

## NCT 설계 및 특성 분석에 관한 연구

(A Study on the Design and Characteristic Analysis for Noise Cut Transformer)

이 재 복\* · 허 창 수\*\*  
(Jae-Bok Lee · Chang-Su Huh)

### 요 약

교류 전원선로에서 발생하는 수 kHz에서 수십 MHz에 이르는 광대역의 주파수특성을 가진 전원노이즈는 전기, 전자장비의 정상적인 동작에 많은 장애요소가 되고 있으며 이들 전도노이즈를 억제하기 위한 부품으로 현재 써어지 억제부품과 필터가 적용되고 있다. 그러나 기존의 대책부품은 전력공급선과 노이즈 피해회로를 전기적으로 완전히 절연시킬 수 없기 때문에 전도 노이즈 중에서 가장 크게 발생하는 공통모드 노이즈 억제성능이 제한되고 있다. 본 논문에서는 절연변압기의 절연 특성에 정전 차폐를 추가함으로써 전도노이즈 및 써어지 억제능이 우수한 NCT의 설계방법을 제시하였으며, 설계 제작된 1[kVA] NCT 시작품의 모의 등가회로에 대한 써어지 해석결과와 실험 측정 결과를 상호 비교하여 제안된 모델의 특성을 비교 평가하였다.

### Abstract

Broadband noise with frequency components in the range from several kHz up to tens of MHz is a major obstacle factor in normal operation of the AC line to supply the power to electrical and electronic control equipments. Because this kind of noise could damage the device or could be a source of malfunction, many devices such as filter and surge suppressor are used to cut off the noise. But those devices could not disconnected from the power line, so they result in poor common-mode reduction performance and are used in limited area. In this paper, we presented the design method of NCT as well as insulation characteristics as a isolation transformer in addition faraday shielding and proposed analysis model of NCT having two functions of surge and noise reduction. The simulated and experimental results for the surge suppression characteristics are compared and evaluated for designed prototype 1[kVA] NCT

### 1. 서 론

공통모드(Common-Mode : CM)와 정상모드(Nor

- \* 정희원 : 한국전기연구소 선임연구원,  
인하대학교 전기공학과 박사과정  
\*\* 정희원 : 인하대학교 전기공학과 부교수  
접수일자 : 1998. 9. 21.

mal Mode : NM) 성분을 가진 전원선의 써어지와 노이즈는 컴퓨터와 마이크로 프로세서 제어장치 등과 같은 소신호 전자, 통신기기의 정상적인 동작에 장애를 주고 있다. 현재의 컴퓨터와 제어장비들은 이러한 종류의 EMI(Electromagnetic Interference)에

대비한 각종 보호 대책기기가 구비되어 있으나 뇌써어지와 같은 과도성 이상전압에 대해 보다 효과적인 성능이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 써어지성 노이즈의 영향을 감소시키는 방법으로는 기본적으로

- 노이즈원으로부터 간섭을 감소시키는 것
- 전원과 노이즈에 민감한 회로를 분리시키는 것
- 노이즈에 민감한 회로의 노이즈내력을 향상시키는 것
- 접지를 적절히 하는 것

등이 있으며, 현재 AC 전원으로부터 침입하는 전도성 노이즈의 억제 대책 방안으로 사용하고 있는 기기에는 L-C 필터류, 써어지 보호기 및 NCT 등이 있다. 이 중에서 가장 확실한 방법은 NCT를 통해 노이즈나 써어지의 순환경로가 되는 접지경로(Ground loop)를 전기적으로 절연 분리하는 것이다. 그 이유는 전원 노이즈 억제용으로 널리 사용되고 있는 필터 및 써어지 보호기와 같은 기존의 노이즈 및 써어지 억제 대책기기는 전력공급선과 노이즈피해회로를 원천적으로 절연 분리할 수 없기 때문에 그 실효성에 한계가 있다[1~2]. 이중 대표적으로 전원노이즈 억제에 널리 사용되고 있는 저역필터는 LC회로의 조합으로 공통모드(CMN: Common-Mode Noise)와 정상모드 노이즈(NMN: Normal-Mode Noise)를 억제하는 역할을 하지만 전선간에 삽입되어 설치되므로 공통모드 노이즈에 대한 감쇠효과가 작으며 써어지에 대한 콘덴서 내전압이 작은 결점이 있다.

써어지 보호기는 고전압의 임펄스성 써어지를 억제하고 전류를 접지나 선로로 방전시킨다. 그러나 이런 써어지 보호기도 대지로부터 피 보호회로를 전기적으로 분리시킬 수는 없으며 신호에 중첩된 작은 크기의 미소한 노이즈를 억제할 수 없는 한계가 있는 실정이다.

본 논문에서는 기존의 대책 기기들과 함께 최근 각광을 받고 있으며 노이즈와 써어지에 대해 변압기의 변성작용을 가진 동시에 노이즈 억제성능이 우수한 노이즈 제거용 변압기(Noise Cut Transformer: 이하 NCT)의 써어지 억제특성을 모의 해석과 실험을 통해 분석하였으며, 아울러 그 구조 및 설계방법을 제시하였다.

