

## 형광등의 지능형 Dimming Converter에 대한 연구

### A study on light intelligent Dimming Converter of fluorescent lamp

백진열<sup>1</sup>, 이인태<sup>1</sup>, 오성권<sup>1</sup>, 김용수<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> 경기도 화성시 봉담읍 수원대학교 전기과  
E-mail: ohsk@suwon.ac.kr

<sup>2</sup> 경기도 오산시 외삼마동 (주)엠텍코리아  
E-mail: mtk5@chol.com

#### 요 약

본 논문에서는 지능형 Dimming Converter의 새로운 구조 및 설계 방법론을 소개하고 일련의 수치적인 실험을 통하여 제안된 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 디밍 컨트롤 스위치를 통하여 수동으로 제어를 해야 하는 불편함 뿐만 아니라, 수동 제어가 불가능 할 경우 에너지 절약과 램프의 수명 연장의 실효를 얻을 수 없다.

따라서 본 논문에서는 간략추론 방식을 사용한 지능이론(Fuzzy Inference System)을 전자식 안정기에 접목하여 지능형 Dimming Converter 기반 전자식 안정기에 대한 연구 및 외부조건 조건과 사용자 설정에 따른 에너지 절약을 도모하는데 중점을 두었다. 마지막으로 제안된 시스템의 하드웨어에 지능 모델을 적용함으로써 기존 전자식 안정기와 성능평가를 통해 제안된 지능형 Dimming Converter의 우수성을 보인다.

**Key Words** : Intelligent Dimming Converter, Fuzzy Inference System, Electronic Ballast, Fluorescent-Lamp

## 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 최저 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. 지능형 Dimming Converter의 설계

### 2.1 퍼지 추론 시스템

일반적으로 퍼지모델의 동정은 전반부와 후반부의 동정으로 나누어진다. 전반부 동정은 입력 정보, 즉 퍼지규칙의 전반부 변수 선택과 입력변수 공간의 퍼지분할 결정, 그리고 입력공간의 파라미터 선성이 필요하다. 후반부 동정은 후반부 변수의 선택과 후반부 변수의 퍼

라미터를 결정하는 것이다. 전반부의 입력변수와 퍼지집합의 멤버십 함수는 입력변수의 공간을 규칙 수 만큼의 퍼지 분할된 부분공간으로 나누는 것과 관련되고, 후반부의 파라미터는 각각 퍼지 분할된 부분공간에서 입출력 관계를 묘사한다. 그림 1은 퍼지모델 동정의 전체 구조를 보여준다.

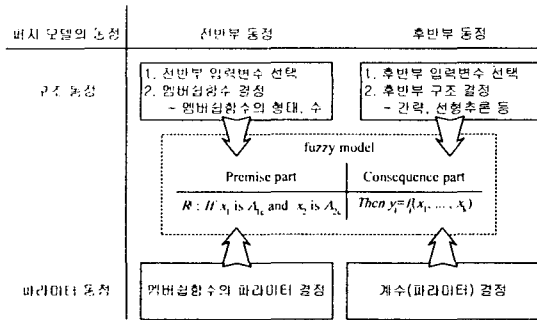


그림 1 퍼지 모델 동정의 구조

### 2.2 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 진용 드라이브를 이용하여 타력식으로 구동함으로써 원하는 주파수로 변환할 수 있어 램프를 디밍 할 수 있도록 설계되며, LC탱크는 43KHz의 공진특성을 갖도록 설계하여 20KHz 이상에서 동작해 효율을 극대화시킬 수 있도록 설계된다. 안정기의 기본구조의 블록도는 그림 2와 같다.

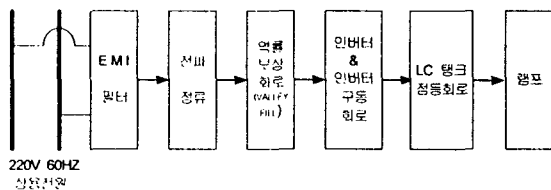


그림 2. 전자식 디밍 안정기의 구조

### 2.3 지능형 Dimming Converter의 설계

그림 3의 A type은 전자식 안정기 및 IC를 이용한 디밍 전자식 안정기를 포함한 구조로서 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 방

식의 수동으로 작동하는 방식으로 A-type 모델에 포함시켰다. 그림 3의 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. CDS 센서는 내부환경(형광램프)에 따른 큰 영향을 주지 않고 정확한 데이터로 품질을 높이기 위하여 조광기에 장착하였다.

