

رفتار دی الکتریکی عایقهای چینی آلوده

امیر کریم زاده شهانقی

امین ناموری

اشکان محمدزاده جسور

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز

Aminnavarii@yahoo.com

چکیده: رفتار دی الکتریکی عایقهای چینی آلوده توسط روشهای تجربی و شیوه های شبیه سازی قابل بررسی می باشد. نتایج تجربی و استفاده از مدل های ریاضی شناخته شده برای عایقهای آلوده موجب پیدایش ثابت قوس گردید. همچنین تحقیقات بعدی نشان داد که ثابت قوس یک پارامتر مستقل از نوع عایق و روشهای آلودگی تجربی (salt fog or solid layer cool fog method) می باشد. این خصوصیت موجب می شود که ما بتوانیم یک مدل کلی برای عایقهای آلوده در نظر بگیریم. بنابراین در این بررسی برخی پارامترهای مهم و بحرانی برای تخلیه های الکتریکی که عبارتند از ولتاژ، جریان و دما توسط مدل گسترش یافته و استفاده از ابعاد هندسی عایق، شدت آلودگی و ثابت قوس قابل محاسبه خواهد بود. در این تحقیق انواع مختلف عایقهای چینی مورد بررسی قرار گرفته و تغییرات پارامترهای بحرانی آنها با تغییر چگالی آلودگی لایه ای تعیین گردیده است. همچنین تاثیر ابعاد هندسی و شکل عایقها بر روی پارامترهای بحرانی در این تحقیق مدنظر خواهد بود. بعلاوه، روابط تحلیلی بین پارامترهای بحرانی ذکر شده و چگالی نمک ته نشین شده، ابعاد، شکل و نوع عایق تعیین می گردد.

کلید واژه: عایق، ایزولاسیون، قوس، ترانس.

1- مقدمه:

مشکل اساسی سیستمهای ایزولاسیون، انباشته شدن آلودگی های معلق در هوا به دلایل طبیعی، صنعتی و یا آلودگی های مخلوطی است که در طی یک دوره آب و هوای خشک و رطوبتی که بعد از آن ناشی می شود، وجود این مشکل در سیستمها سبب راه اندازی آزمایشگاههای بسیار پیشرفته ای گشت که در این آزمایشگاهها تست های مختلفی بر روی عایقهایی که بطور مصنوعی آلوده شده اند، انجام می گیرد. این آزمایش هم توسط روش saltfog و هم solid layer cool fog (بیشترین ولتاژ قابل تحمل در مقابل آلودگی، نسبت بین فاصله نشست و کمترین ولتاژ برای تخلیه الکتریکی در مقابل آلودگی، بیشترین شوری قابل تحمل در ولتاژ بکار برده شده، جریان نشی و غیره) برای انواع مختلف عایقها در اختیار قرار می دهد. روشهای تجربی به ما اجازه می دهد تا نهایت دقت را در ارزیابی ثابت قوس مربوط به عایق با استفاده از روشهای ریاضی انجام دهیم. انجام این آزمایشها به ما نشان خواهد داد که میزان این ثابت مستقل از نوع عایق و آلودگی می باشد. اما تنها ایراد این آزمایشها که عملکرد عایق را مشخص می کند آن است که زمان بسیار زیادی را بخود اختصاص می دهند و به همین سبب استفاده از روشهای تحلیلی به کمک مدل عایق آلوده، برای پیش بینی کردن عملکرد عایق تحت آلودگی با دقت کافی مفید و موثر خواهد بود.

2- مدل ریاضی:

مدل بسیار ساده ای که می تواند پروسه تخلیه الکتریکی عایقهای آلوده را ارزیابی کرده و توضیح دهد، شامل قسمت قوس جزئی در ناحیه خشک و همچنین مقاومت لایه آلودگی که بطور سری با آن می باشد، است.

