

특성비 지정법을 이용한 냉음극관 구동 제어기 개발

정경수*, 이석원*, 주성준*, 최상철**
 호서대학교 제어계측공학과*, 인터피온 반도체(주)**

Development Controller for Cold Cathode Fluorescent Lamp using Characteristic Ratio Assignment

Kyoung-Su Jung*, Suk-Won Lee*, Sung-Jun Joo*, Sang-Chul Choi**
 Hoseo University*, Interpion Semiconductor Co., Ltd**

Abstract - 본 논문에서는 냉음극관(CCFL) 구동 제어기 설계 법을 제안한다. 구성 되어지는 제어기는 오피 앰프와 저항 그리고 콘덴서로 이루어진 아날로그 제어기로서 비교적 간단한 구성으로 이루어지며 각 파라미터를 설계하기 위해 특성비 지정법(C.R.A)이 사용된다. 제안되어진 제어기 설계방법으로 실제 실험 제어기를 제작하여 제어기의 성능실험을 하였으며 매우 우수한 특성을 얻을 수 있었다.

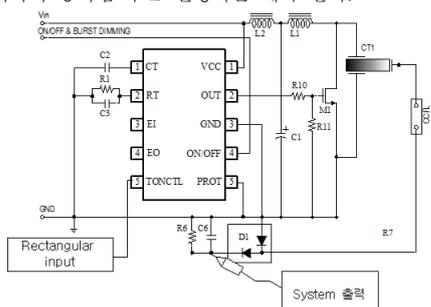
1. 서 론

특성비 지정법(C.R.A)은 계수도법(C.D.M)이라는 명칭으로 처음 소개되었다. [1]. 하지만 계수도법(C.D.M)은 수학적으로나 학문적으로 완성도가 떨어져 있다는 점 때문에 학계에 잘 알려지지 않았으나 특성비 지정법(C.R.A)이라는 명칭으로 수학적인 검증이 이루어져 [2] 현재 활발히 연구되어지고 있는 제어기법 중 하나이다. 특성비 지정법(C.R.A)은 시스템의 특성 다항식의 계수의 관계식으로부터 시스템의 동작 특성을 관별할 수 있기 때문에 쉽고 편리한 설계할 수 있다는 장점이 있다. 제어기 설계를 위해 먼저 냉음극관 구동장치를 수학적으로 모델링 하고 1차 전달함수로 근사화하여 1차 전달함수의 각 계수를 구한다. 다음으로 이 전달함수에 대하여 특성비 지정법(C.R.A)을 사용하여 제어기의 파라미터 값을 취득하여 제어기를 구하였다. 본 논문에서 설계되어지는 시스템 하드웨어는 인터피온 반도체사의 드라이버 IC사용한 냉음극관 구동장치를 대상으로 설계하였다. 인터피온 반도체사의 냉음극관 드라이버 IC는 압전트랜스 전용 반도체로서 영전압 스위칭(ZVS)기법을 사용하여 스위칭 손실을 최소화 하였으며 MOSFET를 1개만 사용하여 구동하기 때문에 저렴한 구동장치를 구현할 수 있다는 장점이 있다.

2. 제어기 설계법

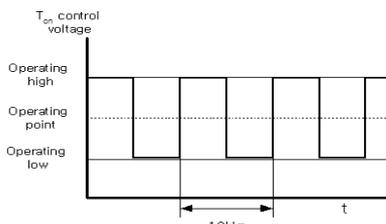
2.1 시스템 식별(System ID)

주어지는 시스템은 비선형이기 때문에 제어기를 설계하기 위해 우선 동작점을 선택하여 동작점 부근 선형화를 해야 한다.

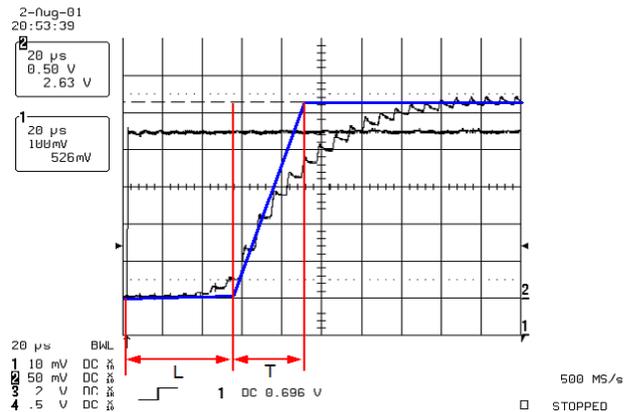


<그림 1> 선형 모델을 얻기 위한 시스템 구성도

선형 모델을 얻기 위해 T_{ONCTRL} 단자에 <그림 2>와 같은 형태의 수십 Hz정도의 구형파를 인가하여 시스템 출력 단 전압을 측정하여야 한다.



