

**NGHIÊN C U L ACH NTHÔNGS ,C UHÌNHM CHTH TRONGTH NGHI M XUNG SÉT CHOMÁYBI NÁPL CM TPHA 500kVS NXU TT IVI TNAM.**

**TS. Nguy n H u Ki n – Phòng Thí nghi m tr ng i m Qu c gia i n cao áp**

**TÓM T T**

Bài báo ã trình bày k t qu nghiên c u l a ch n thông s , c u hình m ch th trong th nghi m (TN) xung sét d ng xung  $1,2/50\mu s$  cho máy bi n áp l c (MBA) m t pha 500kVs n xu tt i Vi t Nam. Các k t qu TN c th c hi n t i Phòng Thí nghi m tr ng i m qu c gia i n cao áp – Vi n N ng l ng (National Key Laboratory for High Voltage Techniques - Institute of Energy (HVLAB) là n v duy nh t t i Vi t Nam th c hi n c h ng m c TN này. ki m tra các giá tr xung sét và xác nh kh n ng ch u ng c a h cách i n (C ) trong thi t b i n (TB ) cao áp và siêu cao áp nói chung và i v i MBA 500kV nói riêng, c n thi t ph i t m t i n áp xung mô ph ng các xung sét tiêu chu n d ng xung  $1,2/50\mu s$ , (Lightning Impulse-LI).

T nh ng k t qu TN này cho phép ánh giá c ch t l ng c a h C trong MBA 500kV, kh n ng ch u c quá i n áp (Q A) khí quy n ho c Q A thao tác theo tiêu chu n IEC60076-3,-4:2000, TCVN6306-3:2006; IEC60060-1:1989 a MBA 500kV vào v n hành trên HT an toàn m b o tin c y cung c p i n.

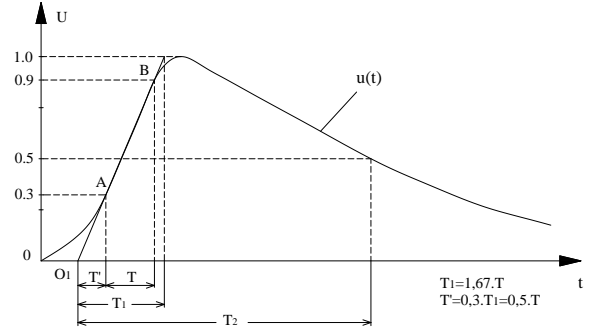
**I. T V N**

Trong quá trình v n hành HT , hi n t ng Q A x y ra t ng i th ng xuyên và là nguyên nhân chính gây ra các s c h h ng trong C c a các TB . Trong ó, hi n t ng Q A do sét ánh tr c t i p ho c lan truy n trên HT có giá tr Q A cao nh t và có kh n ng gây ra phóng i n trong h C l n nh t. Ngoài ra, quá trình chuy n m ch c ng gây ra hi n t ng Q A v i các giá tr i n áp t ng i cao có th gây nguy hi m cho h C c a TB . Các s c có nguyên nhân do Q A khí quy n ho c Q A thao tác chi m m t t tr ng l n. Do v y, các giá tr C xung i v i xung sét (LI) hay xung óng c t (SI) là các giá tr quan tr ng khi xem xét m t h C .

ki m tra các giá tr này và xác nh kh n ng ch u ng c a C trong TB , c n thi t ph i t m t i n áp xung mô ph ng các xung sét và xung óng c t tiêu chu n. Các h ng m c th nghi m MBA i v i xung sét c quy nh trong tiêu chu n IEC60076-3,-4, TCVN6306-3 và các ph ng pháp o c quy nh trong IEC60060-1).

