

# 전원노이즈 억제용 NCT의 주파수 특성 해석

## Frequency Characteristic Analysis of Noise Cut Transformer for the Power Line Noise Reduction

이재복\* · 허창수\*\*

Jae-Bok Lee\* · Chang-Su Huh\*\*

### 요 약

AC 전원선로에서 발생하는 수 kHz에서 수십 MHz에 이르는 광대역의 주파수특성을 가진 전원노이즈는 전기, 전자, 통신장비의 정상적인 동작에 많은 장애요소가 되고 있으며 이들 전도성 노이즈를 억제하기 위한 기기로 기존에는 써어지 억제기와 필터가 적용되어 왔다. 그러나, 이러한 기존의 노이즈 대책기기는 전력 공급선과 노이즈 피해회로 상호간의 전기적인 절연 분리가 원천적으로 불가능하므로 전도성 노이즈 중에서 가장 큰 피해를 끼치는 공통모드노이즈 억제성능이 지극히 제한적이다. 따라서 본 논문에서는 전원회로의 공통 모드 및 정상모드 노이즈억제에 사용 가능한 NCT(Noise Cut Transformer)에 대한 모의 등가회로를 제안하였으며, 계산과 실험을 통해 그 성능을 비교 해석함으로써 모의 해석이 타당함을 입증하였다. 또한 절연 변압기와 설계 제작된 시작품 및 노이즈 필터와의 성능을 비교함으로써 전도성 노이즈 억제성능의 우수성을 검증하였다.

### Abstract

Broadband noise with frequency components in the range from several kHz up to tens of MHz is widespread in the AC power line. Noise filter or surge suppressor, often used to suppress the conducted noise, have a poor performance in reducing the common-mode.

In this paper, we proposed a lumped-circuit analysis model for Noise Cut Transformer(NCT) which can be used to suppress both the common mode and normal-mode noise. The simulations with our model show a good agreement with experimental results. It has been also shown that our NCT is superior to noise filter and general isolation transformer in reducing the conducted noise.

### 1. 서 론

정보 산업사회의 발달에 따른 전기에너지의 이용이 날로 증가하고 있는 가운데 전기·전자·통신·제어 기기 및 전력설비에 전기를 공급하는 전

원선에서 수 kHz에서 수십 MHz에 이르는 광대역의 주파수성분으로 이루어진 불요 전기신호에 의한 전원 방해현상이 날로 심각해지고 있어, 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 한편 정보·통신·제어기기의 급속한 보급과 이들의 경량,

\*한국전기연구소 전력계통연구부 전기환경연구팀(Electrical Environment Res. Team, Power System Res. Div., KERI)

\*\*인하대학교 전기공학과(Dept. of Electrical Eng., Inha Univ.)

· 논문 번호 : 980926-095

· 수정완료일자 : 1998년 10월 23일

소형화 및 디지털 추세에 따라 각종 기기에 미약한 신호를 다루는 경우가 많아 상대적으로 써어지성 노이즈에 대한 기기의 내 노이즈 특성이 떨어지고 있다.

이들 불요 전기신호는 장비의 파손 및 기능상실을 초래할 수 있을 정도의 에너지(크기 및 지속시간)를 가지고 있어서 국내외적으로 이들의 규제가 강화되고 있으며, 이와 더불어 전원의 안정화를 도모하기 위한 각종 노이즈 억제기들이 개발되고 있거나 실용화되고 있다. 그러나, 전원 노이즈 억제용으로 널리 사용되고 있는 필터 및 Surge Suppressor와 같은 기존의 노이즈 억제기들은 전력 공급선과 노이즈 피해회로와의 전위차에 의해 형성되는 공통모드 노이즈(이하 CMN : Common-Mode Noise)를 원천적으로 억제할 수 없다<sup>[1][2]</sup>.

CMN는 전원회로나 신호회로에서 실제 접지 구조 때문에 가장 흔히 발생하는 노이즈인데 그 피해는 정상적인 전원선 혹은 신호선에 중첩되어 나타나는 정상모드노이즈(이하 NMN : Normal-Mode Noise)에 비해 매우 심한 영향을 미친다. 이와 같은 이유로 CMN을 줄이기 위해 사용하는 방법으로 교류회로에서는 차폐체를 부착한 절연변압기를 사용하거나 공통모드 인덕터를 사용한 전원선 필터를 사용하며, 신호회로에서는 광결합기와 차동증폭기가 사용되고 있다.