<그림 2> 시스템 식을 얻기 위한 입력 파형



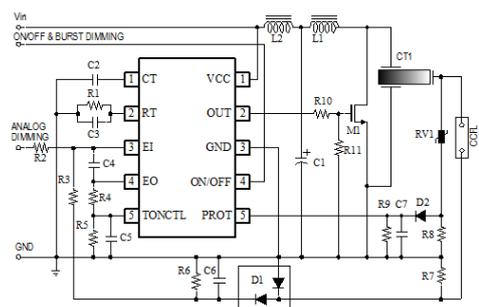
<그림 3> 시스템의 ID파형

시스템 ID파형으로부터 $L=54[\text{usec}]$, $T=36[\text{usec}]$ 이다. 또한 입력의 공칭값은 $0.55[\text{V}]$ 이므로 선형 근사화 입력 $\Delta u = u - 0.55$ 가 되고 따라서 이득 k 값은 $k = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{2.64}{0.45} = 5.84$ 가 된다. 그러므로 T_{ONCTRL} 부터 출력 전달함수의 선형 일차 근사화된 방정식은 다음과 같이 주어지게 된다.

$$G(s) = \frac{5.84}{1 + 36 \times 10^{-6} s} e^{-36 \times 10^{-6} s} \approx \frac{5.84 \times 27778}{s + 27778} \quad (1)$$

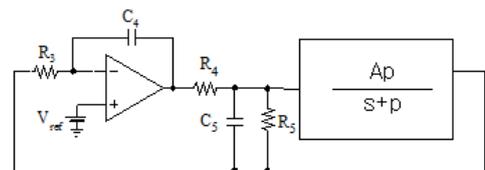
2.1.1 페루프 시스템

특성비 지정법(C.R.A)을 사용하기 위해 전체 페루프 시스템의 선형 모형화 방정식을 구해야한다.



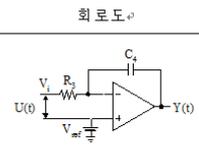
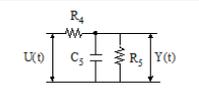
<그림 4> 제어기를 취부한 전체 페루프 시스템 구성도

이 부분을 제어기로 설계하는 관점에서 간략히 나타내면 다음 그림과 같이 나타낼 수 있다.



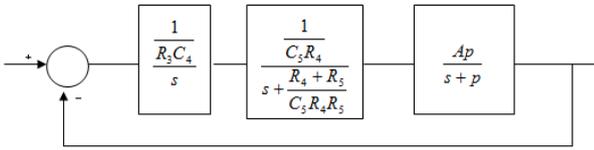
<그림 5> 제어기를 따로 나타낸 시스템 구성도

여기서 $A=5.84$, $p=27778$ 이다,

회로도 ^a	수학적 모형식 ^b
	$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s} \frac{R_3 C_4}{R_4 + R_5}$
	$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s + \frac{R_4 + R_5}{C_4 R_4 R_5}}$

〈그림 6〉 각 회로에 대한 수학적 모형식

전체 페루프 시스템의 수학적 모형은 〈그림 6〉으로부터 구할 수 있다.



〈그림 7〉 선형 일차 근사화된 페루프의 수학적 모형

〈그림 7〉의 근사화된 페루프 모형에 대하여 수학적 계산의 편의를 위하여, $n = \frac{1}{R_3 C_4}$, $m = \frac{1}{R_4 C_5}$, $\Delta = \frac{R_4 + R_5}{R_5}$ 라 정의하고 계산을 하면 다음과 같이 전체의 페루프 시스템 수식을 얻을 수 있다.

$$G(s) = \frac{nmAp}{s^3 + (m\Delta + p)s^2 + m\Delta ps + nmAp} \quad (2)$$

(2)의 분모로부터 등가 시상수(Equivalent time constant)를 구하면 다음 식과 얻을 수 있다. [1].

$$\tau = \frac{\Delta}{nA} = \frac{R_3 C_4 (R_4 + R_5)}{R_5 A} \quad (3)$$

안정도 지수(stability index)를 구하여 보면 다음과 같이 구해진다. [1].

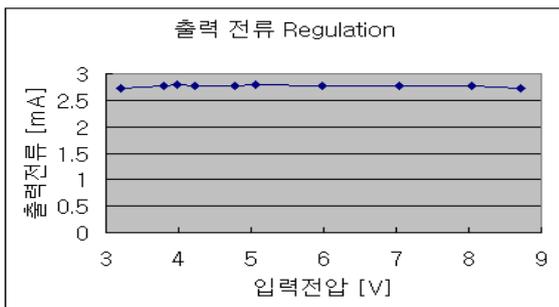
$$Y_1 = \frac{m\Delta^2 p}{m\Delta A + nAp}, Y_2 = \frac{(m\Delta + p)^2}{m\Delta p} \quad (4)$$

(4)식에서 Y_2 는 절대 부등식에 의하여 항상 2보다 큰 값을 유지하므로 제어기 설계시 각 계수들의 값은 등가 시상수와 $Y_1 > 2.5$ 가 되도록 각 저항값과 콘덴서 값을 구하면 된다.