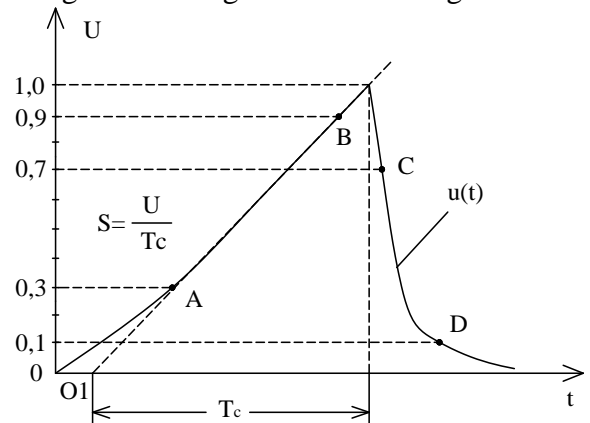
**II. C S LÝ THUY T**

**2.1. Xung sét toàn ph n:** Xung sét toàn ph n là m t xung sét không b gián o n b i phóng i n ánh th ng.



Hình 1: Xung sét toàn ph n tiêu chu n.

**2.2. Xung sét b c t:** là m t xung sét trong ó phóng i n ánh th ng gây ra s p i n áp r t nhanh, th c t v giá tr zê rô. S s p này có th x y ra u sóng, nh ho c uôi sóng. V i c c t xung sét có th th c hi n nh khe h phóng i n c t bên ngoài ho c có th x y ra do phóng i n trong C trong ho c C ngoài c a i t ng TN.



Hình 2: Xung sét b c t u sóng

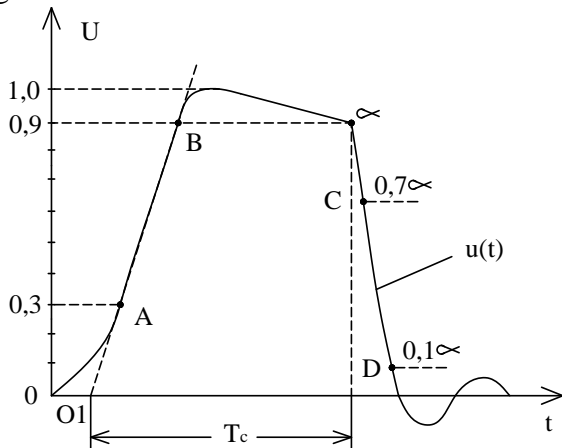
**2.3. Giá trị cao nhất TN:** là giá trị cao nhất của xung sét không dao động, giá trị cao nhất TN là giá trị nhỏ của nó.

**2.4. Thời gian u sóng  $T_1$ :** là tham số giá trị xác định bằng 1,67 lần khoảng thời gian  $T$  giữa hai thời điểm khi xung đạt 30% (điểm A) và 90% (điểm B) giá trị nhỏ.

**2.5. Góc quay  $O_1$ :** của mặt xung sét là thời điểm trục thời gian  $t$  của điểm A (hình 2) mặt thời gian là  $0,3 \times T_1$ .

Giá trị trung bình thang độ tuyến tính, đó là giao điểm giữa trục thời gian và đường thẳng qua các điểm A và B trên u sóng.

**2.6. Thời gian tính giá trị  $T_2$ :** là khoảng thời gian giữa điểm gốc quay  $O_1$  và thời điểm khi điện áp suy giảm tới một giá trị nhỏ.



Hình 3: Xung sét bất đối xứng

**2.7. Thời điểm t:** là thời điểm có xảy ra sự điện áp nhanh chóng cho khi xảy ra sét.

**2.8. Khoảng thời gian tính  $T_c$ :** là mặt tham số giá trị xác định khoảng thời gian giữa điểm gốc quay  $O_1$  và thời điểm t.

**2.9. Các tính liên quan tỉ lệ áp trong khi t:** giá trị xác định hai điểm C và D nằm 70% và 10% điện áp lúc t (hình 3). Khoảng thời gian ngắn nhất điện áp bằng 1,67 lần khoảng thời gian giữa hai điểm C và D. Độ dốc ngắn nhất điện áp là tỉ lệ điện áp t thời điểm t thời gian ngắn nhất điện áp.

**2.10. Xung bất đối xứng có mặt u sóng tuyến tính:** Mặt điện áp tăng lên với độ dốc gần như không đổi cho tới khi điện áp có bất đối xứng do phóng điện ánh sáng, độ dốc là mặt xung bất đối xứng có u sóng tuyến tính. Giá trị xác

nh, ta vẽ đường thẳng thích hợp nhất trong phần u sóng của xung nhằm giá 30% và 90% của biên độ, các giao điểm của đường này với biên độ 30% và 90% của xung là điểm A và B.

