

전원노이즈 억제용 차폐절연변압기의 설계 및 주파수특성 해석

이재복

한국전기연구소 전기환경연구팀
경남 창원시 성주동 28-1

허창수 · 이태호

인하대학교 전기공학과
인천광역시 남구 용현동 253번지

(1998년 9월 14일 받음 1999년 11월 20일 최종수정본 받음)

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 공통모드 노이즈 억제능력이 지극히 제한적이다. 따라서 본 논문에서는 전원회로의 공통모드 및 정상모드 노이즈 억제에 사용 가능한 차폐절연변압기에 대한 모의 등가회로를 제안하였으며, 계산과 실험을 통해 그 성능을 비교 해석함으로써 모의 해석의 유효성을 입증하였다. 또한 차폐절연변압기의 설계 방법을 제시하였으며, 제작된 3 kVA급 시작품과 비 차폐된 절연변압기의 노이즈 성능을 비교함으로써 전도성 노이즈 억제능력의 우수성을 검증하였다.

I. 서 론

공통모드(Common-Mode : 이하 CM)와 정상모드(Normal-Mode : 이하 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 대한 몇 가지 보호 장치를 가지고 있지만 더욱 확실한 보호 장치가 요구되고 있는 실정이다. 이러한 노이즈의 영향을 감소시키는 방법으로는 기본적으로

- 잡음원으로부터 간섭을 감소시키는 것
- 전원과 잡음에 민감한 회로를 분리시키는 것
- 잡음에 민감한 회로의 잡음내력을 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 차폐절연변압기 등이 있다. 이 중에서 가장 확실한 방법은 차폐절연변압기를 통해 노이즈나 써어지의 순환 경로가 되는 접지경로

(ground loop)를 전기적으로 절연 분리하는 것이다. 그 이유는 전원 노이즈 억제용으로 널리 사용되고 있는 필터 및 써어지 보호기와 같은 기존의 노이즈 억제 대책 기기는 전력공급선과 노이즈 피해회로를 원천적으로 전기적 절연 분리할 수 없다는 측면에서 그 실효성에 한계가 있다[1, 2]. 이중 대표적으로 전원 노이즈의 억제에 널리 사용되고 있는 저역 필터는 LC 회로의 조합으로 CM 노이즈(이하 CMN)와 NM 노이즈(이하 NMN)를 억제하는 역할을 하지만 전선간에 삽입되어 설치되므로 CMN에 대한 감쇠효과가 적으며 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 있다.

본 논문에서는 노이즈와 써어지에 대해 기존의 대책 기기들과 함께 최근 각광을 받고 있으며, 변압기의 변성작용을 가진 동시에 노이즈 억제 성능이 우수한 차폐절연변압기의 노이즈 감쇠 특성을 모의 해석을 하였

으며, 아울러 그 구조 및 설계방법을 제시하였다.

II. 절연변압기의 노이즈전파 특성

변압기는 기본적으로 자속에 의해 한 회로로부터 다른 회로에 에너지를 변환하고 전송한다. 이들 에너지 변환 전송은 자계에 의해 이루어지며 전계는 관련되지 않는다. 그러나 변압기 권선의 각부와 철심 및 대지간에는 누설 캐패시턴스와 누설자속이 존재하므로 1차 권선과 2차 권선간에 Fig. 1(a)와 같은 정전결합과 Fig. 1(b)와 같은 고주파 누설자속에 의한 자기결합이 이루어져 노이즈가 부하회로에 전파된다[2, 4].

상용주파수를 포함한 저주파에서는 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 전압변동율이 커진다. 이와 같은 단점을 고려하면 차폐를 통해 접지경로를 차단하는 방법이 좋

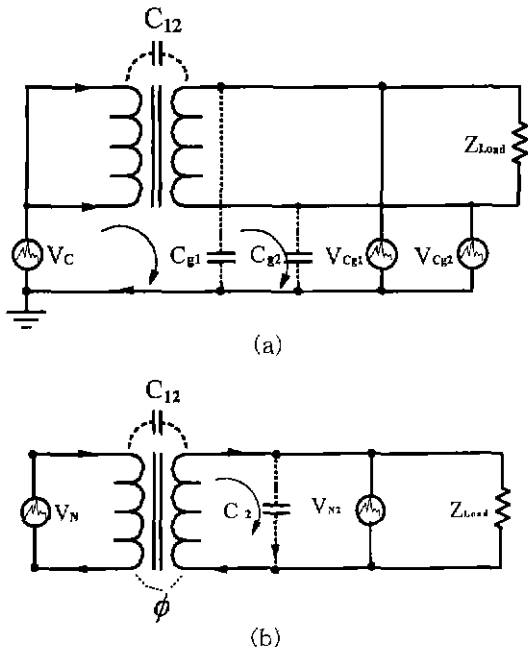


Fig. 1. Noise propagation of isolation transformer (a) CMN propagation (b) NMN propagation.

