

# 懸垂碍子の等価回路

北村 岩雄, 沢田 慎一, 山崎登志成,  
高橋 隆一, 池田 長康

## 1. まえがき

生活の向上と経済活動の拡大により、大消費地への送電容量はますます増加せざるを得ない状況になって来ている。このため、送電途中での損失を低減することが必要となり、より高電圧の送電が不可欠となっている。現在、500kVの送電がなされており、近い将来には1000kV送電も現実のものとなることが予想される。それ故、今後の懸垂碍子絶縁技術が現在のそのままの延長線上で良いのか、今一度根本から考え直す時期にさしかかっていると考えられる。特に、懸垂碍子のコンパクト化はその形状をも含めて再検討する必要があると思われる。

交流電圧による懸垂碍子の閃絡破壊について前報で報告したが、そこでは一個の懸垂碍子の等価回路による解析は十分には行わなかった。本報ではまず、懸垂碍子表面の漏洩抵抗と碍子磁器部の浮遊静電容量を組み合わせた梯子型の等価回路を考え、この漏洩抵抗と浮遊静電容量をパラメータとして、碍子表面各部に印加される電圧を中心に碍子磁器部の浮遊静電容量に印加される電圧や位相角を調べた。更に、今後の碍子の絶縁設計指針を得るため、碍子表面の漏洩抵抗と碍子磁器部の浮遊静電容量を人為的に変化させ、碍子表面各部に印加される電圧の均一化とこの電圧の制御を試みた。

## 2. 懸垂碍子の等価回路

前報の懸垂碍子の交流電圧による閃絡破壊実験の観察から、破壊以前のグロー放電による低電離プラズマが閃絡破壊に大きい役割を演じており、一個の懸垂碍子は碍子表面の漏洩抵抗だけによる抵抗分圧ではなく、碍子磁器部の分布静電容量をも考慮した梯子型の回路を等価回路として考えなければならないことが分った。ここでは図1に示すような碍子沿面の漏洩抵抗（以下これを単に漏洩抵抗と呼ぶ）と碍子の浮遊静電容量とで表す梯子型等価回路を用いて解析する。

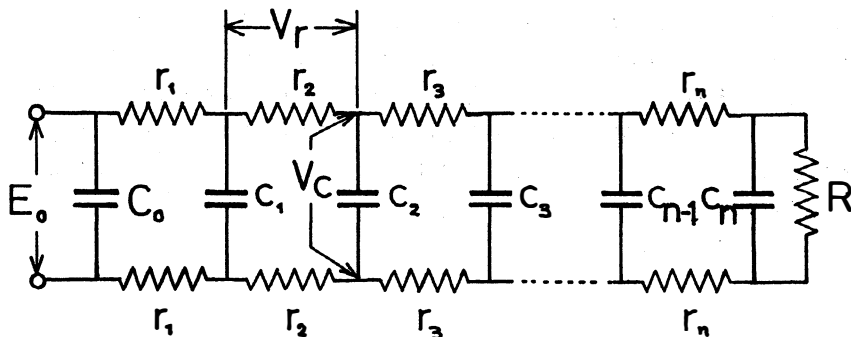


図1

懸垂碍子に交流電圧が印加されると、懸垂碍子の両金具からグロー放電によって薄い低電離プラズマが碍子表面に生成され、停留したり、流れたりすることにより、この漏洩抵抗は大きく変化すると考えられる。また、このグロー放電の先端の電位傾度が碍子の沿面門絡破壊に大きく影響すると考えられる。この等価回路では各段をつなぐ漏洩抵抗間に印加される電圧  $V_r$  がこの電位傾度に相当する。この数値計算ではこの電圧  $V_r$ 、特に、グロー放電の先端の電圧  $V_{r0}$  に注目して調べた。

まず、数値計算を行う梯子型等価回路の段数であるが、10段と20段の両方の場合について計算を行った。それぞれの場合の結果は図2に示すように、浮遊静電容量の両端電圧  $V_c$  は0.7%の範囲で一致することを確認した。それ故、我々は10段の梯子型等価回路について検討した。また、回路定数については種々の回路モデルに従って碍子表面の漏洩抵抗と碍子磁器部の浮遊静電容量をそれぞれ与え、計算を行っている。同図でそれぞれ印加電圧は  $E_0$ 、碍子連結用金具間の静電容量は  $C_0$ 、沿面門絡を起こす最後の漏洩抵抗は  $R$  とする。また、10段の梯子型等価回路を構成している漏洩抵抗  $r_i$  と浮遊静電容量  $c_i$  の添字  $i$  はそれぞれ碍子の中心から1, 2, 3, …10とする。

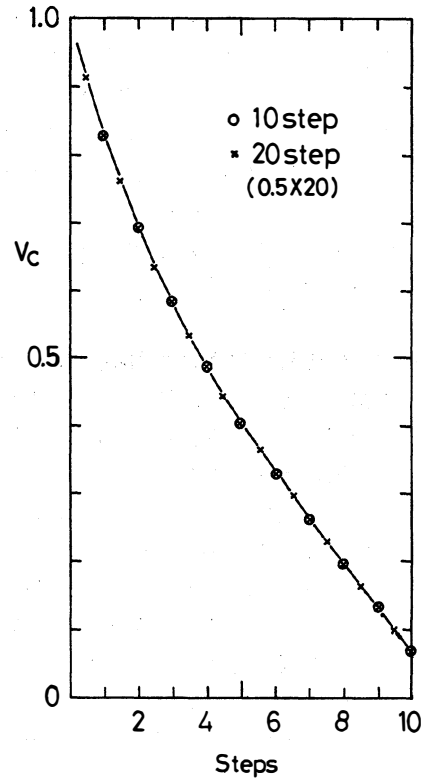


図2

### 3. 等価回路の数値計算

#### 3.1 等価回路の数値計算法

この等価回路の数値計算は図3に示すようなブロックダイアグラムに従って行った。まず、梯子型等価回路のすべての回路定数は与えられた条件に従って計算を行う。次に、この既知の回路定数を用いて、10段目の浮遊静電容量  $c_{10}$  を含めた末端の合成インピーダンス  $Z_{10}$  を数値的に求め、更に、9段目の浮遊静電容量  $c_9$  を含めた末端の合成インピーダンス  $Z_9$  を数値的に求める。この様にして1段目まですべての合成インピーダンス  $Z_{10}$ ,  $Z_9$ ,  $Z_8$ , … $Z_1$  を数値的に求めることが出来る。