## 2. 절연변압기의 노이즈 전파 특성

변압기는 기본적으로 자속에 의해 한 회로로부터 다른 회로에 에너지를 변환한다. 이들 에너지 변환은 자계에 의해 이루어지며 전계는 관련되지 않는다. 그러나 변압기 권선의 각부와 철심 및 대지간에는 누설 캐패시턴스와 누설자속이 존재하므로 1차 권선과 2차 권선간에 그림 1(a)와 같은 정전결합과 그림 1(b)와 같은 고주파 누설자속에 의한 자기결합이 이루어져 노이즈가 부하회로에 전파된다[2].

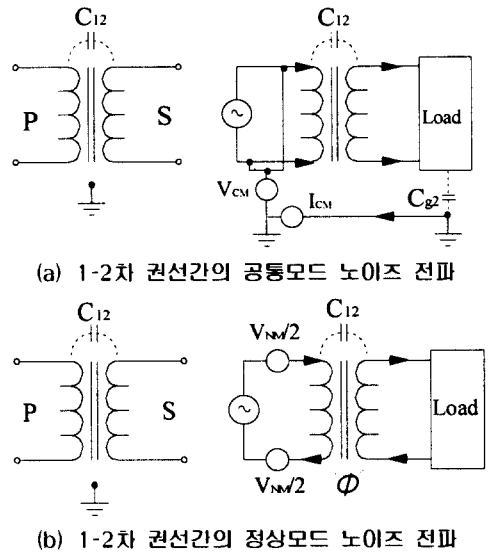


그림 1. 일반 변압기의 노이즈 전파  
Fig. 1. Noise propagation of ordinary transformer

권선간의 누설 캐패시턴스는 상용주파수를 포함한 저주파에서는 권선간의 용량성 리액턴스  $X_c$ 를 크게 하므로 공통모드 노이즈는 거의 흐르지 않는다. 그러나 주파수가 커지면 누설 절연저항과 함께 접지경로를 형성하기 때문에 이를 줄이기 위해서는 양 권선간의 절연간격을 넓히거나 정전차폐가 필요하다. 그러나 절연간격을 크게 하기 위해서는 변압기의 창의 면적이 큰 철심이 필요하며, 이로 인해 누설 인덕턴스가 커지게 됨으로써 전압변동율이 커진다. 이와 같은 단점을 고려하면 차폐를 통해 접지경로를 차단하는 방법이 좋다. 그러나 정전차폐방법은 권선의 절연강도를 떨어뜨리므로 고전압용 변압기에는 이를 충

분히 고려해야 한다.

일반적으로 변압기의 철심재료로 사용되는 규소강 판은 상용주파수에 비해 고주파에서는 주파수의 제곱에 비례하여 투자율이 낮아지므로 고주파 누설자속에 의한 자기결합이 상당량 감소한다. 따라서 고주파 누설자속은 캐패시턴스와 더불어 정상모드 노이즈의 억제에 유리한 작용을 한다 [2].

그림 2는 이와 같은 두 모드의 노이즈에 대해 비차폐된 1:1 절연변압기(용량 1[kVA], 1, 2차 정격전압이 220[V]/220[V])의 주파수에 따른 감쇠특성으로 Impedance / Gain-Phase Analyzer(HP 8751A)를 이용하여 상용주파수 대역의 통과역(Pass band)과 전도노이즈 대역의 저지역(Rejection band)에 대한 노이즈 감쇠특성을 측정된 결과이다. 본 절연변압기의 정상모드 노이즈 감쇠율은 최고 -48[dB]이며, 공통모드 노이즈는 -119[dB]의 감쇠 성능을 나타내고 있으나 전도성 노이즈의 범위인 10[kHz]~30[MHz]에서는 주파수가 증가함에 따라 성능이 매우 저하됨을 알 수 있다.

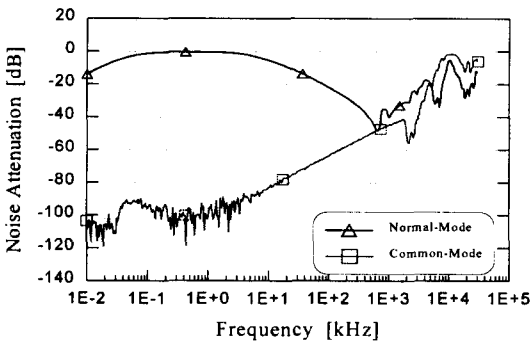


그림 2. 절연변압기의 노이즈 감쇠 특성  
Fig. 2. Noise attenuation characteristics of isolation transformer

### 3. NCT의 싸어지 및 노이즈 억제 원리

NCT에서 노이즈를 억제하는 기본적인 원리는 일반 복권변압기에서 나타나는 두 가지 정수를 제어하는 것이다. 즉, 고주파에서 누설 캐패시턴스로 인한 권선간 용량성 결합을 억제하면 공통모드 노이즈를 억제할 수 있다. 이는 근본적으로 권선간에 정전