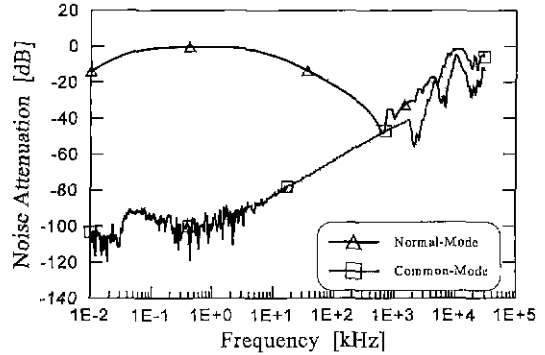


Fig. 2. The characteristics of frequency response on the non-shielded isolation transformer

다. 그러나 고전압용 변압기의 정전차폐방법은 권선의 절연강도를 떨어뜨린다는 점에서 곤란하다.

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

Fig. 2는 NM, CM 두 모드의 노이즈에 대해 1:1 절연변압기(용량 1 kVA, 1, 2차 정격전압이 220 V/220 V)의 주파수에 따른 감쇠특성을 impedance gain/phase analyzer(HP 8751A)로 측정된 것으로, NM의 감쇠율은 최고 48 dB이며, CM에서는 119 dB의 감쇠 성능을 나타내고 있으나 전도성 노이즈의 범위인 150 kHz~30 MHz에서는 주파수가 증가함에 따라 성능이 매우 저하됨을 알 수 있다[2].

III. 차폐절연변압기의 노이즈 억제 원리 및 설계기법

3.1 노이즈억제 원리

차폐절연변압기에서 노이즈를 억제하는 기본적인 원리는 일반 복권변압기에서 나타나는 두 가지 파라미터를 변화시키는 것이다. 즉, 누설 캐패시턴스로 인한 고주파노이즈의 권선간의 결합인 용량성 결합(capacitive coupling) 억제함으로써 CMN을 억제할 수 있다. 이는 근본적으로 권선간에 정전차폐를 실시하거나 권선을 분리배치 함으로써 가능하다. 정전차폐(faraday shield)는 기본적으로 1차 권선에 유기된 전하가 2차 권선에 유기되지 않고 접지로 bypass 되도록 도전율이 높은 재료로 차폐하여 접지하는 것이다. 이를

위해서는 권선을 구리와 같은 도체로 둘러싸야 하지만, 도체 리드선을 인출하거나 도체를 둘러싸는 과정에 틈이 있어 완전한 차폐는 불가능하다. 이 과정에서 생기는 틈(slot)은 고주파 노이즈에 대해 슬롯안테나 역할을 할 수 있기 때문에 차폐를 여러 번 하거나 차폐층을 겹치는 방법을 적용하여 가능한 한 누설 캐패시턴스가 작도록 해야 한다[4].

일반적으로 변압기를 이용한 노이즈의 억제방법에서 CMN 억제방법은 이와 같은 정전차폐를 통해 이루어진다. 그러나 NMN은 상용주파수 전력에 중첩되어 나타나므로 억제하기 어렵다. NMN을 억제하는 기본 방법은 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[2].

3.2 설계기법

차폐절연변압기는 일반변압기와 같이 기본적으로 전력을 변환 전송하는 동시에 전도성 노이즈방지 역할을 해야 한다. 따라서 설계의 관점에서 일반변압기와 같은 설계순서에 따라 변압기를 설계하고 여기에 차폐절연변압기로서의 특성에 맞게 권선기법, 차폐기법, 재료선정이 따라야 한다. 이와 같은 관점에서 차폐절연변압기 설계의 기본사항을 제시하면 다음과 같다[6-8].