また、漏洩抵抗  $r_1$  と合成インピーダンス  $Z_1$  が分っておれば、漏洩抵抗  $r_1$  に流れる電流  $i_1$  が計算され、この  $r_1$  の端子電圧  $V_{r1}$  が求められる。更に、この電流  $i_1$  と合成インピーダンス  $Z_1$  より、浮遊静電容量  $c_1$  の両端電圧  $V_1$  を求めることが出来る。同じ様にして、第2段目の  $r_2$  の端子電圧  $V_{r2}$ 、浮遊静電容量  $c_2$  の両端電圧  $V_{c2}$  を求めることが出来る。以下、同じ計算を繰り返して、各漏洩抵抗  $r_i$  の両端電圧  $V_{ri}$  と浮遊静電容量  $c_i$  の両端電

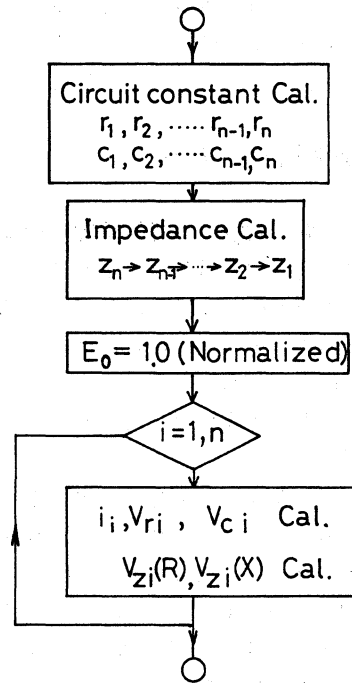


図3

圧  $V_{ci}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ ) を求めることが出来る。

また、図4に示すように、合成インピーダンス  $Z$  の抵抗分  $Z_i(R)$  とそのリアクタンス分  $Z_i(X)$  および  $2r$  のそれぞれの端子電圧を  $V_{zi}(R)$ ,  $V_{zi}(X)$ ,  $V_{ri}$  とすれば、印加電圧  $E$  と浮遊静電容量  $c_i$  の両端電圧  $V_{ci}$  の位相角は合成インピーダンス  $Z$  の抵抗分  $Z_i(R)$  とそのリアクタンス分  $Z_i(X)$  および  $2r$  の値より求めることが出来る。以下これを繰り返すことにより、前段との位相差を求めることが出来る。

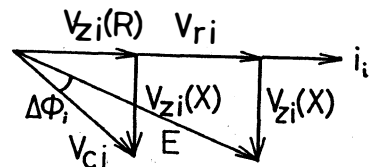


図4

### 3. 2 数値計算に用いた回路定数と回路モデル

この梯子型等価回路計算に用いた回路定数は種々のモデルに従ってそれぞれ碍子表面の漏洩抵抗、碍子磁器部の浮遊静電容量の値は異なる値を取って計算をしている。しかしながら、これらの値、特に、漏洩抵抗は埃や雨などにより、大きく変化していると考えられるが、 $1000\text{M}\Omega$  から  $10\text{M}\Omega$  の間であろうと推定される。また、浮遊静電容量は測定の結果数  $100\text{pF}$  程度であった。

従って、種々の回路モデルの基準モデルとして、1段の回路定数として、漏洩抵抗  $10\text{M}\Omega$ 、静電容量  $10\text{pF}$  を持つ様な梯子型等価回路を考えることにする。

回路モデルとして次のようなものを考えた：

- 1) 一定な回路定数を持つ梯子型回路 (1段の回路定数として、漏洩抵抗  $10\text{M}\Omega$ 、浮遊静電容量  $10\text{pF}$ ) (基準モデル回路)
- 2) 同心円板形状を考慮した梯子型回路
- 3) 一定な回路定数と同心円板形状とを混合した梯子型回路
- 4) 漏洩抵抗と浮遊静電容量の積が一定である回路定数を持つ梯子型回路 (漏洩抵抗一定割合  $\lambda_1$  変化, 浮遊静電容量一定逆割合  $\lambda_1^{-1}$  変化)
- 5) 漏洩抵抗と浮遊静電容量の積が一定割合  $\lambda_2$  で変化する回路定数を持つ梯子型回路 (漏洩抵抗一定割合  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  変化, 浮遊静電容量一定逆割合  $\lambda_1^{-1}$  変化)

## 4. 数値計算の結果

### 4. 1 各漏洩抵抗と浮遊静電容量に印加される電圧と位相角

まず、各段の浮遊静電容量  $c$  に印加される電圧  $V_c$  と各段間の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_r$  および位相角  $\Delta\phi$  を浮遊静電容量  $c_i$  と漏洩抵抗  $r_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ ) をパラメーターとして計算した。この際、1段の回路定数として、漏洩抵抗  $10\text{M}\Omega$ 、静電容量  $10\text{pF}$  を持つ一定な回路定数を持つ単純な梯子型回路を基準モデル回路とし、これと比較しながら検討を進めた。また、印加した電圧は単位電圧として規格化している。

