

Studio Class를 활용한 교육 방법에 대한 사례 연구

김형석, 박준석, 안달, 김선형

순천향대학교 정보기술공학부

(2000. 2. 21. 접수)

A Study on the Education Method Using Studio Class

Hyeong-Seok Kim, Jun-Seok Park, Dal Ahn and Sun-Hyung Kim

Division of Information & Technology Eng., Soonchunhyang University

(received February. 21. 2000)

국문요약

본 연구에서는 하나의 주제에 대한 교육 충실도를 높이기 위해 해석적인 수식전개에 바탕을 둔 이론 강의, 상용 소프트웨어를 이용한 수치 시뮬레이션, 그리고 계산 결과를 기초로 얻어진 설계 모델들에 대하여 제작과 실험을 통해 얻어진 결과를 수치계산 결과와 비교 검토의 세가지 접근 방법을 병행할 수 있는 장소를 일컫는 studio class를 활용한 교육방법에 대하여 전자공학교육 분야의 사례연구를 통해 설명하고자 한다. 초고주파 수동소자의 하나인 저역통과여파기에 대해 studio class 개념의 교육과정을 학부생 및 대학원생에게 적용한 결과를 하나의 사례로 들어 국내의 교육환경에 적합한 studio class 교수법에 대한 효과와 학생들의 전문지식 습득에 대한 이해도의 효율성에 대하여 고찰하고자 한다.

Abstract

In this paper, we are trying to explain an education method using the studio class where a lecturer can teach the theoretical approach for goals of theme, simulation for the theoretical results by using commercial CAD tools, and experiments for the simulation and design results. In order to apply the education skill using studio class to electrical engineering field efficiently, the theoretical approach, simulation procedure, and experiments should be coincided with each other. In this paper, the design procedure of low pass filter for undergraduate and graduate is chosen as an example of studio class in order to show the validity of the proposed education method. By considering the example, the efficiency of the method will be discussed.

1. 서론

본 논문¹⁾에서는 1997년에 1년 동안 방문연구를 수행한 기관인 Rensselaer Polytechnic Institute에서 시도하고 있는 studio class를 활용한 교육방법을 구현해 보고자 한다. 국내의 공과대학의 일반적인 강의 형태는 판서를 통한 이론 교육에 근간을 두고 있다. 물론 최근 들어 사이버 강좌가 이루어지고 있으나, 수학적인 기초가 갖추어져 있지 않는 일반 사립대학의 대학생들에게는 이를 이해하고 활용하는데 어려움을 느낄 뿐만 아니라, 강의에 대한 흥미를 끌어내기가 쉽지 않다. 이에 공학적인 하나의 주제를 정하여 해석적인 수식전개에 바탕을 둔 이론강의를 수행하고, 기존의 상용 소프트웨어나 직접 코딩한 프로그램을 활용하여 수치 시뮬레이션결과를 시각적으로 확인해 봄으로써, 추상적으로만 이해하려고 하는 물리적 의미에 쉽게 접근할 수 있도록 하고, 장시간이 요구되는 부분의 내용은 수치 시뮬레이션을 통해 일대일로 주고받는 교육이 가능하도록 하여 학생들에게 동기를 유발해서 공학설계 문제를 다루도록 할 수 있다. 이 과정을 통해 얻어진 설계 모델을 실제로 제작하여 실험치를 구하고 수치 결과와 비교해 봄으로써 공학적인 감각을 습득하도록 한다.

studio class을 활용하여 기초한 이론전개, 수치 시뮬레이션을 통한 해석 및 설계 그리고, 설계 모델의 제작 및 실험을 한 장소에서 동시에 수행하는 교육방법을 전자공학교육 분야의 사례연구를 통해 설명하고자한다. 초고주파 수동소자의 하나

인 저역통과여파기에 대해 studio class을 활용한 교육과정을 학부생 및 대학원생에게 적용한 결과를 하나의 사례로 들어 국내의 교육환경에 적합한 studio class와 교수법에 대한 효과와 학생들의 전문지식 습득에 대한 이해도의 효율성에 대하여 고찰하고자한다.