3.2.1 권선 및 권선 선정

1차측 권선 N_1 의 결정은 faraday의 전자유도법칙을 이용한 다음 식으로부터 구한다.

$$N_1 = V_1 * \frac{10^8}{4.44fB_m A_1 \sqrt{P_1}} \tag{1}$$

여기서 P_1 는 power handling capability, A_1 는 유효 철심단면적, B_m 은 최대 지속밀도[gauss], f 는 주파수를 V_1 은 1차 정격전압을 각각 의미한다. 따라서 2차 권선수 N_2 는

$$N_2 = N_1 * \frac{V_2}{V_1} \tag{2}$$

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

$$D = \sqrt{\frac{400I}{J\pi}} \tag{3}$$

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

3.2.2 철심크기 결정

철심크기는 용량에 전달 수 있는 철심단면적을 구하는 것으로 표준 철심인 E-I 철심을 사용하는 경우 철심의 장폭 B를 계산함으로써 가능하다. 장폭의 계산식은 다음과 같다.

$$B = 3 * \sqrt{A_1 / K_1 S_1} [mm] \tag{4}$$

여기서 S_1 는 철심의 절보기 단면적 [mm^2]이며, K_1 는 권선이 감긴 철심폭에 대한 적층두께의 비를 나타낸다.

3.2.3 권선의 배치 및 차폐위치

일반 저압 변압기는 보빈을 사용하여 저압코일 위에 고압코일을 감는 동심 코일배치 방법이 사용된다. 권선간의 캐패시턴스를 줄이기 위해 차폐절연변압기에 적용되는 분리배치의 경우 보빈을 사용할 수 없으며 창 내부의 권선과 차폐간의 간격이나 철심간의 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 되므로 전위차에 의해 NMN 전류가 흐르게 된다.

이와 같은 목적으로 Fig. 3과 같이 대칭적인 분리배치 방법을 E-I 적층철심에 적용하면 권선의 단면적은 식 (5)로 나타낼 수 있다.

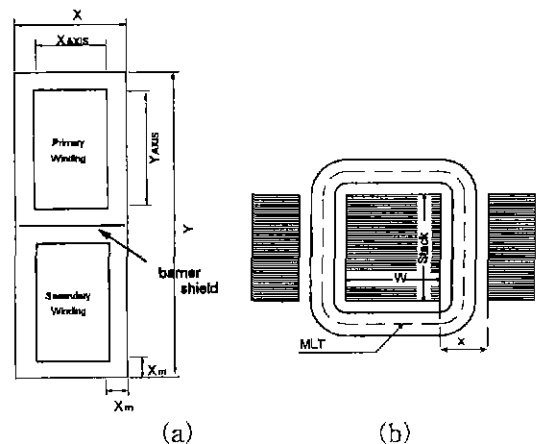


Fig. 3. Arrangement of coil. (a) Winding arrangement within the window, (b) Cross sectional view (MLT=Mean Length Turn).

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

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

층간 권선수와 층수는 (6)식으로 구하여 Fig. 3과 같이 창의 중심부에 위치하도록 권선을 설계한다.

$$\text{Turn/Layer} = \frac{Y_{axis}}{K_f D'}, \text{ Layer} = \frac{N_1}{\text{Turn/Layer}} \quad (6)$$

3.2.4 설계순서

상기의 설계방법을 이용하여 상, 용량, 전압, 철심형 태별 차폐절연변압기 설계방법을 요약하면 Fig. 4와 같이 일반 변압기의 설계 수순에 권선의 배치와 차폐 위치가 결정되는 점이 다르다. 기타의 제정수 계산방법은 권선의 두께 및 턴수로 부터 저항을 구할 수 있으며, 철심과 코일 간의 간격에 의해 누설 인덕턴스가 구해지며, 효율과 관계되는 무부하전류는 자로의 길이와 자화곡선으로부터 구해진다. 또한 차폐절연변압기 2차 측의 분로 캐패시턴스값은 정격전류의 1/10이하로 되