#### a) 一定な回路定数を持つ単純な梯子型回路

この場合、インピーダンスは浮遊静電容量  $c$  と漏洩抵抗  $r$  の積の形で効くため、パラメーターは  $\text{pFM}\Omega$  の積で  $1, 10, 100, 1000$  をとっている。図5は各段間の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_r$  である。 $1\text{pFM}\Omega$  の場合は浮遊静電容量の影響は殆ど見られず、電圧は漏洩抵抗  $r$  に一様に印加されている。 $1000\text{pFM}\Omega$  と積が大きくなると、浮遊静電容量の影響により、中心より数段の漏洩抵抗で電圧を殆ど負担し、他の漏洩抵抗は全く電圧を分担していないことが分かる。これはまた、図6に示す各段の浮遊静電容量に印加される電圧  $V_c$  を見れば理解される。 $1\text{pFM}\Omega$  の場合、中心から外側の段に向かって

直線で減少しており、浮遊静電容量  $c$  の影響は殆ど見られない。沿面を漏洩抵抗で一様に分圧した値の電圧が静電容量の両端の電圧になっている。一方、 $1000\text{pFM}\Omega$  の場合は浮遊静電容量に印加される電圧  $V_c$  は急激に低下している。更に、図7に示す各段の浮遊静電容量に印加される電圧の位相差  $\Delta\phi$  を見れば、 $1\text{pFM}\Omega$  の場合は殆ど零であるが、 $1000\text{pFM}\Omega$  の場合は中心から80%まで34度の差が生じている。

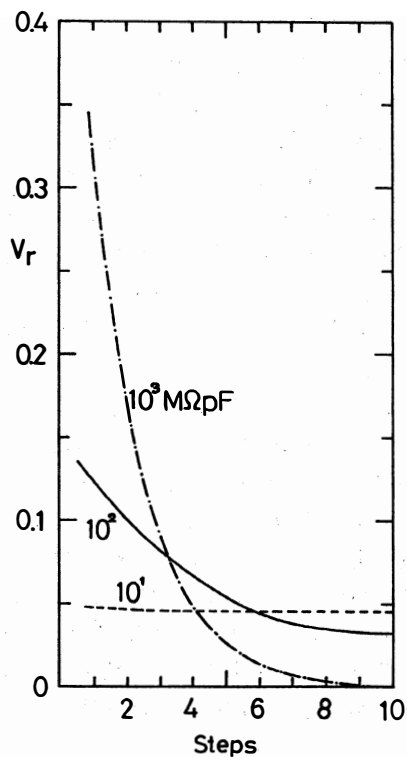


図5

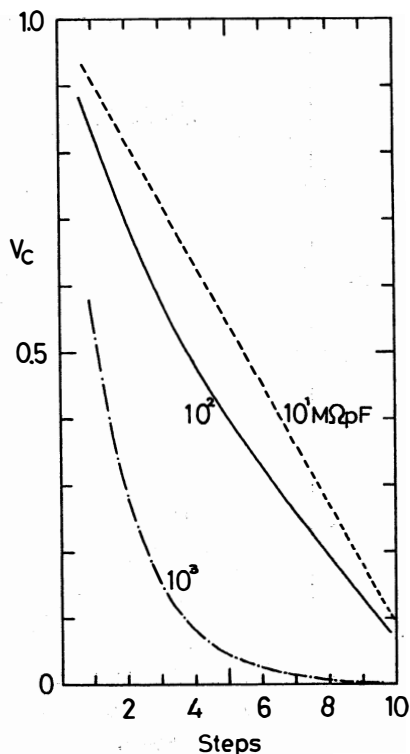


図6

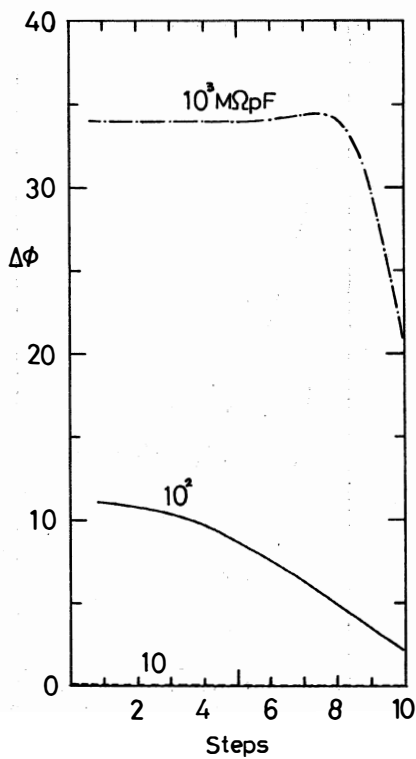


図7

b) 同心円板形状を考慮した梯子型回路

これは単純な一定な回路定数を持つ回路モデルより、実際の碍子に近い回路モデルとして同心円板形状を考慮した回路定数を持つ梯子型回路である。各浮遊静電容量は半径  $r_{ai}$  の2乗で増加し、漏洩抵抗は中心より外側の段に行くにつれ、 $\ln(r_{ai+1}/r_{ai})$  で減少するとした。第1段目の漏洩抵抗と浮遊静電容量の値は一定な回路定数を持つ基準モデル回路の場合と同様、パラメータとして  $pFM\Omega$  の積で10, 100, 1000をとっている。

図8には各段間の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_r$  を示す。1000  $pFM\Omega$  の場合はほぼ値も傾向も一定な回路定数を持つ単純な回路の時と同じであるが、これ以下の値の場合は面積が大きくなった事による浮遊静電容量の影響が出て、端に行くほど減少する傾向を持つ。図9および図10にはこの場合の各段の浮遊静電容量に印加される電圧  $V_c$  と位相差  $\Delta\phi$  をそれぞれ示す。一定な回路定数を持つ単純な回路モデルの場合とほぼ同様な傾向を持つことが分かる。