Xung bất đối xứng xác định bởi:

- Điện áp nhỏ U;
- Khoảng thời gian u sóng  $T_c$ ;
- Độ dốc quay  $S = U/T_c$ .

Đây là đặc tính chung của các điểm A và B, các biểu thức kV/ $\mu$ s.

Xung bất đối xứng này có xem như tuyến tính nếu u sóng, biên độ 30% thời điểm t, hoàn toàn nhằm giá hai đường thẳng song song với đường AB, nhưng có độ chênh lệch thời gian bằng  $\pm 0,05 T_1$ .

Theo tiêu chuẩn IEC 60060-1, xung sét tiêu chuẩn là dạng xung 1,2/50  $\mu$ s có giá trị  $T_1 = 1,2 \mu$ s ( $\pm 30\%$ ) và  $T_2 = 50 \mu$ s ( $\pm 20\%$ ), giá trị nhỏ:  $\pm 5\%$ .

### III. TH NGHIỆM XUNG SÉT IV I MBA M T PHA 500kV.

MBA là thiết bị thí nghiệm, tránh làm hỏng trong quá trình TN xung sét, cần sử dụng khe hở cụ thể nhất thiết bố trí ngoài vi. Dây dẫn cần nối tiếp các cao áp, qua khe hở phóng điện nối tiếp của MBA. Khe hở là chất lỏng không quá 10%  $U_{TN}$  xung sét lớn nhất của thiết bị theo tiêu chuẩn IEC. Khi TN MBA, phần thân vỏ, khung và tất cả các phần còn lại phải nối đất ( $N$ ) vào hệ thống nối đất chung của hệ thống TN xung sét.

#### 3.1. Các thông số cần có:

- Dòng trung tính (điện áp dây nối sao hoặc zigzag, dây trung tính có thể  $N$ );
- Dòng qua cuộn dây (điện áp các cuộn dây còn lại khi trung tính không  $N$ );
- Dòng đi qua các cuộn dây (cần nối đất mặt vỏ và không TN), trong mặt sự trung lập, dòng điện này coi như dòng điện dung;
- Dòng rò qua vỏ;
- Điện áp thí nghiệm dây không TN.

Quy trình TN xung sét cho MBA như sau:

- Mức điện áp chịu đựng xung sét cho từng cấp điện áp khác nhau;
- Các khoảng cách thí nghiệm cho từng cấp điện áp TN;
- Số lần thí nghiệm với từng dạng cuộn dây.

C n l u ý r ng i v i MBA cách i n d u, xung áp TN ph i t d ng xung âm h n ch kh n ng phóng i n ch c th ng h C (IEC 60076-3).

**3.2. Chu i xung sét th nghi m:**

i v i xung áp d ng xung sét y, quá trình TN bao g m:

- 1 xung 50%, 75% giá tr i n áp ch u ng;
  - 3 xung giá tr 100% i n áp ch u ng.
- Khi x y ra phóng i n trong quá trình TN, ho c khi thi t b o d ng xung a ra d ng sóng không thích h p, v t th không thông qua TN, th nghi m c ng ng l i và ti n hành các TN khác thích h p.

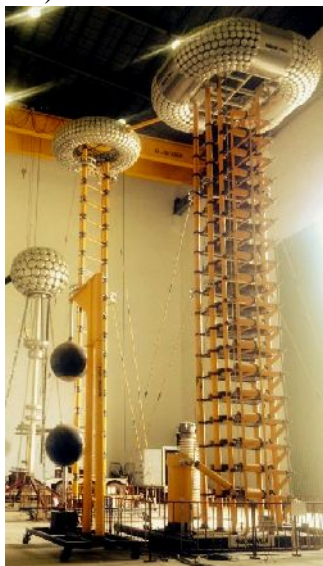
i v i xung áp d ng xung sét c t, quá trình TN bao g m:

- 1 xung y m c i n áp gi m;
- 1 xung y m c i n áp ch u ng;
- 1 ho c nhi u xung c t m c i n áp gi m;
- 2 xung c t m c i n áp th ;
- 2 xung y m c i n áp th .