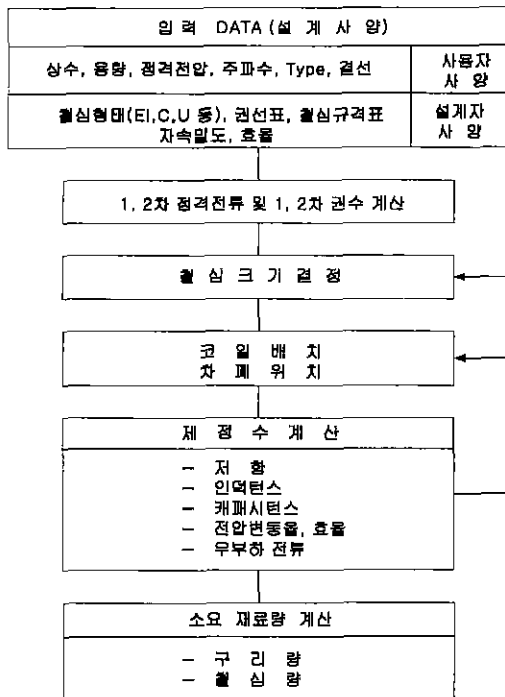


Fig. 4. Design flow of shielded isolation transformer.

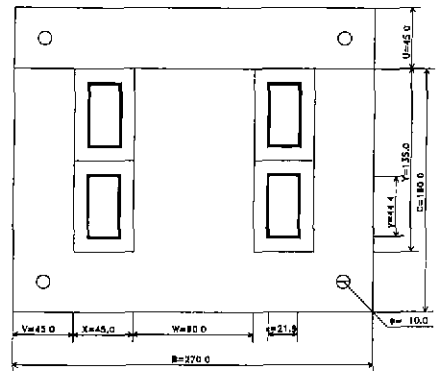
는 캐패시턴스 값으로부터 구하며, 기타 누설 캐패시턴스는 측정을 통해 구한다.

3.3 설계 결과

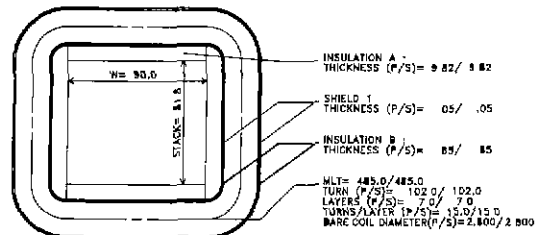
차폐절연변압기의 성능을 평가하기 위해 사용된 시료는 단상 1차, 2차 정격전압이 220 V인 1 대 1 전압 변성비를 가지고 있으며, 용량은 3 kVA이다.

철심은 소형변압기에 많이 사용되며 성형 후 크기가 작고, 국내에서 재단된 규격을 쉽게 구할 수 있는 scrapless E-I 철심을 선정하였다. 여기에 사용된 권선의 배치는 기존 소형 변압기에서 널리 사용되는 동심 권선배치법과는 달리 차폐작업이 용이하고 권선간 누설 캐패시턴스의 감소측면에서 유리한 1-2차 권선 분리형 권선배치법을 적용했다.

권선의 차폐기법에 있어서는 1, 2차 권선을 독립적으로 차폐하고 1, 2차 권선간에는 황동제 차폐판을 설



(a)



(b)

Fig. 5. Design of 3 kVA shielded isolation transformer. (a) Front view, (b) Winding configuration.

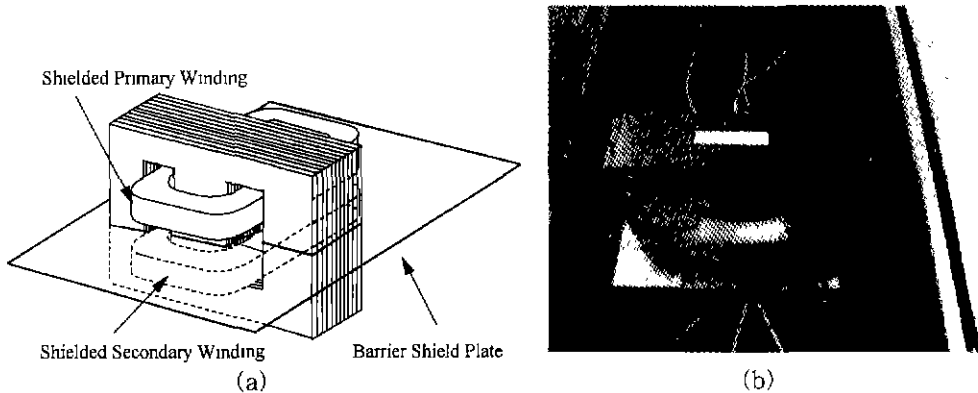


Fig. 6. Configuration of 3 kVA prototype shielded isolation transformer. (a) structure, (b) photograph.