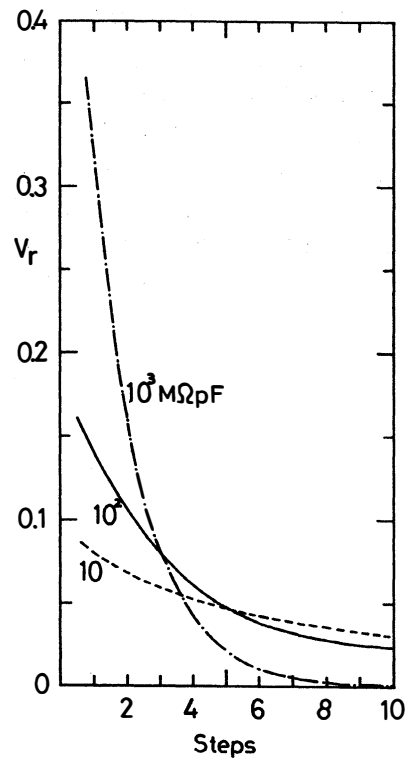


図8

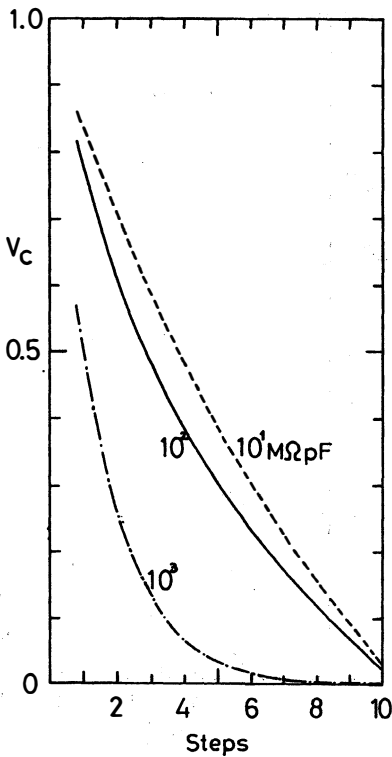


図9

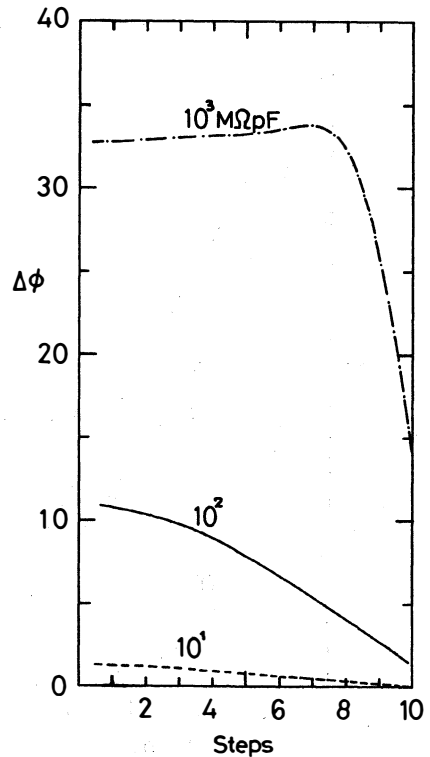


図10

以上、2つの回路モデルから、浮遊静電容量  $c$  と漏洩抵抗  $r$  の積が大きい場合、（実際には漏洩抵抗はある値よりは大きくできないため、むしろ、浮遊静電容量の値を大きくする場合であるが）回路の容量性リアクタンスが効き、交流的特性を持つ。このため、中心近傍の各段では、パラメータによって異なるが、10～30数度の位相差が生じ、各段をつなぐ漏洩抵抗には、純抵抗のみによる等価回路で生ずる電圧の2～4倍の電圧が印加されることが分かった。これが直流インパルスに比べ、交流電圧による絶縁破壊が低い電圧で起こる原因の一つと考えられる。

#### 4.2 グロー先端に印加される相当電圧 $V_{rg}$

絶縁破壊はグロープラズマが進展して起こると予想されるので、このグロー先端の電位傾度を可能な限り小さくすることが、グローの進展を押さえるのに必要であろう。これをシミュレーションするために、等価回路において、電位傾度に相当する漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg}$  を中心より一段づつこの漏洩抵抗を短絡することにより、グロープラズマの進展を模擬し、次の漏洩抵抗に印加される電圧を調べた。

100pF/MΩ の場合について、この電圧を図11に示す。図中 (a), (b) はそれぞれ単純な一定な回路定数を持つ単純な回路モデルと同心円板形状回路モデルの場合である。数値は0.02ほど異なるが、等しい傾向を持っている。6段目くらいまではグロー先端の電圧が漸減する。これは浮遊静電容量と漏洩抵抗の変化の影響でそれ以後の各段の漏洩抵抗が分担する電圧が大きくなるためと考えられる。しかし、図から分かるように、7段目以上になると、位相差も5度以下になり、純抵抗性の回路に近づくため、電圧を分担する漏洩抵抗の数も減り、この電圧が急激に増加する。