본 논문에서는 이들 접지경로를 차단하는데 매우 효과적이며 NMN도 억제 가능한 노이즈억제용 변압기(Noise Cut Transformer)의 주파수 특성을 모의 해석하고 측정을 통해 이를 검증하였다.

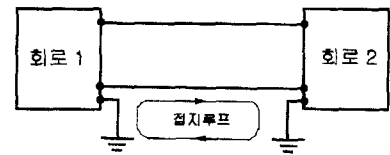
## II. 전도노이즈 억제기기 및 관련규격

### 2-1 전도노이즈 억제기기

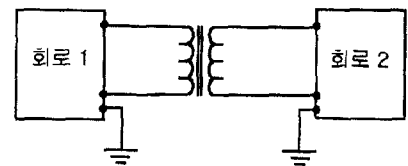
전원선에 발생하는 전도노이즈의 영향을 감소시키는 방법으로는 기본적으로 1) 노이즈원으로부터 간섭을 감소시키는 전자기발생억제(EMI : Electro-

magnetic Interference) 측면과 2) 전원과 노이즈에 민감한 회로를 분리시키는 노이즈원의 분리(Separation) 및 3) 노이즈에 민감한 회로의 노이즈내력을 향상시키는 소위 내성장화(EMS : Electromagnetic Susceptibility)와 같은 방법 등이 있다.

현재 교류전원으로부터 침입하는 전도성 노이즈의 억제방안으로 사용하고 있는 기기에는 L-C Filter류, M-G(Motor-Driven Generator), Surge Suppressor류 및 공통모드 인덕터가 있다. 이중 대표적으로 전원노이즈가 널리 사용되고 있는 저역 Noise Filter는 LC의 회로의 조합으로 구성되어 있어 CMN과 NMN을 억제하는 역할을 하지만, 선간에 삽입, 설치되므로 Common-Mode 노이즈에 대한 감소효과가 적으며 써어지 노이즈에 대한 콘덴서 내전압이 낮아지는 결점이 있다.



(a) 두 회로간의 접지경로와 CMN



(b) 절연변압기를 이용한 접지루프의 제거

그림 1. 두 회로 사이의 접지루프의 형성과 절연변압기를 사용한 제거

- (a) 두 회로간의 접지경로와 공통모드노이즈
- (b) 절연변압기를 이용한 접지루프의 제거

Fig. 1. Forming ground loop between two circuits and its elimination with isolation transformer.

- (a) Ground loop and CMN.
- (b) Elimination with isolation transformer.

Surge Suppressor는 고전압의 과도전압을 억제하고 과도전류를 접지나 선로로 방전시킨다. 그러나 Surge Suppressor도 그림 1(a)와 같이 회로의 양쪽이 접지 되어 있을 경우 접지 루프가 형성되므로 전기적인 분리가 불가능하다.

2-2 관련 규격

각종 전기·전자·통신 기기에서 발생하는 전도 노이즈이나 방사노이즈는 경우에 따라 다른 기기에 방해를 주거나 파손에 이르게 하기도 한다. 이와 같은 교란 현상을 방지하기 위해 세계 각국에서는 자국의 내수 및 수출 기기에 대해 EMI/EMS 규격을 정하여 전자파에 대한 기기의 신뢰도를 확보하고 있다. 그 예로써 IEC산하 CISPR의 권고안과 미국의 FCC 및 독일의 VDE의 전도성 EMI 관련 규격이 있으며, 우리 나라는 CISPR규격을 준하고 있다. 그림 2는 상업용(Class-A) 및 가정용(Class-B) 정보처리장치에 대한 각국의 전도노이즈 허용치(준침두치 기준)를 나타내고 있다<sup>[1],[3]</sup>.

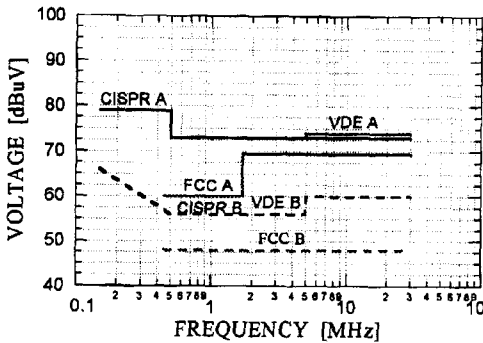
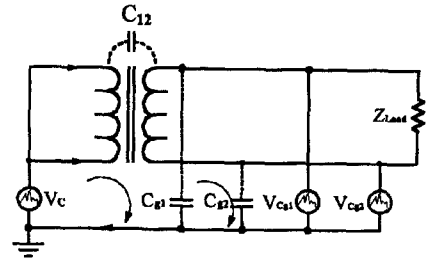


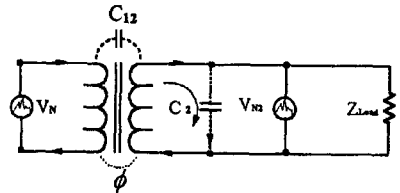
그림 2. 각국의 전도성노이즈 허용치  
Fig. 2. Conducted emission limits of various country.