2장에서는 고주파 저역통과여파기에 대한 이론 전개과정을 서술하고, 3장에서는 Ansoft사에서 개발한 Serenade 라는 상용 소프트웨어를 이용한 저역통과여파기의 해석 및 설계과정을 서술하고, 4장에서는 3장에서 얻은 설계치수대로 저역통과여파기를 제작하여 실험치를 구하여, 수치 시뮬레이션 결과와 비교하고, 5장에서 studio class를 활용한 교육방법에 대해 효율성을 검증하고자한다.

2. 저역통과 여파기 설계 이론

일반적으로 저역통과여파기의 설계를 위해 두가지 방법이 널리 사용된다. Image Parameter Method 는 하나의 단위 특성을 갖는 회로망을 다 단으로 연결하여 원하는 여파기특성을 얻도록 회로를 합성하는 방법을 말한다(Matthaei. G. L. et al, 1980, pp.60-67). 해석(analysis) 중심의 회로합성방법에 속한다. Insertion Loss Method 는 수학함수의 전달특성(S_{21})을 이용한 필터 합성 방법을 말한다 [Matthaei. G. L. et al, 1980, pp.85-104]. 합성(synthesis) 중심의 해석방법에 속한다. 본 논문에서는 두 번째 방법에 기초한 회로설계 방법에 대해 다루고자한다. 그림 2.1에서

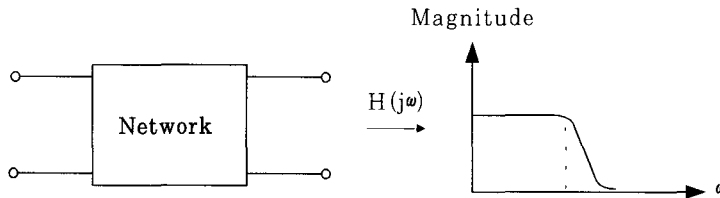


그림 2.1. 저역통과여파기와 주파수 응답

1) 본 연구과제는 1998학년도 순천향대학교 산업기술연구소 학술연구조성비 일반연구과제로 지원을 받아 수행하였음.

처럼 하나의 여파기를 블랙박스로 표현한다면, 입력에 대한 출력 특성이 일정 주파수 이상에서는 '0'에 가깝도록 구현되어야한다.

여파기설계에서 사용되는 대표적인 전달함수로 서 두가지형태의 다항식에 대해 그림2.2에 표현하였다. 그림에서 알 수 있듯이 Chebyshev 다항식과 Butterworth 다항식이 있다. 전자가 후자에 비해 감쇄특성이 우수하므로 전자의 다항식을 이용한 저주파여파기 설계방법에 대해 서술하고자한다.

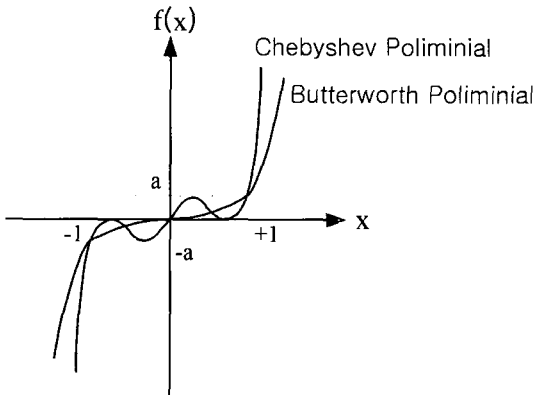


그림 2.2. Butterworth & Chebyshev Polynomial의 함수특성

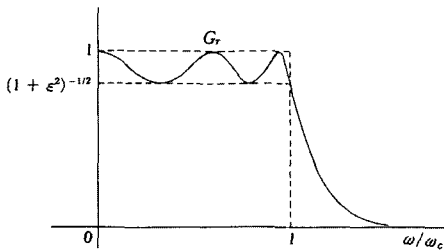


그림 2.3. Chebyshev Low Pass Filter Characteristic

Chebyshev Filter 의 이론식을 전개해보자 (Belevitch, 1952; Orchard H. J., 1953). Chebyshev 다항식의 수식은 아래와 같다. 그림 2.3에서 본 다항식의 특징으로 ripple factor인 G_r 을 고려할 수 있다.