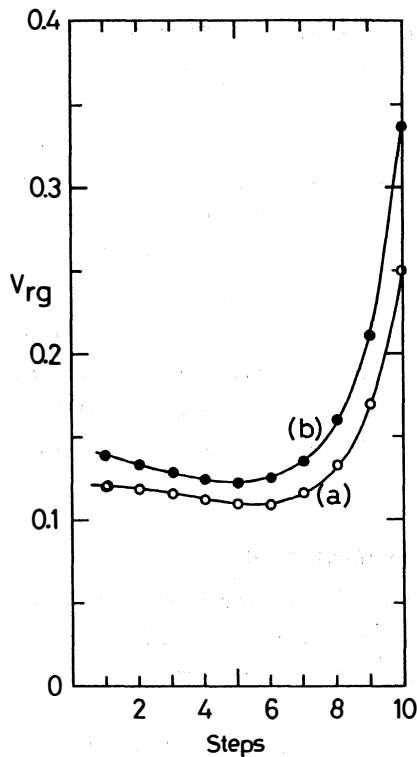


図11

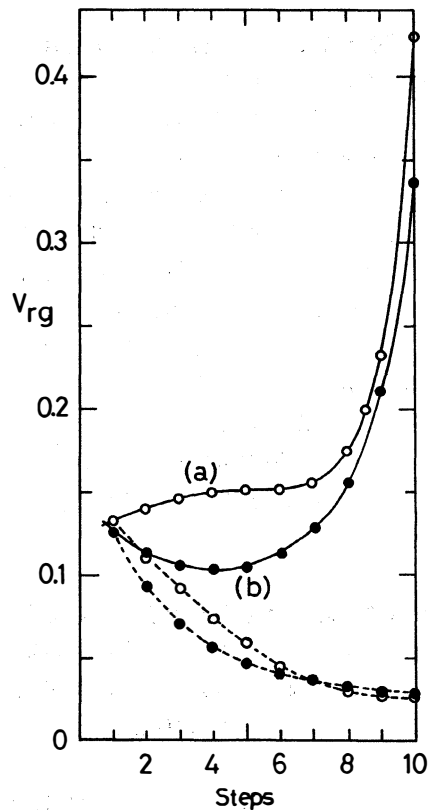


図12

## 5. 最適回路定数をもつ等価回路の探索

このような等価回路による検討から、どのような回路定数を持つ回路が最適な回路になるか探索して見る。ここで最適というのは、

- 1) 碍子表面の漏洩抵抗に印加されるすべての電位傾度は沿面門絡破電位傾度より低い電圧であり、出来るだけ表面全体にわたって電位傾度が一様であること。
- 2) グロープラズマの先端が碍子面の半分以上進展した場合にも、出来るだけすべての電位傾度は沿面門絡破電位傾度より低い値であること。
- 3) 更に、グロープラズマの先端の電位傾度の変化が負であること。

となるような状況を意味するものとする。このような条件を満たす回路定数があるであろうか、次の3つの回路モデルを考え、探索を行った。

### 5.1 最適回路定数の探索

この最適条件を満たすためには、碍子表面の漏洩抵抗を中心近くでは小さく、先端に向かって次第に大きくし、一方、浮遊静電容量には反対の傾向をもたせる。しかも、梯子型回路の各段における充放電の時定数であるこの2つの量の積を中心に近い方で大きく、先端に向かって次第に、小さくすれば、漏洩抵抗による電圧の分担が碍子表面で均等になり、門絡破壊の抑制に大きい効果を与えるのではないかと考えられる。このため、次のような人為的な回路モデルについて調べた。

#### 1) 一定回路定数と同心円板形状とを混合した梯子型回路

この回路は極めて人為的なものであるが、浮遊静電容量と漏洩抵抗の影響を調べるために、検討を行った。ここでは同心円板形状回路モデルにおいて、a) 漏洩抵抗の値を  $10M\Omega$  と一定にし、浮遊静電容量だけを先端に向かって形状と共に大きくしていった場合、b) 浮遊静電容量を  $10pF$  と一定にし、漏洩抵抗だけを先端に向かって形状と共に小さくしていく場合の2通りについて、印加電圧が中心に加えられた時、梯子型回路の各段間の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_r$  とグロープラズマが進展したとき、このグロープラズマの先端の漏洩抵抗に印加される相当電圧  $V_{rg}$  を調べた。この結果を図12に示す。a) の場合より b) の場合の方が  $V_{rg}$  が小さく、しかも、進展の初期の段階で負の勾配をもち、優れていることが分かった。また、 $V_r$  については a) の場合は先端に近づくにつれて、漏洩抵抗による電圧の分担が急激に小さくなり、b) の場合は碍子の先端近くまで、ある程度漏洩抵抗に電圧を分担させることが出来ることも分かった。これらのことから、先端に向かって、浮遊静電容量のリアクタンスに比べ、漏洩抵抗を次第に小さくする。言い換えれば、浮遊静電容量と漏洩抵抗の積が中心に近い方で大きく、先端に近づくにつれて、次第に、小さくするのが良いのではないかと考えられる。

#### 2) 漏洩抵抗と浮遊静電容量の積が一定である回路定数を持つ梯子型回路

漏洩抵抗と浮遊静電容量の積が一定な回路定数を持つ回路であるが、漏洩抵抗は一定の割合  $\lambda_1$  で変化させ、一方、この割合の逆数  $\lambda_1^{-1}$  で浮遊静電容量を変化させる場合である。なお、これ以後の計算では沿面門絡を起す最後の漏洩抵抗  $R$  は途中の漏洩抵抗と同じ  $\lambda_1$  の割合で変化させ、表と裏を考慮して2倍としている。

この梯子型回路モデルにおける種々の回路定数を評価するのに、最適条件を考慮して、グロープラズマの先端の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg}$  と最後の漏洩抵抗  $R$  に印加される電圧  $V_R$  について、最