차폐를 실시하거나 권선을 분리배치 함으로써 가능하다. 정전차폐의 기본 원리는 그림 3과 같이 도체 ①(1차권선)에 유기된 전하가 도체 ③(2차권선)에 유기 되지 않고 도체 ②로 bypass 되도록 도체 ①의 외곽을 도전율이 높은 재료로 차폐하여 접지 하는 것이다. 따라서 도체 ①과 ③의 캐패시턴스는

$$C_{31} = Q_3 / V_1 = 0$$

이 되어 완전한 차폐가 이루어진다. 그러나 이와 같은 완전차폐는 불가능하며, 현실적으로 도체를 차폐하는 과정에서 틈(Slot)이 있게 마련이다. 이 틈은 고주파노이즈에 대해 슬롯안테나 역할을 할 수 있기 때문에 차폐를 여러 번 하거나 차폐층을 겹치는 방법을 적용하여 가능한 한 누설 캐패시턴스가 작도록 해야 한다[3].

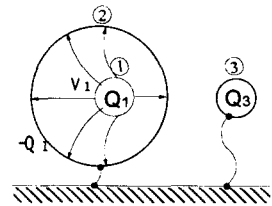


그림 3. 정전차폐 개념  
Fig. 3. Concept of faraday shielding

일반적으로 변압기를 이용한 노이즈의 억제방법에서 공통모드 노이즈 억제방법은 비교적 용이하다. 그러나 정상모드 노이즈는 상용주파전력에 중첩되어 나타나므로 억제하기 어렵다. 정상모드 노이즈를 억제하는 기본방법은 주파수의 증가에 따라 투자율의 감소폭이 큰 재료인 강자성체를 사용하여 고주파 자기결합을 억제하는 방법, 분로 캐패시터를 적용하는 방법 및 누설리액탄스를 증가시켜 노이즈의 분로효과(Shunt effect)를 향상시키는 방법 등이 있다[2].

### 4. NCT 설계기법

NCT는 일반변압기와 같이 기본적으로 전력을 변환 전송하는 동시에 전도노이즈방지 역할을 해야 한다. 따라서 설계의 관점에서 일반변압기와 같은 설계순서에 따라 변압기를 설계하고 여기에 NCT로서의 특성에 맞게 권선기법, 차폐기법, 재료선정이 따라야 한다. 이와 같은 관점에서 NCT 설계의 기본사

항을 제시하면 다음과 같다[4~6].

### 4.1 권수 및 권선 선정

1 차측 권수의 결정은 파라데이의 전자유도법칙을 이용한 다음 식으로부터 구한다.

$$N_1 = V_1 * \frac{10^8}{4.44fB_m A_i \sqrt{P_i}} \quad (1)$$

여기서  $P_i$ 는 전력이용률(Power Handling Capability),  $A_i$ 는 유효 철심단면적,  $B_m$ 은 최대 자속밀도[Gauss],  $f$ 는 주파수를  $V_1$ 은 1 차 정격전압을 의미한다. 따라서 2차 권선수는

$$N_2 = N_1 * \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

가 된다. 권선의 크기결정은 권선에 요구되는 전류밀도( $J$ [A/cm<sup>2</sup>])를 산정한 후 이를 기본으로 권선의 외경(mm)

$$D = \sqrt{\frac{400I}{J\pi}} \quad (3)$$

에 상당하는 권선을 권선메이커의 권선표에서 찾는다. 이때 계산결과 유사한 지름을 가진 도체를 선정하며 계산한 권선의 단면적이 8[mm<sup>2</sup>] 이상이면 평각동선을 사용하는 것이 권선 작업도를 향상시키는데 유리하다.

### 4.2 철심크기

철심크기는 NCT용량에 견딜 수 있는 철심 단면적을 구하는 것으로 표준 철심인 E-I 철심을 사용하는 경우 철심의 장폭 B를 계산함으로써 가능하며 식(4)와 같이 나타낸다.

$$B = 3 * \sqrt{A_i / K_f S_f} [\text{mm}] \quad (4)$$

여기서  $S_f$ 는 철심의 겹보기 단면적[mm<sup>2</sup>]이며,  $K_f$ 는 권선이 감긴 철심폭에 대한 적응두께의 비를 나타낸다.

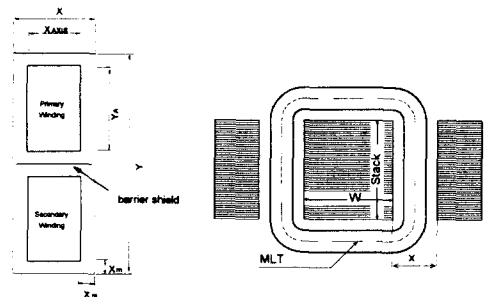
### 4.3 권선의 배치 및 차폐 위치

일반 저압 변압기는 보빈을 사용하여 저압코일 위에 고압 코일을 감는 동심코일배치 방법이 사용된다. 권선간의 캐패시턴스를 줄이기 위해 NCT에 적용되는 분리배치의 경우 보빈을 사용할 수 없으며 창 내부의 권선과 차폐사이의 간격이나 철심사이의 간격이 상호대칭을 이루어야 한다. 이는 절연의 확보측면에서 뿐만 아니라 권선과 접지면(Ground plane)간의 누설 캐패시턴스를 일정하게 유지하기 위함이다. 만약 이 간격이 비대칭이 되면 누설 캐패시턴스가 비대칭이 되어 이들의 전위차에 의해 정상모드 전류가 흐르게 된다.