III. 절연변압기의 노이즈전파 특성

변압기는 기본적으로 자속에 의해 한 회로로부터 다른 회로에 에너지를 변환하고 전송한다. 이들



(a) CMN의 전파



(b) NMN의 전파

그림 3. 일반 절연 변압기의 노이즈 전파  
(a) CMN의 전파 (b) NMN의 전파

Fig. 3. Noise propagation of ordinary isolation transformer.  
(a) CMN propagation.  
(b) NMN propagation.

에너지 변환 전송은 자계에 의해 이루어지며 전계는 관련되지 않는다. 그러나 변압기 권선의 각부와 철심 및 대지간에는 누설 캐패시턴스와 누설자속이 존재하므로 1차 권선과 2차 권선간에 그림 3(a)와 같은 정전결합과 그림 3(b)와 같은 고주파 누설자속에 의한 자기결합이 이루어져 노이즈가 부하 회로에 전파된다<sup>[2],[4]</sup>.

상용주파수를 포함한 저주파에서 권선간의 누설 캐패시턴스는 권선간의 용량성 리액턴스  $X_c$ 가 커지므로 CMN은 거의 발생하지 않는다. 그러나 주파수가 커지면  $X_c$ 가 감소하여 누설 절연저항과 함께 접지경로를 형성하기 때문에 이를 줄이기 위해서는 양 권선간의 절연간격을 넓히거나 정전차폐가 필요하다. 그러나 절연간격을 크게 하기 위해서는 변압기의 창 면적이 큰 철심이 필요하며, 이로 인해 누설 인덕턴스가 커지게 됨으로써 전압변

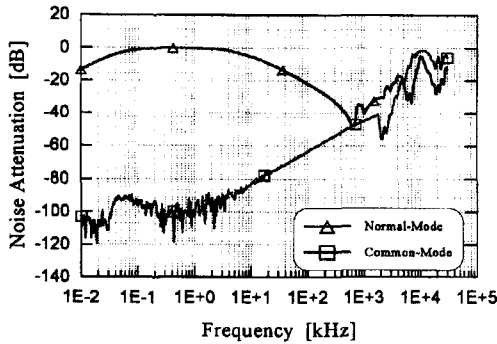


그림 4. 일반 절연 변압기의 주파수 응답특성  
 Fig. 4. The characteristics of frequency response on the ordinary isolation transformer.

동률이 커진다. 이와 같은 단점을 고려하면 차폐를 통해 접지경로를 차단하는 방법이 좋다. 그러나 정전차폐방법은 권선의 절연강도를 떨어뜨린다는 점에서 곤란하다.

일반적으로 변압기의 철심재료로 사용되는 규소강판은 상용주파에 비해 고주파에서는 주파수의 제곱에 비례하여 투과율이 낮아지므로 고주파 누설자속에 의한 자기결합이 상당량 감소하므로 캐패시턴스와 더불어 NMN의 억제에 유리한 작용을 한다.

그림 4는 NM, CM 두 모드의 노이즈에 대해 1:1 절연변압기(용량 1 kVA, 1, 2차 정격전압이 220V/220V)의 주파수에 따른 감쇠특성을 Impedance Gain Analyzer(HP 8751A)로 측정하여 나타낸 결과로서 NM의 감쇠율은 최고 -48 dB이며, CM 에서는 -119 dB의 감쇠 성능을 나타내고 있으나 전도노이즈의 범위인 150 kHz~30 MHz에서는 주파수가 증가함에 따라 성능이 매우 저하됨을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 권선간의 누설 캐패시턴스의 영향으로 인한 것이다. 일반적으로 절연변압기의 누설용량은 권선의 배치에 따라 수십 VA의 소형변압기에서는 20~30 pF, 수백 VA 변압기에서는 1~3 nF 정도의 캐패시턴스가 존재하며, DC 절연저항은 100 MΩ에 이른다<sup>[2]</sup>.

