

MÔ HÌNH HOÁ VÀ MÔ PHÒNG CHỐNG SÉT VAN BẰNG SỬ DỤNG PHẦN MỀM EMTP

Võ Tiến Dũng*, Trần Duy Trinh**,
Võ Tiến Trung **, Vũ Anh Tuấn***

Title: Modeling and Simulation
of Surge Arresters Using EMTP

Từ khóa: Điện từ, EMTP, mô
hình, sét, tần số phụ thuộc.

Keywords: Electromagnetic
Transients, Surge Arrester,
EMTP, Modeling, lightning,
Frequency Dependent.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 10/1/2017;

Ngày nhận kết quả bình duyệt:
08/2/2017;

Ngày chấp nhận đăng bài:
06/9/2017.

Tác giả:

* NCS., **TS., ***ThS., trường
Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

vutuanktv@yahoo.com,
tdungtmv@gmail.com

TÓM TẮT

Bài viết này thảo luận về các bước cần thực hiện để thu được những thông số tính toán cần thiết để đại diện cho mô hình chống sét van trên cơ sở mô hình phụ thuộc tần số được đề xuất bởi nhóm nghiên cứu của IEEE trong mô phỏng quá độ. Phần mềm EMTP được sử dụng để mô phỏng sự làm việc của chống sét van trong suốt quá trình quá độ điện từ trong hệ thống điện. Các mô phỏng được thực hiện khi có sét đánh trên đường dây truyền tải của lưới điện trung thế, điện áp được ghi lại tại thanh cái 22kV và tại đầu cực của chống sét, và được biểu diễn trên đồ thị bằng chương trình PlotXY trong EMTP.

ABSTRACT

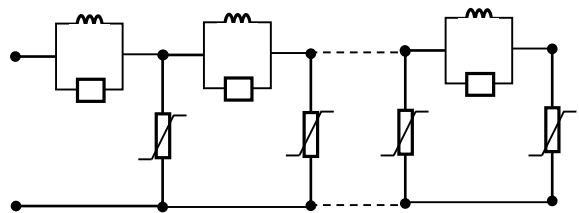
This paper discusses the steps to be performed for deriving the parameters needed to represent model of surge arresters based on frequency dependent model recommended by the IEEE WG.3.4.11 in transient simulations. The program EMTP (ElectroMagnetic Transient Program) was used to simulate the performance of surge arresters during electromagnetic transients on power systems. The simulation was done when the lightning strikes on the transmission line of medium voltage grid, the voltage was recorded at 22 kV bus and at terminal of surge arrester, and were drawn by the PlotXY program.

1. Giới thiệu

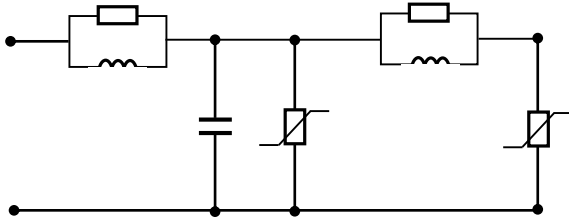
Trước khi mô hình chống sét van được nhóm nghiên cứu của tổ chức IEEE đưa ra, Durbak đã đề xuất mô hình chống sét van tổng quát (Durbak W.D., 1985). Đó là mô hình chống sét van phụ thuộc tần số được thực hiện bằng cách chia nhỏ thành nhiều trở kháng phi tuyến tần số thấp (Hình 1).

Mỗi điện trở phi tuyến phụ thuộc thời gian được ngăn cách bởi các bộ lọc thông thấp. Rất khó để đo lường các thông số thực nghiệm để tính toán các thông số của mô hình trên phạm vi rộng ($m > 2$). Tuy nhiên đối với sự phối hợp cách điện, mối quan tâm chính là sự xuất hiện của hiệu ứng phía trước nhanh

chóng ở khu vực xung sét, nơi các dòng điện sét từ 1kA đến 20kA xảy ra trong thời gian rất ngắn, từ 0,5 μ s đến 10 μ s. Đối với phạm vi này kết quả tốt có thể đạt được khi $m = 2$ và điều này dẫn đến các mô hình của IEEE (Hình 2) (IEEE W.G. 3.4.11, 1992, tr. 301-309).