치하여 누설자속에 의한 와전류손을 증대시킨 3중 차폐구조로, 220 V 입출력 권선의 중심점에 box 차폐 1과 2를 연결함으로써 NMN를 감쇠효과를 향상시켰으며, 중간 barrier 차폐는 CMN를 억제하도록 함으로써 전원측 혹은 부하측 양방향에서 발생 가능한 노이즈를 억제할 수 있는 구조이다. 따라서 EMI의 측면과 EMS(Electromagnetic Susceptibility) 측면을 동시에 고려한 차폐구조이다. 차폐시에 고려한 점은

- 1) short turn이 생기지 않도록 접치는 부분에 절연지를 사이에 두고 차폐 포일을 sandwich하였다.
- 2) 각 권선의 차폐는 코일전체를 둘러싸는 box 차폐 기법을 적용했으며 전계의 노출을 억제하기 위해 차폐에는 어떠한 구멍도 없도록 했다.
- 3) 입, 출력단자에 연결된 리드선을 외부공간에 의한 노이즈로부터 차폐되도록 하기 위해 강철제 외함에 차폐절연변압기를 설치하였다.

이와 같은 철심구조, 권심 배치 및 차폐구조로 설계, 제작된 차폐절연변압기의 각각의 치수 및 설계도를 Fig. 5(a)에 나타내었으며, Fig. 5(b)는 차폐절연변압기의 철심단면과 이를 둘러싸고 있는 1차 권선의 단면도를 나타내고 있다 2차 권선 역시 동일하게 설계하였다. Fig. 6은 설계 제작된 시작품의 전체 외형을 나타내고 있다.

IV. 차폐절연변압기 모델링 및 특성분석

4.1 측정회로의 구성

주파수에 따른 시작품의 감쇠특성을 측정하기 위해

HP 4194A impedance/gain-phase analyzer를 사용하였다. Fig. 7(a)에 나타낸 본 시험 장치는 10 Hz에서 30 MHz의 주파수를 가진 전압원을 시작품의 입력단자에 인가하고 그때의 출력을 출력단자의 비 측, 전송특성을 측정하는 원리이며, 측정된 출력데이터는 PC에 내장된 labview graphic program을 통해 분석 처리하였다. CM 특성 측정시에는 입출력 단자를 각각 일괄하여 시작품의 외합과의 입출력특성을 측정하였으며, NM 측정시에는 입출력단자의 두 선 중 한 선은 전류가 귀로 하는 선이므로 balun을 사용하여 그 전류 방향이 반대가 되도록 하였다. 계측기로부터 측정되는 감쇠특성은 Fig. 7(b)에 나타낸 바와 같이 피 시험품이 없을 때의 전압 전달함수를 TFNO라 하고, 시작품을 연결한 Fig. 7(c)와 같은 상태를 TFEX라 했을 때 두 함수의 비를 데시벨로 나타낸 것으로 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$20 \log \left(\frac{TF_{EX}}{TF_{NO}} \right) [dB] \quad (7)$$

4.2 NMN 모델링

차폐절연변압기와 같이 고주파 및 저주파의 모든 대역에 영향을 나타내는 경우에는 누설 캐패시턴스의 영향을 무시할 수 없다 이들 누설캐패시턴스로는 양선과 대지와의 사이 누설캐패시턴스 C_2 와 1, 2차의 분포 캐패시턴스, C_1 , C_2 및 권선간 캐패시턴스 C_{12} 를 존재하므로 이를 고려한 정상모드에 고주파 등가회로는 Fig. 8과 같이 구성할 수 있다.

Fig. 8에 나타낸 차폐절연변압기 등가 모델에 대한 어드미턴스 노드 매트릭스는 다음과 같다.