#### IV. NCT의 노이즈 억제 원리 및 시작품의 설계

##### 4-1 NCT의 노이즈억제 원리

NCT에서 노이즈를 억제하는 기본적인 원리는 일반 복권변압기에서 나타나는 두 가지 파라메타를 변화시키는 것이다. 즉, 누설 캐패시턴스로 인한 고주파노이즈의 권선간의 결합인 용량성 결합(capacitive coupling)을 억제함으로써 CMN을 억제할 수 있다. 이는 근본적으로 권선간에 정전차폐를 실시하거나 권선을 분리배치 함으로써 가능하다. 정전차폐(Faraday Shield)의 기본 원리는 그림 5와 같이 도체 ①(1차 권선)에 유기된 전하가 도체 ③(2차 권선)에 유기 되지 않고 도체 ②를 통해 접지로 bypass 되도록 도체 ①의 외곽을 도전율이 높은 재료로 차폐하여 접지하는 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<sup>[5]</sup>.

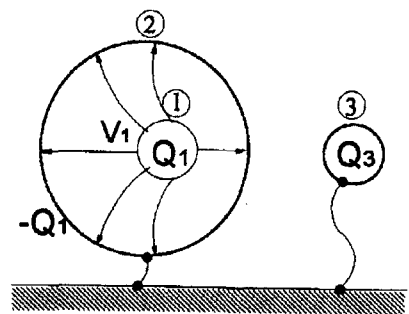


그림 5. 정전차폐 개념  
 Fig. 5. Concept of faraday shielding.

일반적으로 변압기를 이용한 노이즈의 억제방법에서 CMN 억제방법은 비교적 용이하다. 그러나 NMN은 상용주파수 전력에 중첩되어 나타나므로 억제하기 어렵다. NMN을 억제하는 기본방법은 주파수의 증가에 따라 투자율의 감소폭이 큰 재료인 강자성체를 사용하여 고주파 자기결합(magnetic coupling)을 억제하거나 분로 캐패시터의 적용 및 누설리액턴스를 증가시켜 노이즈의 분로효과(shunt effect)를 향상시키는 방법이 있다<sup>[2]</sup>.

#### 4.2 NCT 설계

NCT의 성능을 평가하기 위해 사용된 시료는 단상 1차, 2차 정격전압이 220 V인 1 대 1 전압 변성비를 가지고 있으며, 용량은 1 kVA이다. 그림 6은 전원선에서 발생 가능한 두 모드의 노이즈를 억제하기 위한 차폐구조로서 3중 차폐를 나타낸 것이다.

철심은 소형변압기에 많이 사용되며 성형 후 크기가 작고, 국내에서 재단된 규격을 쉽게 구할 수 있는 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 권선배치법을 적용했다.

권선의 차폐방법에 있어서는 1, 2차 권선을 독립적으로 차폐하고 1, 2차 권선간에는 황동제 차폐판을 설치하여 누설자속에 의한 와전류손을 증대시킨 3중 차폐 구조로, 220 V 입출력 권선의 중심철에 Box 차폐 1과 2를 연결함으로써 NMN를 감쇠효과를 향상시켰으며, 중간의 Barrier 차폐는 CMN를 억제하도록 함으로써 전원측 혹은 부하측 양방향에서 발생 가능한 노이즈를 억제할 수 있는 구조이다. 따라서 EMI의 측면과 EMS 측면을 동시에 고려한 차폐구조이다. 차폐시에 고려한 점은

- 1) Short Turn이 생기지 않도록 접치는 부분에 절연지를 사이에 두고 차폐 포일을 Sandwich

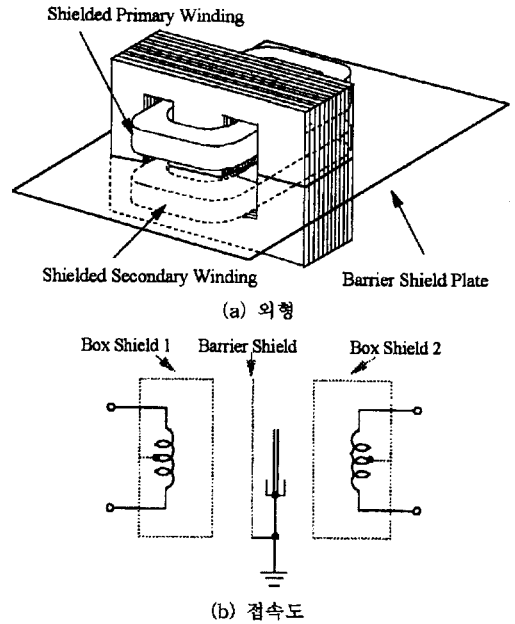


그림 6. NCT의 구조

(a) 외형 (b) 접속도

Fig. 6. Configuration of NCT.