전달함수는 아래의 식과 같다.

$$|S_{21}| = \frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon^2 C_n^2(\omega)}} \quad (2.1)$$

$$C_n(\omega) = \cos(n \cos^{-1} \omega) ; 0 \leq \omega \leq 1 \quad (2.2)$$

$$C_n(\omega) = \cosh(n \cosh^{-1} \omega) ; \omega \geq 1 \quad (2.3)$$

$$\omega_c = 1, g_0 = 1, g_1 = \frac{2a_1}{\gamma} \quad (2.4)$$

$$g_{\kappa} = \frac{4a_{\kappa-1}a_{\kappa}}{b_{\kappa-1}g_{\kappa-1}} \quad \kappa=2, 3, \dots, n \quad (2.5)$$

$$g_{n+1} = 1, n=odd \quad (2.6)$$

$$g_{n+1} = \coth^2\left(\frac{\beta}{4}\right), n=even \quad (2.7)$$

여기서, 관련 상수값은 다음의 수식을 통해 구할 수 있다.

$$\beta = \ln \left[\coth \left(\frac{G_r}{17.37} \right) \right] \quad (2.8)$$

$$\gamma = \sinh \left(\frac{\beta}{2n} \right) \quad (2.9)$$

$$a_{\kappa} = \sin \left[\frac{(2\kappa - 1)\pi}{2n} \right] \quad (2.10)$$

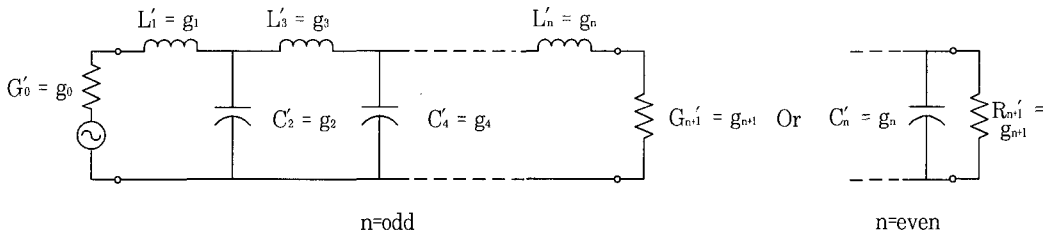
$$b_{\kappa} = \gamma^2 + \sin^2 \left(\frac{\kappa\pi}{2n} \right) \quad (2.11)$$

식 (2.8)의 ripple factor G_r 를 정하면, 식 (2.9), 식(2.10), 식(2.11)을 통해 최종적으로 구해야할 g_{κ} 값들을 식(2.4)로부터 식(2.7)을 사용하여 구할 수 있다. 경우에 따라서는 G_r 값에 따라 미리 계산해 놓은 표를 통해 해당하는 값을 찾

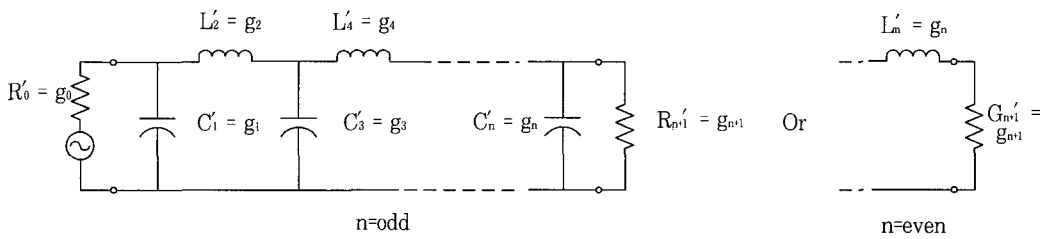
을 수 있다. 즉, 가능한한 수식을 직접 다루는 부담을 줄일 수 있는 방향으로 강의의 유도를 한다. g_k 값에 대응하는 집중소자 형태의 회로도를 구성하면 그림 2.4의 (a)와 같이 T 타입의 기본 회로로 표현할 수 있고, 그림 2.4의 (b)와 같은 π 타입의 기본회로로 표현할 수 있다. 대체적으로 인덕터에 비해 커패시터가 사용상 편리함으로 인덕터를 적게 사용하는 후자의 회로를 사용하여 고주파 저역 필터를 구성하고자 한다. 그림 2.4에 표현되어 있는 소자값들은 표 2.1에 주어진 조건에 맞추어 임피던스 또는 어드미턴스로 결정한다.

