

بررسی توزیع پتانسیل بر روی برقی‌های آویزی ZnO

رضا باوفا طوسی
شرکت توزیع برق مشهد
ایران

کلید واژه ها:

وریستور ZnO - برقی‌های پلیمری - برقی‌های
آویزی - روش شبیه سازی بار

1- مقدمه

عدم توزیع یکنواخت پتانسیل بر روی برقی‌های ZnO باعث کاهش عمر بهره برداری برقی‌ها میگردد. برقی‌های با محفظه پلیمری به علت وزن کم آنها قابلیت آویزان شدن در نقاط مختلف شبکه را دارا می باشند. برای آنالیز توزیع پتانسیل بر روی برقی‌های آویزی روش ترکیبی از آنالیز میدانهای الکتریکی و مدارات الکتریکی ارائه شده است. مدار معادل الکتریکی از روش شبیه سازی بار و ماتریس انتقال بدست می آید و توزیع پتانسیل به روی برقی‌ها از آنالیز مدار الکتریکی بوسیله قانون کیرشهف بدست می آید. لذا مسئله پیچیده میدان الکتریکی به یک مسئله مدار الکتریکی ساده تبدیل گردیده است.

2- شدت میدان الکتریکی بر روی قرصهای ZnO

منحنی مشخصه ولت - آمپر برقی‌ها را می توان بصورت منحنی مشخصه شدت میدان - چگالی جریان نیز رسم نمود. شکل (1) که در آن شدت میدان از تقسیم ولتاژ اعمالی به برقی‌ها بر ارتفاع آن و چگالی جریان از تقسیم جریان گذرنده از برقی‌ها به سطح مقطع قرصهای ZnO حاصل می شود. مطابق با شکل 1 چنانچه شدت میدان الکتریکی از مقدار قابل قبول E_0 در زمان اعمال ولتاژ فرکانس 50 هرتز بیشتر گردد، جریان ناشی تا چند برابر افزایش یافته که انرژی حرارتی آن باعث افزایش درجه حرارت المانهای برقی‌ها و جابجایی منحنی مشخصه می گردد. که اگر این افزایش دما ادامه یابد ممکن است باعث بروز اختلال حرارتی و ناپایداری حرارتی برقی‌ها گردد. [1]

3- چگونگی توزیع شدت میدان در طول ستون وریستورهای ZnO

مطابق با آنچه بیان شد، شدت میدان واقع بر المانهای برقی‌ها از اهمیت ویژه ای در نحوه عملکرد برقی‌ها دارا می

باشد و افزایش این شدت میدان تا بیشتر از مقدار مجاز موجب فزونی جریان نشی و درجه حرارت آنها می گردد. بطوریکه شدت میدان واقع بر مقاومت‌های غیرخطی به عنوان کیفیت عمده بروز اختلال در پایداری حرارتی برقی محسوب می شود. هنگامی که ارتفاع ستون مقاومت های غیرخطی از حدود 30 الی 40 سانتی متر تجاوز نماید توزیع شدت میدان بصورت یکنواخت صورت نمی گیرد بطوریکه میدان بر روی ریسستورهای ZnO در قسمت نزدیک به ولتاژ بالا، از مقدار E_0 بیشتر شده و این میدان با حرکت به سمت ولتاژ صفر (طرف ارت) کاهش می یابد. لذا برای یکنواخت کردن این میدان از حلقه های یکنواخت کننده میدان استفاده می گردد. شکل(2)

4- برقی‌های آویزی ZnO با محفظه پلیمری

برای اصلاح عملکرد و حداکثر بهره برداری از برقی‌های ZnO، از محفظه های پلیمری جای محفظه های پروسیلینی استفاده شده است. برقی‌های 110KV و 220KV با محفظه پلیمری از این نوع برقی‌های می باشد که به علت کوچک بودن اندازه و وزن کمتر می توانند راحت در نقاط مختلف شبکه به طور آویزان نصب گردند. توزیع پتانسیل در برقی‌های ZnO را نیز می توان اندازه گیری و محاسبه نمود. [2]. روش شبیه سازی بار برای آنالیز توزیع پتانسیل معرفی گردیده است [3]. روش عناصر محدود برای توزیع پتانسیل به روی برقی در [4] و [5] گزارش گردیده است. مقالات زیادی در مورد محاسبه، میدان الکتریکی و توزیع پتانسیل برای ولتاژ زیاد وجود دارد [6] و [7]. روشی که در این مقاله مورد بررسی قرار می گیرد یک روش عددی است برای محاسبه چگونگی توزیع پتانسیل بروی برقی‌های آویزی ZnO. قسمت‌های مختلف دو نوع برقی 110KV و 220KV در شکل (3) نشان داده شده است. همچنین سه آرایش مختلف برای برقی‌های آویزی پلیمری در شکل (4) نشان داده شده است.