(a) Structure (b) Bonding diagram

하였다.

- 2) 각 권선의 차폐는 코일전체를 둘러싸는 Box 차폐기법을 적용했으며 전계의 노출을 억제하기 위해 차폐에는 어떠한 구멍도 없도록 했다.
- 3) 입, 출력단자에 연결된 리드선을 외부공간에 의한 노이즈로부터 차폐되도록 하기 위해 강철제 외함에 NCT를 설치하였다.

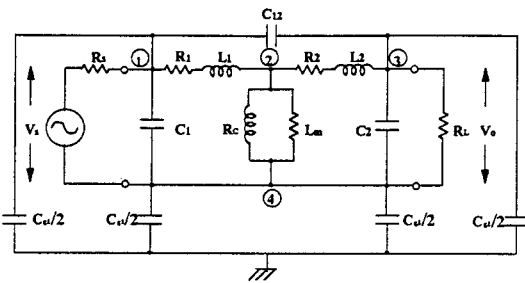
이와 같은 철심구조, 권선 배치 및 차폐구조로 설계, 제작된 NCT의 각각의 치수 및 설제도를 그림 7(a)에 나타내었으며, 그림 7(b)는 NCT의 철심 단면과 이를 둘러싸고 있는 1차 권선의 단면도를 나타내고 있으며, 2차 권선도 동일하게 설계하였다<sup>[6~18]</sup>. 그림 8은 설계 제작된 시작품의 전체 외형을 나타내고 있다.



쇠특성은 그림 9(b)에 나타난 바와 같이 피 시험품이 없을 때의 전압 전달함수를  $TF_{NO}$ 라 하고, 시험품을 연결한 그림 9(c)와 같은 상태를  $TF_{EX}$ 라 했을 때 두 함수의 비를 데시벨로 나타낸 것으로 감쇠비  $NA$ (Noise Attenuation)는 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$NA = 20 \log \left( \frac{TF_{EX}}{TF_{NO}} \right) \text{ [dB]} \quad (1)$$

5-2 NMN 감쇠특성



- $R_1, R_2$  : 1차, 2차 권선 저항(0.82  $\Omega$ )
- $L_1, L_2$  : 1차, 2차 권선의 누설 인덕턴스(7.91 mH)
- $L_m, R_c$  : 자화인덕턴스와 자기저항(1413  $\Omega$ , 1.68 H)
- $C_1, C_2$  : 1차, 2차 권선의 캐패시턴스(534 pF, 4.85 uF)
- $C_{12}$  : 1-2차 권선 간의 누설 캐패시턴스(0.23 pF)
- $C_{g1}, C_{g2}$  : 1차, 2차 권선의 권선과 대지간의 캐패시턴스(71 pF)

그림 10. 2권선 NCT의 고주파 집중 파라미터 등가 회로

Fig. 10. High frequency equivalent circuit modelled in lumped parameter for two winding NCT.

그림 10에 나타난 NCT 모델의 Nodal Matrix는 다음과 같다.

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서

$$\begin{aligned} Y_1 &= 1/R_s + sC_1, & Y_2 &= 1/(R_1 + sL_1), \\ Y_3 &= (R_c + sL_m)/sR_cL_m, & Y_5 &= 1/R_L + sC_2, \\ Y_4 &= 1/(R_2 + sL_2), & Y_6 &= sC_{12} \\ Y_{g11} &= sC_{g1}/2, & Y_{g12} &= sC_{g1}/2 \\ Y_{g21} &= sC_{g2}/2, & Y_{g22} &= sC_{g2}/2 \\ Y_{11} &= Y_1 + Y_2 + Y_6 + Y_{g11}, \\ Y_{22} &= Y_2 + Y_3 + Y_4 \\ Y_{33} &= Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_{g21}, \\ Y_{44} &= Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_{g12} + Y_{g22} \\ Y_{12} &= Y_{21} = -Y_2, & Y_{13} &= Y_{31} = -Y_6 \\ Y_{14} &= Y_{41} = -Y_1, & Y_{23} &= Y_{32} = -Y_4, \\ Y_{34} &= Y_{43} = -Y_5 \\ Y_{24} &= Y_{42} = -Y_3 \end{aligned}$$

