

퍼지 선형추론에 의한 지능형 Dimming Converter에 관한 연구

백진열, 오성권
수원대학교 전기공학과

A Study on Intelligent Dimming Converter of Fluorescent Lamp by Fuzzy Linear Reasoning Method

Jin-Yeol Baek, Sung-Kwun Oh

Department of Electrical Engineering, The University of Suwon

Abstract - 본 논문에서는 퍼지 선형추론 기반 지능형 Dimming Converter의 새로운 구조 및 설계 방법론을 제안하고 일련의 수치적인 실험을 통하여 모델 및 시스템을 평가한다.

기존의 형광 램프용 디밍 전자식 안정기는 전용의 디밍 IC를 사용하여 전자식 안정기 대비 최대 83%의 램프 및 안정기의 수명 연장을 가능하게 했다. 하지만 이러한 장점은 사용자가 수동제어를 해야만 하는 불편함 뿐만 아니라, 수동 제어가 불가능 할 경우 램프의 에너지 절약 및 수명 연장이라는 실효를 얻을 수 없다.

따라서 본 논문에서는 퍼지 선형추론 기반의 지능형 이론 및 조도센서를 사용하여 최적의 능동적 디밍제어가 가능한 시스템을 제안하고 제안된 시스템을 안정기에 적용하고 기존 전자식 안정기대비 성능평가를 통하여 지능형 Dimming Converter의 우수성을 보인다.

1. 서 론

안정기는 초기 점등에 필요한 고전압을 공급하여 램프를 점등시키고 점등 후에는 램프의 전류를 제어하여 일정한 밝기를 유지 시켜주는 역할을 한다. 형광 램프용 안정기는 회로의 분류에 의해 자기식과 전자식이 있다. 60Hz로 형광 램프를 점등시키는 자기식 안정기에 비하여 전자식 안정기는 전력전자 기술의 진보로 반도체 소자를 적극 사용함으로써 20~60KHz의 고주파로 형광 램프를 점등함으로써 높은 점등 효율과 에너지 절약 차원에서 큰 장점을 가지고 있다. 이러한 장점을 갖는 전자식 안정기에 디밍 전용 집적회로(Integrated Circuit, IC)를 장착한 Dimming 전자식 안정기는 사용자가 보낸 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 0~10 사이의 전압으로 변환하여 최대 5~100%의 밝기를 선택하도록 설계되며 최대 83%의 램프 및 안정기 수명 연장과 에너지 절약을 가능하게 한다. 하지만 인버터를 이용한 리모컨(RemoteControl)이나 셀렉션 컨트롤 스위치(Selection Control Switch)를 사용하여 사용자가 조도를 단계별로 설정해야만 하는 불편함이 있다. 따라서 사용자가 수동적인 조도 제어를 할 수 없는 경우 에너지 절약이나 램프의 수명 연장의 실효를 얻지 못한다.

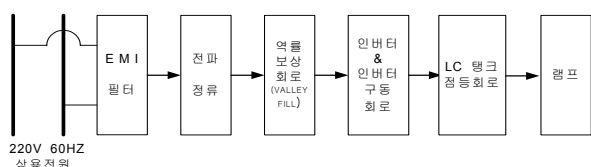
본 논문에서 센서를 이용하여 주변 환경의 변화에 따라 능동적으로 조광제어가 가능한 지능형 Dimming Converter를 설계하여 에너지 절약과 램프 및 안정기 수명 연장을 극대화 하는데 목표를 둔다.