در شکل (a-4) برقی آویزی در هوای آزاد بروی خط انتقال ولتاژ زیاد در ورودی یک پست فوق توزیع می باشد. شکل (b-4) یک برقی را بر روی فرم کاری در یک پست فوق توزیع نشان می دهد و شکل (c-4) برقی آویزی را بر روی خط انتقال نشان می دهد.

5- کاربرد روش شبیه سازی بار

برقی را به n قسمت تقسیم می کنیم بطوریکه ریسستورهای ZnO دارای n-2 جزء و حلقه آویزی و انتهای برقی هر کدام یک جزء باشند بدین صورت آنها را بوسیله بارهای Q_1 و Q_2 و 000 و Q_n شبیه سازی می کنیم. حلقه یکنواخت کننده میدان و هادی های ولتاژ بالا را که همیشه تحت

ولتاژ هستند با بارهای Q'_1, Q'_2, \dots, Q'_k شبیه سازی می کنیم. فرم کار برای برقگیرهای آویز در پست فوق توزیع و خط انتقال با بارهای $Q''_1, Q''_2, \dots, Q''_m$ شبیه سازی می کنیم. شبیه سازی های فوق در شکل (5) نشان داده شده اند.

6- اصول آنالیز توزیع پتانسیل

مطابق با بخش ضمیمه رابطه بین بارهای شبیه سازی شده $Q_n = [Q_1, Q_2, \dots, Q_n]^T$ و پتانسیل $V_n = [V_1, V_2, \dots, V_n]^T$ به روی برقگیر به صورت ذیل می باشد:

$$Q_n = P^{-1} V_n = B V_n \quad (1)$$

بصورتی که P ماتریس ضرایب پتانسیل و B ماتریس ضرایب ظرفیت هستند. $(B = P^{-1})$ تأثیر ولتاژ زیاد و ولتاژهای صفر در شکل بطور غیرمستقیم در ماتریس P وجود دارد. لذا دیگرام مدار معادل برای رابطه (1) مطابق شکل (6) می باشد. خازنهای وریستورهای ZnO در رابطه (1) منظور نگردیده اند ولی در دیگرام شکل (6) توسط C_0 مشخص گردیده اند. پتانسیل تمام گره های شکل براساس قانون کیرشهف بدست می آید.

7- تأثیر زنجیرمقره بر توزیع پتانسیل روی برقگیر

هنگامی که برقگیر به روی خط انتقال بصورت آویز نصب می شود در واقع برقگیر با زنجیرمقره موازی است. توزیع پتانسیل به روی زنجیر مقره مشابه توزیع پتانسیل به روی برقگیر می باشد. اگر زنجیر مقره با N بار شبیه سازی گردد، پتانسیل عناصر آن با U_2 و U_{N-1} خواهند بود. و مدار معادل آن نیز کاملاً شبیه مدار معادل برقگیر می باشد. فقط ظرفیت خازنی مقره را با C'_0 نمایش خواهیم داد. برای بررسی تأثیر زنجیر مقره بر چگونگی توزیع ولتاژ به روی برقگیر ظرفیت القایی M_{ij} که $(i=1$ تا $n, j=1$ تا $N)$ را میان مدار معادل هر کدام قرار داده که شکل (6) حاصل خواهد شد. براساس این شکل معادله گره بصورت زیر می باشد.

$$\begin{bmatrix} V' \\ V' \end{bmatrix} = L U \quad (2)$$

$V = [V_2, V_3, \dots, V_{N-1}]^T$ پتانسیل عناصر برقگیر و $V' = [V'_2, V'_3, \dots, V'_{N-1}]^T$ پتانسیل عناصر زنجیرمقره و L ماتریس ضرایب می باشد. لذا پتانسیل توزیع شده بر روی عناصر برقگیرهای آویز براساس رابطه (2) بدست می آیند.