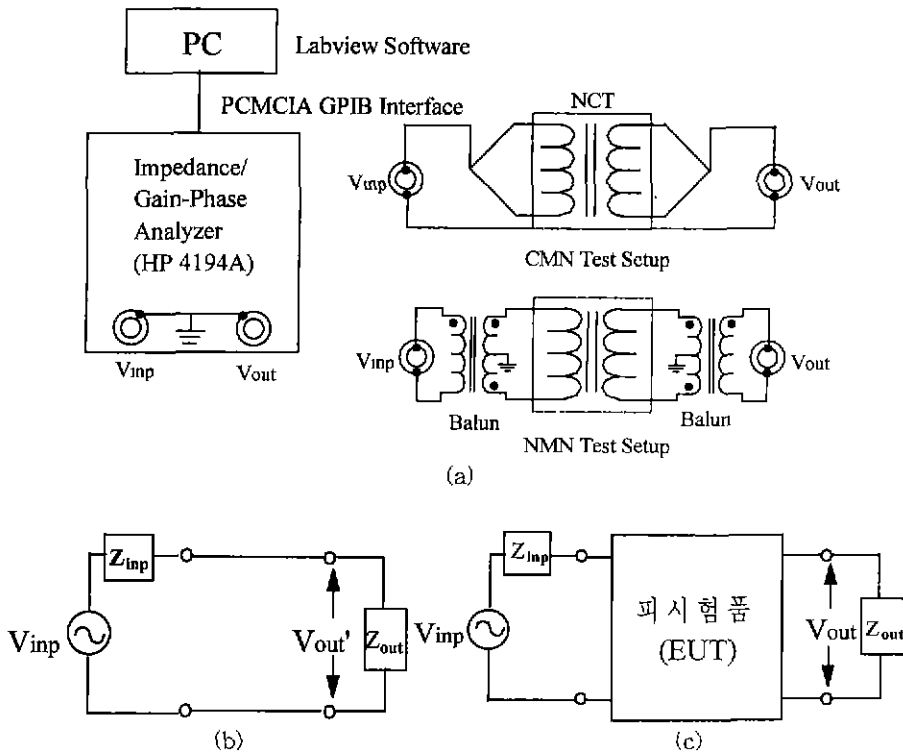
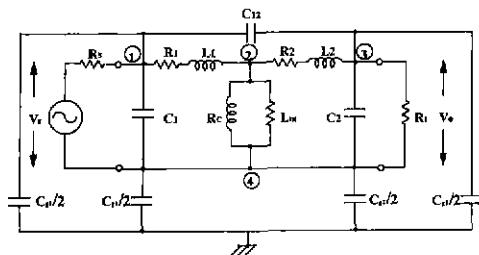


Fig. 7. Measurement setup configuration of noise attenuation. (a) Measurement setup, (b) Without EUT, (c) With EUT.

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



- \$R_1, R_2\$: 1차, 2차 권선 저항(0.187 \$\Omega\$)
- \$L_1, L_2\$: 1차, 2차 권선의 누설 인덕턴스(2.3 mH)
- \$L_m, R_c\$: 자화인덕턴스와 자기저항 (693 mH, 684.7 \$\Omega\$)
- \$C_1, C_2\$: 1차, 2차 권선의 캐패시턴스(632 pF, 14.7 \$\mu\$F)
- \$C_{12}\$: 1-2차 권선 간의 누설 캐패시턴스(1.6 pF)
- \$C_{e1}, C_{e2}\$: 1차, 2차 권선의 권선과 대지간의 캐패시턴스(250 pF)

Fig. 8. High frequency equivalent circuit modelled in lumped parameter for two winding shielded isolation transformer

여기서

$$(8) \quad \begin{aligned} Y_1 &= 1/R_s + sC_1, Y_2 = 1/(R_1 + sL_1) \\ Y_3 &= (R_c + sL_m)/sR_cL_m, Y_5 = 1/R_L + sC_2 \\ Y_4 &= 1/(R_2 + sL_2), Y_6 = sC_{12} \\ Y_{g11} &= sC_{g1}/2, Y_{g12} = sC_{g1}/2 \\ Y_{g21} &= sC_{g1}/2, Y_{g22} = sC_{g1}/2 \\ Y_{11} &= Y_1 + Y_2 + Y_6 + Y_{g11}, Y_{22} = Y_2 + Y_3 + Y_4 \\ Y_{33} &= Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_{g21}, Y_{44} = Y_1 + Y_3 + Y_5 + Y_{g12} + Y_{g22} \\ Y_{12} &= Y_{21} = -Y_2, Y_{13} = Y_{31} = -Y_6 \\ Y_{14} &= Y_{41} = -Y_1, Y_{23} = Y_{32} = -Y_4, Y_{34} = Y_{43} = -Y_5 \\ Y_{24} &= Y_{42} = -Y_3 \end{aligned}$$