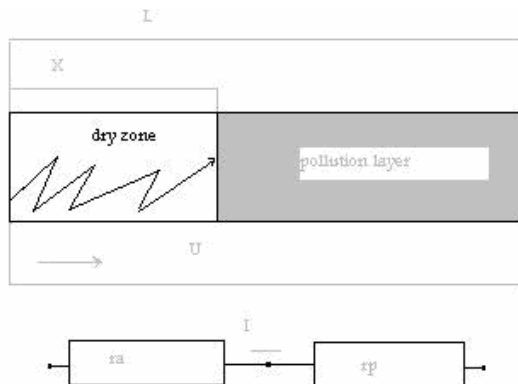


fig.1. Equivalent circuit of polluted insulator

ولتاژ بکار برده شده در دو طرف عایق بصورت زیر بیان می شود:

$$U = I.(r_a.x + r_p(L-x)) \quad (1)$$

x طول قوس، L فاصله نشی عایق و I جریان نشی می باشد. در رابطه بالا، r_a که مقاومت پریونیتی طول قوس است توسط رابطه زیر تعیین می شود:

$$r_a = A.I^{-(n+1)} \quad (2)$$

A و n ثابتهای قوس هستند. از طرف دیگر r_p مقاومت پریونیتی طول لایه آلودگی برابر است با:

$$r_p = \frac{l}{D_{eq} \cdot p \cdot S \cdot s} \quad (3)$$

هدایت سطحی $S \cdot s$ ، قطر معادل عایق آلوده، D_{eq} که این هدایت برای یک سطح انباشته شده با نمک با برابر است با: C چگالی

$$S \cdot s = (369.05c + 0.42) \times 10^{-6} \quad (4)$$

واحد $S \cdot s$ برابر با Ω^{-1} ، r_p معادل Ω/cm و c برابر با mg/cm^2 است.

با در نظر گرفتن رابطه (8) R را می توان به شکل زیر نوشت:

$$R=0.469(\pi.A.D_m. S_g)^{\frac{1}{2(n+1)}} \quad (13)$$

در صورتی که عایق از نوع stab-type باشد، k به صورت رابطه (14) تعریف می گردد:

$$K=\frac{N.(n+1)}{2.p.n.F} .(\ln(\frac{4.L}{p.N.R}) - \ln(\tan \frac{P}{2(n+1)})) \quad (14)$$

n برابر با تعداد shad است.

حال با جایگذاری مقادیر I_c ، D_{eq} ، r_p و r_a در رابطه (10)، مقدار بحرانی ولتاژ uc به شکل زیر در می آید:

$$U_c = \frac{A}{\frac{n}{n+1}} .(L + \pi.n.D_m.F.K).(\pi.A.D_m.S_g) \quad (15)$$

با توجه به رابطه (15) می توان گفت که uc تابعی از خصوصیات هندسی عایق L ، D_m ، ضرایب قوس A و n و ضریب آلودگی c می باشد که S_g عملگر C، F و K به ترتیب عملگرهای L و D_m هستند.

$$U_c = F(A, n, L, D_m, c) \quad (16)$$

آنچه از رابطه (15) می توان فهمید آن است که اگر تمام مقادیر دقیق ضرایب در دسترس ماباشد، با استفاده از مدل عایق آلوده نمی توان کیفیت مکانیزم تخلیه الکتریکی را فهمید، ولی می توان مقدار دقیق مربوط به تخلیه الکتریکی را محاسبه نمود. با استفاده از رابطه (15) ولتاژ بحرانی هر نوع عایق تحت هر شرایط آلودگی توسط یک رابطه ساده قابل محاسبه است. همچنین با استفاده از رابطه (15) رفتار دی الکتریکی عایق تحت شرایط آلودگی را می توان به طور دقیق پیش بینی و از انجام آزمایشهای گران و وقت گیر صرف نظر کرد.

3- عایقهای بررسی شده:

به منظور آماده سازی تحقیق مورد نظر، 19 نوع عایق مختلف را مورد بررسی قرار می دهیم که 12 عایق ابتدایی از نوع cap-and-pin (standard suspension insulator and of fog type) 2 تای دیگر از نوع pin و 5 تای آخری از نوع stab می باشند. خصوصیات و مشخصات این عایقها در جدول شماره (1) ذکر گردیده است.

قطر معادل عایق که به cm بیان می شود برابر است با:

$$D_{eq} = \frac{L}{p.F} \quad (5)$$

F فاکتوری مربوط به شکل عایق است که بصورت زیر تعریف می گردد:

$$F = \int_0^L \frac{d\ell}{\pi.D(\ell)} \quad (6)$$

$D(\ell)$ قطر عایق است که در طول فاصله نشستی عایق (L)، تغییر می کند.

