

### 과도고전압측정에서 측정값 보정에 관한 연구

백용현\*, 이국중\*\*  
\* 인하대학교

#### RECONSTRUCTION OF HV IMPULSES DEFORMED BY THE MEASURING SYSTEM

Y.H. Paek, K.J. Lee  
Dept. of Electrical Engineering, Inha University

#### ABSTRACT

High voltage impulse measuring system gives an output signal that is a deformed response of the input signal. This paper describes a method of reconstructing the input signal from the deformed output. The method is applicable to any waveshape, full or chopped impulse voltages.

#### 1. 서 론

과도고전압측정에서 급준파 및 차단파의 측정은 여러가지로 개발된 본압기를 포함하는 측정시스템으로 가능하다. 이상적으로는 본압기를 사용하여 과도고전압을 측정하는 경우, 측정시스템의 출력이 시간의 지연 없이 입력에 비례하여 작게 나타나야 하나 실제로 있어서 출력은 시간의 지연과 함께 입력에 정확하게 비례하여 나타나지 않고, 본압기 및 측정시스템의 특성에 따라 약간은 왜곡되거나 지연된 출력이 나타난다. 지금까지 이러한 문제를 개선하기 위한 많은 연구가 크게 두가지 분야로 행하여져 왔는데, 하나는 본압기 및 측정시스템의 특성을 개선하여 측정오차를 줄이는 방법이고, 또 하나는 측정된 출력으로부터 출력값을 보정하여 측정오차를 줄이는 것이

다. 본 논문에서는 측정된 출력값으로부터 수치계산에 의해 출력값을 보정하는 방법에 대하여 기술하였고, 실규모 용량본압기의 본압비와 상승시간 정도의 모의등가 회로를 구성하여 측정된 출력값으로부터 수치계산에 의한 출력값의 보정을 수행하였다.

#### 2. 본 론

##### 2-1. 이 론

단위계단응답이  $g(t)$ 인 측정계에 임의의 입력  $x(t)$ 가 인가될 때, 출력  $y(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y(t) = \int g'(\tau) \cdot x(t-\tau) d\tau \quad (1)$$

식(1)을 Taylor급수로 전개하여 정리하면 다음과 같다.

$$y(t) = a_0 \cdot x(t) + a_1 \cdot x'(t) + a_2 \cdot x''(t) + \dots \quad (2)$$

$$a_n = (-1)^n/n! \cdot \int \tau^n \cdot g'(\tau) d\tau$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

$a_n$ 은  $g(t)$ 의 측정값으로부터 근사적으로 구할 수 있으며,  $t$ 가  $t_0, t_1, t_2, \dots$ 일 때, 시간간격을  $h$ 라 하면  $g'k$ 는 다음과 같다.

$$g'_k = (g_k - g_{k-1})/h \quad k=1,2,3,\dots \quad (3)$$

식(3)을 식(2)에 대입하여 사다리꼴 적분법을 사용하여  $a_n$ 를 구한다.

$$a_n = (-1)^n/n! \cdot \sum (f_{nk} + f_{n(k-1)}) \cdot h/2 \quad (4)$$

$$f_{nk} = (k \cdot h)^n \cdot g'_k$$

$$n = 0,1,2,\dots$$

$$k = 1,2,3,\dots$$

식(2)를  $x(t)$ 에 대해서 정리하면 다음과 같다.

$$x(t) = b_0 \cdot y(t) + b_1 \cdot y'(t) + b_2 \cdot y''(t) + \dots \quad (5)$$

$$b_0 \cdot a_0 = 1$$

$$b_0 \cdot a_1 + b_1 \cdot a_0 = 0$$

$$b_0 \cdot a_2 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_0 = 0$$

$$b_0 \cdot a_3 + b_1 \cdot a_2 + b_2 \cdot a_1 + b_3 \cdot a_0 = 0$$

식(5)에서 시간  $t_0, t_1, t_2 \dots$  에서  $y(t)$ 의 값들이  $y_0, y_1, y_2 \dots$  이라고 하면  $y'_k, y''_k, y^{(3)}_k$ 는 다음과 같이 근사적으로 구할 수 있다.