K t qu thu c so sánh v i các d ng xung chu n xác nh các h h ng trong C , các cách xác nh c gi i thi u trong IEC 70076-3, -4. Biên xung c t không quá 1,1 l n i n áp ch u ng t i a.  $T_{chop}$  n m trong kho ng 2÷6  $\mu$ s.

**IV. H TH NG THI T B O L NG.**

Máy phát xung d a trên lý thuy t v máy phát MARX. Nó c c u t o b i nhi u t ng t i n, n p v i cùng m t i n áp và phóng theo ki u n i ti p thông qua khe h phóng i n. (Hình 4).



Hình 4: H th ng th nghi m xung áp GTN 18-10 t i HVLAB.

B ng 1: Các thông s k thu t c a h th ng th nghi m xung sét

Lo i máy phát xung áp	GTN 18-10
i n áp n p t i h n	3600 kV
N ng l ng t i h n	180 kJ
S t ng/t trên m i t ng	18/2
Máy phát m t chi u i n áp t i h n	200 kV - DC
Dòng i n n p t i h n i i n c c	100 mA T ng
i n áp xung sét max	3420 kV
i n dung/ i n áp m i t ng	0,5 $\mu$ F/200 kV
Ngu n c p	400 V – 50 Hz
Không khí c p	6 bar max – 4 bar min
i u ki n môi tr ng cho phép	
Nhi t m	t -5 ÷ +45 °C t 20 ÷ 95 %

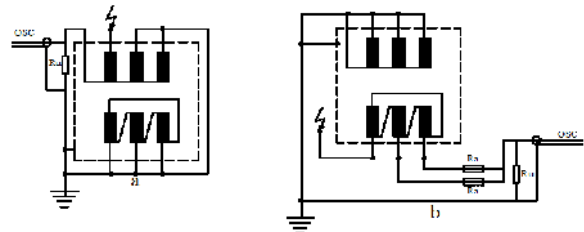
**4.1. Ph ng pháp u n i v t th**

i n áp xung c t vào l n l t t ng u c c c a MBA. i v i cu n dây có i m trung tính, i m trung tính này c n c n i t t r c ti p ho c qua i n tr shunt o. V thùng c ng ph i c n i t t r c ti p. V i MBA 3 pha 3 cu n dây, u c c c a các cu n dây không TN c n c n i t t r c ti p ho c qua i n c m.

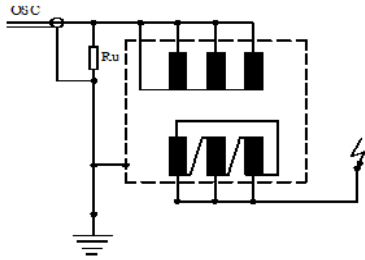
V i MBA t ng u, có th d ng xung nh n c không úng theo tiêu chu n khi cu n dây còn l i n i t t r c ti p ho c qua i n tr o. Vì v y, trong tr ng h p này cho phép n i t cu n dây v i  $R < 400$  .

Tr ng h p TN các cu n dây có i n c m th p, do khó kh n trong vi c thu d ng sóng theo úng tiêu chu n, các cu n dây còn l i có th c n i t thông qua i n tr .

Trong các tr ng h p trên, i n áp t i cu n dây N không c quá 75% v i cu n dây n i sao và 50% v i cu n dây n i tam giác.

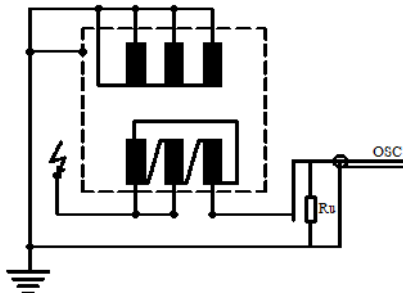


Hình 5: S th nghi m l c c



Hình 6: Sơ đồ thí nghiệm ba pha, cuộn dây máy tam giác

Vị cuộn dây máy tam giác, kết hợp hai TN mặt c và ba c, ta kết xung vào hai cuộn cùng một lúc trong khi các cuộn còn lại ngắt (TN hai c, hình 3.5). Trong trường hợp này, hai pha c TN ngược thì.