<표 2-1> 임피던스와 어드미턴스를 정하는 방법

$g_k \mid k=1 \text{ to } n =$ the inductance of a series coil or the capacitance of shunt capacitor $g_0 =$ the generator resistance R'_0 if $g_1 = C'_1$, but is defined as the generator conductance G'_0 if $g_1 = L'_1$ $g_{n+1} =$ the load resistance R'_{n+1} if $g_n = C'_n$, but is defined as the load conductance G'_{n+1} if $g_n = L'_n$



(a) T-type Prototype Circuit & Dual Circuit



(b) π -type Prototype Circuit & Dual Circuit

그림 2.4. 기본회로(Prototype Circuit)

1) Frequency Transformation

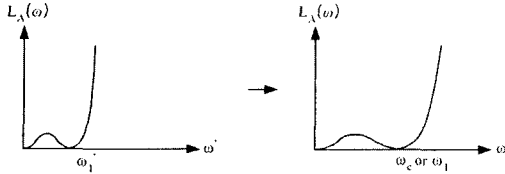


그림 2.5. 주파수 변환도

$$*L = \left(\frac{R_0}{R'_0} \right) \left(\frac{\omega'}{\omega} \right) L' = \left(\frac{G'_0}{G_0} \right) \left(\frac{\omega'}{\omega} \right) L' \quad (2.14)$$

$$*C = \left(\frac{R'_0}{R_0} \right) \left(\frac{\omega'}{\omega} \right) C' = \left(\frac{G_0}{G'_0} \right) \left(\frac{\omega'}{\omega} \right) C' \quad (2.15)$$

where R' , G' , L' , C' : Prototype Element Value

3) 이론적용예제

적용규격은 다음과 같다.

I/O impedance = 50 Ω, n=5 단,
ripple = 0.1dB, fc = 7 MHz

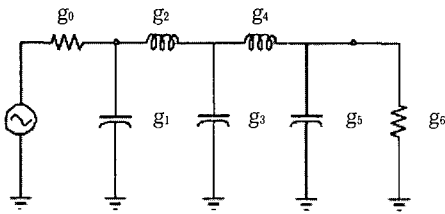


그림 2.6. prototype g값 회로

그림 2.5에서 보듯이 왼쪽그림의 기준주파수 ω'_1 에 대해 비례식을 표현하면

$$\omega' : \omega'_1 = \omega : \omega_1 \quad (2.12)$$

$$\omega' = \frac{\omega'_1}{\omega_1} \omega : \text{LPF Frequency Mapping Function}$$

와 같이 된다. 식(2.12)를 이용하면 임의의 주파수에 대해 확장할 수 있다.

2) LPF의 Element Value

1) 절에서처럼 여파기의 소자값에 대해서도 그림 2.6 회로의 prototype 소자값에 대해 아래의 비례식을 활용하여 구할 수 있다.

$$*R = \left(\frac{R_0}{R'_0} \right) R' \text{ or } G = \left(\frac{G_0}{G'_0} \right) G' \quad (2.13)$$

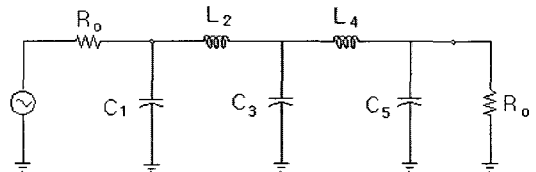


그림 2.7. 집중소자를 이용한 LPF 회로

위의 식에 의해 구한 g값은 다음과 같다.

$$g_0 = 1 = g_6$$

$$g_1 = 1.1468 = g_5$$

$$g_2 = 1.3712 = g_4$$

$$g_3 = 1.9750$$

이 소자값에 의한 회로 분포도는 그림 2.6과 같다.