初のグロープラズマの先端がまだ、梯子型回路の中に進展していない場合（以下、これを最初の場合と呼び、添字0を付けることにする）と6段目まで進展した場合（添字6を付けることにする）の4つの電圧  $V_{rg0}$ ,  $V_{R0}$ ,  $V_{rg6}$ ,  $V_{R6}$  に注目した。ここで、一定の割合  $\lambda_1$  を横軸に取り、たて軸にこれらの4つの電圧を取ったものを図13に示す。これから分かるように、最後の漏洩抵抗  $R$  に印加される電圧  $V_{R0}$ ,  $V_{R6}$  が共に  $\lambda_1$  の値と共にほぼ同じ勾配で直線的に増加している。このうち6段目まで進展した場合の電圧  $V_{R6}$  がかなり大きい値を取っている。また、グロープラズマの先端の漏洩抵抗に印加される電圧は両方の場合ともほぼ同じ値を取り、 $\lambda_1$  の値と共に指数関数的に減少している。これから、最適な  $\lambda_1$  の値は0.85程度ではないかと考えられる。

この最適と思われる  $\lambda_1$  の値の場合について、最初のグロープラズマの先端がまだ、梯子型回路の中に進展していない場合での各段の漏洩抵抗および静電容量に印加される電圧  $V_r$ ,  $V_c$  と位相差、また、グロープラズマが梯子型回路の中に進展した場合でのこのグロープラズマ先端の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg}$  を図16, 17および18の各図に後述の5.2の場合と共に比較して示す。

### 3) 漏洩抵抗と浮遊静電容量の積一様変化させた回路定数を持つ梯子型回路

2) の場合は漏洩抵抗と浮遊静電容量の積一定であり、漏洩抵抗は一定の割合  $\lambda_1$  で増加させ、一方、この割合の逆数  $\lambda_1^{-1}$  で浮遊静電容量を減少させた回路定数を持つ回路であったが、ここでは、漏洩抵抗だけに更に  $\lambda_2$  を掛け、単調に変化させ、2) の場合よりも更に良い回路定数を見つけることが出来ないか、 $\lambda_2$  の値を変化させて調べた。この場合、 $\lambda_1$  の値として、a)  $\lambda_1=0.85$  (2) における最適値の場合)、b)  $\lambda_1=1.15$  (2) における3電圧値が最適値よりも低い場合)の2つの値について

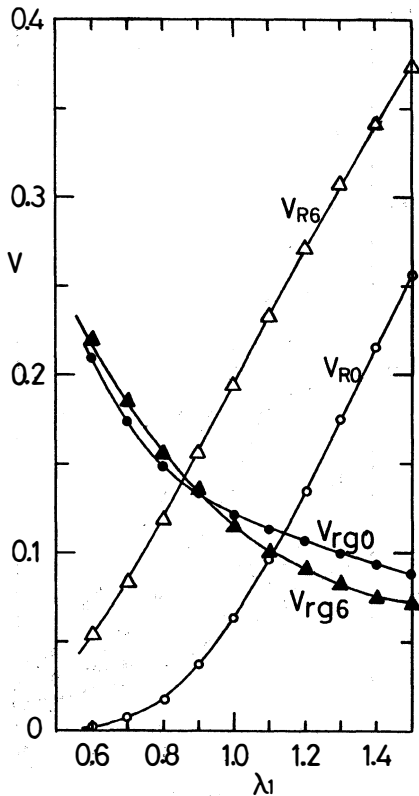


図13

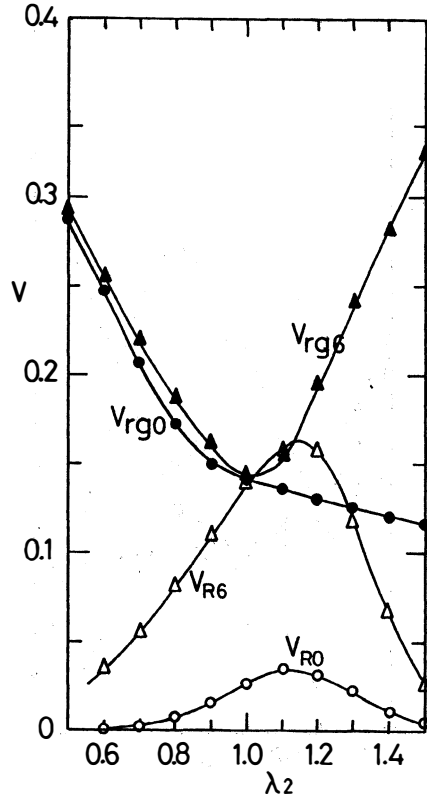


図14



て行った。最適回路定数を評価するのに、2)の場合と同じ4つの電圧に注目した。

a)  $\lambda_1=0.85$  の場合

この場合も  $\lambda_2$  の値を横軸に取り、たて軸にこの4つの電圧  $V_{rg0}$ ,  $V_{R0}$ ,  $V_{rg6}$ ,  $V_{R6}$  を取って、検討した。これを図14に示す。これから分かるように、グロープラズマの先端が6段目まで進展した場合、その先端の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg6}$  は  $\lambda_2$  の値1.0を離れると共に2次曲線的に増加している。最初のグロープラズマの先端の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg0}$  は  $\lambda_2$  の値が1.0以下では電圧  $V_{rg6}$  に沿って増加しており、1.0以上では漸減している。6段目まで進展した場合の最後の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{R6}$  は  $\lambda_2$  の値が1.15付近に中心をもつ正規分布曲線的な変化をしている。また、最初の場合の最後の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{R0}$  は小さい値で問題はない。この図から、最適な  $\lambda_2$  の値は1.0である。

b)  $\lambda_1=1.15$  の場合

この場合も  $\lambda_2$  の値について a) と同様な検討をする。これを図15に示す。この図から分かるように、4つの電圧  $V_{rg0}$ ,  $V_{R0}$ ,  $V_{rg6}$ ,  $V_{R6}$  は値が異なるが、それぞれの電圧は a) の場合と同じ傾向を示している。グロープラズマの先端が6段目まで進展した場合のその先端の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg6}$  の極小を示す  $\lambda_2$  値は a) の場合より0.05程度小さく、 $\lambda_2$  の値が1.0を離れると共に2次曲線的に増加している。また、この場合の碍子最後の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{R6}$  の極大値は0.11増加している。また、最初の場合の最後の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{R0}$  は a) に比べ大きくなっているが、

