にも顕著な極性差が生じている。

〈3・2〉 放電電流波形 検出抵抗 50 Ω の端子間電圧として観測した放電電流波形例を図 4、図 5 に示す。

図 4 は気圧 1 atm における短ギャップ放電波形例であり、これらの電流波高値 I_p は 3~9 A、波頭長 T_f は 3 ns 以下である。空気の場合に比べ SF₆ ガスの場合は I_p は大きく、 T_f および波尾長 T_r はいずれも短くなっている。これらの傾向は、空気より SF₆ ガスの電子付着係数が大きいこと、および放電開始電圧値が高いことなどに関連していると考えられる。こ

の実験で用いた 16 M Ω の充電抵抗と放電電極間の漂遊静電容量 (数 pF) で決まる充電時定数は 10 μ s 程度である。一方、放電波形の時間幅は充電時定数よりはるかに短いため、これらの放電は電極間の漂遊静電容量に蓄積された電荷の放電と考えられる。以後、この種の放電を火花形と称す。これらの火花形放電における放電電荷量は数十 nC であるが、その大きさは放電電極のもつ静電容量と放電瞬時の電極間電圧に依存する。

一方、C-rod または S-rod 長ギャップのような電界分布不平等性の強い電極系の場合では、放電発生時の電子なだれ継続が空間電荷による抑制作用を顕著に受けるため、放電終止に至るまでの放電電荷総量は電極系の静電帯電電荷量よりもかなり小さくなる。このような電流波形として C-rod、 $G=5$ mm の場合の例を図 5 に示す。同図の左の列は放電開始付近の電圧印加時、右の列は火花開始に近い電圧印加時の波形であ

図 5 コロナ形の放電電流波形 (C-rod, $G=5$ mm)

Fig. 5. Corona-type discharge current wave shapes (C-rod, $G=5$ mm).

図 6 電流波高値対印加電圧特性

Fig. 6. Characteristics of current peak value vs. applied voltage.

る。空気中負の場合 (a1), (a2) 図の T_r は 2~4 ns, T_f は 20 ns 程度であり、波高値 I_p は印加電圧上昇に対し少し低下している。一方、SF₆ ガス中負の場合 (b1)~(d2) 図においては、 T_r は 1 ns 以下、 T_f は 2 ns 程度であり、空気の場合に比べ T_r が極度に短くなっている。これは、電子付着係数が大きいことにより電子から負イオンへ移行する時間が短く、空間電荷電界の抑制効果が早く現れるためと推定される。なお、印加電圧上昇や気圧変化などによる電流波形の顕著な変化は見られなかった。空気中正の場合、(f1), (f2) 図は負 (a1), (a2) 図に比べ波形の時間幅はかなり広く、複雑な波形が生じており波高値も大きい。印加電圧が高くなると波高値の大きい電流波形が生じるが、小さい電流波形も混在する。SF₆ ガス中正の場合 (g1)~(h2) 図、負の場合と同様に空気中より放電電流幅は極度に短くなる。なお (f1), (f2) 図は波形を重ね撮りした写真である。

これらの電流波形から導いた電流波高値と印加電圧の関係を図 6 に示す。棒側電圧負極性 (a) 図の場合、空気中では 4 kV 付近で放電が開始し、印加電圧上昇に対し波高値 I_p は低下する。SF₆ ガス中においては電圧上昇に対して I_p は増加しており、気圧の上昇に対しては I_p は低下している。正極性 (b) 図の場合は空気、SF₆ ガスいずれも I_p は電圧上昇に応じて増加する傾向を示している。

〈3.3〉放射電磁波の周波数スペクトル分布 SF₆ ガス中短ギャップ火花形放電における放射電磁波の周波数スペクトル分布測定例を図 7 に示す。火花形放電の場合、電流パルス幅が狭いため数 GHz 以上にわたる周波数成分が検出される。図の下側の曲線は放電が生じない場合の背後雑音レベル (BG) を示しており、

図 7 SF₆ ガス中放電による放射電磁波のスペクトル (S-rod, G=0.5 mm, V=7.4 kV)

Fig. 7. Frequency spectra of electromagnetic waves radiated by the discharge in SF₆ gas (S-rod, C=0.5 mm, V=7.4 kV).