Hình 7: Sơ đồ thí nghiệm hai pha

#### 4.2. Tính toán thông số, lựa chọn cấu hình máy thí nghiệm xung áp.

Cấu hình lựa chọn chính TN xung sét cho MBA 1 pha 500kV-150MVA,  $C \cong 6000nF$  là 9 níp x 2 song song. Các giá trị Rs là:  $R_{Out} = 20$ ;  $R_{Front} = 20 // 20 // 30 = 7,5$  và  $R_{Tail} = 150$ .

##### 1. Thí nghiệm xung áp cuộn dây 500 kV

Configuration	Generator			Transformer	
	$R_{Front} (\Omega)$	$R_{Tail} (\Omega)$	$R_{Out} (\Omega)$	S (MVA)	$U_{\%}$
GTN 18-10					
9x2	7.5	150	20	>125	10
	20//20/30		(60//30)		

##### 2. Thí nghiệm xung áp cuộn dây 220 kV

Configuration	Generator			Transformer	
	$R_{Front} (\Omega)$	$R_{Tail} (\Omega)$	$R_{Out} (\Omega)$	S (MVA)	$U_{\%}$
GTN 18-10					
18x1	20	150	90	60-125	6-10
18x1	30	150	90	< 60	6
9x2	20	150//150	30	60-125	6-10
9x2	30//30	150//150	90	60-125	6-10

##### 3. Thí nghiệm xung áp cuộn dây 123 kV

Configuration	Generator			Transformer	
	$R_{Front} (\Omega)$	$R_{Tail} (\Omega)$	$R_{Out} (\Omega)$	S (MVA)	$U_{\%}$
GTN 18-10					
18x1	20	150	90	< 125	6-10
18x1	30	150	90	< 125	6
9x2	20	150//150	30	< 125	6-10
9x2	30//30	150//150	90	< 125	6-10
6x3	30	150	90	< 125	10

#### V. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH.

- Quá trình TN xung sét bên ghi sóng ghi lại các dao động cao tần áp hoặc dòng điện trong cuộn dây chủ tác động cao xung sét.

- MBA thí nghiệm coi là tiêu chuẩn ngưng sóng hiện tại công dụng sóng chu kỳ 1,2/50  $\mu s$ , với dung sai như sau:

+ Giá trị nh:  $\pm 5\%$

+ Thời gian đầu sóng  $T_1 \pm 30\%$

+ Thời gian tới giá trị đỉnh  $T_2 \pm 20\%$

- Khi có ảnh hưởng bất kỳ ngay trên ở rtrình hình dáng dao động sóng sai lệch là có dấu hiệu hỏng C. Đó ta sẽ phát hiện chính ảnh hưởng C cụ thể là C giả hai vòng dây trong MBA.

- Nếu trong quá trình TN xung sét mà kết quả trong các lần xung sét ảnh hưởng đầu v t ghi lại trên bên ghi thì in áp c ghi xung 2 n c (n c bình thường th p h n in áp thí nghiệm 60, 75 và 90%). Đây ghi in áp cho 3 lần xung và như ảnh hưởng lặp lại thì đúng TN. Trong trường hợp ngược lại cho thêm 3 lần xung tiếp theo n c in áp cao hơn cho n khi kết quả t l n ảnh hưởng lặp lại.

- Nếu ảnh hưởng không lặp lại n c mà đã xảy ra ảnh hưởng lớn thì theo ứng quy tắc, là không cần nâng in áp cao hơn nhằm tránh ảnh hưởng trên ở khác. Nếu trên nh bên ghi có hai ch ảnh hưởng hoặc nh u h n thì phải đúng TN.

- Các cuộn dây bị ảnh hưởng phải để ng ph n h o c t t c tìm nguyên nhân ảnh hưởng và sửa chữa hoặc thay thế các cuộn dây khác.

