電離指数計算による標準球ギャップ 火花電圧の変動要因の検討

学生員 高野 理 (工学院大) 正 員 錦織康男 (工学院大)

正 員 村野 稔 (工学院大) 正 員 河野照哉 (工学院大)

Investigation of Factors Affecting Disruptive Discharge Voltages of Standard Sphere-gap by Calculation of Ionization Index
Osamu Takano, Student Member, Yasuo Nishikori, Member, Minoru Murano, Member, Teruya Kouno, Member
(Kogakuin University)

キーワード：球ギャップ，火花電圧，電離指数，インパルス電圧測定，電界計算

1. はじめに

最近の高電圧測定に関する国際規格 (IEC 60-2) の改訂にともない，インパルス電圧測定における測定誤差の検討が従来にも増して重要な課題になっている。そこで，インパルス電圧測定の標準測定器である球ギャップの火花電圧に，電界を通じて影響を及ぼす諸要因，例えば接地面までの距離や柄の長さや太さなどの影響を定量的に推定する研究を始めたので，現在までの結果を報告する。

火花電圧がどの程度影響されるのかの評価は，球ギャップの中心軸上の電界を計算し，その電界における実効電離係数を積分する手法 (電離指数計算) を用いた。

2. 電界計算モデル

図1に電界計算モデルを示す。(a)は電界を求める際に想定した電極形状を示し，図中の d ， H_1 ， H_2 ， L を変数とする。(b)は電荷重畳法における輪郭点と各仮想電荷の配置状況を示す。

3. 火花条件式の検討

電界計算の結果から，火花電圧を推定する方法は，Pedersen氏が空気中およびSF₆ガス中における球ギャップの火花電圧を計算した[1]，[2]，[3]と同様の手法を用いた。式で表すと次の3式が考えられる。

$$\ln(\alpha_x) + \int_0^x \alpha dx = g_i(x) \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \ln(\alpha_x) + \int_0^x \alpha dx = g_r(x) \quad (2)$$

$$\int_0^x \alpha dx = g_e(x) \quad (3)$$

これらはいずれも，電子なだれがストリーマに転換する火花条件を定式化したもので， x は，電子なだれが出発する点 (積分の下限の0) からの中心軸上の距離， α は実効電離係数である。式(1)は正イオン密度，(2)は正イオン密度と電子密度との積 (再結合密度)，(3)は電子密度が，ある臨界値に達したときにストリーマに転換することを表

(a) 電極形状 (単位 cm) (b) 輪郭点と仮想電荷の配置状況

図1 電界計算モデル

Fig.1. Calculation model for field strengths.

現している。右辺の $g(x)$ の推定は，平等電界と考えられる電極での実験結果を用いる。図1において $H_1=100$ cm， $H_2=25$ cm， $L=5$ cmとし，それぞれの条件で火花電圧の計算をすると表1の結果が得られる。

表1 3式で求められた火花電圧 ($H_1=100$ cm， $H_2=25$ cm， $L=5$ cm)

Table 1. Disruptive discharge voltages by three equations.

極性	ギャップ長	火花電圧 [kV]			
		式(1)	式(2)	式(3)	IEC-52
負	2cm	59.12	59.14	59.20	59.00
	10cm	248.00	247.33	246.60	244.00
正	2cm	59.12	59.14	59.20	59.00
	10cm	254.97	255.49	255.95	254.00

計算された火花電圧値にあまり差がないので，最も簡明な(3)式を用いることにした。

この報告は，火花電圧の絶対値を推定するのが目的ではなく，諸条件の影響を火花電圧の変化という面から，検討

するにはこの手法も意味があるのではないかと考えて採用した。

4. 計算結果

図1においてギャップ長 d を10cmとし、支持柄の長さ H_1 を変化させたときの計算結果を図2に示す。

図2 火花電圧に対する支持柄の影響 ($H_2=25\text{cm}$, $L=5\text{cm}$)

Fig.2. Influence of the length of supporting shank.

同様に、高圧側柄 H_2 、柄の太さ L を変えて火花電圧を計算した。これらの結果を図2を含め、まとめて表2に示す。なお、すべての場合に、負極性の方が火花電圧の変化がやや大きいので、表2は負極性の場合のみを示した。

表2 柄の長さ、太さが負極性火花電圧に与える影響
(球直径25cm, ギャップ長10cm)

Table 2. Influence of the length and the diameter of the shanks for negative disruptive discharges.

要因	IEC 52に規定されている範囲	規定範囲における火花電圧の変化	火花電圧の最大値と最小値の差
H_1	90~140cm	246.48~246.94kV	0.19%
H_2	25~(100cm)	246.60~247.29kV	0.28%
L	(2.5)~5cm	246.53~246.60kV	0.03%

($H_1=100\text{cm}$, $H_2=25\text{cm}$, $L=5\text{cm}$ を基準とし、このうち1つを変化)

なお、IEC 52では、表2の H_2 の上限、 L の下限を規定していない。ここでは $H_2=100\text{cm}$ を参考までに上限とし、 L では我国のJIS C 1001が規定している下限を用いた。

5. おわりに

標準球ギャップのインパルス電圧に対する火花電圧に、電界を通じて影響を与える要因のうち、柄の長さ、太さについて、電離指数計算を用いて火花電圧の検討をした。球直径25cm, ギャップ長10cmの比較は影響が大きいと考えられる側の結果であるが、これらの要因の影響は極めて小さいという結果が得られた。

今後は壁などの近接物体の影響を検討し、総合的に評価

する必要があると考えられる。

(平成9年2月25日受付)

文 献

- [1] A. Pedersen: "Calculation of Spark Breakdown or Corona Starting Voltages in Nonuniform Fields", IEEE Trans., PAS-86, pp.200 ~ 206(1967)
- [2] A. Pedersen: "Analysis of Spark Breakdown Characteristics for Sphere Gaps", IEEE Trans., PAS-86, pp.975 ~ 978(1967)
- [3] A. Pedersen: "Criteria for Spark Breakdown in Sulfur Hexafluoride", IEEE Trans., PAS-89, pp.2043 ~ 2048(1970)

高野 理

(学生員) 1972年2月17日生まれ。1995年3月工学院大学電気工学科卒業。同年4月同大学大学院工学研究科進学、現在に至る。1997年電気学会論文発表賞受賞。

錦織 康男

(正員) 1941年11月14日生まれ。1968年3月工学院大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月より工学院大学工学部電気工学科に勤務。電子顕微鏡の研究を経て、現在高電圧放電現象の研究に従事、電気工学科講師。日本電顕、応用物理、静電気学会各会員。

村野 稔

(正員) 1930年3月23日生まれ。1953年3月慶応義塾大学大学院電気工学専攻修了。1953年4月東京芝浦電気K K鶴見研究所に勤務。1975年工学博士。東芝重電副技師長、東芝重電技術研究所次長等を歴任。1985年3月東芝退社。同年4月より工学院大学教授、現在に至る。電力工学担当。日本電機工業会より表彰される。

河野 照哉

(正員) 1934年6月21日生まれ。1962年3月東京大学大学院数物系研究科修了、工学博士。1962年4月より東大工学部電気工学科に勤務。1995年3月東大を定年退職。同年4月より工学院大学教授、現在に至る。高電圧工学担当。電気学会より論文賞、著作賞、電力賞を受賞。1980、1981年度電気学会編修理事。1988年東京支部長、1991年度A部門長。