$$y'_k = (y_k - y_{k-1})/h$$

$$y''_k = (y_{k+1} - 2 \cdot y_k + y_{k-1})/h^2 \quad (6)$$

$$y^{(3)}_k = (y_{k+2} - 2 \cdot y_{k+1} + 2 \cdot y_{k-1} - y_{k-2})/(2 \cdot h^3)$$

식(5)에서 우변의 4항까지만 취하여 식(6)을 대입시켜 정리하면 다음과 같다.

$$x_k = c_0 \cdot y_{k+2} + c_1 \cdot y_{k+1} + c_2 \cdot y_k + c_3 \cdot y_{k-1} + c_4 \cdot y_{k-2}$$

$$c_0 = b_3/(2 \cdot h^3)$$

$$c_1 = b_1/h + b_2/h^2 - b^3/h^3$$

$$c_2 = b_0 + b_1/h - 2 \cdot b_2/h^2 \quad (7)$$

$$c_3 = -b_1/h + b_2/h^2 + b_3/h^3$$

$$c_4 = -b_3/(2 \cdot h^3)$$

따라서 측정시스템의 단위계단응답  $g(t)$ 로 부터 식(4), (5), (7)을 적용하여  $a_n, b_n, c_n$ 이 각각 구해진다. 측정시스템의 출력  $y(t)$ 를 적당한 시간간격  $h$ 로 분할하여  $y_k$ 를 정하고 식(7)로 부터 측정시스템의 출력값이 보정된다.

### 2-2. 적용방법 및 예

단위계단응답이  $g(t) = 1 - \exp(-a \cdot t)$  인 곳에서 시정수  $1/a$ 는 단지 시간적인 요소이므로  $a=1$  로 하여 적용해 본다. 여기서  $a_n$ 를 구하는 적분 속의  $g'(t)$ 는 충분히 긴 시간  $t_m$  후에는 0 으로 수렴하므로 적분구간은  $t_m$ 까지 하여도 된다.  $t_m = 6.8, h = 0.02$  로 하여  $g_k$ 를 택하고  $a_n$ 를 구하면  $a_0 = 1.000, a_1 = -1.001, a_2 = 0.975$  이고, 식(7)에서  $c_1, c_2, c_3$ 만을 적용하여  $y_k = g_k$  일 때  $x_k$ 를 구한 것을 그림 1에 보았다. 이 때  $k = 1, 2, 3, \dots$  이다.

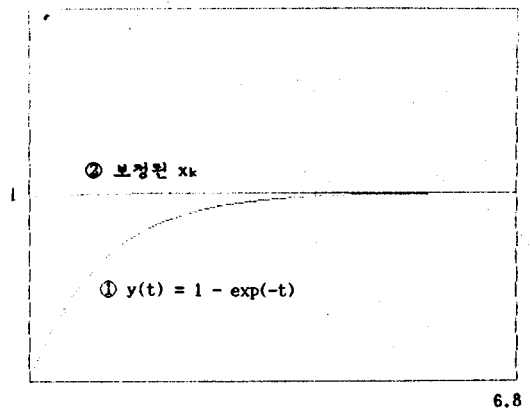
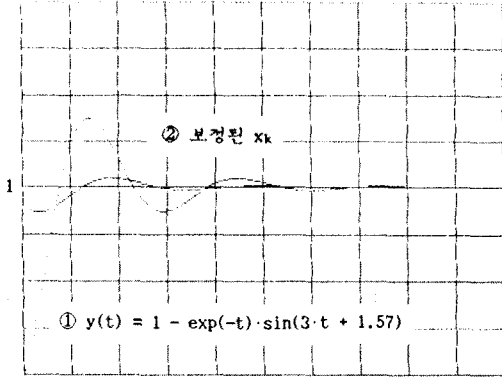
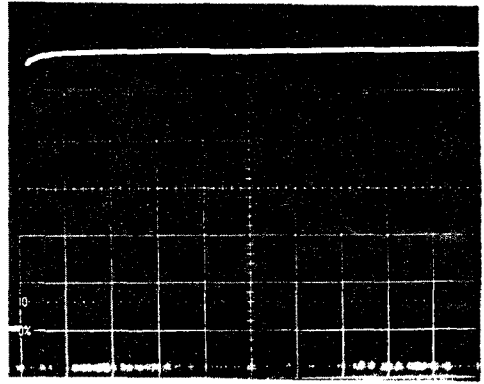