8- نتیجه گیری

برقگیرهای اکسید فلزی که وسیله حفاظتی بسیار مهمی در شبکه های قدرت می باشد به علت نداشتن فاصله هوایی همیشه تحت ولتاژ بهره برداری قرار دارند. توزیع پتانسیل به روی ستون قرصهای ZnO متأثر از ظرفیت خازنی بین وریستورها و زمین می باشد. این پتانسیل معمولاً در قسمتی

از برقی که تحت ولتاژ است بیشتر می باشد و اگر چگونگی اصلاح توزیع پتانسیل بروی وریستورهای ZnO در طراحی برقی مورد بررسی قرار نگرفته باشد، مسلماً عدم توزیع یکنواخت پتانسیل باعث ناپایداری حرارتی و کاهش عمر برقی خواهد شد. یکی از روشها جهت آنالیز توزیع پتانسیل در برقیهای آویز ZnO تبدیل میدان الکتریکی به مدار الکتریکی می باشد.

9- ضمیمه

بر اساس روش شبیه سازی بار رابطه بین بار شبیه سازی شده و ولتاژمتناظر برای تمام عناصر شبیه سازی به صورت زیر می باشد:

$$V_a = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} Q_a \quad (\text{A.1})$$

$V_a = [v'_1, \dots, v'_k, v_1, \dots, v_n, v''_1, \dots, v''_m]^T$ $Q_a = [Q'_1, \dots, Q'_n, Q_1, \dots, Q_n, Q''_1, \dots, Q''_m]^T$
اگر فرض کنیم ولتاژ U بر برقی اعمال شود و V_n پتانسیل صفر باشد داریم:

$$V'_1 = V'_2 = \dots = V'_k = V_1 = U \quad V''_1 = V''_2 = \dots = V''_m = V_n = 0$$

Z, Y, X ماتریس های ضرایب می باشند.

بوسیله تفریق سطر K+1 از 1 تا K در معادله (A.1) داریم

$$V'_a = \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z \end{bmatrix} Q_n \quad (\text{A.2})$$

$$V'_a = [0, \dots, 0, V_1, \dots, V_n, 0, \dots, 0]^T \quad X' \text{ ماتریس } k^*(k+n+m)$$

$$(\text{A.3}) \quad E \text{ ماتریس } k^*k \text{ و } X'' \text{ ماتریس } k^*(n+n)$$

$$V'_a = \begin{bmatrix} E & X'' \\ Y & \\ Z & \end{bmatrix} Q'_a$$

$$Q'_a = [q_1, \dots, q_k, Q_1, \dots, Q_n, Q''_1, \dots, Q''_m]^T$$

$$(\text{A.4}) \quad Y' \text{ و } Z' \text{ ماتریس های } n^*(n+m) \text{ و } m^*(n+m) \text{ هستند.}$$

$$V'_a = \begin{bmatrix} E & X'' \\ 0 & Y' \\ 0 & Z' \end{bmatrix} Q'_a$$

E ماتریس m^*m و Z' ماتریس m^*n می باشند.

$$V'_a = \begin{bmatrix} E & X'' \\ 0 & Y' \\ 0 & Z' & E' \end{bmatrix} Q'_a \quad (\text{A.5})$$

$$Q_a'' = [q_1, \dots, q_k, Q_1, \dots, Q_n, q_1'', \dots, q_m'']^T$$

Z'' ماتریس $m \times n$ و P ماتریس $n \times n$

$$V_n' = \begin{bmatrix} E & X'' \\ 0 & P & 0 \\ 0 & Z'' & E' \end{bmatrix} Q_a'' \quad (\text{A.6})$$

رابطه بین بار برقی و پتانسیل به صورت زیر می باشد.