주파수 변환 및 Impedance 변환에 의한 집중 소자값을 구현하면 다음과 같고, 이를 회로로 구성하면 그림 2.7과 같이 구현된다.

$$R_0 = 1 \times 50 = 50 \Omega$$

$$C_1 = g_1 \times \frac{1}{\omega_c} \times \frac{1}{Z_0}$$

$$= 1.1468 \times \frac{1}{2\pi \times 7 \times 10^6} \times \frac{1}{50}$$

$$= 521.4825 \text{ pF} = C_5$$

$$C_3 = g_3 \times \frac{1}{\omega_c} \times \frac{1}{Z_0}$$

$$= 1.9750 \times \frac{1}{2\pi \times 7 \times 10^6} \times \frac{1}{50}$$

$$= 898.0886 \text{ pF}$$

$$L_2 = g_2 \times \frac{1}{\omega_c} \times Z_0$$

$$= 1.3712 \times \frac{1}{2\pi \times 7 \times 10^6} \times 50$$

$$= 1558 \text{ nH} = L_4$$

3. 상용소프트웨어를 이용한 수치해석 및 설계

본 논문에서 사용한 수치시물레이션의 사용방법

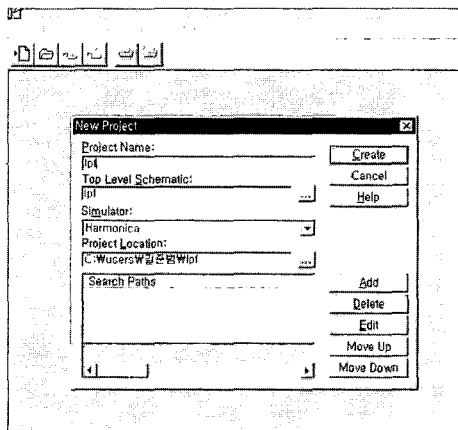


그림 3.1 상용툴의 초기화면

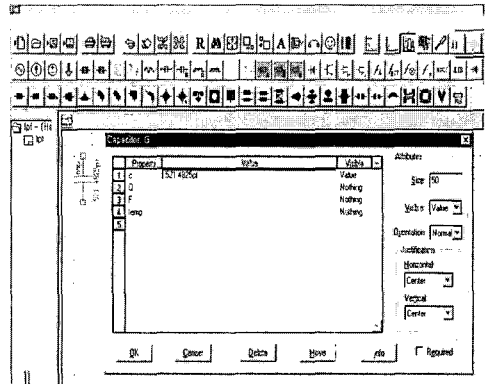


그림 3.2 전정용량을 입력하는 화면

을 서술하면 다음과 같다.

그림 3.1은 상용툴의 초기 화면에 Project 이름을 입력하는 창이다. 이 폴더에 circuit file과 schematic file과 하위폴더들이 생성되어 통합관리된다. 그림 3.2는 툴바에서 선택한 소자의 전정용량값을 입력하는 화면이다. 필요한 소자값을 입력하여 회로를 구성한다.