(1)식에 주어진 시스템에 대하여 시행착오 결과 각 저항과 콘덴서의 값들을 $R_3=47[\text{k}\Omega]$, $R_4=1[\text{k}\Omega]$, $R_5=3.3[\text{k}\Omega]$, $C_4=0.1[\mu\text{F}]$, $C_5=470[\text{pF}]$ 와 같이 결정하면 (3),(4) 식에 의하여 $\tau=1[\text{msec}]$, $Y_1=28.84$, $Y_2=101.8$ 이 되고 계산되어진 시스템의 응답특성 동작이 안정되고 오버슈트가 거의 없는 파형으로 될 수 있다는 것을 알 수 있다.

2.2 레귤레이션 실험 결과

전압 변동에 따른 출력 전류의 레귤레이션 형태를 그래프로 나타내면 다음과 같다.



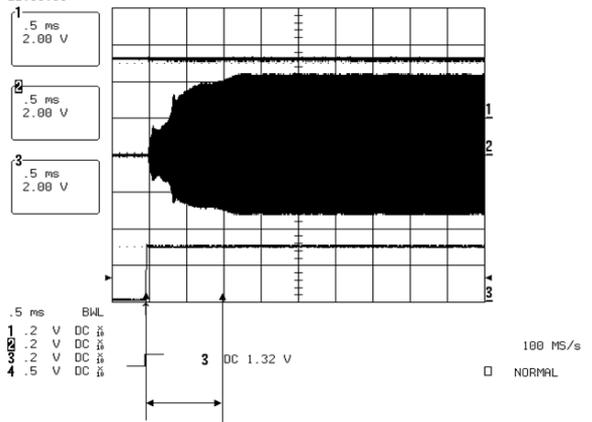
〈그림 8〉 레귤레이션 실험 결과

2.3 Start up 실험 결과

실험 조건

전원 전압 : 인버터 DC-LINK단, Vcc 단일전원 3.5V 가변, 주변온도 : 25°C 상온, CCFL : Toshiba PDA Panel

2-Aug-01
22:56:58



〈그림 9〉 CH1 : Vcc, CH2 : CCFL 전류, CH3 : On/Off

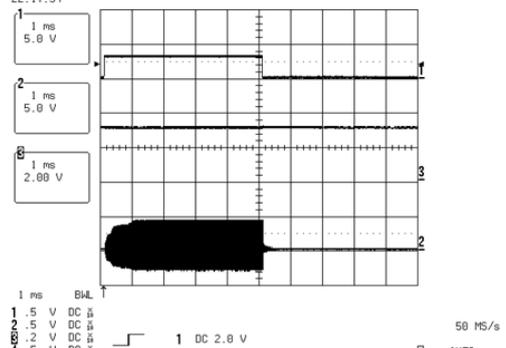
위의 그림으로부터 $\tau=1[\text{msec}]$ 에 출력 값이 70%가량 증가한 것을 알 수 있고 전류의 증가가 오버슈트 없이 잘 수렴하고 있음을 알 수 있다.

2.4 Burst Dimming 실험 결과

실험 조건

전원 전압 : 인버터 DC-LINK단, Vcc 단일전원 3.5V 가변, 주변온도 : 25°C 상온, CCFL : Toshiba PDA Panel

2-Aug-01
22:17:34



〈그림 10〉 CH1 : On/Off입력파형(duty 50%), CH2 : Vcc : 3V, CH3 : CCFL 전류 파형

3. 결 론

시스템 식별(System ID)을 통해 얻어진 대상 시스템의 전달함수를 바탕으로 특성비 지정법(C.R.A)을 사용하여 등가 시상수와 안정도 지수의 값을 얻을 수 있었다. 얻어진 값들을 통하여 시스템 계수도를 확인하고 시스템의 동작 특성과 강인성을 예측할 수 있었다. 또한 직접적인 제어기 설계를 구현하여 예측되었던 시스템의 특성이 실제 제어기에 구현되어 매우 우수한 특성을 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] K.Kuriyama and S. Manabe, "The sufficient condition for stability by lipatov and its relation to coefficient diagram method", the 35th IEEE Conference on Decision and Control, Kobe, Dec 11-13, 1996
- [2] Y.C.Kim, L.H.Keel, and S.P.Bhattacharyya, "Transient Response Control via Characteristic Ratio Assignment", IEEE Transactions On Automatic Control, VOL. 48, No. 12, December 2003
- [3] Karl John Astrom and Tore Haggland, "automatic tuning of PID controllers", ISA, 1988
- [4] Y.C. Kim, L.H. Keel, and S. Manabe, "Controller design for time domain specifications," Proc. of IFAC World Congress, Barcelona, Spain, July, 2002.