이와 같은 목적으로 그림 4와 같이 대칭적인 분리배치 방법을 E-I 적층철심에 적용하면 권선의 단면적은 식 (5)로 나타낼 수 있다.

$$A_w = X_{AXIS} Y_{AXIS} = (X - 2X_m)(1.5X - 2X_m) = (K_f D')^2 N_1 \quad (5)$$

단,  $K_f$ 는 권선 성형시 턴간 간격을 고려한 보정계수를 나타내며,  $D'$ 는 피복된 권선의 외경  $X_m$ 은 철심과 권선 외곽간의 절연간격을 나타낸다.



(a) 창내 권선 (b) 단면 (MLT=Mean Length Turn)

그림 4. 권선의 배치  
Fig. 4. Arrangement of coil

따라서 식(5)에서  $X_m$ 에 대한 2차 방정식의 해를 구하면 이때 층간 권선수와 층수는 식 (5)로부터 식(6)과 같이 나타낼 수 있다

$$\text{Turn/Layer} = \frac{Y_{AXIS}}{K_f D'} \quad (6)$$

$$Layer = \frac{N_1}{Turn/Layer}$$

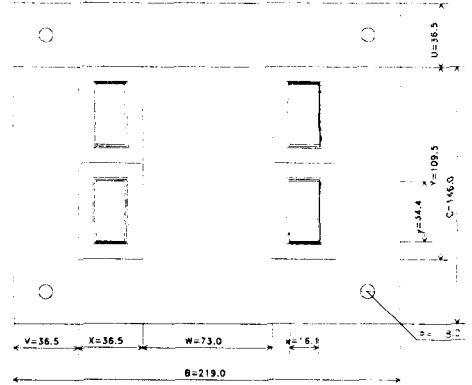
이로부터 차폐위치는 각 권선에 대해서는 권선위에 면 테이프로 절연하고 그 위에 도전재료로 권선을 둘러싸는 박스(Box) 차폐를 하며, 중간 차폐판은 그림 4 (a)와 같이 철심의 중간에 설치하여 1, 2차 권선이 철심에 대해 대칭을 이루도록 한다.

#### 4.4 NCT 시작품의 설계 결과

NCT의 성능을 평가하기 위해 사용된 시작품은 단상 1차, 2차 정격전압이 220[V]인 1대 1 전압 변성비를 가지고 있으며, 용량은 1[kVA]로 상기의 설계 기법을 적용하여 제작한 것이다. 본 시작품의 일반 변압기로서의 특징은 효율이 93[%]이며, 전압변동율은 4.9[%]를 나타내었다. 철심은 소형변압기에 많이 사용되며 성형 후 NCT의 크기가 작고, 국내에서 절단된 규격을 쉽게 구할 수 있는 무방향성 규소강판인 S14 재료를 이용한 Scrapless E-I 철심을 선정하였다. 여기에 권선의 배치는 기존 소형 변압기에서 널리 사용되는 동심 권선배치법과는 달리 차폐작업이 용이하며 권선간 누설 캐패시턴스의 감소측면에 유리한 1, 2차 권선 분리형 코일배치법을 사용했다.

권선의 차폐기법에 있어서는 1, 2차 권선을 0.05[mm] 구리 포일을 사용하여 독립적으로 차폐하고 1, 2차 권선간에는 황동제 차폐판(두께 1.5[mm])을 설치하여 누설자속에 의한 와전류손을 증대시킨 3중 차폐 구조로 차폐기능을 강화시켰다. 차폐시에 고려한 점은 1) 단락 턴(Short Turn)이 생기지 않도록 겹치는 부분에 절연지를 사이에 두고 차폐 포일을 겹쳤다. 2) 각 권선의 차폐는 코일전체를 둘러싸는 Box 차폐기법을 적용했으며 전계의 노출을 억제하기 위해 차폐에는 어떠한 구멍도 없도록 했다. 3) 외부공간에 의한 노이즈로부터 입, 출력단자에 연결된 리드선을 차폐하기 위해 강철제 외함에 NCT를 설치하였다.

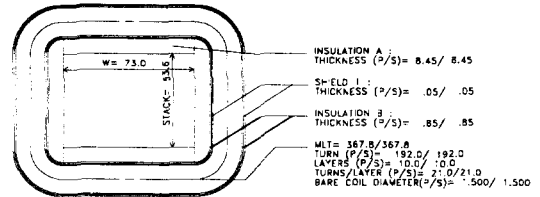
이와 같은 철심구조, 권선 배치 및 차폐구조로 설계, 제작된 NCT 각각의 치수 및 설계도는 전항의 설계기법을 적용하였으며, 그림 6(a)에 그 결과로 구해진 코일의 대칭배치를 위해 필요한 보빈의 크기(88.2x68.8x42.9[mm])와 철심의 장폭 크기(B=219[mm]) 및 2차측 최대 분포 캐패시터값(5.5