BG に対する S/N 比は、20~200 MHz 帯では 20 dB 程度、300~700 MHz 帯では 30 dB 以上となっている。一方、500 kV の EHV 変電所における測定結果では BG は 200 MHz 以下でレベルが高く、周波数が高い領域では周波数上昇に応じてそのレベルは次第に低下し、250 MHz で BG は 20 dB 以下に低下している⁽⁸⁾。従って、図 7 のような数百 MHz 以上まではほとんど減衰しないスペクトル分布をもつ放射電磁波では、検出に高域の周波数を選ぶのが有利となる。なお、空気中の放電においても微小ギャップ火花放電の放射電磁波は図 7 と類似のスペクトル分布を示す。

一方、コロナ形の場合では放電電荷量は数~数百 pC で微弱な放電のため、その放射電磁波のレベルは火花形放電の場合に比較して 20 dB 程度低い。図 8 に、コロナ放電が生じている場合について観測した放射電磁波の周波数スペクトル分布 (30~60 s max hold 値) 例を示す。測定周波数範囲は 20~200 MHz と 100~1,000 MHz の二種であるが、いずれもアンテナ係数補正はしていない。図 8 (a) の背後雑音に見られる線スペクトルの多くは、-5 kV 印加時の空気 (b) 図の場合、-30 kV 印加時の 2 気圧 SF₆ ガス (c) 図の場合などにおいても見られ、これらは放送波や通信電波成分と思われる。一方、(b) 図や (c) 図の場合と (a) 図との相違点は 60 MHz 付近に見られるようであり、これが負コロナ放電に伴うスペクトル成

 図 8 -C-rod ($G=5\text{ mm}$) 放射電磁波周波数スペクトル分布

 Fig. 8. Frequency spectra of radiated electromagnetic waves (-C-rod, $G=5\text{ mm}$).

分と推定できる。図 5 (b1)～(d2) のような SF₆ ガス中放電波形の時間幅からは 200～300 MHz 付近のスペクトル成分が存在すると推測できるが、(b)、(c) 図いずれも 80 MHz 以上の周波数領域では BG を上回るような放電スペクトル成分は見いだせない。印加電圧を上昇するとコロナ形放電から火花形放電に移行し、図 4 のような放電電流波形を生じる。この場合、図 8 (d) のように広い周波数帯域にわたって BG (a) 図を上回るスペクトル分布となり、この曲線をアンテナ係数で補正すれば図 7 のような平坦な分布形となる。

4. 実験結果の検討

<4.1> 単一電子なだれ 図 5 のような放電電流波形から波尾長 T_t を測定した結果を図 9 に示す。SF₆ ガス中と空気中とのコロナ放電波形の顕著な相違はこの波尾長 T_t にある。正極性、負極性いずれも T_t の値は空気の場合に比べ SF₆ ガスにおいてはかなり小さい。この原因を検討するため、負極性の C-rod 先端から出発する 1 個の電子による単一なだれ過程を試算した。

図 2 の電極配置における C-rod 中心軸上ギャップの電界分布 E_n は次式で表され、C-rod 先端からの軸上距離 x (mm) における電界値 E (kV/cm) は、 $E_n(V/G)$ [V : 印加電圧 (kV), G : ギャップの長さ (cm)] で与えられる⁽¹⁰⁾。

$$E_n = (1 + HX^K) \exp(D - 0.74957 \log X) \quad (1)$$

ここで、 $X = x/R$ (R : rod 半径 mm) であり、C-rod, $G=0.5\text{ cm}$ の場合、 $H=0.1$, $K=1.35$, $D=-0.217$ である。

空気および SF₆ ガスの各 E/p 領域における電離係数 (α) および電子付着係数 (η) は文献 (11)～(13) から引用した。

これらの計算には、印加電圧としてコロナ放電開始付近の値を用いた。初期電子なだれの進行距離 x に対するなだれ先端の電子数 n 、正および負イオンの生成率 dn_+/dx , dn_-/dx , 電界強度 E , 実効電離係数 α_{eff} などの計算例を図 10 に示す。

空気 1 atm の場合、(a) 図では $x=0.028\text{ mm}$ 付近で dn_+/dx 値が最大になり、 $x=0.13\text{ mm}$ 付近で n および負イオン密度 dn_-/dx が最大になっている。

図 9 電流波形波尾長対印加電圧特性 (C -rod, $G=5$ mm)

Fig. 9. Characteristics of tail time of discharge current wave-shape vs. applied voltage (C -rod, $G=5$ mm).