이 된다. 이때 전류 Matrix는 다음 식 (3)과 같으므로

$$I = [V_s/R_s, 0, 0, -V_s/R_s] \quad (3)$$

출력 전압은 다음과 같이 계산된다.

$$[V] = [V_1 \ V_2 \ V_3 \ V_4] = [Y]^{-1}I \quad (4)$$

따라서 NMN의 감쇠비  $NMNA$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NMNA = 20 \log \left( \left( \frac{V_3 - V_4}{V_s - V_4} \right) / \left( \frac{R_L}{R_s + R_L} \right) \right) \text{ [dB]} \quad (5)$$

그림 11은 등가회로의 파라미터를 입력으로 Matlab 프로그램을 작성하여 계산한 NMN 감쇠특성과 Gain Analyzer를 사용하여 측정된 감쇠특성

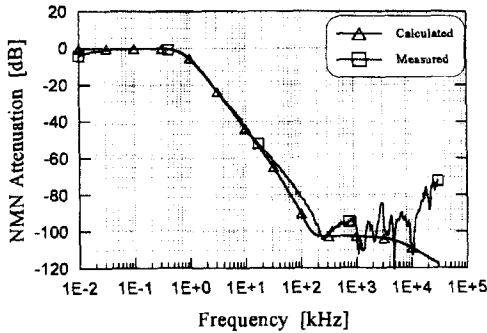


그림 11. NCT의 NMN 감쇠비의 측정치와 계산치  
Fig. 11. Measured and calculated NMN attenuation of NCT.

을 나타내고 있다. 그림 11과 같은 집중 정수 회로를 나타낸 L과 C의 유효값은 스위칭 회로로 구성된 LC 병렬공진 측정법을 사용하여 측정하였으며, 철심 자화 브랜치( $R_c/L_m$ )의 파라미터 값은 상용 주파수에서 개방 회로 시험을 통해 취득하였다. 계산된 결과는 전반적으로 측정된 결과와 유사하지만, 측정결과에 나타나 있듯이 철심 자화회로와 누설 캐패시턴스 간의 LC 공진으로 인해 고주파 영역의 측정치에 약간의 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

### 5-3 CMN 감쇠특성

NCT의 CM 감쇠특성은 1-2차 권선 간의 누설 캐패시턴스  $C_{12}$ 와 2차 권선과 철심간의 누설 캐패시턴스  $C_{g2}$ 의 분압비  $C_{12}/(C_{12} + C_{g2})$ 에 의해서 결정되며 그 등가회로는 그림 12에 나타낸 바와 같이 구성된다. 따라서 식 (5)와 같이 이들 CMN에 대한 감쇠비를 표현하면 CMNA는 다음과 같다.

$$CMNA = 20 \log \left( \frac{V_o}{V_s} / \frac{R_L}{R_S + R_L} \right) [dB] \quad (6)$$

이들 누설 캐패시턴스는 주파수 가변 교류 신호발생기를 NCT의 입력단자에 인가하고, 출력단

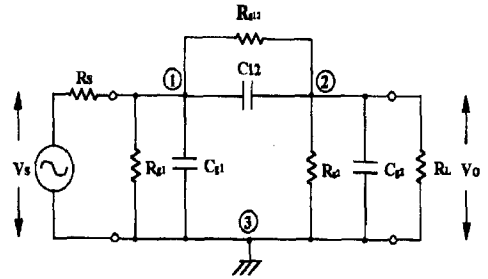


그림 12. CMN에 대한 등가회로  
Fig. 12. Equivalent circuit for CMN.

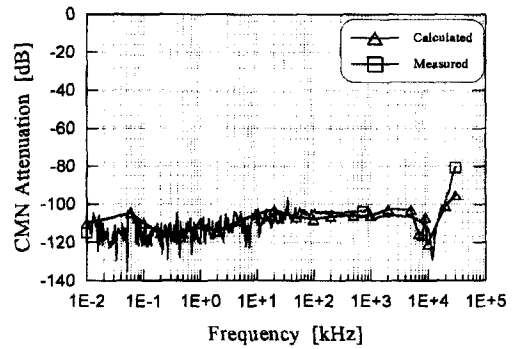


그림 13. 시제품 NCT에 대한 CMN 감쇠비의 측정치와 계산치  
Fig. 13. Measured and calculated CMN attenuation of the prototype NCT.