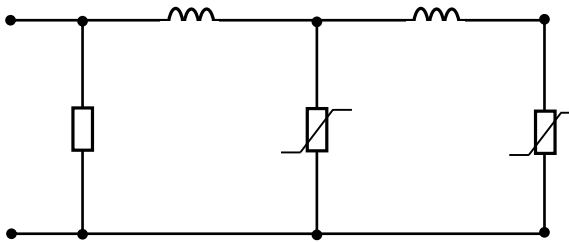


Hình 1. Mô hình tổng quát do Durbak
đề xuất



Hình 2. Mô hình tổng quát do IEEE đề xuất

Năm 1999, Pinceti và Giannettoni trong (Pinceti P. & Giannettoni M., 1999, tr.393-397) đã đơn giản hoá mô hình chống sét van của IEEE. Mô hình đó được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Mô hình IEEE đơn giản do Pinceti và Giannettoni đề xuất

Trong mô hình này, hai điện trở song song với điện cảm được thay thế bằng một điện trở có giá trị rất lớn (khoảng 1 MΩ) đặt trên hai cực đầu vào. Mục đích của điện trở này là để giảm bớt dao động trong quá trình tính toán.

Giá trị điện cảm được tính như sau (theo Durbak W.D.,1985):

$$L_1 = \frac{1}{4} \frac{V_{1/T_2} - V_{8/20}}{V_{8/20}} U_n (\mu H) \quad (1)$$

$$L_0 = \frac{1}{12} \frac{V_{1/T_2} - V_{8/20}}{V_{8/20}} U_n = \frac{1}{3} L_1 (\mu H) \quad (2)$$

Trong đó:

U_n - điện áp làm việc lớn nhất của chống sét van.

V_{1/T_2} - điện áp dư (Residual voltage) của xung dòng điện sét 10 kA dạng sóng 1/ T_2 μs. Thời gian giảm (T_2) không được viết một

cách rõ ràng bởi vì các nhà sản xuất khác nhau có thể sử dụng giá trị khác nhau. Điều này không ảnh hưởng đến các mô hình, bởi vì giá trị đỉnh của điện áp dư trùng với sự tăng lên của xung sét.

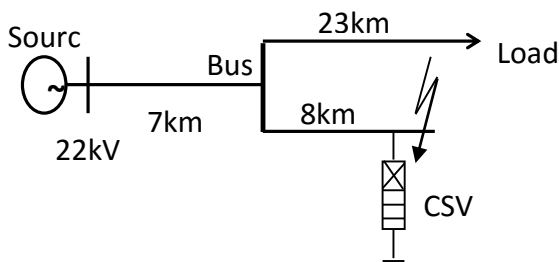
$V_{8/20}$ - điện áp dư của xung dòng điện sét 10kA với dạng sóng 8/20μs.

Thực nghiệm cho thấy mô hình chống sét van do Pinceti và Giannettoni đề xuất cho kết quả rất tốt so với các kiểm tra trên các chống sét van thực của các nhà sản xuất (Pinceti P., Giannettoni M., 1999, tr. 393-397). Trong bài viết này chúng tôi sử dụng mô hình chống sét van này. Có thể mô phỏng bằng một số phần mềm như MATLAB/SIMULINK (Patne N R & Thakre K. L. ,2007, tr. 59-63), PSCAD/EMTDC (Ntombela M & cs, 2005), EMTP (Pinceti P. & Giannettoni M., 1999).

Phần mềm quá độ điện từ EMTP (Electromagnetic Transients Program) là một chương trình máy tính giúp cho việc mô phỏng quá trình quá độ điện từ, điện cơ và điều khiển trong hệ thống điện. Cũng như nhiều phần mềm khác, EMTP cũng được sử dụng cho học tập và nghiên cứu với mã nguồn mở, hoặc cho thương mại. Trong một nghiên cứu so sánh công cụ mô phỏng của phần mềm EMTP và MATLAB (Meenu Kanwar & cs, 2014, tr. 50-56), kết quả cho thấy phần mềm EMTP cho kết quả tốt hơn trong việc mô phỏng quá trình vật lý của đường dây tải điện và trạm biến áp còn MATLAB thuận tiện hơn trong điện tử công suất, xử lý tín hiệu và điều khiển. Trong bài viết này, phần mềm EMTP được chọn để mô phỏng chống sét van với mô hình trên vì EMTP được đánh giá là một trong những hệ thống chương trình được quốc tế sử dụng rộng rãi nhất để mô phỏng các hiện tượng quá độ điện từ trong hệ thống điện. Việc mô phỏng được thực hiện trên phiên bản 6.0 có bản quyền của trường đại học kỹ thuật Ostrava, cộng hoà Séc.

2. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là sơ đồ lưới điện phân phối điện áp 22kV, tần số 50Hz được cho ở Hình 4. Dây dẫn sử dụng là đường dây trên không ba pha 3xAC70, $X_0 = 0,396\Omega/\text{km}$ và $b_0 = 2,79 \cdot 10^{-6}$ (1/ $\Omega \cdot \text{km}$), chiều dài thể hiện trên Hình 4, phụ tải 1,58MW và 1,02Mvar.



Hình 4. Sơ đồ lưới điện

Sử dụng phần mềm EMTP mô phỏng điện áp tại đầu cực của chống sét van và tại thanh góp khi sét đánh vào 1 dây pha.

3. Mô phỏng và kết quả

3.1. Các thông số cần thiết cho quá trình mô phỏng:

Trở kháng đặc tính (Surge impedance) của đường dây được tính như sau:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$$

Trong đó:

L_0 là điện cảm trên 1 đơn vị dài (H/km).

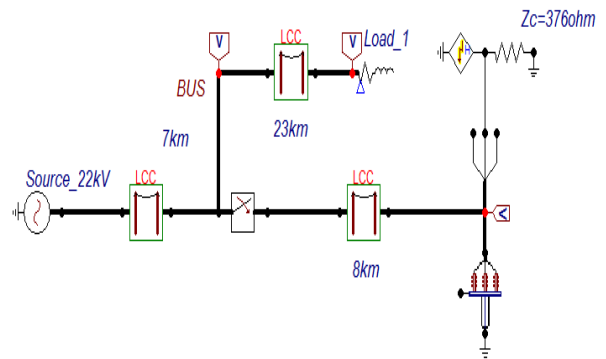
C_0 là điện dung trên 1 đơn vị dài (F/km).

Với dây AC70, $X_0 = 0,396\Omega/\text{km}$ và $b_0 = 2,79 \cdot 10^{-6}$ (1/ $\Omega \cdot \text{km}$), tính được $L_0 = 1,261 \cdot 10^{-3}$ H/km và $C_0 = 8,885 \cdot 10^{-9}$ F/km, do đó:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = 376 (\Omega)$$

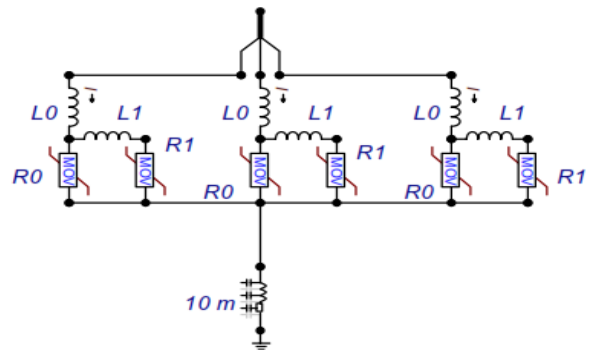
Trong phần mềm EMTP, đường dây 22kV sử dụng mô hình JMarti (ATP Theory book, 2004) với đường dây trên không, điện trở suất của đất $\rho = 50\Omega \cdot \text{m}$. Sét được mô phỏng bằng nguồn Heidler (ATP Theory

book, 2004) với biên độ 10kA. Sơ đồ mô phỏng hệ thống điện với chống sét van được thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ mô phỏng xung sét bằng EMTP

Như đã trình bày ở mục 1, chúng tôi sử dụng mô hình chống sét van do Pincetti và Giannettoni đề xuất, trong phần mềm EMTP sơ đồ mô phỏng được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6. Sơ đồ mô phỏng chống sét van

Bảng 1 là thông số của chống sét kim loại điển hình được sử dụng trong bài báo.