2. 본 론

2.1 지능형 Dimming Converter의 설계

2.1.1 전자식 Dimming 안정기의 기본구조

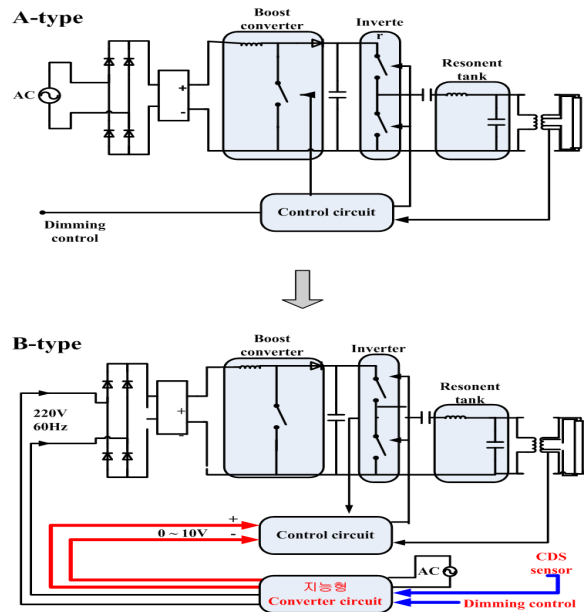
전자식 안정기는 EMI 필터부와 역률보상회로부, 인버터부, 인버터구동부, LC탱크부로 구성되어 있다. EMI필터는 CM, DM Noise를 제거하기 위한 대책으로 CM Choke coil 과 Cx, Cy Capacitor를 사용하고, 역률보상회로는 수동역률회로인 Valley Fill 회로로 구성된다. 인버터 구동부는 전용 드라이버IC를 이용하여 타력식으로 구동함으로써 원하는 주파수로 변환할 수 있어 램프를 디밍 할 수 있도록 설계되며, LC탱크는 43KHz의 공진특성을 갖도록 설계하여 20KHz 이상에서 동작해 효율을 극대화 시킬 수 있도록 설계된다. 전자식 안정기의 기본구성 블록도는 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 전자식 디밍 안정기의 구조

2.1.2 지능형 Dimming Converter의 구성

그림 2의 A-type은 전자식 안정기 및 IC를 이용한 디밍 전자식 안정기를 포함한 구조로써 60Hz의 상용 전원 주파수를 직류 평활한 후 고주파 인버터회로에서 20~50KHz이상의 고주파로 변환하여 램프에 공급하는 방식이며 EMI 필터부와 역률 보상 회로부, 인버터부, 인버터구동부, LC탱크부 등으로 구성되어 있다. 또한 IC를 이용한 전자식 안정기는 리모컨 방식의 수동으로 작동하는 방식으로 A-type 모델에 포함시켰다. 그림 2의 B-type은 지능형 Converter를 사용하여 설계된 지능형 디밍 전자식 안정기이다. 기본 구성은 전자식 안정기와 같으며 추가로 지능형 Converter Circuit를 추가하여 지능이론을 이용한 Dimming Control을 구현하는 시스템이다. 외부(DayLight)적인 요인과 내부(사용자 설정값)적 요인을 퍼지 이론에 이용하여 최적의 출력값(0~10V)을 전자식 안정기에 입력 후 주변 밝기에 따라 최적의 조도 제어를 통한 에너지 절약을 하는데 목적이 있다. CDS센서는 내부환경(형광램프)에 따른 큰 영향을 주지 않고 정확한 데이터로 품질을 높이기 위하여 조광기에 장착하였다.



〈그림 2〉 지능형 Dimming Converter의 구성

2.1.3 지능형 모델 구축을 위한 데이터 획득

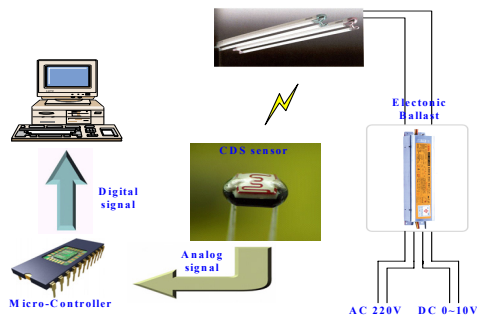
전자식 안정기와 디밍 전자식 안정기는 데이터 획득이 필요 없다. 가변저항 또는 PFM(Pulse Frequency Modulation)을 이용한 단계별 제어이기 때문에 규칙이 필요 없는 것이다. Fuzzy Model의 전반부와 후반부 파라미터를 얻기 위해서는 실험적인 데이터 획득이 필요하다. 표 1은 목적과 방법에 따른 데이터 획득조건이다. 제안된 지능형 Dimming 컨버터의 지능 모델을 구축하기 위해서 특정조건에 의한 데이터를 획득하였다. 이 특정조건은 다음과 같다. 내부적 요인으로 목표밝기를 총 5단계로 나뉘었고, 이 단계는 사용자가 설정하는 값으로 목표 조도를 의미한다. 외부적 요인으로는 주변 환경에 따른 조도를 최소 0[lux]에서 최대 360[lux](A/D변환: 0~1023)으로 설정하였다. 이 설정된 값을 20단계로 나뉘어 A/D변환된 값을 컴퓨터에 저장하였고, 그 때 최적적으로 출력되는 전압을 측정하여 최종 Dimming 전압 값으로 설정하였다.