의전압을 오실로스코프로 측정하는 간접 측정법을 사용하였다<sup>5)</sup>. 이러한 누설 캐패시턴스는 주파수에 의존하는 특성을 고려하여 각각의 주파수에 대한 측정 캐패시턴스  $C_{12}(\omega)$ 와  $C_{g2}$ 를 입력으로 하여 감쇠특성을 계산하였다. 계산된 CMN 감쇠비와 Gain Analyzer로 측정한 CMN 감쇠비를 비교해보면 그림 13과 같이 유사한 특성을 나타내며, 감쇠 주파수 영역에 대해 전반적으로 계산치와 측정치 모두 약 -105 dB의 감쇠특성을 나타내고 있다.

### 5-4 부하 성능시험

실제 부하에서 발생하는 고주파 전도노이즈에



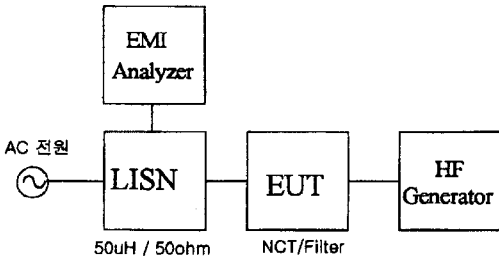


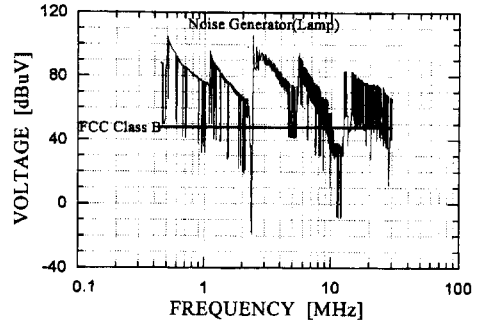
그림 14. 고주파 노이즈 발생 측정시스템의 구성  
 Fig. 14. Configuration of conducted noise emission measuring system.

대한 NCT의 성능을 측정하기 위해 그림 14와 같은 고주파 노이즈 발생장치의 측정시스템을 구축하였다. 그림 14는 외부 전도노이즈가 차단된 차폐실로부터 전원임피던스 안정화 회로(LISN : Line Impedance Stabilization Network)를 걸쳐 공급되는 전원이 입력되는 피 시험품과 이것의 부하인 dimming형 조광기로부터 발생하는 고주파 노이즈 발생장치로 구성되는 측정시스템이다.

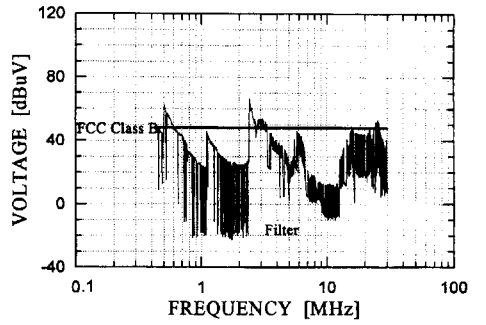
측정대상은 EMI 발생기인 조광기로부터 발생하는 고주파를 EMI Analyzer를 통해 측정한 고주파 노이즈 발생양상과, 세계 각국의 전도노이즈 발생 억제기준 가운데 가장 가혹한 FCC 규격을 함께 보여주고 있다.

그림 15(a)는 Switching 부하인 Dimming형 조광기에서 발생하는 고주파노이즈와 세계각국의 전도노이즈 발생 억제기준 가운데 가장 가혹한 FCC 규격을 함께 나타내고 있다. 결과에서 알 수 있듯이 전 대역에 걸쳐 FCC Class B규제치를 초과하며, 최고 50 dB $\mu$ V이상을 초과하는 경우도 있음을 알 수 있다.