$$V_n = P Q_n \quad (\text{A.7})$$

$$V_n = [V_1, \dots, V_n]^T \quad Q_n = [Q_1, \dots, Q_n]^T \quad (\text{A.8})$$

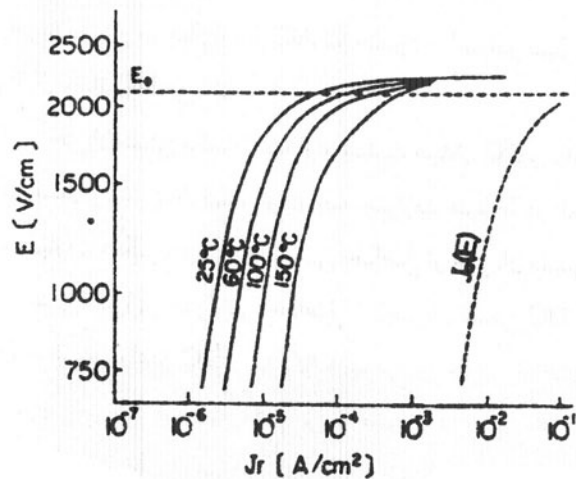
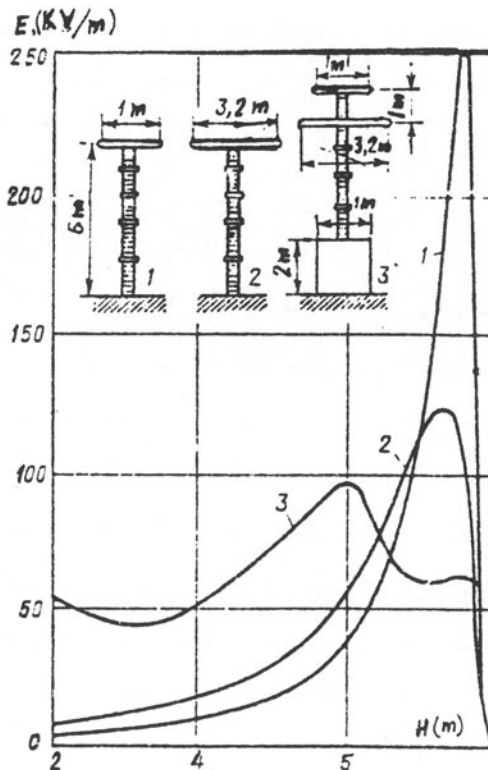
$$Q_n = P^{-1} V_n = B V_n \quad (\text{A.9})$$

$$Q_i = B_{i,1} V_1 + B_{i,2} V_2 + \dots + B_{i,n} V_n$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n B_{i,j} V_j + \sum_{j=1, j \neq i}^n (-B_{i,j})(V_i - V_j) = K_{i,g} V_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n K_{i,j} (V_i - V_j) \quad (\text{A.10})$$

که $K_{ig} = \sum_{j=1}^n B_{i,j}$ ظرفیت خازنی خودی برای نمایش ظرفیت خازنی بین وریستور i ام و زمین می باشد و $K_{i,j} = -B_{i,j}$ ($i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$) ظرفیت خازنی القایی است بطوریکه $B_{i,j}$ نشان دهنده علامت منفی در مدار معادل شکل (6) می باشد.

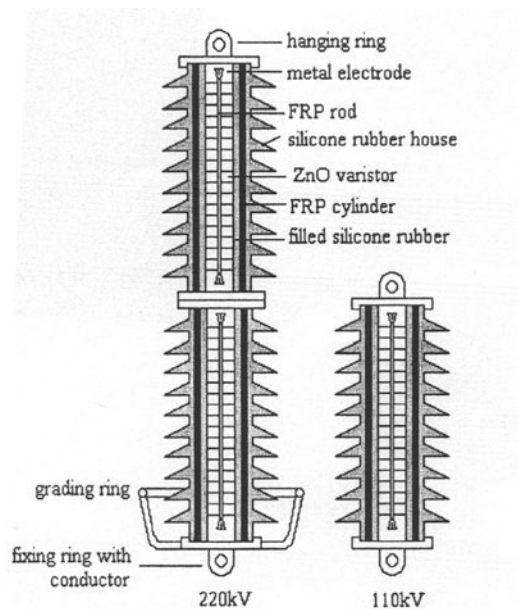
10- شکلها به ترتیب شماره



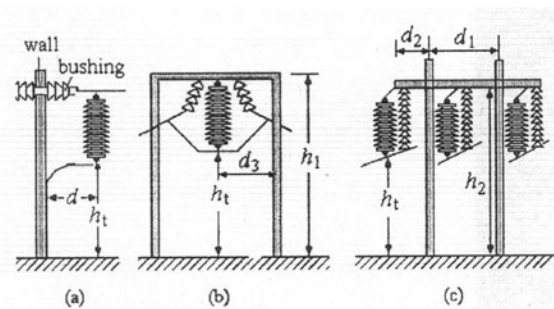
شکل (1) - منحنی مشخصه برقی شدت میدان - در دماهای مختلف