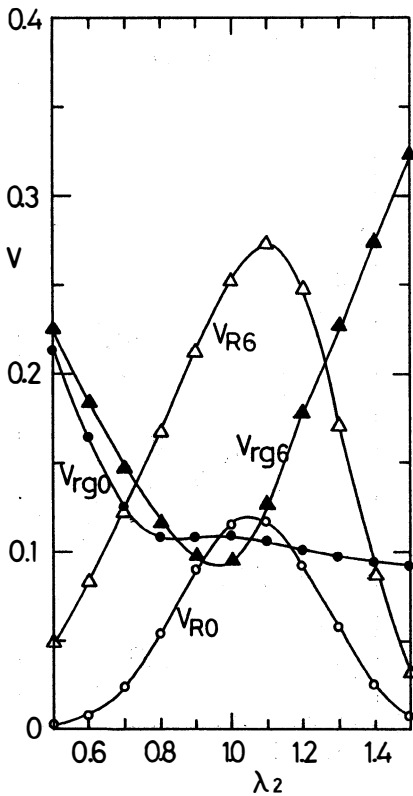


図15

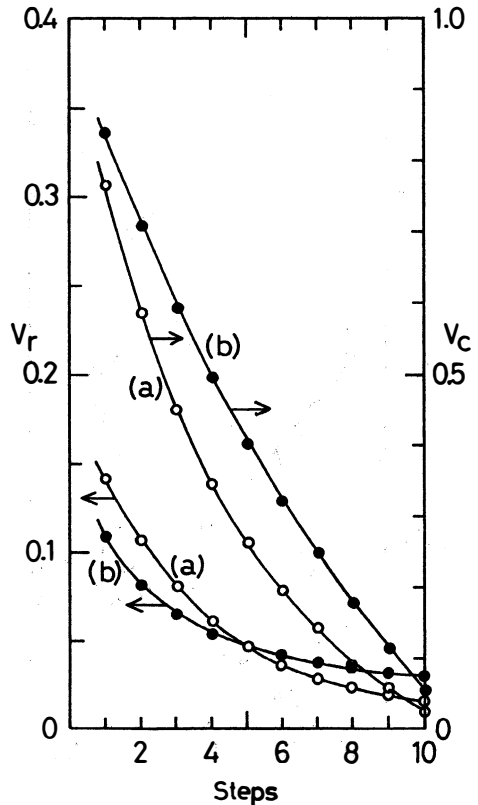


図16

まだ小さい値であり、問題はない。最初の場合のグロープラズマの先端の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg0}$  は a) の場合と同じ傾向を持つが、値は0.03程度小さい。この図から、最適な  $\lambda_2$  の値は0.7~0.8である。

以上、最適な回路定数を数値解析的に探索を行ったことから、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  の効果として、次のことが分かった。 $\lambda_1$  を大きくすることは梯子型回路先端方向のインピーダンスを増加させて、電圧印加部付近の漏洩抵抗両端電圧を減少させることになる。一方、 $\lambda_2$  の値を小さくすることは一段当たりの電圧減衰率を低下させ、先端まで印加電圧をある程度分担させることが出来る。しかし、この  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  の積で作用させると、両方の働きの抑制効果も生じ、複雑な動作特性を示している。

### 5.2 最適回路定数を持つ梯子型回路

前節では2つの場合について、最適な回路定数を決定した。この2つの最適な場合について、最初のグロープラズマの先端がまだ、梯子型回路の中に進展していない時の各段の漏洩抵抗および浮遊静電容量に印加される電圧と位相差を詳細に検討する。この場合の各段の漏洩抵抗および浮遊静電容量に印加される電圧と位相差を図16と図17に示す。これらの図で (a)、(b) はそれぞれ (a)  $\lambda_1=0.85$ ,  $\lambda_2=1.0$ , (b)  $\lambda_1=1.15$ ,  $\lambda_2=0.8$  の値を取る場合である。また、グロープラズマが梯子型回路の中に進展していった場合、このグロープラズマの先端の漏洩抵抗に印加される電圧  $V_{rg}$  を図18に示す。同図の (a)、(b) は図16と図17の場合と同じ  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  の値を取る場合である。

これらから、最初のグロープラズマの先端がまだ、梯子型回路の中に進展していない場合、各段の浮遊静電容量に印加される電圧  $V_c$  はすべて (a) の場合の方が (b) の場合に比べて20%~30%小さ