α_{eff} が負値となる $x > 0.13$ では附着効果により n_e は x 増加に対しゆっくりと減少している。一方, SF_6 ガス 1 atm 図 10(b) の場合では $x=0.045$ mm 付近で dn_+/dx が最大となり, $x=0.050$ mm 付近で n_e , dn_-/dx いずれも最大となっている。これらの x 値は空気の場合より小さく, その n_e および dn_-/dx の値 3×10^8 , 2×10^{11} , は空気の 3×10^3 , 2×10^4 よりはるかに大きい。また, 最大点よりの x の増加に対する dn_-/dx および n_e の低下は, 空気の場合よりはるかに急激である。 SF_6 ガスの気圧が上昇すると, 図 10(c), (d) のように, これらの傾向は更に強くなっている。また, なだれ進展時間を見ると, 空気の場合は負イオン発生密度 (dn_-/dx) 最大点までは 0.46 ns, 電子数 n_e 最大点までは 0.64 ns であるのに対し, SF_6 ガスの場合はいずれの値も, 1 atm では 0.15 ns, 2 atm では 0.11 ns, 3 atm では 0.09 ns, 4 atm では 0.08 ns であり, 空気の場合より短い。

すなわち, SF_6 ガス中においては, 電子なだれのトリガ電子が発生してから 0.15 ns 以下の時間で 0.05 mm 以下の x の位置に 10^{11} 個/cm 以上の高密度で負イオンが発生するのにに対し, 空気中では 0.46 ns 要して 0.10 mm 離れた点に 10^4 個/cm 程度の負イオンを生じるに過ぎない。この発生密度の相違から考えて,

図 10 単一電子なだれ軸上分布 ($-C$ -rod, $G=5$ mm)

Fig. 10. Distribution of single electron avalanche along the electrode axis ($-C$ -rod, $G=5$ mm).

SF_6 ではわずかな回数の電子なだれ繰返しによって, 一連の多重なだれ継続を抑制するのに十分な密度の負イオン雲が発生するのにに対し, 一回のなだれにおける負イオン発生率が SF_6 よりも 10^6 オード低い空気の場合では, SF_6 ガス中の場合よりもはるかに数多い多重電子なだれの繰返しによって, 初めて放電の抑制を可能にする負イオン雲が形成されると考えられる。従って, 図 9 のようにコロナパルスの T_t が SF_6 ガス中では 4 ns 以下であるのに対し, 空気中では 12 ns 以上の長さになっているといえる。

〈4.2〉 コロナパルスのスペクトル分布 一定時間間隔 T で規則正しく繰返す電流パルス列のパワースペクトル $\Phi(\omega)$ は, 基本角周波数 ω_0 の整数倍の線スペクトル列となり次式で与えられる。

$$\Phi(\omega) = 2\omega_0^2 |\Psi(\omega)|^2 \sum_{n=0}^{\infty} \delta(\omega - n\omega_0) \dots (2)$$

ただし,

$$\Psi(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} i(t) \exp(-j\omega t) dt \dots (3)$$

ここで, $i(t)$: 1 個の電流パルス波形, $\omega_0 = 2\pi/T$, δ : デルタ関数

ここで, 図 11(a) のような SF_6 ガス中正コロナ放電電流波形 (2 atm, +20 kV) を次のような近似式で

 図 11 計算した周波数
スペクトル分布

 Fig. 11. Calculated frequency
spectrum distribution.

模擬し、時間間隔 T で規則正しく繰返して発生していると仮定すると、 $\Phi(\omega)$ は(5)式となる⁽⁹⁾。

$$i(t) = I \{1 - \cos(Ct)\} / 2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 $C = 2\pi/t_1$

$$\begin{aligned} \Phi(\omega) = & \frac{\omega_0^2 I^2}{4\pi^2} \left\{ \frac{C^2}{\omega(C^2 - \omega^2)} \right\}^2 \left\{ 1 - \cos\left(\frac{2\pi\omega}{C}\right) \right\} \\ & \times \sum_{n=0}^{\infty} \delta(\omega - n\omega_0) \quad \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