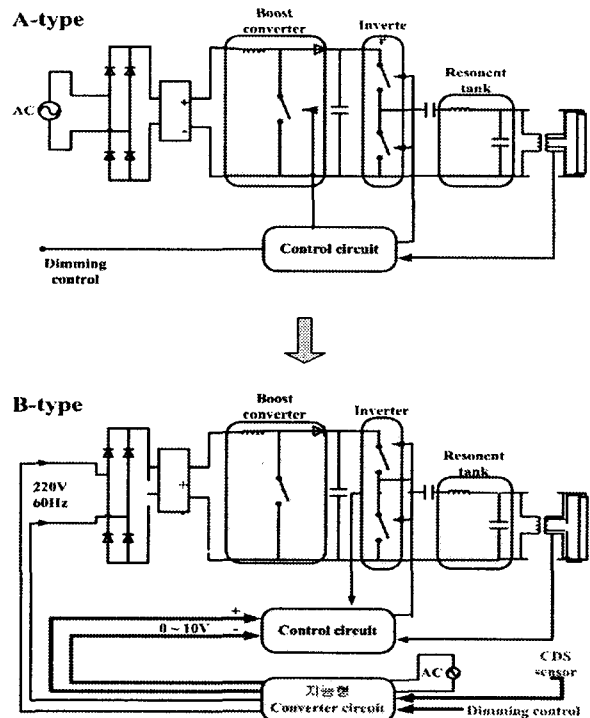


그림 3. 지능형 Dimming Converter의 구성

### 2.4 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 필요없는 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; 0~1024)으로 설정하였다. 이 설정된 값을 20단계로 나뉘어 A/D변환된 값을 컴퓨터에 저장하였고, 그 때 최적으로 출력되는 전압을 측정하여 최종 Dimming 전압 값으로 설정하였다.

표 1. 데이터 획득 조건

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

2.5 지능형 모델 구축을 위한 데이터 획득 구성도 및 평가

데이터 집합을 얻기 위해 사용된 측정방법은 그림 4와 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.

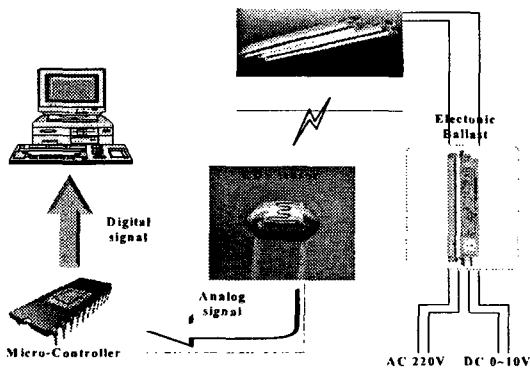


그림 4. 데이터 획득 구성도

표 2는 본 논문에서 실험을 통하여 획득한 데이터 SET으로 목표 조도값(단계별 목표 설정값)과 주위 조도에 따른 출력 전압(0-10V)으로 이루어져있다. 목표 설정값은 5단계로 나누었고, 외부 조도값은 0-360 lux를 A/D변환하여 각각 X<sub>1</sub>과 X<sub>2</sub>, 두개의 시스템 입력으로 사용하였다.

표 2. 획득 데이터

외부 조건 (Lux)	단계별 목표 설정값(Lux)					
	1단계 (17 Lux)	2단계 (50 Lux)	3단계 (100 Lux)	4단계 (150 Lux)	5단계 (217 Lux)	
1	0	0.1 V	3.3 V	4.6 V	6.3 V	10.0 V
2	45	0.1 V	3.1 V	4.5 V	5.8 V	10.0 V
3	103	0.1 V	3.2 V	4.5 V	5.8 V	10.0 V
4	163	0.1 V	3.2 V	4.4 V	6.0 V	10.0 V
5	200	0.1 V	3.0 V	4.4 V	5.8 V	10.0 V
6	244	0.1 V	3.0 V	4.5 V	5.9 V	10.0 V
7	280	0.1 V	2.8 V	4.2 V	5.5 V	10.0 V
8	350	0.1 V	2.4 V	4.1 V	5.4 V	9.8 V
9	418	0.1 V	2.0 V	3.8 V	5.1 V	9.5 V
10	467	0.1 V	1.7 V	3.8 V	5.0 V	8.7 V
11	500	0.1 V	0.1 V	3.5 V	4.7 V	8.3 V
12	568	0.1 V	0.1 V	3.0 V	4.4 V	7.8 V
13	628	0.1 V	0.1 V	2.4 V	3.9 V	7.1 V
14	698	0.1 V	0.1 V	0.1 V	2.8 V	5.9 V
15	715	0.1 V	0.1 V	0.1 V	2.1 V	5.5 V
16	744	0.1 V	0.1 V	0.1 V	0.1 V	4.8 V
17	776	0.1 V	0.1 V	0.1 V	0.1 V	3.6 V
18	790	0.1 V	0.1 V	0.1 V	0.1 V	2.7 V
19	804	0.1 V	0.1 V	0.1 V	0.1 V	0.1 V
20	840	0.1 V	0.1 V	0.1 V	0.1 V	0.1 V

2.6 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.