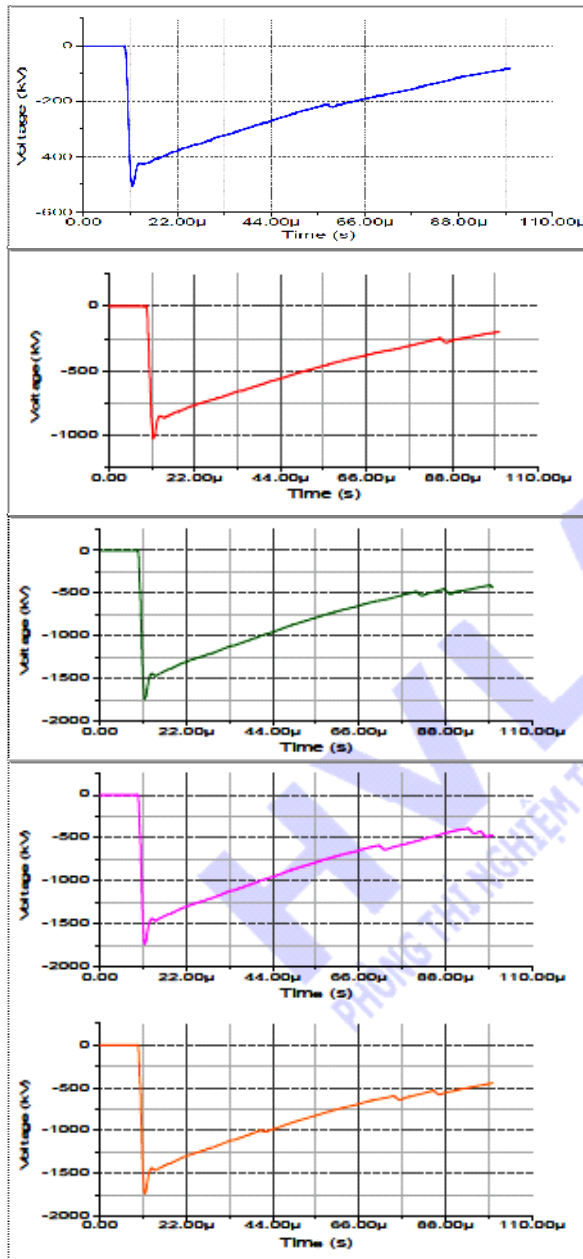
Tr c và trong quá trình TN các cán b c a HVLAB đã hi u ch nh h th ng thí t b GTN 18-10 chu n xác các s li u o.

B ng 2: T ng h p k t qu o xung sét 1,2/50  $\mu s$  trên cuộn dây 500kV

in áp TN t lên cuộn 500kV	$U_p$ (kV)	$T_1$ ( $\mu s$ )	$T_2$ ( $\mu s$ )
$U_{TN01} = - 500kV$	-495	1.11	45.6
Dung sai thí nghiệm (%)	-1.0	- 8	- 8.8
$U_{TN02} = - 1000kV$	-1060	1.10	45.4
Dung sai thí nghiệm (%)	+4.0	-8.3	-9
$U_{TN03} = - 1550kV$	-1570	1.15	45.2

Dung sai th nghi m (%)	+1.3	-4.16	-9.6
$U_{TN04} = -1550kV$	-1580	1.17	45.9
Dung sai th nghi m (%)	+1.93	-2.5	-8.2
$U_{TN05} = -1550kV$	-1590	1.08	46.1
Dung sai th nghi m (%)	+2.58	-10	-7.8