در شرایط بحرانی که قوسهای جزئی به تخلیه های کامل الکتریکی تبدیل می شود، جریان I به مقدار بحرانی I_c تبدیل می گردد که توسط رابطه زیر قابل محاسبه است

$$I_c = (\frac{D_m.A}{D_{eq}.r_p})^{\frac{1}{n+1}} \quad (7)$$

D_m بیانگر ماکزیمم قطر دیسک عایق، A و n همان ضرایب قوس می باشند.

علاوه بر این معادله بالا را با استفاده از رابطه (3) می توان به شکل زیر درآورد:

$$I_c = (\pi.A.D_m. S_g)^{\frac{1}{n+1}} \quad (8)$$

مقدار متناسب با اندازه طول قوس x در شرایط بحرانی برابر با ℓ_c :

$$\ell_c = \frac{L}{n+1} \quad (9)$$

بحرانی رابطه (1) به صورت زیر قابل نوشتن است:

$$u_c = I_c.(r_a. \ell_c + r_p.(L - \ell_c)) \quad (10)$$

K برابر ضریب مقاومت لایه آلودگی با در نظر گرفتن تجمع جریان در هر foot قوس می باشد که با توجه به pin یا cap بودن نوع عایق، ساده ترین رابطه برای K برابر است با:

$$K = 1 + \frac{n+1}{2.p.F.n} \ln(\frac{L}{2.p.R.F}) \quad (11)$$

R شعاع foot قوس می باشد که برابر است با:

$$R = \sqrt{\frac{I}{p \times 1.45}} \quad (12)$$

نمونه های مورد آزمایش که از سقف آویزان شده اند، از نقطه محل آویز خود توسط زنجیر عایقهای صفحه ای ایزوله شده اند. ولتاژ وارد شده بر این نمونه ها از طریق یک منبع فشار قوی که این منبع، ولتاژ ایجاد شده را توسط یک هادی باندل شده از نوع ACSR به طول 3m و سطح مقطع 180mm^2 به نمونه ها اعمال می کند. که این شرایط می تواند میدان دی الکتریکی که عایقها در خطوط انتقال با آن مواجه هستند را شبیه سازی نماید. و از طریق یک مقاومت اندازه گیری شده $75(\Omega)$ زمین شده اند.

ولتاژ اعمال شده بر عایق تا زمانی که هدایت به بیشترین مقدار خود رسیده و پیوسته افزایش یافته تا به flash over برسد، ادامه می یابد. در طول این مرحله هدایت سطحی به طور غیرمستقیم بررسی و اندازه گیری شود: مقاومت عایق متناوباً (هر 5 دقیقه یکبار) در طول دوره شستشو توسط دستگاه اندازه گیری 2.5kV اندازه گیری می شود. در ابتدای عمل شستشو مقاومت بدست آمده دارای مقدار نسبتاً زیادی است که این مقدار سریعاً کاهش می یابد، بطوری که در 3-40 دقیقه مقدار مقاومت اندازه گیری شده خیلی کم بوده و عملاً بعد از آن ثابت می ماند. آنچه واضح است، این است که میزان پایین بودن مقاومت بستگی به چگالی نمک ته نشین شده دارد که این موضوع را می توان با استفاده از رابطه (4) نیز پیش بینی نمود.

طول دوره شستشو عایق برای بدست آوردن بیشترین مقدار هدایت سطحی ثابت نیست و به میزان اختلاف حرارت بین لایه آلودگی و مه، ساختار آلوده کننده و رطوبت اتاق آزمایش بستگی دارد.

میزان هدایت سطحی عایق آلوده توسط اندازه گیری بیشترین پیک جریان ناشی حاصل می شود. افت ولتاژ حاصل در مقاومت اندازه گیری شده که توسط جریان ناشی صورت می گیرد، توسط یک اسیلوسکوپ اندازه گیری شده و ثبت می گردد که از این طریق می توان به پیک جریان ناشی پی برد.

5- نتایج آزمایش و تحلیل آنها:

1,5- ولتاژ بحرانی عایق های آلوده

در طول افزایش تا قبل از رسیدن به flash over هر دو مقدار جریان و ولتاژ اندازه گیری می شود. نتایج تجربی ولتاژ بحرانی عایقهای آویزان cap-and-pin و عایقهای دیسکی نوع fog به ترتیبی است که در شکل (2) دیده می شود.