Bảng 1. Dữ liệu chống sét van: Loại variSTAR AZG (ArresterWorks.com)

Điện áp làm việc (kV)	Điện áp làm việc định mức (kV)	Điện áp dư với dạng sóng (V)			
		1/5 μ s		8/20 μ s	
10kA	20kA	10kA	20kA	10kA	20kA
27	22	96795	103437	81729	88371

Từ bảng ta có:

$$V_n = 27 \text{ kV}$$

$$V_{1/T2} = 96.795 \text{ kV}$$

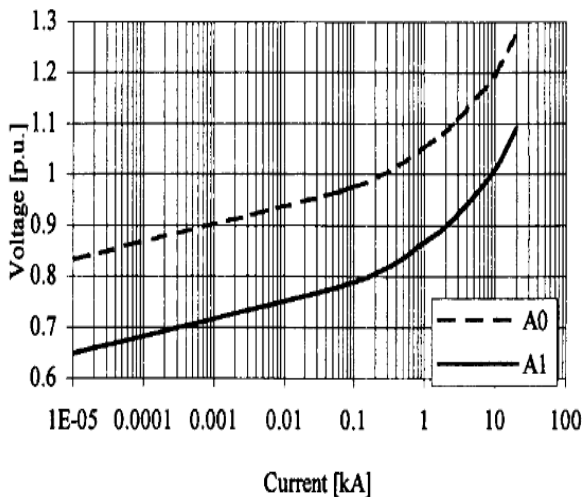
$$V_{8/20} = 81.729 \text{ kV}$$

Ta tính được:

$$L_1 = \frac{1}{4} \frac{V_{1/T2} - V_{8/20}}{V_{8/20}} U_n = \frac{1}{4} \frac{96.795 - 81.729}{81.729} \cdot 27 = 1.2443 (\mu\text{H})$$

$$L_0 = \frac{1}{12} \frac{V_{1/T2} - V_{8/20}}{V_{8/20}} U_n = \frac{1}{12} \frac{96.795 - 81.729}{81.729} \cdot 27 = 0.3111 (\mu\text{H})$$

Để xác định đặc tính điện trở phi tuyến A_0 , A_1 dựa trên đường đặc tính V-I thực nghiệm do nhóm nghiên cứu của IEEE đưa ra ([IEEE W.G. 3.4.11, 1992]).



Hình 7. Đường đặc tính V-I dựa trên kết quả thực nghiệm của nhóm nghiên cứu IEEE

Trong phần mềm EMTP, đặc tính V-I của điện trở phi tuyến được mô tả bởi phương trình:

$$I = B \cdot V^q$$

Với B và q là các hằng số.

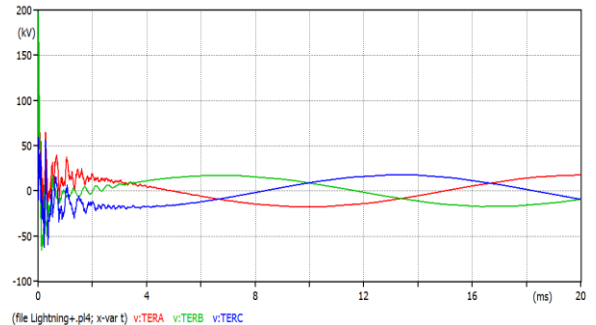
Kết hợp phương trình phi tuyến với đường cong thực nghiệm xác định được giá trị phi tuyến A_0 , A_1 thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Đặc tính V-I sử dụng cho A_0 và A_1 trong mô hình chống sét van.

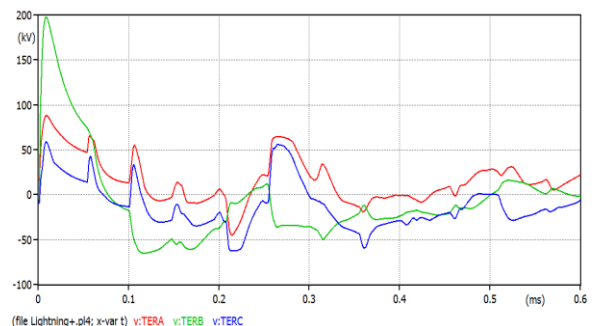
I (kA)	A_0 (kV)	A_1 (kV)
$2 \cdot 10^{-6}$	65.6	50.5
0.1	78.9	63.8
1	85.2	70.1
3	89.7	74.7
10	96.7	81.7
20	103.4	88.4