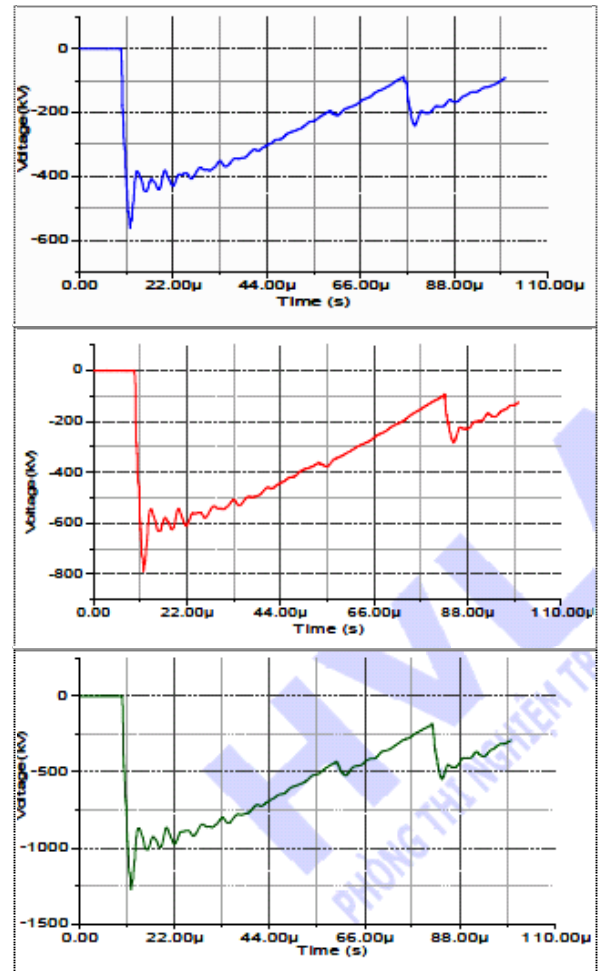
Dung sai th nghi m (%)	+ 5.0	- 5.0	-6.8
$U_{TN02} = -787.5kV$	-795	1.04	45.9
Dung sai th nghi m (%)	+ 0.9	-13.3	-8.2
$U_{TN03} = -1050kV$	-1060	1.07	46.8
Dung sai th nghi m (%)	+ 0.95	-0.8	-6.4



Hình 8: Kết quả thí nghiệm xung sét cuộn dây 500 kV.

Bảng 3: Thông số kỹ thuật xung sét 1.2/50μs trên cuộn dây 220kV

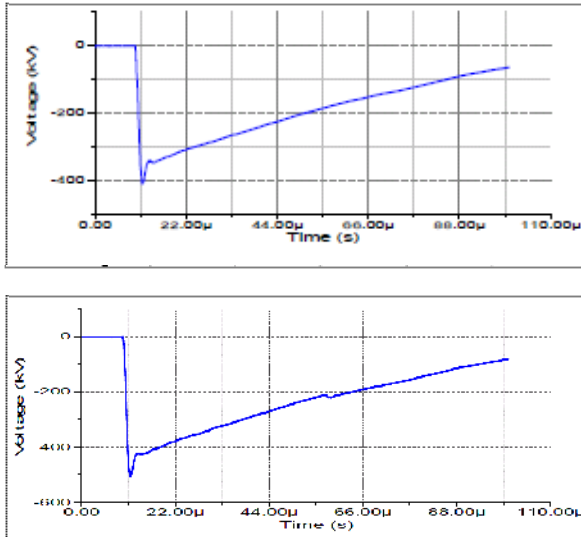
Điện áp TN t lên cuộn 220kV	$U_p$ (kV)	$T_1$ (μs)	$T_2$ (μs)
$U_{TN01} = -550kV$	-577	1.14	46.6



Hình 9: Kết quả thí nghiệm xung áp cuộn dây 220 kV.

Bảng 4: Thông số kỹ thuật xung sét 1.2/50μs trên cuộn dây 123kV

Điện áp TN t lên cuộn 123kV	$U_p$ (kV)	$T_1$ (μs)	$T_2$ (μs)
$U_{TN01} = -400kV$	-412	1.27	46.1
Dung sai th nghi m (%)	+ 3.0	+ 5.8	- 7.8
$U_{TN02} = -550kV$	-555	1.29	46.3
Dung sai th nghi m (%)	+ 0.9	+ 7.5	- 7.4



Hình 9: Kết quả thử nghiệm xung áp cuộn dây 123 kV.