이 된다. 이때 전류 matrix는 다음 식 (9)과 같으므로

$$I = [V_s/R_s, 0, 0, -V_s/R_s] \quad (9)$$

출력 전압은 다음과 같이 계산된다.

$$[V] = [V_1 \ V_2 \ V_3 \ V_4] = [Y]^{-1} I \quad (10)$$

따라서 NMN의 감쇠비 \$NMNA\$는 다음과 같이 나타낼

수 있다.

$$NMNA = 20 \log \left(\frac{V_3 - V_4}{V_5 - V_4} \right) / \left(\frac{R_L}{R_S + R_L} \right) \quad [dB] \quad (11)$$

Fig. 9는 3절에서 제시된 3 kVA급 시작품의 등가 파라미터를 입력으로 matlab 프로그램을 작성하여 계산한 NMN 감쇠특성과 gain analyzer를 사용하여 측정된 감쇠특성을 나타내고 있다. Fig. 8과 같은 집중 정수 회로를 나타낸 L과 C의 유효값은 스위칭 회로로 구성된 LC 병렬공진 측정법을 사용하여 측정하였으며[9], 이 값은 시작품의 설계결과와 유사한 측정치를 나타내었다. 철심 자화 브랜치(R_L/L_m)의 파라미터 값은 상용 주파수에서 개방 회로 시험을 통해 취득하였으며 이 값 역시 설계된 제정수 값과 유사한 측정치를 나타내었다. 측정결과에 나타나 있듯이 철심 자화회로와 누설 캐패시턴스 간의 LC 공진으로 인해 고주파 영역의 측정치에 최고 약 20 dB의 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 60 Hz이하의 감쇠가 해석결과와 다른 점은 gain analyzer의 입력전압이 1 V로서 차폐절연변압기를 여자 시키기에 매우 작기 때문이다. 그러나 계산된 결과는 전반적으로 차단주파수(483 Hz)와 최대 감쇠가 시작되는 주파수(188 kHz)는 측정된 결과와 유사함을 볼 때 제안된 등가회로는 전반적인 NMN 모의에 해석에 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

4.3 CMN 모델링

차폐절연변압기의 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 결정되

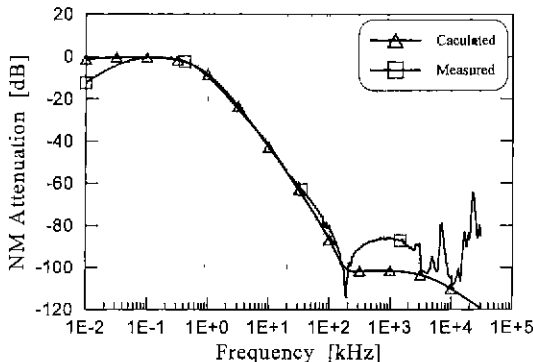


Fig. 9. Measured and calculated NMN attenuation of shielded isolation transformer.

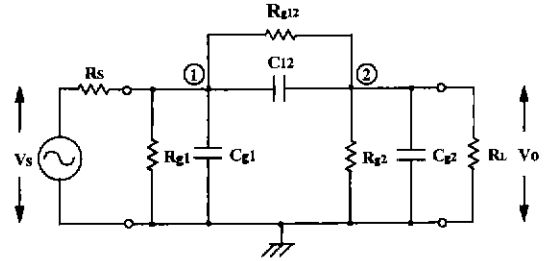


Fig. 10. Equivalent circuit for CMN.

며 그 등가회로는 이들 캐패시턴스와 병렬로 연결된 누설저항으로 Fig. 10에 나타낸 바와 같이 구성된다. 따라서 식 (12)와 같이 이들 CMN에 대한 감쇠비를 표현하면 CMNA는 다음과 같다.

$$CMNA = 20 \log \left(\frac{V_o}{V_s} \cdot \frac{R_L}{R_S + R_L} \right) \quad (12)$$

이들 누설 캐패시턴스는 주파수 가변 교류 신호발생기를 차폐절연변압기의 입력단자에 인가하고, 출력단의 전압을 오실로스코프로 측정하는 간접 측정법을 사용하였다[5]. 이러한 누설 캐패시턴스는 주파수에 의존하는 특성을 고려하여 각각의 주파수에 대한 측정 캐패시턴스 $C_{12}(\omega)$ 와 $C_{g2}(\omega)$ 를 입력으로 하여 감쇠특성을 계산하였다. 계산된 CMN 감쇠비와 gain analyzer로 측정된 CMN 감쇠비를 비교해 보면 Fig. 11과 같이 유사한 특성을 나타내며, 감쇠 주파수 영역에 대해 전반적으로 계산치와 측정치 모두 약 -106 dB의 감쇠특성을 나타내고 있다.