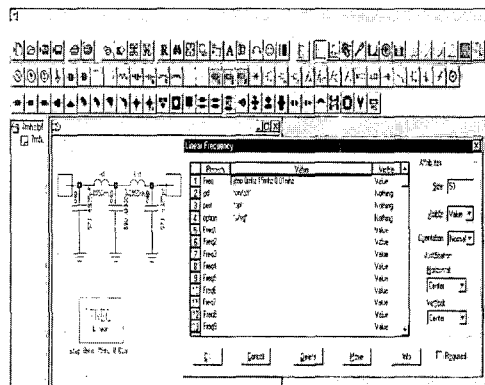


그림 3.3 주파수의 범위와 세분정도를 정하는 화면

그림 3.3은 회로를 구성한후 포트를 설정하고 해석할 주파수 범위와 지연 특성을 설정할수 있는 창이다. 그림 3.4는 해석된 회로를 S, Z 및 다양한 파라미터 특성을 설정할 수 있는 창을 보여준다. 그림 3.5는 좌측의 회로도를 해석한 결과를 반사 및 삽입손실을 dB scale로 보여주는 화면이

다. 그림3.6을 통해 ripple을 0.1dB로 설계한 것을 확인할 수 있다.

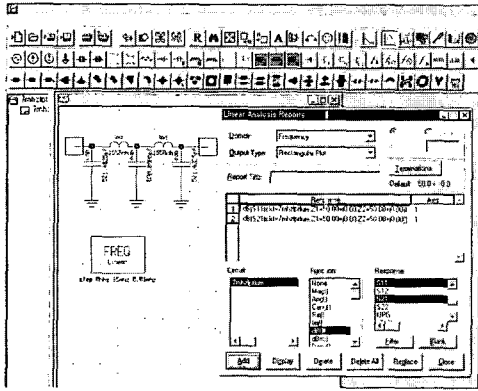


그림 3.4 해석결과와 출력자료를 선택하는 화면

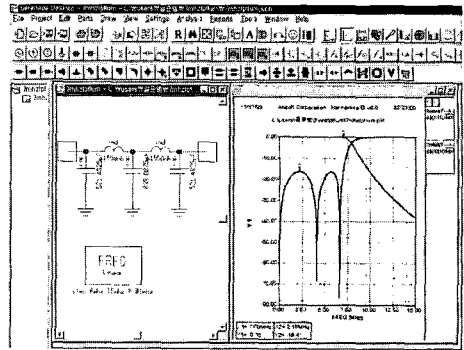


그림 3.5 해석결과와 반사계수와 전달계수 분포도

4. 제작 및 실험결과 검토

그림 4.1은 집중소자로 구현된 5단 저역통과 여파기의 실제 모양을 보여주고 있다. 그림4.2는 그림4.1에서 식별이 어려운 커패시터를 보여준다.