다음은 후반부 형태가 간략추론 방식에 따른 제안된 시스템의 성능을 나타낸다. 이 모델은 실제 획득한 100개의 데이터에서 모델을 형성하기 위해 50개의 데이터를 사용 하였고, 형성된 모델의 성능을 평가하기 위해 나머지를 사용한다. 데이터의 분할은 random 방식을 사용한다.

◆ 간략추론에 대한 Fuzzy model 평가

다음은 Fuzzy model의 후반부 다항식이 간략추론일 때의 Fuzzy rule을 보여주고 있다.  $y=a$  ( $a$ 는 상수)의 형태가 간략추론으로 입력에 대한 출력응답속도가 빠르다는 장점이 있다.

- $R^1 : \text{If } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } x_2 \text{ is } B_1 \text{ then } y_1 = 1.9139$
- $R^2 : \text{If } x_1 \text{ is } A_2 \text{ and } x_2 \text{ is } B_1 \text{ then } y_2 = -1.9736$
- $R^3 : \text{If } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } x_2 \text{ is } B_2 \text{ then } y_3 = 11.006$
- $R^4 : \text{If } x_1 \text{ is } A_2 \text{ and } x_2 \text{ is } B_2 \text{ then } y_4 = 3.724$

위 식과 같이 퍼지 모델을 설계하였을 때, 실제 출력에 대한 모델 출력은 그림 5와 같은 그래프로 나타나고 있으며, 실제 출력에 대한 모델의 출력의 오차가 우수함을 알 수 있다.

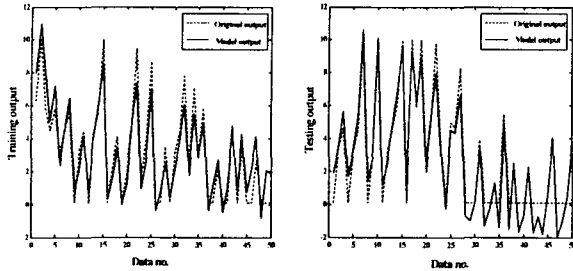


그림 5. 간략 추론에 대한 모델의 출력 비교

### 2.7 Fuzzy 지능형 Dimming Converter 시스템의 성능평가

표 3은 외부 조도변화에 따른 안정기별 소모 전류 변화량을 보여주고 있다. 하루 일조량에 따른 전류변화량이 지능형 Dimming Converter는 빠르게 적응해 가는 반면에 기존 안정기는 일정한 조도를 출력하고 있어 매우 비효율적인 면을 보여주고 있다. 또한 Dimming 안정기는 제안된 모델과 비슷하게 제어되고 있지만, 수동적인 사람의 제어를 통해서만 지능형 Dimming Converter와 비슷한 결과를 얻을 수가 있다. 따라서 제안된 모델을 통하여 에너지 절감의 효율성과 전자동 시스템이라는 두 가지 장점을 얻을 수 있다.

표 3. 안정기 종류에 따른 소모전류

외부조도 (lux)	안정기 종류별 소모전류 (uA)		
	A모델		B모델
	전자식 안정기	디밍 전자식 안정기	지능형 디밍 전자식 안정기
147	115	84	88
250	115	84	87
292	115	78	82
605	115	76	78
600	115	76	78
590	115	76	78
185	115	76	84
135	115	76	87
90	115	87	92
80	115	115	97
0	115	115	115
0	115	115	115
0	115	115	115

### 3. 결론

지능형 Dimming Converter는 기존 회귀 다항식 퍼지 모델을 이용하여 집적하였다. 퍼지 모델의 후반부 다항식은 간략 추론방식을 사용하여 기존 안정기와 제안된 시스템의 소모 전

류를 상호 비교하여 성능을 평가하였고, 지능형 Dimming Converter의 집적을 통한 전자식 안정기를 설계 하였을 때 기존의 Dimming 전자식 안정기를 적정 시간마다 최적의 제어했을 경우와 비슷한 성능을 보여주었다.

본 논문에서 제안한 지능형 Dimming Converter는 형광등에 국한하여 회귀 다항식 퍼지 모델을 적용하였다. 하지만 산업용 고출력 기타 광원으로의 응용에 대한 연구와 개선된 지능 모델의 집적에 대한 연구가 수행된다면 에너지 절약과 편의성에서 보다 큰 이익을 바라 볼 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초 전력연구원 (I-2004-0-074-0-00) 주관으로 수행된 과제임

#### 참고 문헌

- [1] 박종연, 정동열, 조계현, "Lamp용 안정기의 종류 및 특징", 1999
- [2] 박준용, 박종연, "전자식 안정기에 의한 형광램프의 조광제어", 2003. 07
- [3] 유니룩스 기술연구소, "기술 자료의 전자식 안정기 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", 한국과학재단 특정기초연구, 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