<표 1> 데이터 획득 조건

목적	A모델 (더밍 전자식 안정기)	B모델 (지능형 더밍 전자식 안정기)			
구분		내부적인 요인		외부적인 요인	
방법		목표밝기(lux)		외부밝기(Lux) / 컨버터 출력	
단계	필요 없음.	1단계	17	0~360 총 20단계	0.0 Volt ~ 10.0 Volt
		2단계	50		
		3단계	100		
		4단계	150		
		5단계	260		

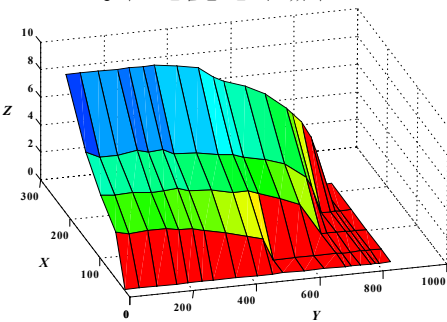
2.1.4 지능형 모델 구축을 위한 데이터 획득 구성도 및 평가

데이터 집합을 얻기 위해 사용된 측정방법은 그림 3과 같은 구성으로 설계 하였다. 그림에서 보여주듯이 Dimming 제어가 가능한 전자식 안정기, 램프, 주위 조도를 센싱하는 CDS 센서, Micro-Controller(Micom), 데이터를 저장하기 위한 컴퓨터로 구성된다.



<그림 3> 데이터 획득 구성도

그림 4는 획득한 데이터를 3차원 그래프로 나타낸 것이다. 이 그래프는 X축이 사용자가 설정하는 목표치(5단계)이고, Y축은 외부에서 입력되는 빛의 조도값(0~840)이다. 그리고 Z축은 X축과 Y축에 입력값에 따라 전자식 안정기로 입력되는 최적의 전압값을 나타내고 있다. 획득된 데이터의 분포를 보면 주위 환경의 밝기에 대해 컨버터에서 출력되는 DC 전압은 Gaussian 형태로 변환을 알 수 있다.



<그림 4> 입출력데이터에 의한 데이터 분포

2.2 Fuzzy 모델의 설계 및 평가

본 논문에서 제안한 지능형 Dimming Converter는 퍼지추론 시스템을 기반으로 전자식 안정기의 직류 전압을 제어한다. 퍼지 모델의 후반부 구조에 따라 모델을 성능이 다르기 때문에 후반부의 구조 선택은 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 선형추론 방식을 후반부 구조로 사용한 시스템을 설계한다. 이 모델은 실제 획득한 100개의 데이터에서 모델을 형성하기 위해 50개의 데이터를 사용 하였고, 형성된 모델의 성능을 평가하기 위해 나머지 50개를 사용한다. 데이터의 분할은 random 방식을 사용한다.

다음은 선형 추론방식의 Fuzzy rule을 보여주고 있다. 선형 추론은 간략 추론방식에 비해 입력을 출력식에 반영하여 보다 안정된 출력을 얻을 수 있는 장점을 가지며 비선형성이 강한 시스템에서 간략 추론 방식보다 우수한 성능을 보여준다.

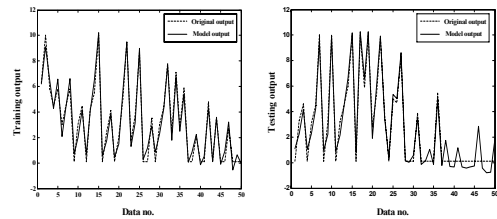
$$R^1: \text{If } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } x_2 \text{ is } B_1 \text{ then } y_1 = 0.4666 + 0.036787x_1 + 0.000541x_2$$

$$R^2: \text{If } x_1 \text{ is } A_2 \text{ and } x_2 \text{ is } B_1 \text{ then } y_2 = -0.026382x_1 + 8.08e^{-6}x_2$$

$$R^3: \text{If } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } x_2 \text{ is } B_2 \text{ then } y_3 = 0.041864x_1 + 0.021065x_2$$

$$R^4: \text{If } x_1 \text{ is } A_2 \text{ and } x_2 \text{ is } B_2 \text{ then } y_4 = 0.00226x_2$$