2. Kết quả mô phỏng

Sử dụng phần mềm EMTP mô phỏng cho trường hợp xảy ra sét đánh trực tiếp vào pha B gần chống sét van. Kết quả điện áp 3 pha trên đầu cực chống sét van và trên thanh cái được vẽ bởi ứng dụng PlotXY trong EMTP thể hiện ở Hình 8 và 9.

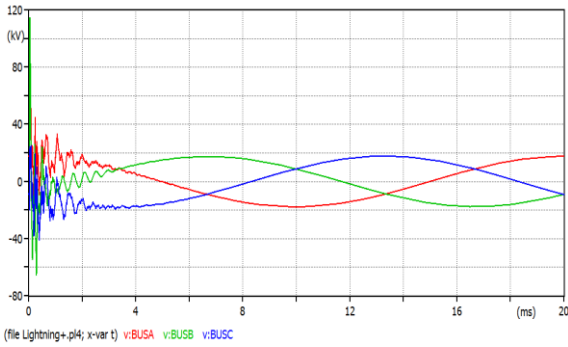


Hình 8a. Đồ thị sóng 3 pha trong 20ms

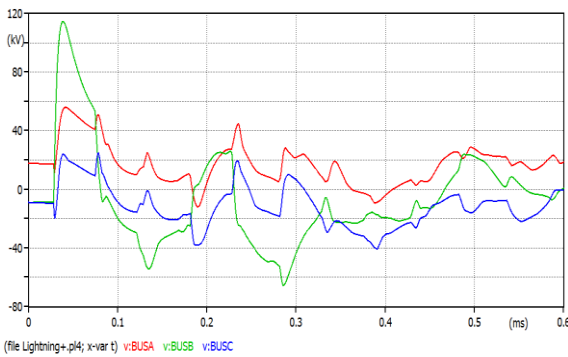


Hình 8b. Đồ thị sóng 3 pha trong 0.6ms

Hình 8. Điện áp 3 pha tại đầu cực chống sét van khi sét xảy ra tại pha B.