تعداد قطره	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																																																																				
مقدار نمک	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0	1.05	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4	1.45	1.5	1.55	1.6	1.65	1.7	1.75	1.8	1.85	1.9	1.95	2.0	2.05	2.1	2.15	2.2	2.25	2.3	2.35	2.4	2.45	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85	2.9	2.95	3.0	3.05	3.1	3.15	3.2	3.25	3.3	3.35	3.4	3.45	3.5	3.55	3.6	3.65	3.7	3.75	3.8	3.85	3.9	3.95	4.0	4.05	4.1	4.15	4.2	4.25	4.3	4.35	4.4	4.45	4.5	4.55	4.6	4.65	4.7	4.75	4.8	4.85	4.9	4.95	5.0	5.05	5.1	5.15	5.2	5.25	5.3	5.35	5.4	5.45	5.5	5.55	5.6	5.65	5.7	5.75	5.8	5.85	5.9	5.95	6.0	6.05	6.1	6.15	6.2	6.25	6.3	6.35	6.4	6.45	6.5	6.55	6.6	6.65	6.7	6.75	6.8	6.85	6.9	6.95	7.0	7.05	7.1	7.15	7.2	7.25	7.3	7.35	7.4	7.45	7.5	7.55	7.6	7.65	7.7	7.75	7.8	7.85	7.9	7.95	8.0	8.05	8.1	8.15	8.2	8.25	8.3	8.35	8.4	8.45	8.5	8.55	8.6	8.65	8.7	8.75	8.8	8.85	8.9	8.95	9.0	9.05	9.1	9.15	9.2	9.25	9.3	9.35	9.4	9.45	9.5	9.55	9.6	9.65	9.7	9.75	9.8	9.85	9.9	9.95	10.0

Table 1: Characteristics of the Investigated Insulator

4- آماده سازی و روش انجام آزمایش:

آزمایش با استفاده از روش solid layer-cool fog جهت شبیه سازی آلودگی صنعتی انجام می گیرد. نمونه های مورد آزمایش در اتاق آلوده از سقف آویزان شده و در حالت افقی با سرعت 140 دور بر دقیقه می چرخند. آلوده کننده های مورد استفاده در این آزمایش عبارتند از:

NaCl به مقدار لازم، $75\text{g}/\ell$ خاک چینی و رس، $65\text{g}/\ell$ پودر سیلیکا با اندازه خیلی ریز $20 - 2\mu\text{m}$ آلودگی سطح نمونه ها توسط هوای فشرده $(p=1.7\text{bar})$ به وجود می آید. نسبت میزان آلودگی سطح پایین و بالای عایق در حدود $2/1 - 3/1$ می باشد.

چگالی نمک ته نشین شده (c) بر روی سطح عایق بعنوان شاخصی برای تعیین شدت آلودگی بکار می رود که این میزان توسط شستشوی سطح عایق توسط آب بدون یون تعیین می گردد.

$$C = \frac{s.V}{S} \quad (17)$$

V حجم حلال شستشو کننده سطح عایق (cm^3) ، s غلظت حلال (مقدار NaCl بر حسب گرم در هر لیتر حلال) و S کل مساحت سطح عایق (cm^2) می باشد.

روش Fogging در اتاق مه آلود و توسط آرایش سیستم افشانه جهت مطابقت دادن استاندارد آزمایش با مقیاس IEC صورت می گیرد. فشار هوا در حدود 3 bar و جریان آب $0.5\ell/\text{min}$ می باشد. مدار تست شامل یک منبع ولتاژ فشار قوی، نمونه های آزمایش و تجهیزات اندازه گیری می باشد. در این تست یک ترانسفورماتور فشار قوی $750\text{kV}/65\text{kV}/130\text{kV}$ ، 260KVA از نوع tank type که دارای دو پوشینگ مخصوص بوده و فاصله هوایی نشست کافی جهت مطابقت با اتاق مه آلود باشد، مورد نیاز است.

نسبت R/x ترانس مورد استفاده بایستی بیشتر از 0.02 و تغییرات جریان اتصال کوتاه در طول آزمایش بین 5-15A باشد.