Tổng hợp kết quả các bảng 2, 3 và 4 ta nhận thấy rằng:

- Đối với cuộn dây 500kV các giá trị điện áp đỉnh ( $U_{peak}$ ) là -1570kV, -1580kV và -1590kV và điện áp TN tiêu chuẩn -1550kV với các dung sai thử nghiệm (%) lần lượt là: +1.3, +1.93 và +2.58;
- Đối với cuộn dây 220kV các giá trị điện áp đỉnh ( $U_{peak}$ ) là -795kV và -1060kV và điện áp TN tiêu chuẩn -787.5kV và -1050kV với các dung sai thử nghiệm (%) lần lượt là: +0.9 và +0.95;
- Đối với cuộn dây 123kV các giá trị điện áp đỉnh ( $U_{peak}$ ) là -412kV và -555kV và điện áp TN tiêu chuẩn -400kV và -550kV với các dung sai thử nghiệm (%) lần lượt là: +3 và +0.9;
- Các giá trị thời gian đầu sóng  $T_1$  và thời gian tới giá trị nửa sóng  $T_2$  tuân theo đúng sóng tiêu chuẩn 1,2/50  $\mu s$ , với các dung sai lần lượt là: -13.3% và +7.5%.

## VI. KẾT LUẬN

Tổng kết quá trình thử nghiệm đã trình bày trên, ta có thể rút ra những kết luận sau:

- Khi xuất hiện Q/A, điện áp tăng lên cuộn dây 500kV của MBA có giá trị cao nhất -1590kV. Các giá trị  $T_1=1.08\mu s$ , (-10%) và  $T_2=46.1\mu s$ , (-7.8%). Đối với cuộn dây 220kV điện áp là -1060kV. Các giá trị  $T_1=1.07\mu s$ , (-0.8%) và  $T_2=46.8\mu s$ , (-6.4%). Và cuộn dây 123kV điện áp tăng lên C là -555kV. Các giá trị  $T_1=1.29\mu s$ , (+7.5%) và  $T_2=46.3\mu s$ , (-7.4%).

- MBA thử nghiệm đạt tiêu chuẩn kỹ thuật. Vì trong quá trình TN cuộn dây không xảy ra hiện tượng dòng điện trong mạch thử nghiệm tăng đột ngột, điện áp thử nghiệm suy giảm, sai lệch sóng tác động và có tiếng kêu ảnh hưởng trong cuộn dây MBA.

- Do điều kiện thử nghiệm trong nhà có các trạng thái bất ổn định công suất này, nên phải lắp các TB cao áp trước khi đưa vào vận hành trên HT vận hành các thiết bị hành TN để đảm bảo an toàn các thiết bị quan trọng này trong môi trường Việt Nam.

- Khi nghiệm thu MBA vào vận hành thiết bị điện áp cao mà bộ phận cung cấp điện cho HT Quốc gia và công tác TN trên hành thiết bị điện áp cao, HVLAB – Viện Nghiên cứu và xem xét tiêu chuẩn thử nghiệm IEC60076-3:2000 (TCVN 6306-3:2006) bảng 1 mục 7.1, trong đó có nêu: điện áp MBA có cuộn dây điện áp cao có  $U_m > 72,5$  kV, TN xung sét là TN thử nghiệm xuyên cho tất cả cuộn dây của MBA. Do đó khi nghiệm thu Công trình xây dựng mới khung pháp lý đảm bảo an toàn xung sét cho các TB cao áp, siêu cao áp nói chung và MBA nói riêng vào Quy chuẩn Quốc gia và Kỹ thuật hiện hành. Nhằm đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật, công nghệ trong điều kiện Việt Nam, công nghệ phát triển hiện đại và hiện tại của ngành TN này do nhà sản xuất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Instruction manual, (2007), “Impulse Voltage Generator Type: GTN 3600 kV - 180kJ”, Passoni Villa – Italya.
2. E. Kuffel (2000), “High Voltage Engineering Second edition”, University of Manitoba, Winnipeg, Canada.
3. Dieter Kind, Kurt Feser (2005), “High Voltage Test Techniques Second edition”.
4. IEC 60076-3, -4 (2009), “Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air” and Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors.
5. IEC 60060-1 (2009), “High-voltage test techniques Part 1: General definitions and test requirements”.

Địa chỉ liên hệ : Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia Điện cao áp – Viện Năng lượng  
Số 6 Tôn Thất Tùng – Đống Đa – Hà Nội;  
Số điện thoại: 091.352.7553  
Email: *kien\_p18@yahoo.com*