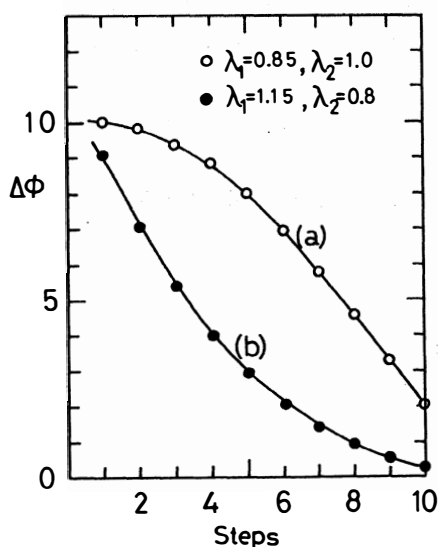


図17

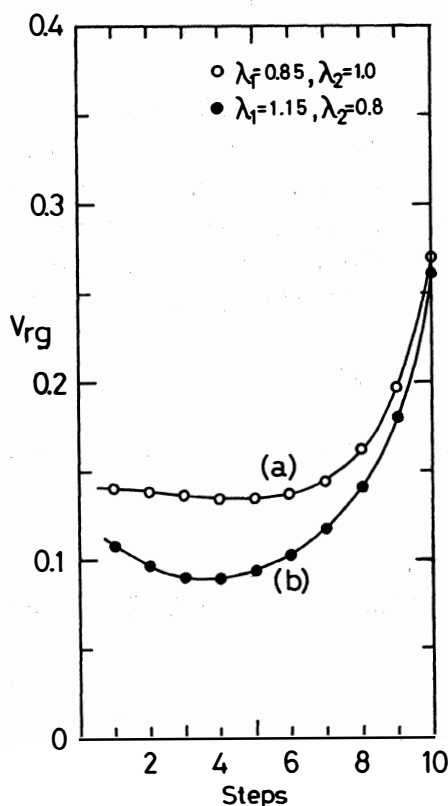


図18

い値を取っている。漏洩抵抗に印加される電圧  $V_r$  はグロープラズマの先端では (b) の場合の方が (a) の場合に比べて20%ほど小さい値を取っているが、梯子型回路の途中で大きさが逆転し、(b) の場合の方が大きい値を取り、碍子全体に平均した電圧がかかる傾向をもっている。これらの点から (b) の場合の方が沿面閃絡破壊の防止には有利ではないかと考えられる。また、この場合の位相差を示す図17から、(a) の場合に比べて (b) の場合の方が、段数と共に急激に位相差が減少し、段数の先では抵抗性を示していることが分かる。

次に、グロープラズマが梯子型回路の中に進展していった場合、このグロープラズマの先端に印加される電圧  $V_{rg}$  を (a) の場合と (b) の場合とを比較すると、(b) の場合の方が (a) の場合よりも、値が回路全体にわたって小さく、初期の勾配も負で大きい。この点からも (b) の場合の方が有利ではないかと考えられる。

## 6. 結 論

この懸垂碍子の等価回路の数値解析より、次の事柄が分かった：

- 1) 碍子表面の交流電圧による閃絡破壊を考えると、漏洩抵抗のみの等価回路ではなく、碍子の浮遊静電容量をも考慮した等価回路を考える必要がある。
- 2) 碍子の浮遊静電容量による影響のため、碍子表面の漏洩抵抗には印加交流電圧が零の時でも電圧が印加されている。
- 3) グロープラズマの先端の閃絡破壊場所の漏洩抵抗に印加されると考えられる電圧は碍子の浮遊静電容量や漏洩抵抗を次第に変化させることにより小さくすることが可能である。
- 4) 碍子表面の沿面閃絡破壊にたいし、碍子の等価回路における最適回路定数を探索するための条件を提示した。
- 5) この最適条件を満たす回路定数を探索する一つの設計方法を提示した。
- 6) 最適な回路定数をもつ懸垂碍子の等価回路につき、各漏洩抵抗に印加される電圧、浮遊静電容量に印加される電圧および位相差を具体的に求めた。

これらの等価回路の数値解析より、交流電圧による閃絡破壊を防止するのに効果的な特性を持つ、より高耐圧な懸垂碍子を設計することが可能になると考えられる。今後、この等価回路の最適回路定数を満たす碍子を具体的にどの様に設計してゆくか、ハードの問題として研究を進める必要がある。

## 謝 辞

この研究を行うに当たり、本学科の前教授中谷秀夫博士に対し、種々御援助を頂き心より感謝致します。

## 参 照 文 献

- 1) 北村, 池田ら：富山大学紀要 第42巻, p1, (1991).

## Equivalent Circuit of A Suspension Porcelain Insulator

Iwao Kitamura, Shin-ichi Sawada, Toshinari Yamazaki,  
Takakazu Takahashi and Nagayasu Ikeda

Department of Electronic and Information Engineering,  
Faculty of Engineering, Toyama University

Examination on flashover of a suspension porcelain insulator by AC voltage are important for the development of the more high voltage and compact suspension insulators about 1000kV in the near future. The ladder circuit with the leakage resistances and stray capacitances is thought as the equivalent circuit of the suspension porcelain insulator. The parameter survey of the circuit constants of the ladder circuit with 10 steps is made by numerical analysis on various voltages and phase angles. One method to optimum condition is found. It is found from the parameter survey that the low leakage resistances and large stray capacitances near the center are effective for decrease of the voltage gradient at the glow point and the electrical characteristics of the optimum circuit condition is also made clear.

[英文和訳]

### 懸垂碍子の等価回路

北村 岩雄, 沢田 慎一, 山崎登志成,  
高橋 隆一, 池田 長康

交流電圧による懸垂碍子の閃絡破壊について調べることは、近い将来 1000kV にもなろうとしている懸垂碍子をより高電圧で、しかもコンパクトなものに開発するためにも重要である。この懸垂碍子の等価回路として、漏洩抵抗と浮遊静電容量が分布する梯子型回路を考えた。10段の梯子型回路を用いて、回路定数のパラメータサーベイを数値的に行った。これより、各種の電圧や位相角の解析が行われ、最適条件を探る一つの方法を見つげられた。この数値解析から、碍子中心近くの小さい漏洩抵抗と大きい浮遊静電容量がグロー先端の電位傾度を減少させることが分かった。また、最適回路定数を決定し、最適条件をもつ懸垂碍子の電気的特性を明らかにした。