ここで、 I : 電流波高値、 t_1 : パルス幅

また、(4)式の微分波形についてのパワースペクトルは(5)式を ω^2 倍したものとなる。

いま、図 11(a)の放電パルス[(4)式との対応より $t_1 = 2.75$ ns] が 400 ns の間隔で繰返し現れると仮定し、その電流の微分波形についてスペクトル分布を求めると図 11(b)となる。また短ギャップ火花放電の場合の例として図 4(c)の場合について見ると、 $t_1 = 4.6$ ns で近似できる。その場合の分布を図 11(c)に示す。周期的なレベル変化は ω_0 と C 値との相対値で決まる。実際の放電時では、周期 T およびパルス幅が時間的に変化動揺するため、実測値との比較対応を考える場合では、破線のようなスペクトル分布の包絡線について見ればよいと思われる。周波数の低域から 1 GHz までのレベル減衰量は、(b)図では 20 dB 程

 図 12 平均放電雑音レベル対印加電圧特性 (C -rod, $G=5$ mm)

 Fig. 12. Characteristics of arithmetic mean discharge noise
level vs. applied voltage (C -rod, $G=5$ mm).

度、(c)図では 30 dB 程度となっている。コロナ放電による放射電磁波は放電電荷量が小さいため、明確には捕えられない(図 8(c))。しかし、図 11(b)のようにスペクトラムの減衰は火花形の場合よりむしろ少ないため、もし BG レベルが十分に低い場合は、図 7 の火花形のスペクトル分布実測例と同様に、スペクトル成分は 1 GHz 以上の高域まで伸びている様子が観測できるものと推定される。ただし、空気中のコロナ放電では図 9 のように T_1 が SF₆ の場合よりもはるかに長いため、周波数上昇に対するスペクトルレベルの減衰は大きい。このことは、送電線コロナによるラジオ雑音障害が 1 MHz 以下の中波帯では問題になるが、数十 MHz の短波帯では無視できるとの従来の研究結果に対応している。

〈4.3〉 スペクトル分布のデジタル処理 火花形放電の場合では、数百 MHz 以上の周波数帯における放射電磁波レベルは図 7 のように背後雑音 (BG) レベルよりもかなり高く、放電検出は比較的容易である。しかし、コロナ形放電の場合は図 8 で見られるように放電有無の判定はそれほど容易ではない。

そこで、 C -rod のギャップ 5 mm における測定値を平均化処理し、その測定時間に近い BG の測定値とのレベル差を求め、これらの各周波数のスペクトルレベルを測定周波数全領域にわたって相加平均した。その平均レベル値の印加電圧に対する変化を図 12 に示す。

正極性(a), (b)図ではわずかの例外を除き, 明らかに印加電圧上昇に応じて平均レベルは上昇し, コロナ放電パルス波高値 I_p の V に対する変化を示したところの図 6 (b)に対応した信号レベルの変化が読み取れる。しかし, 図 12 の負極性(c), (d)では, 200 MHz 帯における SF_6 2 atm の場合以外は放電検出用としてあまり有効なデータとはなっていない。そこで, BG の時間変動の影響があると思われる周波数部分 (100 MHz 以下と, 700 MHz 以上) のデータを除いて平均値を求めた結果を図示すると, 図 6 (a)の I_p - V 特性に近くなり, 図 8 (b), (c)の生のスペクトル分布測定値よりは, 放電有無の判定が容易になっているといえる。すなわち, 背後雑音の変動特性を捕えることができれば, それに対応した測定値のデータ処理を行うことにより微弱放電の検出も可能になるといえる。

5. む す び

GIS 内部の異常放電診断に関する基礎的現象を明らかにするため, 直流電圧印加時の大気中および SF_6 ガス中の棒対平板電極系短ギャップにおける放電電流波形を広帯域オシロスコープで測定し, またその際に生じる放射電磁波の周波数スペクトル分布を調べた。その結果, 次のことが明らかになった。

(1) 火花形放電を生じる微小ギャップ条件では, 数 ns のパルス幅, 数 A の波高値をもつ放電電流波形が観測され, それに伴う放射電磁波は 1 GHz 以上の広い周波数領域にわたり比較的レベルの高いスペクトル成分をもつため, 放電検出は容易である。

一方, 不平等性の強い電界分布を形成する鋭い先端形状をもつ棒電極系では, パルス波高値が数 mA 以下の微弱なコロナ形放電が生じるが, その放電検出は比較的困難である。