그림 1.  $g(t) = 1 - \exp(-t)$ 인 측정시스템의 보정

다음에  $g(t) = 1 - \exp(-a \cdot t) \cdot \sin(b \cdot t + 1.57)$  인 곳에서  $a=1, b=3$  으로 하고  $t_m = 6.28, h = 0.02$  로 하여  $a_n$ 를 구하고, 식(7)을 적용하여  $y_k = g_k$  일 때의  $x_k$ 를 그림 2에 보았다. 이 때  $k = 2, 3, 4, \dots$  이다.



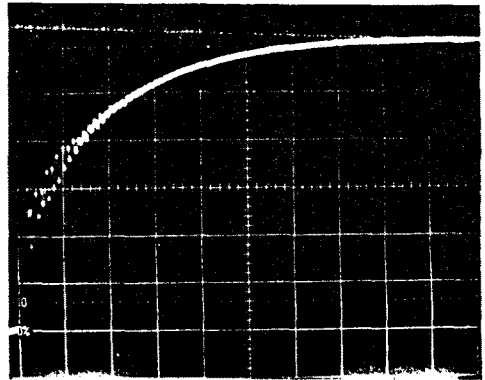
6.8  
그림 2.  $g(t) = 1 - \exp(-t) \cdot \sin(3 \cdot t + 1.57)$  인  
속정시스템의 보정



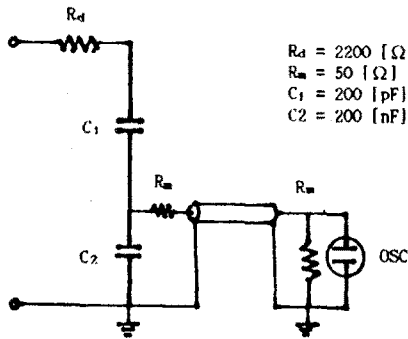
2 [V/DIV] 0.2 [ $\mu$ s/DIV]  
사진 1. 속정시스템의 단위계단입력

2-3. 실험 및 검토

그림 3과 같이 실규모 용량분압기의 본압비와 상승시간을 가지는 모의등가회로를 구성하여 이에 대한 적용실험을 수행하였다. 사진 2는 사진 1의 단위계단입력에 대한 단위계단응답이고 본압비는 1/1000 이고, 상승시간은 약 700 [ns] 이다. 그림 4는 사진 2에서 20개의  $g_k$  값을 택해서  $a_n$ 을 구하여 식(7)로부터 구해진  $x_k$ 을 보이고 있다.



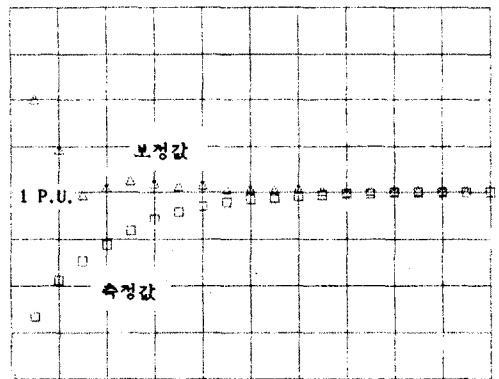
2 [mV/DIV] 0.2 [ $\mu$ s/DIV]  
사진 2. 속정시스템의 단위계단입력



$R_d = 2200 [\Omega]$   
 $R_m = 50 [\Omega]$   
 $C_1 = 200 [pF]$   
 $C_2 = 200 [nF]$

그림 3. 속정시스템의 등가회로도

사진 4는 사진 3의 상승시간 800 [ns]의 톱니파 입력에 대한 속정시스템의 출력값이다. 사진(4)로부터 20개의  $y_k$ 를 취하고,  $g(t)$ 로부터 구해진  $a_n$ 을 사용하여 식(7)로부터 구해진  $x_k$ 를 그림 5에 보이고 있다.