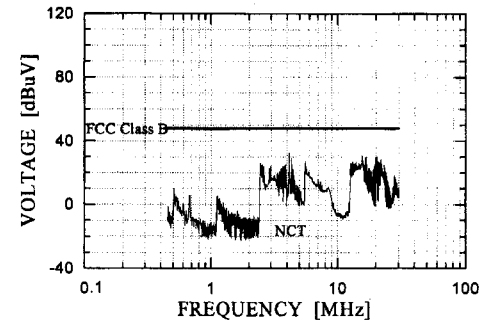
그림 15(b)는 일본 Tokin사 제품의 Noise Filter의 성능으로 특정 주파수대역에서 규제치를 초과하고 있다. 반면 NCT의 고주파 감쇠효과를 나타낸 그림 15(c)의 경우는 Noise Filter에 비해 고주파 노이즈 억제 성능이 매우 향상되어 나타나고 있다. 이와 같은 실제 부하 연결시에 NCT는 고주파가



(a) 조광기 설치시



(b) Noise Filter 설치시



(c) NCT

그림 15. NCT의 고주파노이즈 억제 성능

(a) 조광기 설치시

(b) Noise Filter 설치시 (c) NCT

Fig. 15. Reducing performance for high frequency conducted noise of NCT.

(a) High frequency noise source(dimming type lamp)

(b) Noise filter (c) Prototype NCT

발생되는 전자파환경에 놓인 기기에 대해 EMS 대

책기뿐만 아니라 동시에 EMI 대책기기로도 적용할 수 있음을 알 수 있으며, 그 성능 또한 기존의 대책기보다 우수하다.

## VI. 결 론

NCT는 전원선에 나타나는 불요 고주파 노이즈에 대한 감쇠특성이 기존의 노이즈 대책기보다 우수한 성능을 가지고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 특성이 나타나는 이유는 CM에서는 차폐와 접속구조로 인한 것이며, NM에서는 누설 인덕턴스와 병렬 캐패시턴스로 인한 저역 필터링 특성 때문이다. 본 논문에서는 NCT의 이러한 장점을 모의해석과 실험을 통하여 검증하였다.

위의 결과는 여러 가지 형태의 노이즈와 써어지에 노출된 전원선에 설치된 절연변압기 및 NCT의 고주파성 노이즈 억제 특성을 이해하는데 유용할 것이다. 또한 기존의 절연변압기에 적절한 차폐체를 부착함으로써 노이즈 억제 특성이 향상될 수 있음을 증명하였다. 이들 결과는 최근 국내외적으로 전자파 규제안이 강화되고 있는 실정을 감안하면 NCT는 EMI/EMS 대책기기로 널리 활용될 수 있을 것으로 생각되며, 앞으로 AVR이나 UPS와 같은 전원안정화장치에 NCT의 노이즈 억제 기법이 널리 적용될 것으로 전망된다.

## 참 고 문 헌

### 이 재 복



1985년 2월 : 인하대학교 전기공학과(공학사)  
 1987년 2월 : 인하대학교 대학원 전기공학과(공학석사)  
 1987년 2월~현재 : 한국전기연구소 전력계통연구부 전기환경연구팀 선임연구원, 인하대학교 대학원 박사

학위과정

[주 관심분야] 뇌써어지 해석 및 대책설계 · 전기 · 전자 · 통신설비의 EMI/EMC 설계 및 대책

### 허 창 수



1981년 2월 : 인하대학교 전기공학과(공학사)  
 1983년 2월 : 인하대학교 대학원 전기공학과(공학석사)  
 1987년 2월 : 인하대학교 대학원 전기공학과(공학박사)  
 1983년~1993년 : 한국전기연구소

기능재료연구실 실장

1993년~현재 : 인하대학교 전기공학과 부교수  
 [주 관심분야] 전기재료(도전성 고분자)

- [1] H. W. Otto, *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chapter 3, 1989.
- [2] Michel Mardiguian, *Electromagnetic Control in Components and Devices*, vol. 5, Interference Control Technologies, Inc., Chapter 5, 1988.
- [3] 노이즈연구소, 노이즈 대책最新技術, 總合技術出版, 第 4 章, 1986.
- [4] Ralph Morrison, *Grounding and Shielding Techniques in Instrumentation*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chapter 4, 1986.
- [5] IEEE std.389. *IEEE Recommended Practice for Testing Electronic Transformers and Inductor*, 1979.
- [6] W. M. Flanagan, *Handbook of Transformer Applications*, McGraw-Hill Book Company, Chapter 7, 10, 1986.
- [7] Colonel Wm. T. McLyman, *Transformer and Inductor*, 2nd Edition, Marcel Dekker, Inc., 1988.
- [8] Colonel Wm. T. McLyman, *Magnetic Core Selection for Transformers and Inductors*, Marcel Dekker, Inc., 1982.
- [9] A. Greenwood, *Electrical Transients in Power Systems*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Chapter 13, pp. 439-441, 1991.