이와 같이 3중 차폐체를 부착한 차폐절연변압기의 NMN 감쇠특성은 Fig. 2와 같은 비 차폐형 절연 변압

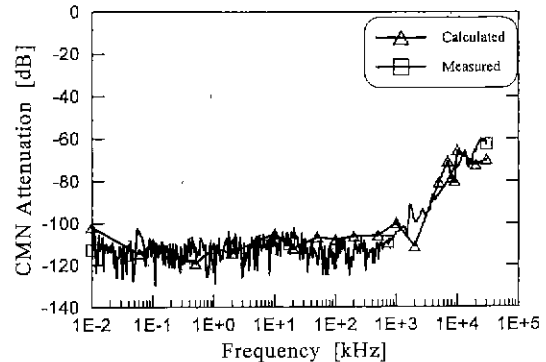


Fig. 11. Measured and calculated CMN attenuation of the prototype shielded isolation transformer.

기에 비해 CM 및 NM 두 모드의 감쇠 특성이 매우 우수함을 알 수 있다. 이들 특성은 CM에서는 차폐를 통해 권선간을 통과하는 CMN가 대지로 귀로하기 때문이며, NM에서는 분로 캐패시터의 고역 필터링 작용과, 차폐를 위한 철심과 권선간의 간격이 증가하여 누설인덕턴스가 증가하여 이로 인해 인덕턴스 전압강하가 발생되기 때문이다.

V. 결 론

차폐절연변압기는 전원선에 나타나는 불요 고주파 노이즈 대한 감쇠특성이 기존의 노이즈 대책기기보다 우수한 성능을 가지고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 특성이 나타나는 이유는 CM에서는 차폐와 접속구조로 인한 것이며, NM에서는 누설 인덕턴스와 병렬 캐패시터스로 인한 저역 필터링 특성 때문이다. 본 논문에서는 차폐절연변압기시제품을 설계, 제작하여 이러한 장점을 모의해석과 실험을 통하여 검증하였다.

위의 결과는 여러 가지 형태의 노이즈와 써어지에 노출된 전원선에 설치된 절연변압기 및 차폐절연변압기의 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 차폐절연변

압기는 EMI/EMS 대책기기로 널리 활용될 수 있을 것으로 생각되며, 앞으로 AVR이나 UPS와 같은 전원안정화장치에 차폐절연변압기의 노이즈 억제 기법이 널리 적용될 것으로 전망된다.

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 Mardiguian, Electromagnetic Control in Components and Devices, 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(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, (1991), pp. 439-441.

Design and Frequency Characteristic Analysis of Shielded Isolation Transformer for the Power Line Noise Reduction

Jae-Bok Lee

Korea Electrotechnology Research Institute, P.O. Box 20, Changwon 641-120, Korea

Chang-Su Huh and Tae-Ho Lee

Dept. of Electrical Eng., Inha Univ., Incheon 402-751, Korea

(Received 14 September 1998, in final form 20 November 1999)

It is necessary to eliminate the broad band noise whose frequency is in the range of several kHz to tens MHz generated from the AC power line to supply the power to electrical and electronic equipments. Because this kind of noise could damage or malfunction such equipments. To suppress those noises, some conventional devices such as a filter or surge suppressor have been used. However, they can not be isolated from the common-mode noise widely spreaded in all power line, which results in poor common-mode rejection performance. In this paper, we proposed a design method of shielded isolation transformer and a lumped circuit analysis model for shielded isolation transformer applicable to filtering common-mode noise as well as normal-mode noise. The analysis model has been verified as a suitable one for shielded isolation transformer through comparison of the simulation with experiment. In addition, it has been shown that the reduction performance for conducted noise of prototype 3 kVA shielded isolation transformer is superior to a unshielded isolation transformer.