Front View of Noise Cut Transformer

- Bobbin Frame Dimension : 88.2x 68.8x42.9 [goro x sero x giri]
- Bobbin Thickness : 1.7
- Core Sheet Thickness : .50
- Maximum Capacitance : 110[Vol] - 11.0[uF]  
: 220[Vol] - 5.5[uF]
- Phase Connection Type :

(a) 정면도



Cross Section of Noise Cut Transformer

(b) 단면도

그림 6. 1[kVA] NCT 설계도면

Fig. 6. Diagram of 1[kVA] NCT

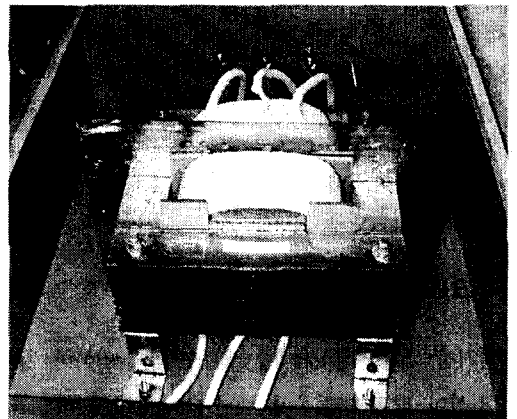


그림 7. 1[kVA] NCT 구조 및 외형

Fig. 7. Configuration of 1[kVA] NCT

uF)을 표기하였다. 그림 6 (b)는 NCT의 철심단면과 이를 둘러싸고 있는 1차 권선의 단면도로 턴수 및 절연물의 간격, 차폐 위치 및 두께를 나타내고 있다.

그림 7은 이와 같은 설계기법으로 제작된 NCT 시작품의 외형을 나타내고 있다.

### 5. 써어지 억제 특성 분석

NCT의 특성을 파악하는 방법 가운데 그림 2와 같은 주파수 응답특성 이외에 써어지에 대한 응답특성이 있다. 주파수 응답특성은 NCT의 정적특성을 나타내는데 비해 써어지 응답특성은 NCT의 주요기능인 써어지에 대한 감쇠정도를 나타내는 것으로 동적특성을 나타낸다 할 수 있다.

#### 5.1 측정회로의 구성

전원선에서 발생할 수 있는 각종 써어지 파형에 대한 정상모드와 공통모드 써어지 억제특성을 조사하기 위해 현재 규격화된 써어지 파형 3가지 즉, 뇌 임펄스 파형과 Ring Wave 및 SWC(Surge Withstand Capability)파형을 입력으로 NCT 시작품의 써어지 응답특성을 측정하였다[7~9]. 성능시험에 사용된 측정회로는 그림 8과 같은 구조로 결선하였다.

측정방법으로는 공통모드 써어지 특성시험과는 달리 정상모드 써어지 인가시에는 오실로스코프의 두 개 채널이 공통 전위를 형성하므로(즉, 접지가 동일함) 이를 분리 측정하기 위해 동일한 특성을 가진 단일입력(Single-ended input) 프로브 2개를 출력 오실로스코프의 차동입력으로 사용하였다.

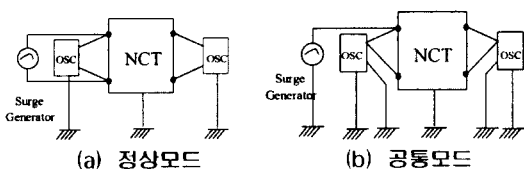


그림 8. 써어지 억제특성 측정회로  
Fig. 8. Measurement setup configuration of surge suppression

#### 5.2 NCT 모의 등가회로

NCT는 상용주파수의 전력변환작용뿐만 아니라 고주파의 노이즈나 써어지를 억제하는 기능을 가지

고 있으므로 저주파 특성에서 중요시되지 않는 누설 캐패시턴스 성분  $X_c$ 는 주파수가 증가함으로써 작아져 고주파에서는 전체 입출력 특성이 커다란 영향을 미친다. 이들 누설 캐패시턴스는 턴(Turn)간, 층(layer)간, 권선간, 단자간에 발생하는 전위경도 때문에 발생한다. 이와 같은 누설 캐패시턴스를 고려한 NCT의 정상모드 등가회로는 일반 변압기의 기본 등가회로에 대지와 선간( $C_g$ ) 및 권선간 캐패시턴스( $C_{12}$ )가 고려된 그림 9와 같은 고주파 등가회로로 나타낼 수 있다. 그림 9에 나타낸 데이터는 본 설계에서 제시된 1 kVA급 설계 데이터 및 설계로부터 구하기 어려운  $C_{12}$  및  $C_g$ 값은 Impedance/Gain-Phase Analyzer(HP 8751A)를 이용하여 측정하였으며, 등가회로의 개개의 정수는 다음과 같다.