این سیستم معادلات با داشتن دو مجهول A و n به روش Least square قابل حل می باشد:

$$\sum_{i=1}^{84} [u_{ci} - f_i(A, n, L, D_m, c)]^2 \quad (21)$$

حل عبارت بالا جوابهای زیر را به ما خواهد داد:

$$A=131.5 \pm 2.5 \quad n=0.374 \pm 0.006 \quad (22)$$

نتایج تجربی نشان می دهد که مقادیر n , A

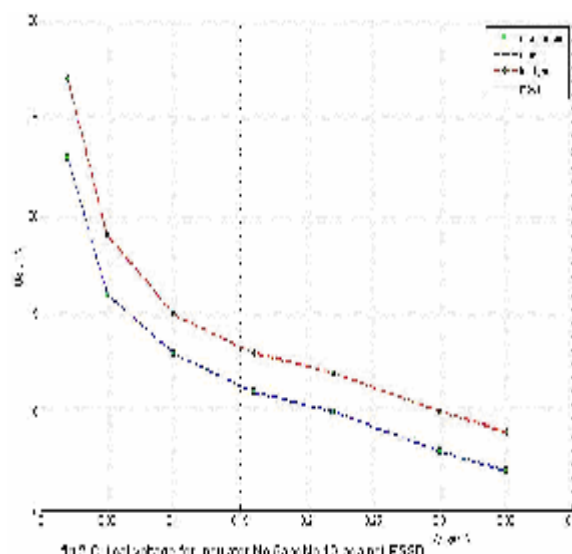
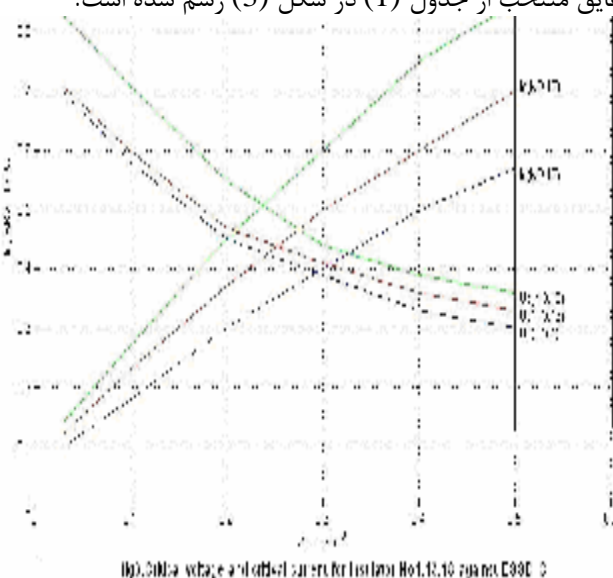
$$A=131.5 \quad n=0.374 \quad (23)$$

به طور مستقل از نوع عایق و روش آلوده سازی تجربی می باشند این مقادیر نتایج سازگار و هماهنگی را با روش های تجربی به همراه دارد. مقدار بدست آمده u_c از معادله (15) با استفاده از ثابتهای A و n که توسط روشهای ذکر شده قابل محاسبه می باشند، با مقدار u_c اندازه گیری شده از روشهای تجربی دارای تفاوتی بین 1-7 درصد می باشد. (شکل 2)

علاوه بر این مقادیر پیش بینی شده u_c برای عایقهای دیسکی مختلف قابل مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده بوده و بسیار راضی کننده می باشد. مقادیر پیش بینی شده u_c برای عایقهای دیسکی نوع fog با مقادیر اندازه گیری شده دارای تفاوتی بین 1.9-2.8% می باشد.

6- کاربرد مدل ریاضی:

منحنی ولتاژ جریان محاسبه شده (I_c , u_c) برای 3 نوع عایق منتخب از جدول (1) در شکل (3) رسم شده است.



با توجه به رابطه زیر ثابت شده است که مقدار R_{ms} ولتاژ بحرانی u_c (KV) به چگالی نمک ته نشین شده بستگی دارد:

$$U_c = k_c \cdot c^{-m} \quad (18)$$

K_c تابع خطی است که به فاصله نشستی عایق L (cm) بستگی دارد:

$$K_c = 0.12L + 2.43 \quad (19)$$

به نظر می رسد که m به شکل عایق بستگی داشته باشد که این مقدار برای عایقهای چینی زمانیکه C بر حسب mg/cm^2 است، دارای رنجی برابر 0.325 ± 0.009 باشد.