شکل (2) - توزیع شدت میدان در طول
برقگیر و استفاده از حلقه
یکنواخت کننده میدان

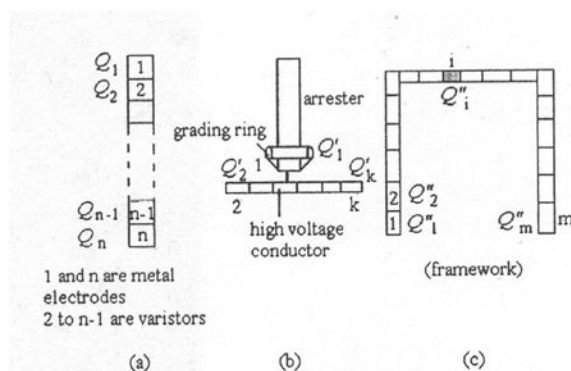
ستون بدنه



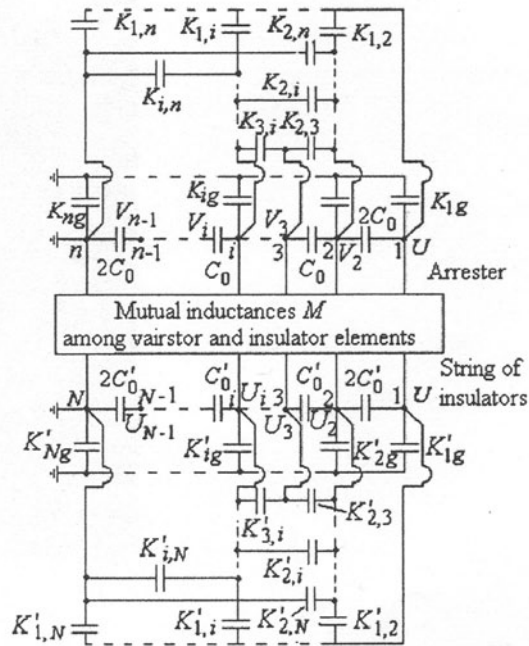
شکل (3) - برقگیرهای آویزی ZnO با محفظه پلیمری



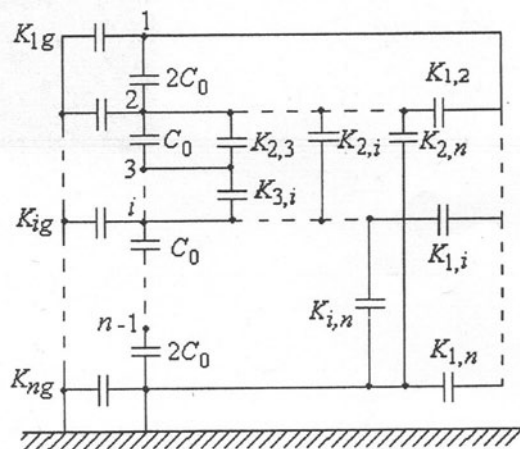
شکل (4) - آرایشهای برقگیر آویزی a : ورودی به پست b : فریم پست توزیع c : خط انتقال



شکل (5) - آرایش بارهای شبیه سازی شده



شکل (6) - دیاگرام مدار معادل الکتریکی بروی ستون برقگیر



شكل (7) - مدار معادل الكتيكي برقيير همراه با زنجيرمقره

11- فهرست مراجع

1- رضا باوفا طوسي، «برقگیرهای ZnO و بررسی پایداری حرارتی و بدست آوردن منحنی مشخصه وریستورهای اکسید روی» نصیر، زمستان 82

[2] J.He , “Research on High Voltage Polmeric ZnO Surge Arrester ,” Ph.D. dissertation , T singhua University , beijing, china,1993.

[3] M.Oyama, I.Ohshima , M. Hoda, M. Yamashita , and S.Kojima, “Analytical and experimental approach to the voltage distribution on gapless zinc – oxide surge arresters , IEEE Trans. Power App. Syst. Vol. PAS-100, pp.4621-4627, Nov. 1981.

[4] S. Kojima , M. Oyama , and M. Yamashita, “potential distributions of metal oxide surge arresters under various of environmental conditions, IEEE Trans. Power Deliver, Vol, PWRD-3, pp. 984-989, Jul 1988.

[5] Z. J. Csendes and J.R. Hamann, “Surge arrester voltage distribution analysis by the finite element method” IEEE Trans. Power App. Syst. Vol. PAS-100, pp. 1803-1806, Apr. 1981.

[6] W. Que and S.A. Sebo, “Electric field and potential distributions along dr and clean nonceramic insulators,” in Proc. Elect. Insulation Elect. Manufacturing Coil Winding Conf., Cincinnati, OH, USA, Oct. 16-18,2001, pp. 437-440.

[7] I. Sebestn, “Electric-field calculation for HV insulators using domain decomposition method,” IEEE Trans. Magn., vol. 38, pp. 1213-1216, Mar. 2002.