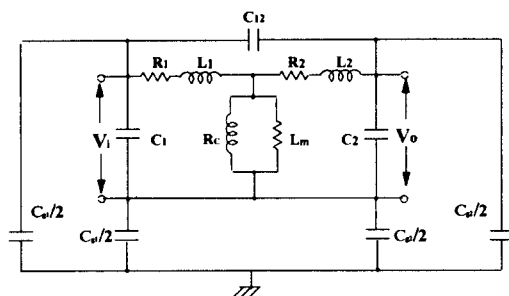


그림 9. NCT의 고주파 정상모드 등가회로  
Fig. 9. High frequency normal-mode equivalent circuit for NCT

- $R_1, R_2$  : 1차, 2차 권선의 저항( $0.82 \Omega$ )
- $L_1, L_2$  : 1차, 2차 권선 누설 인덕턴스( $7.7 \text{ mH}$ )
- $L_m, R_c$  : 여자 인덕턴스와 여자 저항( $1.68 \text{ H}$ ,  $1.413 \text{ k}\Omega$ )
- $C_1, C_2$  : 1차, 2차 권선의 캐패시턴스( $534 \text{ pF}$ ,  $4.85 \text{ uF}$ )
- $C_{12}$  : 1~2차 권선 간의 누설 캐패시턴스( $0.23 \text{ pF}$ )
- $C_{g1}, C_{g2}$  : 1차, 2차 권선과 대지간의 캐패시턴스( $71 \text{ pF}$ )

한편 공통모드에 대해서는 노이즈 및 써어지가 선

과 대지간에 발생하는 성분이므로 누설성분을 고려한 등가회로는 그림 10과 같이 구성된다. 여기서 누설저항은 메거로 측정하여 구한 1000[M.Ω]의 값을 적용하였다.

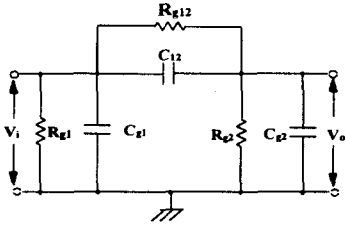


그림 10. NCT의 고주파 공통모드 등가회로  
Fig. 10. High frequency common-mode equivalent circuit for NCT

### 5.3 써어지 발생기의 특성

써어지 특성 해석에서는 주파수 감쇠특성과 달리 써어지 발생원의 전원 임피던스에 의해 출력특성에 상당한 영향을 미친다. 이와 같은 이유로 본 연구에서는 그림 11과 같이 KeyTek사의 써어지 발생기(587 Plus, S1/S3)를 전원으로 이용하여 그림 9와 그림 10의 등가회로의 입력단  $V_i$ 에 인가했다.

본 장치는 뇌 임펄스 파형인 1.2/50[μs] 전압 파형과 8/20[μs] 전류 파형을 동시에 발생할 수 있는 조합파 발생기(Combination wave generator)이다.

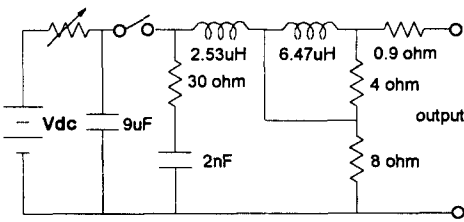


그림 11. 뇌 써어지 발생장치의 등가회로  
Fig. 11. Equivalent circuit of the lightning surge generator

### 5.4 정상모드 써어지 억제특성

그림 11과 같은 특성을 가진 써어지 발생원을 이용하여 6[kV]의 뇌 써어지를 시작점에 인가했을 때 측정된 출력결과를 인가 써어지인 써어지 발생기의 개방회로 출력파형과 함께 그림 12에 나타내었다.

여기서 NCT는 그림 9에 나타낸 집중정수 등가회

로를 이용하였다. 그 결과 정상모드에 대해서는 입력 전압의 약 1/6의 써어지 억제특성을 나타내고 있으며, 동일한 시간축에 나타낸 Pspice를 이용하여 계산한 모의 해석파형과 측정 파형이 거의 유사한 경향을 나타내고 있다. 대부분의 뇌 써어지는 공통모드로 나타나기 때문에 이와 같은 크기의 써어지가 실제 상황에서는 발생하는 경우는 거의 없다. 기타 Ring 및 SWC 시험파형에 대해서는 써어지의 에너지가 뇌 임펄스에 비해 매우 작으므로 그림 13에 나타낸 측정결과와 같이 뇌 임펄스의 억제성능보다 우수한 써어지 억제 성능을 나타내었다.

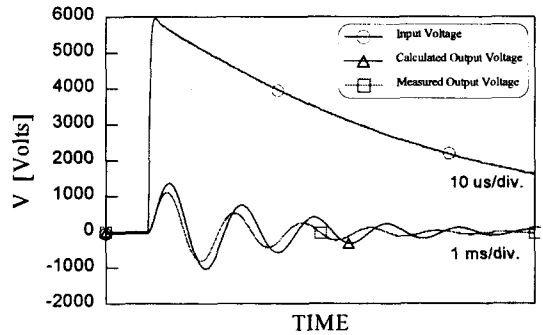
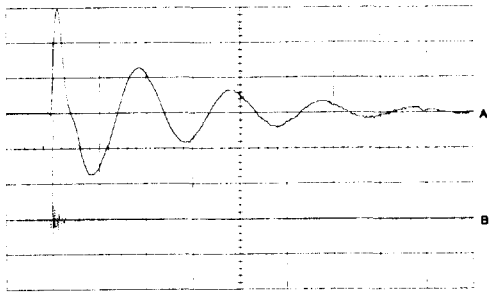