2.5 تعیین ثابتهای قوس

در استفاده از بیانهای تحلیلی که بر اساس مدل عایق آلوده می باشد، مهمترین فاکتور تعیین ثابتهای قوس (n , A) است. استفاده از مقادیر محاسبه شده برای ثابت قوسها در هوا بین دو الکتروود مس ($A=63$, $n=0.19$) نتایج متناقضی را با آزمایشات تجربی در اختیار ما قرار می دهد.

با استفاده از مطالب و جزئیات چاپ شده در مقالات مختلف می توان به این نکته رسید که مقدار ثابتهای قوس A و n برای لایه های نازک آلودگی به ترتیب دارای رنجی برابر 400-50 و 1-0.3 می باشد.

اطلاعات بدست آمده از آزمایشات (u_c بر حسب C) و خصوصیات هندسی عایقهای آزمایش شده را در رابطه (15) قرار می دهیم. با قرار دادن این معلومات در رابطه (15)، یک سیستم با 84 معادله و دو مجهول A و n بدست می آید.

$$u_{ci} = f_i(A, n, L, D_{m=i}) \rightarrow g_i(A, n) = 0 \quad (20)$$

$$i=1, 2, 3, \dots, 84$$

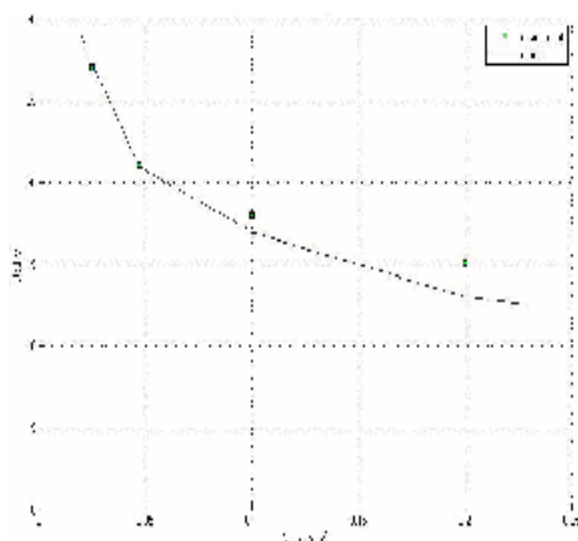
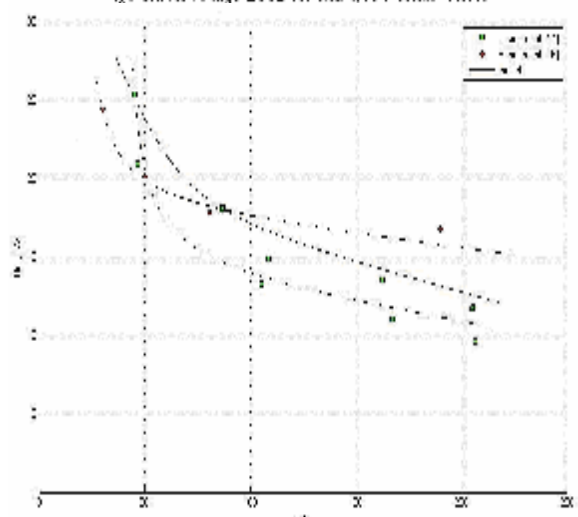


Fig5 Critical voltage ESDD for slab-type insulator No.10



*Fig6 Critical voltage ESDD for pin-type insulator No.15

مقایسه ها نشان می دهد که تغییرات پارامترهای بحرانی u_c , I_c تابعی از تغییرات پارامتر C می باشد که این تابع بصورت زیر تعریف می گردد:

$$u_c = a \cdot c^{-b} \quad (24a)$$

$$I_c = e \cdot c^f \quad (24b)$$

که مقادیر a , b , e , f همواره مثبت هستند. تحقیقات بیشتر در این زمینه به ارزیابی ثابتها و توانها و تعیین بیانهای تحلیلی ساده شده برای نشان دادن وابستگی آنها به ابعاد عایق منجر می شود:

-توان b در $a \cdot c^{-b}$: توان b به نظر می رسد که مستقل از ابعاد عایق (D_m و L) بوده و مقدار آن با (F) تغییر می کند، که این تغییرات برای عایق نوع cap-pin and- بین 0.32 و 0.33، برای عایقهای نوع stab بین 0.35 و 0.37 و برای عایقهای نوع pin بین 0.31-0.32 می باشد.