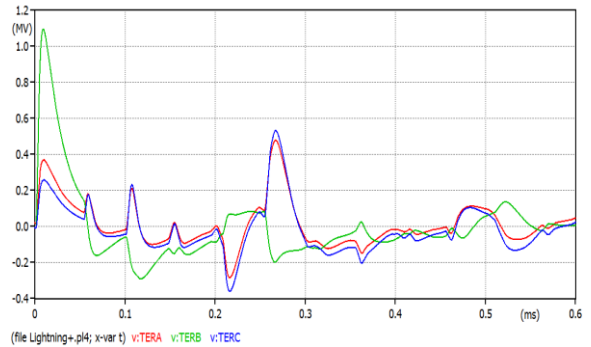
Hình 9a. Đồ thị sóng 3 pha trong 30ms



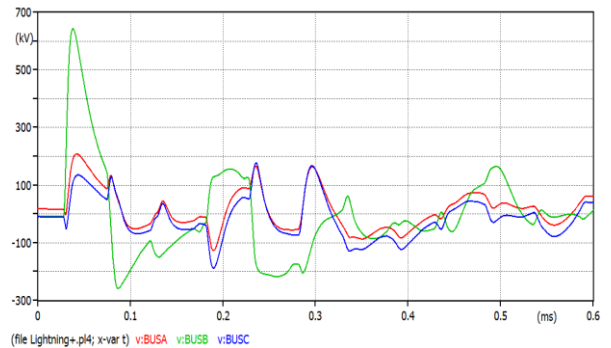
Hình 9b. Đồ thị sóng 3 pha trong 0.6ms

Hình 9. Điện áp 3 pha tại thanh cái khi sét xảy ra tại pha B

Có thể quan sát ở hình 8 và 9: Khi xảy ra sét đánh trực tiếp vào pha B, điện áp xung kích tại pha B trên chống sét van lên tới 200 kV, còn tại thanh cái thì thấp hơn, chỉ 120kV, thời gian xảy ra rất ngắn, chưa đến 1ms. Có thể so sánh điện áp với trường hợp không có chống sét van, Hình 10, 11. Khi đó điện áp xung kích tại pha B có thể lên đến 1100kV tại điểm bị sét đánh và 650kV tại thanh cái. Bảng 3 cho thấy chi tiết hơn về điện áp lớn nhất tại các pha trong 2 trường hợp có và không có chống sét van. Từ kết quả mô phỏng ta có thể tính được lực điện động tác động lên các thiết bị điện giúp cho việc tính toán và lựa chọn thiết bị phù hợp.



Hình 10. Điện áp 3 pha tại điểm bị sét đánh trực tiếp (vào pha B) khi không có chống sét van.



Hình 11. Điện áp 3 pha thanh cái khi không có chống sét van

Bảng 3. Điện áp lớn nhất ở 3 pha tại đầu cực chống sét van và trên thanh cái.

Vị trí	Điện áp cực đại (kV)			
	Có sử dụng chống sét van		Không sử dụng chống sét van	
	Đầu cực chống sét van	Thanh cái	Đầu cực chống sét van	Thanh cái
Pha A	88,2	56,1	478	208
Pha B	198,0	114,0	1095	643
Pha C	59,0	38,1	531	188

4. Kết luận

Bài viết đã trình bày quá trình tính toán và mô phỏng chống sét van dựa trên mô hình của IEEE đề xuất. Đồng thời việc mô phỏng quá trình quá độ của điện áp tại đầu cực của chống sét van cũng như tại thanh cái của mạng điện trung áp được thực hiện bằng phần mềm EMTP. Kết quả mô phỏng giúp xác định được ảnh hưởng của sét lên lưới điện,

hỗ trợ cho việc tính toán, lựa chọn thiết bị phù hợp và có các biện pháp giảm thiểu thiệt hại do sét gây ra.

Trong thực tế, việc kiểm nghiệm hiện tượng sét trên đường dây rất khó, vì vậy với mô hình này, người thiết kế có thể thay đổi thông số của chống sét van dựa trên số liệu thực, từ đó lựa chọn chống sét van phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ArresterWorks.com, *Medium and High Voltage Arrester and Lightning Standards Overviews*. Truy cập ngày 10/6/2016, từ http://arresterworks.com/standards/overview.php#c62_1
2. ATP Theory book, EMTP-ATP Programs (2004). *Ấn bản kèm theo phần mềm*.
3. Durbak W.D.(1985). Zinc-Oxide Arrester Model for Fast Surges, *EMTP Newsletter*, Vol. 5, No. 1, January 1985.
4. IEEE W.G. 3.4.11 of Surge Protective Devices Committee. (1992). Modeling of metal oxide surge arresters. *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 7, NO. 1, pp. 301 - 309, January 1992.
5. IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating- Current Systems. (1991), *IEEE Std C62.22-1991*.
6. Loszlu Prikler, Hans Kristian Hoidalén. (2009). ATPDRAW version 5.6, *ấn bản kèm theo phần mềm*.
7. Meenu Kanwar, Komal Arora, Sawan Kumar Sharma. (2014). Comparison of Simulation Tools ATP-EMTP and MATLAB-Simulink for Time Domain Power System Transient Studies. *International Journal of Research Studies in Computer Science and Enigeering (IJRSCSE)*, Vol.1, issue 3, July 2014, pp 50-56.
8. Ntombela M, Kaberere K K, Folly K A, Petroianu A I. (2005). An Investigation into the Capabilities of MATLAB Power System Toolbox for Small Signal Stability Analysis in Power Systems, *IEEE PES Conference and Exposition*.
9. Patne N R, Thakre K L. (2007). Stochastic Estimation of voltage Sag Due to Faults in the Power System by Using PSCAD/EMTDC Software as a Tool for Simulation, *Journal of Electrical Power Quality and Utilisation*, Vol. 13, pp. 59-63.
10. Pinceti P., Giannettoni M.(1999). A Simplified Model for Zinc Oxide Surge Arresters, *IEEE Trans. On Power Delivery*, Vol. 14, No. 2, p. 393-397, April 1999.