그림 12. 뇌 임펄스에 대한 정상모드 억제특성의 측정치와 계산치  
Fig. 12. Measured and calculated results of suppression characteristics for normal-mode lightning impulse

그림 14는 비 차폐된 절연변압기의 정상모드 써어지 응답특성을 측정된 파형으로 써어지 억제라기 보다는 더 큰 과전압에 의해 권선과 외함사이에 절연 파괴 현상이 발생하여 6[kV]의 입력 써어지보다 큰 9.5[kV]의 과전압이 나타났다.

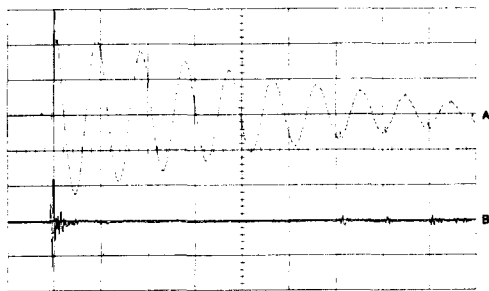
### 5.5 공통모드 써어지 억제특성

전술한 바와 같이 NCT는 정전차폐를 설치함으로써 권선간의 누설 캐패시턴스를 작게 한 구조이므로 공통모드 써어지 억제특성은 정상모드 특성보다 우수하다. 그림 15에 나타낸 계산 파형과 측정 파형은 누설용량의 분압비에 의해서 출력전압이 거의 제한되는 특성을 나타내고 있다. 이들의 상호 크기는 차이가 있으나 파형은 유사한 경향을 나타내고 있으며, 약 1/300의 억제 특성을 보이고 있다.



A : Input (NM, 5 $\mu$ s/div, 2kV/div, Max:8kV)  
B : Output (NM, 5 $\mu$ s/div, 200V/div, Max:78V)

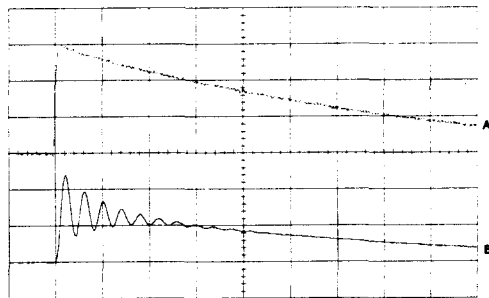
(a) Ring 시험 파형



A : Input (NM, 1 $\mu$ s/div, 1kV/div, Max:3kV)  
B : Output (NM, 1 $\mu$ s/div, 10V/div, Max:11.3V)

(b) SWC 시험 파형

그림 13. Ring 및 SWC 시험 파형에 대한 정상모드 억제특성의 측정치  
Fig. 13. Normal-mode measured suppression results for ring and SWC test wave



A : Input (NM, 10 $\mu$ s/div, 2kV/div, Max:8kV)  
B : Output (NM, 10 $\mu$ s/div, 4kV/div, Max:9.5kV)

그림 14. 비 차폐절연변압기의 정상모드 뇌 임펄스 억제특성 측정치  
Fig. 14. Measured normal-mode lightning impulse suppression results for non-shielded isolation transformer

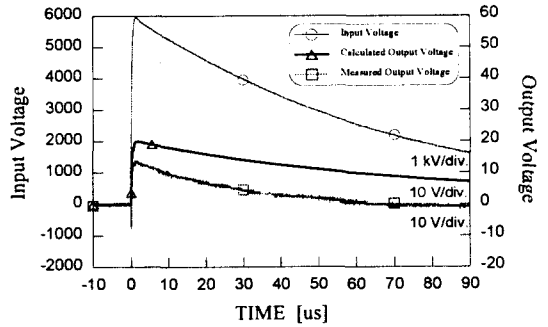
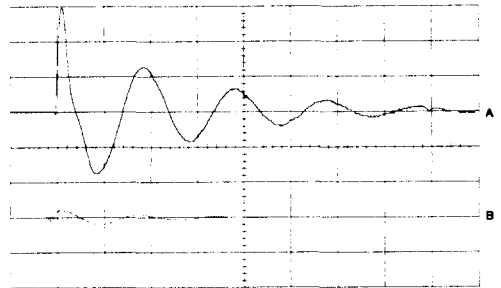
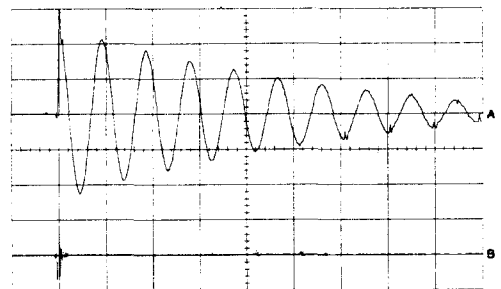