-ضریب a در $a \cdot c^{-b}$: ضریب a تابعی از مشخصات هندسی عایق (D_m و L) و F عایق می باشد (شکل

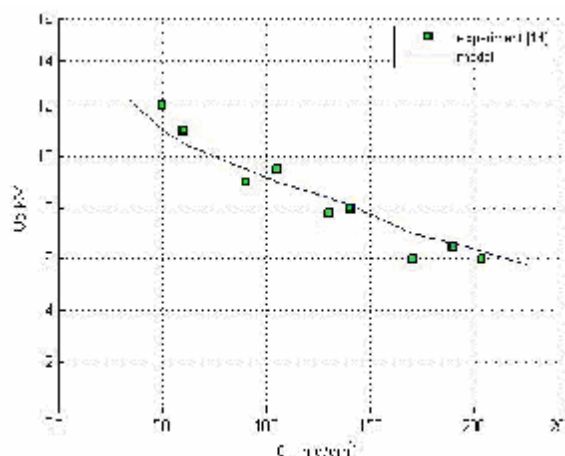


fig4.Critical voltage as for cap-and-pin insulator No.4

اعتبار و ارزش مدل ذکر شده زمانی نمایان می شود که نتایج به دست آمده از کامپیوتر را با نتایج اندازه-گیری شده که از مقالات مختلف قابل استخراج است مقایسه کنیم. شکل (4) مقایسه نتایج بدست آمده از مدل و تجربی را برای عایق cap-and-pin شماره (4) انجام داده است. بنابراین با این مقایسه می توان پی برد که هماهنگی خوبی بین نتایج مدل و اندازه-گیری شده در هر میزان هدایت سطحی وجود دارد. هماهنگی بین نتایج مدل و اندازه گیری شده برای هر نوع شدت آلودگی قابل قبول می باشد.

مقایسه نتایج بدست آمده از مدل و تجربی برای عایقهای نوع stab (شماره 19) در شکل (6) نشان داده شده است که با مقایسه این نتایج می توان دریافت که باز هم هماهنگی خوبی مخصوصاً در آلودگی هایی با شدت کم بین آنها وجود دارد.

در شکل (7) نتایج بدست آمده از اندازه گیری u_c بر حسب هدایت سطحی S_f در مقایسه با نتایج مدل برای عایق نوع stab (شماره 15) نشان داده شده است. از طرف دیگر نتایج تجربی بدست آمده برای همین عایق پس از تبدیل مقادیر ESDD به هدایت سطحی (S_f) نیز در این شکل نشان داده شده است که مقایسه نتایج محاسبه شده و تجربی نشان می دهد که بین این دو منحنی نیز انطباق خوبی وجود دارد.

رفتارهای دی الکتریکی عایق و تعیین مدل عایق آلوده در کاربردهای مختلف برای استفاده کنندگان از عایقها نیز گشت. استفاده از مدل ریاضی عایق آلوده برای عایقهای مختلف انطباق راضی کننده ای بین نتایج محاسبه شده و تجربی را برای ما نمایان ساخت. از نتایج مهم دیگر، تغییر ولتاژ بحرانی همراه شکل عملکرد توان در دو حالت تجربی و ریاضی می باشد. تعیین رابطه بین ولتاژ بحرانی و ESDD با استفاده از روش تجربی تفاوت اندکی با روش محاسبه ای دارد. ارزش و اعتبار مدل پیشرفته که مستقل از نوع عایق می باشد، به ما این اجازه را داده است که ولتاژ بحرانی را تنها با استفاده از مشخصات هندسی عایق و توزیع آلودگی در سطح عایق تعیین کنیم. توزیع آلودگی و به تبع آن میزان هدایت سطحی منطقه ای عایق را می توان با استفاده از دستگاههای اندازه گیری مخصوصی تعیین نمود. توضیح کمی از آن جهت برای ما مهم است که مقادیر دقیق ثابتهای قوس را برای ما مشخص می کند و این خود می تواند در دقت پیش بینی رفتار دی الکتریکی عایق در محیط آلوده به ما کمک کرده و باعث شود که آزمایشات پیچیده برای تعیین رفتار دی الکتریک عایق به مقدار زیادی کاهش یافته و یا به طور کلی از بین برود. اطلاعات و نتایج به دست آمده از روش پیشنهاد شده می تواند در تعیین ابعاد عایقهای بکار رفته در خطوط هوایی بسیار موثر باشد.