(2) SF_6 ガス中と空気中のコロナ放電電流波形は顕著に異なり, 波尾長が空気中では 10~100 ns であるのに対し SF_6 ガス中では極度に短く 2 ns 程度である。

(3) 単一電子なだれモデルについての試算を行った結果, SF_6 ガス中では負針のごく近傍に密度の高い負イオン雲がトリガ電子発生後 1 ns 以内の短時間で生じるのに対し, 空気中ではより遠い点に SF_6 の場合に比べ 10^4 分の 1 の密度の低い負イオン雲が生じることが判明した。従って SF_6 の場合では, 放電抑制効果を十分にもつ負イオン雲が生じるための電子なだれ繰返しが, 空気の場合よりはるかに少ないため, 放

電電流波形の波尾長が極度に短くなるといえる。

(4) 放射電磁波のスペクトル分布測定値と背後雑音のスペクトル分布測定値を用いたデジタル処理により, 放電電荷量数十 pC 程度の正コロナ放電発生の検出が可能であることを見いだした。一方, 負コロナ放電の検出は背後雑音の影響を比較的強く受けるため困難であるが, 適切なデータ処理を施すことによりある程度の検出は可能となることを見いだした。

この研究の一部は昭和 62, 63 年度文部省科学研究費補助金により実施している。

最後に関西電力総合技術研究所 齋川康二氏, 寒川洋二氏, および実験に御援助いただいた方々, ならびにデータ処理や結果の検討などに御協力いただいた神戸大学工学部 藤岡伸宏講師, 中本 聡技官, および学生諸氏に心から感謝いたします。

(昭和 63 年 7 月 25 日受付, 同 63 年 11 月 9 日再受付)

文 献

- (1) 別井・片山・吉川・朝倉:「GIS 事故点検定装置の開発」, 昭 62 電気関係学会関西支部連大, G3-25
- (2) 前田・川越・奥相・小林・広葉・加藤・八代:「GIS 内部診断装置の長期フィールド試験」, 昭 62 同上, G3-26
- (3) 鈴木・森下・佐野・藤井・梶原:「ガス絶縁開閉装置の予測保全システム」, 昭 62 電気学会全大, 1325
- (4) 松村・樋口・北野・中西:「放射電界による機器異常検出法」, 電気学会高電圧研資, HV 83-52 (昭 58)
- (5) T. Higuchi & O. Sugimoto: "Detection of Internal Fault of Equipment by Electromagnetic Radiation Measurement", 5th International Symposium on High Voltage Engineering (5th-ISH), Braunschweig, 12.07 (1987)
- (6) 荒井・藤岡・角田・寒川・樋口・北原:「 SF_6 ガス中の放電電流波形および放射電磁波の周波数解析」, 電子通信学会環境電磁工学研資, EMCJ 86-19 (昭 61)
- (7) 荒井・藤岡・寺野・角田・寒川・樋口・山田:「 SF_6 ガス中のマイクロギャップ放電と放射電磁波」, 電気学会高電圧研資, HV 86-73 (昭 61)
- (8) K. Arai, N. Fujioka, G. Xu, O. Sugimoto, Y. Yamada & Y. Samukawa: "Frequency Spectrum of Micro-Gap Discharge Pulses in SF_6 Gas", 5th-ISH, 12.09 (1987)
- (9) K. Arai, W. Janischewskyj & N. Miguchi: "Micro-Gap discharge Phenomena and Television Interference", *IEEE Trans. Power Apparatus Syst.*, PAS-104, 221 (1985)
- (10) K. Arai & W. Janischewskyj: "Short-Gap Discharge as Sources of Television Interference", *Proc. of the 1984 Japan-US Science Seminar on Electric Field and Space Charge*, p. 284 (1984)
- (11) S. Badaloni & I. Gallimberti: "Basic Data of Air Discharge", *Universita di Padova*, No. UPe-72/05 (1972)
- (12) P. S. Maruvada & W. Janischewskyj: "DC Corona on Smooth Conductors in Air", *Proc. Instn. Elect. Engrs.*, 116, 161 (1969)
- (13) R. Morrow: "A Survey of the Electron and Ion Transport Properties of SF_6 ", *IEEE Trans. Plasma Sci.*, PS-14, 234 (1986)