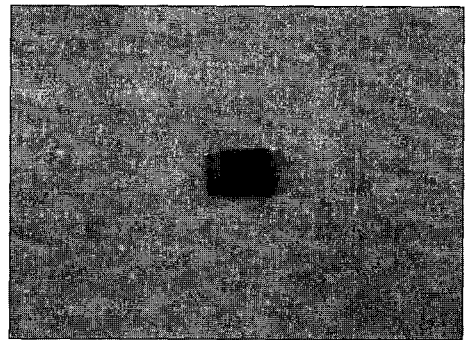


그림 4.1. 실제로 제작된 LPF의 모양

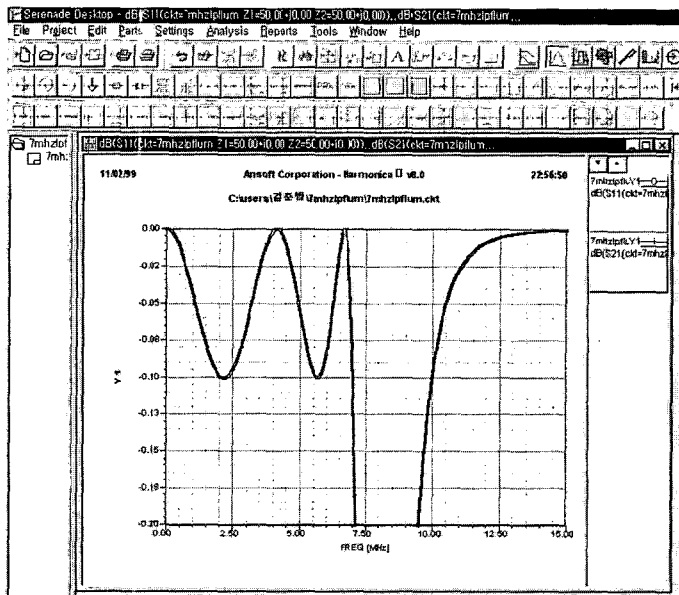


그림 3.6 그림3.5의 ripple 영역 확대도

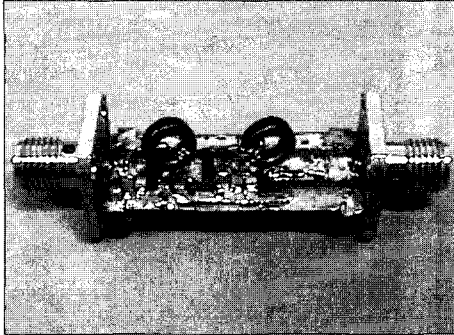


그림 4.2 필터에 사용된 커패시터

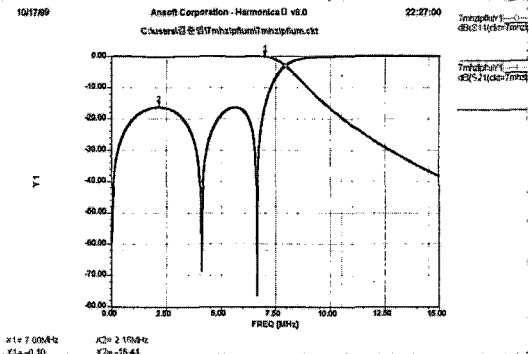


그림 4.4. 집중소자를 이용한 LPF 회로의 Simulation 결과

그림 4.3은 제작한 저역통과 여파기를 HP-8753D 계측기로 측정한 결과를 나타낸다. 그림 4.4은 앞의 회로를 시뮬레이션 결과로 실측결과와 잘 일치함을 보여주고 있다.

교육기간 동안 수강생이 직접 납땜과정을 수행하고, 적절하게 구성된 필터를 넷워크어널라이저에 연결하여 측정하고 얻어진 실험치를 시뮬레이션 결과와 비교하여 일치된 결과를 시각적으로 확인 해 봄으로써 흥미와 관심을 유발 할 수 있었다.

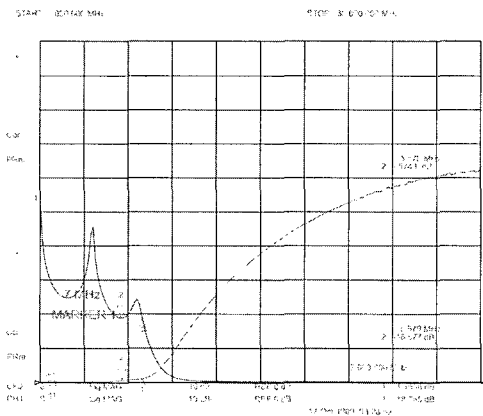


그림 4.3. 실제 제작한 LPF의 삽입손실과 반사손실

5. 설문조사 및 내용검토

24명의 수강생이 교육과정에 참여하였고, 그림 4.5에 수강생들에게 몇가지 질문에 대해 설문을 조사한 내용을 도표로 그려보았다. 그림에서 알 수 있듯이 수강생들이 대체적으로 높은 관심과

긍정적인 평가를 보여 주고 있음을 파악할 수 있었다. 본 논문에서 제시한 studio class를 활용하여 이론, 수치 시뮬레이션, 제작 및 실험을 한 주제에 대해 한 장소에서 동시에 수행해 봄으로써 그림 4.5 (a)의 설문조사 결과에서 보여진 것 처럼 전 수강생이 대체적으로 수강내용을 이해하였음을 알 수 있다. 그림 4.5 (b)의 설문조사 결과에서 알 수 있듯이 이해도가 높은 내용에 대해서는 교육에 대한 만족도 역시 높은 수치를 보여주고 있다. 그림 4.5 (c)와 그림 4.5 (d)의 결과를 보면 대다수가 시뮬레이션은 충분한 프로그램을 확보하고 있어, 부정적인 답변이 없었으나, 계측장비는 2대밖에 갖추고 있지 않아, 기자재의 보완이 필요하다는 응답이 많았다. 점진적으로, 계측장비를 늘려 간다면 이러한 문제도 자연적으로 해소될 것으로 여겨진다.