그림 15. 공통모드 뇌 임펄스에 대한 억제특성의 측정치와 계산결과  
Fig. 15. Measured and calculated results of common-mode lightning surge suppression characteristics



A : Input (CM, 5 $\mu$ s/div, 2kV/div, Max:8kV)  
B : Output (CM, 5 $\mu$ s/div, 200V/div, Max:80V)

(a) Ring 시험 파형



A : Input (CM, 1 $\mu$ s/div, 1kV/div, Max:3kV)  
B : Output (CM, 1 $\mu$ s/div, 100V/div, Max:72V)

(b) SWC 시험 파형

그림 16. Ring 및 SWC 시험 파형에 대한 공통모드 억제특성의 측정 결과  
Fig. 16. Measured suppression results for common-mode ring and SWC test wave



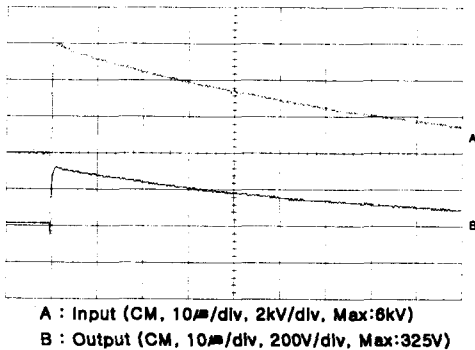


그림 17. 비 차폐절연변압기의 공통모드 뇌 임펄스 억제특성 측정치

Fig. 17. Measured common-mode lightning impulse suppression results for non-shielded isolation transformer

그림 16은 기타 시험 파형에 대한 NCT의 입출력 성능을 나타낸 것으로 입력 써어지에 대해 100[V]이 내의 출력 특성을 나타내고 있다.

한편 비차폐 절연변압기의 공통모드 뇌써어지 억제특성은 그림 17과 같이 6[kV] 입력전압에 대해 출력전압은 325[V]로 약 1/18의 써어지 억제특성을 나타내었으며 정상모드와 같이 절연과괴현상은 발생하지 않았으나 NCT에 비해 써어지 억제성능이 떨어짐을 알 수 있다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 전원선에 존재하는 각종 전도노이즈를 억제하기 위한 대책부품으로써 변압기의 고유기능인 전압변성작용을 가지고 있으며 동시에 전도노이즈의 억제기능을 가진 전원노이즈 대책용 NCT의 특성분석 및 설계방법 등을 제시했으며 아울러 이들의 특성평가를 통해 다음과 같은 주요 연구 결과를 얻었다.

1) NCT 주요재료 및 구성으로 철심은 국내에서 구입 가능한 무방향성 규소강판(S14)를 이용했으며, 철심의 형태는 표준 E-I Core를 사용했다.

2) 코일배치는 노이즈 억제측면에서 유리한 1~2차 분리배치를 지향한 구조이며, 분리 배치된 코일과 철심상에 3중 차폐구조(1차권선->박스차폐, 2차권선-> 박스차폐, 1-2차 권선간->차폐판)를 적용하였다.

3) 시작품의 성능시험 결과 정상모드의 뇌 임펄스 감쇠특성을 제외하고 전반적으로 6[kV] 입력써어지에 대해 100[V] 내의 감쇠특성을 나타내었다.

4) 제안된 NCT 등가회로와 설계기술은 최근 국내 외적으로 전자파 관련 규제안이 강화되고 있는 실정을 감안하면 전자파대책 기기의 특성분석에 널리 사용될 전망이며, 컴퓨터 및 정밀 제어측정기기 등의 단독전원에 사용하거나 AVR이나 UPS와 같은 전원안정화장치에 NCT 설계기법을 적용하면 그 기대 효과는 매우 클 것으로 예상된다.

## 참 고 문 헌

- (1) H. W. Otto, Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chapter 3, 1989.
- (2) Michel Mardiguan, Electromagnetic Control in Components and Devices, vol. 5, Interference Control Technologies, Inc., Chapter 5, 1988.
- (3) Ralph Morrison, Grounding and Shielding Techniques in Instrumentation, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chapter 4, 1986.
- (4) W. M. Flanagan, Handbook of Transformer Applications, McGraw-Hill Book Company, Chapter 7, 10, 1986.
- (5) Colonel Wm.T. McLyman, Transformer and Inductor, 2nd Edition, Marcel Dekker, Inc., 1988.
- (6) Colonel Wm. T. McLyman, Magnetic Core Selection for Transformers and Inductors, Marcel Dekker, Inc., 1982.
- (7) Guide for Surge Withstand Capability, ANSI/ IEEE Std. C37.90a, 1974.
- (8) IEEE Recommended Practice on Surge Voltage AC Power Circuit, C62.41~1991.
- (9) IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage AC Power Circuits. IEEE Std. C52.45, 1992.

## ◇ 저자소개 ◇

### 이 재 복 (李在福)

1962년 8월 17일생. 1985년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학 박사과정. 한국전기연구소 전기환경연구팀 선임연구원.

### 허 창 수 (許昌洙)

1955년 1월 27일생. 1981년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1983년~1993년 한국전기연구소 기능재료연구실장. 현재 인하대 공대 전기공학과 부교수.