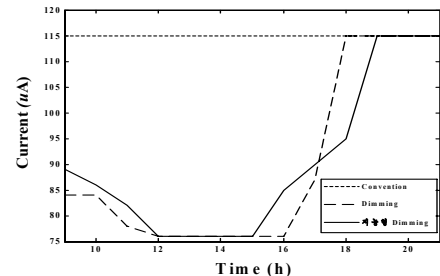
위와 같이 Fuzzy 룰을 설계하였을 때, 학습용 데이터와 테스트 데이터의 실제 출력과 모델 출력을 비교하면 그림 5와 같으며, 실제 출력에 대한 모델의 출력의 오차가 우수함을 알 수 있다.



<그림 5> 선형 추론에 대한 모델의 출력 비교

2.3 Fuzzy 지능형 Dimming Converter 시스템의 성능평가

그림 6에서 보여주듯이 전체적으로 보았을 때, Dimming 전자식 안정기가 절약 면에서는 가장 뛰어났다. 하지만 시간에 따른 조도변화에 수동으로 제어하는 것은 효율 면에서 가치가 떨어진다. 더욱이 수동적인 제어가 불가능한 경우 효율성이나 에너지 절약을 기대 할 수 없다. 때문에 Dimming 전자식 안정기(A-type)가 지능형 Dimming 전자식 안정기(B-type)보다 효율적이라고 볼 수는 없다. 또한 기존 전자식 안정기보다는 더밍 전자식 안정기와 지능형 Dimming 전자식 안정기가 최대 63% 이상의 에너지 절감 효과를 얻을 수 있음을 확인 하였다.



<그림 6> 외부조도 변화에 의한 안정기별 소모전류 그래프

3. 결 론

본 연구는 지능형 이론의 하나인 퍼지 추론 시스템을 형광등용 전자식 안정기에 접목하여 지능형 더밍 컨버터를 개발하고 기존의 전자식 안정기 및 더밍 전자식 안정기와 성능 및 기능을 평가하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 지능형 더밍 컨버터 개발을 위한 퍼지 모델의 rule 후반부 형태로 선형추론을 사용하였을 때 일반화 능력과 근사화 능력 모두 우수함을 알 수 있었고, 이는 실제 시스템에서 입력 데이터가 출력에 영향을 미치므로 보다 정밀한 제어가 가능함을 알 수 있다.
- (2) 형광 램프용 지능형 더밍 컨버터 사용 시 전자식 안정기 대비 약 63% 정도의 일정한 에너지 절약 효과를 얻을 수 있다.
- (3) 기존의 형광램프용 더밍 전자식 안정기의 수동적 더밍 제어에서 지능 이론(Fuzzy model)을 이용한 가변 제어방식(능동형)을 사용하여 기능적 측면을 향상시킴으로서 에너지 효율 측면과 함께 사용상의 편리성을 얻을 수 있다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구지원사업 (I-2004-0-074-0-00) 주관으로 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 박준연, 정동열, 조계현, "Lamp용 안정기의 종류 및 특징", 1999
- [2] 박준용, 박준연, "전자식 안정기에 의한 형광램프의 조광제어", 2003
- [3] 유니룩스 기술연구소, "전자식안정기 관련 기술 자료 편"
- [4] Vision 2020 "The Lighting Technology Roadmap 미국에너지성" 및 "Advance Lighting Program Development LBNL 보고서"
- [5] 박민용 외 2명, "차세대 지식기반 사회 구축을 위한 CI 기술", 한국 과학재단 특정기초 연구, 1999.9-2004.8
- [6] 오성권, "프로그래밍에 의한 하이브리드 퍼지추론시스템", 내하출판사, 2005. 11
- [7] 오성권, "프로그래밍에 의한 컴퓨터지능(퍼지, 신경회로망 및 진화알고리즘을 중심으로)", 내하출판사, 2002. 8
- [8] 오성권, "C 프로그래밍에 의한 퍼지모델 및 제어시스템", 내하출판사, 2002. 2