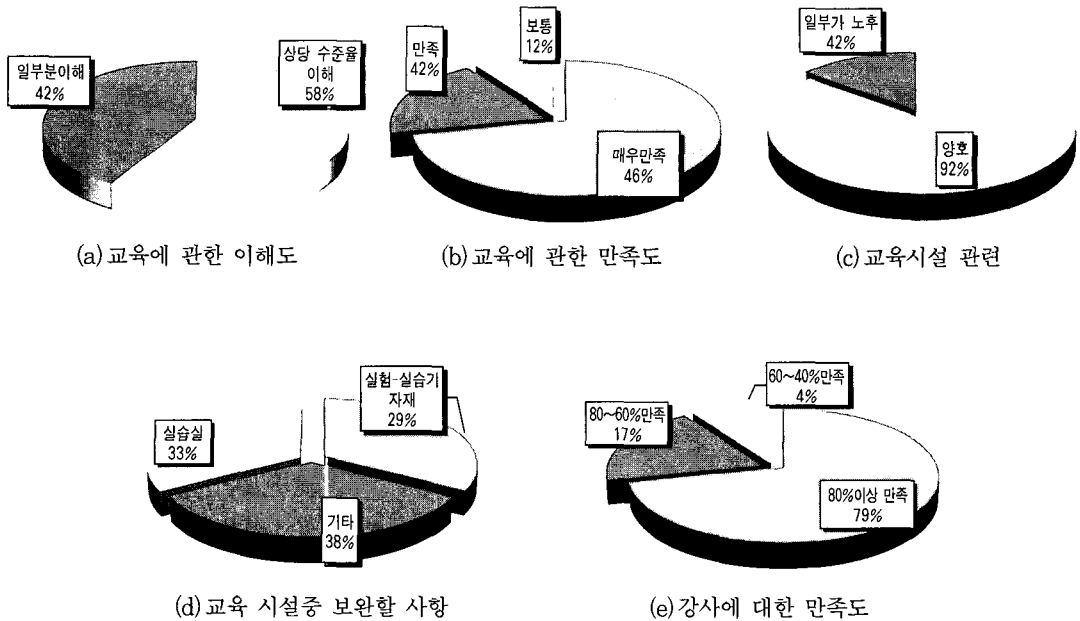


그림 4.5. 설문조사내용 2

6. 결론

2장, 3장, 4장을 통해 알 수 있듯이, 세가지 접근 방법을 실천해 봄으로써, 고주파 저역통과여파기를 해석하고 설계하는데 있어서 자신감은 물론이고 흥미유발과 공학설계의 동기를 부여할 수 있음을 확인하였다. 본 논문에서 구현한 교육방법은

여건만 허락하다면 공학의 모든분야에 적용할 수 있고, 그 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구진은 매학기 2회 정도 정기적으로 초고주파 수동소자에 대해 studio class을 활용한 교육을 1주일 강좌로 실천 할 계획이며, 결과에 대한 평가가 만족스러우면, 점진적으로 학부과목에도 확대 적용할 계획이다.

[참고문헌]

- [1] Matthaei. G. L, Young. L and Jone. E. M. T, (1980) Microwave Filters, Impedance-Matching Networks and Coupling Structure, Artech House, pp.60-67
- [2] Matthaei. G. L, Young. L and Jones E. M. T, (1980) Microwave Filters, Impedance-Matching Networks and Coupling Structure, Artech House, pp.85-104,
- [3] Belevitch(1952). V, Tehebycheff Filters and Amplifier Networks, Wireless Engineer, Vol. 29, pp.106-110,
- [4] Orchard H. J.(1953), Formula for Ladder Filters, Wireless Engineer, Vol. 30, pp.3-5,