0.2 [ $\mu$ s/DIV]  
그림 4. 속정시스템의 단위계단응답 보정

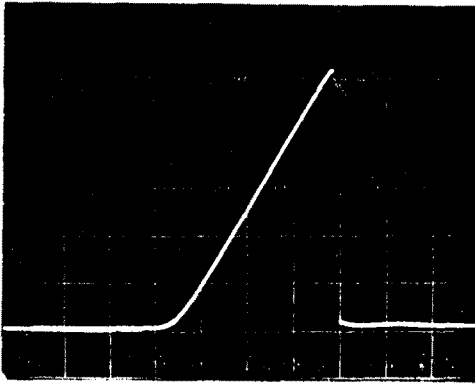


사진 3. 측정시스템의 톱니파 입력

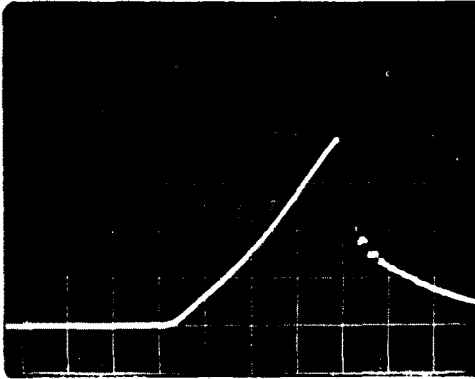


사진 4. 측정시스템의 톱니파 출력

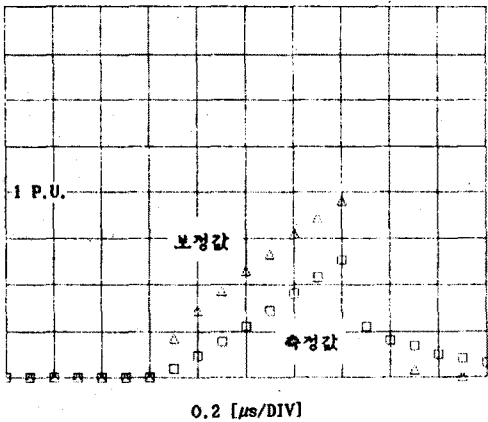


그림 5. 측정시스템의 톱니파 출력 보정

### 3. 결 론

측정시스템의 측정값 보정에 관한 이론과 모의측정시스템의 실험을 통한 측정값 보정으로 부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

(I) 측정시스템의 단위계단응답으로부터 얻어진  $a_n$ 으로부터, 이 측정시스템의 임의의 입력에 대한 출력값의 오차를 줄일 수 있다.

(II) 측정시스템의 단위계단응답이 진동 없이 지수함수적으로 증가할 때는  $a_0, a_1$ 만을 사용하여 보정하여도 충분하고, 진동이 있을 경우는  $a_0, a_1, a_2$ 를 사용하여 보정하는 것이 좋다.

(III) 실측값으로부터  $a_3$  이상의 계수는 구하는 과정에서 미분요소에 의해 많은 오차를 포함하게 됨으로 오히려 보정이 이루어지지 않는다.

### 참 고 문 헌

- [1] Klersztyn, S. ; "Numerical correction of h.v. impulse deformed by the measuring system". IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-99, pp.1984-1991, 1980.
- [2] Nikolopoulos, P.N., Topalis, F. ; "Complete numerical correction of errors of high impulse voltages". 4th International Symposium on High Voltage Engineering, Athens, Greece, 5-9 September 1983, Paper 65.09.
- [3] 오재용 ; BASIC에 의한 수치해석·정보처리, 대우출판사 (1984)