References

- 1 OBENHAUS, F.: 'Fremdschichtueberschlag and Kriechweglaenge', Deutsche Elektrotechnik, 1958, 4, pp.135-137
- 2 ALSTON, I.L., and ZOLEDZIOWSKI, S.: 'Growth of discharges on polluted insulation', IEEE proc., 1963, 110, (7), pp.1260-1266
- 3 XAVIER, R.J., and RAO, Y.N.: 'Study of surface conductivity and E.S.S.D on contaminated porcelain insulating surface'. Presented at 5th international symposium on High voltage engineering, Braunschweig, 1987.
- 4 RENYU, Z., and ZHICHENG, G.: 'A study on the relation between the flash over voltage and the leakage current of naturally or artificially polluted insulators'. Presented at 4th international symposium on High voltage engineering, Athens, 1983.
- 5 ATSONIOS, G., KATSIBOKIS, G., PANOS, G., and STATHOP-ULOS, I.: 'Salt fog tests on pin type insulators in PPc research centre'. Preceedings of international symposium on High technology in the power industry, Lugano, 1987.

(8)، که برای عایقهای مختلف فرق می کند. استفاده از روش تطابق منحنی نمی تواند رابطه ریاضی ساده ای را بین a و D_m و یا F نمایان سازد. برعکس، رابطه بین a و L بصورت زیر تعیین شده است:

$$a = 0.13L + 1.947 \quad (25)$$

رابطه (25) این مفهوم را می رساند که ولتاژ بحرانی u_c با توجه به اینکه مقدار b مستقل از ابعاد عایق می باشد، با افزایش فاصله نشستی عایق (L) بطور خطی افزایش می یابد.

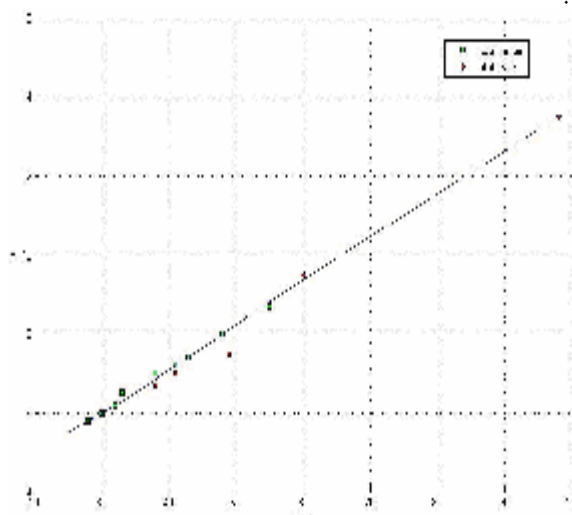


fig9. Coefficient a of vertical voltage against leakage distance

-توان f در $I_c = e.c^f$: توان f در I_c به نظر می رسد که مستقل از ابعاد هندسی عایق (L و D_m) و حتی F عایق نیز باشد. مقدار محاسبه شده برای توان f تقریباً برابر 0/719 می باشد.

-ضریب e در $I_c = e.c^f$: ضریب e در I_c تابعی از مشخصات هندسی عایق (L و D_m) و به تبع آن F عایق می باشد و رابطه بین e و L یا e و F بصورت یک فرمول ساده ریاضی نمی باشد، در حالی که رابطه بین e و قطر عایق (D_m) یک رابطه خطی است که با توجه به فرمول ذکر شده در زیر مشخص می شود که این رابطه بستگی به نوع عایق ندارد:

$$e = 0.079.D_m + 0.643 \quad (26)$$

و بدین معنی است که جریان بحرانی I_c با توجه به اینکه توان f مستقل از ابعاد عایق و فاکتور F می باشد، لذا با تغییرات قطر عایق به طور خطی با آن تغییر می کند.

7- نتایج:

جزئیات نتایج تجربی به دست آمده باعث معرفی و تعیین مقادیر ثابت قوس گردید که این ثابتها مورد نیاز در مدل عایق آلوده می باشند. تعیین ثابتهای قوس نه تنها باعث مشخص شدن کیفیت، که موجب تعیین کمیت