

# PWM 방식을 이용한 THERMO-CON 제어 회로

이장혁, 이경탁, 이상석  
KEC System IC Design Group

## THERMO-CON control circuit using PWM method

Jang-Hyuck Lee, Kyucg-Tak Lee, Sang-Seog Lee  
System IC Design Group, KEC  
E-mail : ljh@kec.co.kr

### Abstract

본 논문에서는 PWM 방식을 이용한 THERMO-CON 제어 회로를 제안하였다. 제안한 회로는 정전압을 형성하기 위한 레귤레이터, 신호를 처리하기 위한 op-amp, 삼각파를 만들기 위한 OSC, 그리고 부하의 상태를 감지하기 위한 AMC 와 ISC 로 구성된다. 테스트 결과 서지 전압 인가 시 PWM 방식으로 동작하여 회로의  $P_D$ (Power Dissipation)을 줄여 소자의 파괴를 막고 중부하시(여러 개의 릴레이 구동 시) PWM 동작을 하여 소자의 파괴를 막는다는 것을 확인하였으며, 출력 쇼트 시 쇼트보호회로에 의해 출력 트랜지스터의 파괴를 막는다는 것을 확인하였다.

릴레이 구동회로가 파괴된다. 또한, 출력단에 쇼트성 불량이 발생할 경우 과전류 출력에 의해 출력 트랜지스터가 파괴된다<sup>[2]</sup>. 따라서, 본 논문은 기존의 THERMO-CON 제어회로의 문제점을 해결하기 위해, 릴레이 부하의 특성을 활용하여 PWM 방식으로 구동하는 방법을 제안한다<sup>[3]</sup>. 또한, PWM 방식을 이용하여 서지전압에 의한 내부 소자들의 파괴를 방지하고, 릴레이의 쇼트성 불량에 대한 출력 트랜지스터의 파괴를 방지하는 방법을 제안한다.

서론에 이어 2 장에서는 제안한 회로의 구성과 동작원리를 기술하고, 3 장에서 제안한 회로의 성능을 시뮬레이션과 BB 테스트를 통하여 확인하고, 결론에서 본 논문을 정리한다.

### I. 서론

자동차의 에어컨디셔너를 구성하는 콤프레서는 계속해서 가동되면 실내 공기 유입관에 얼음이 생겨서 실내 공기의 유입이 차단되는 문제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 유입부에 온도센서를 장착하여 일정 온도 이하로 내려가면, 콤프레서의 동작을 중지하고, 다시 일정온도 이상으로 온도가 상승하면 콤프레서를 재동작 시키는 것이 THERMO-CON 제어회로 이다<sup>[1]</sup>. 하지만, 기존의 THERMO-CON 제어회로는 외부로부터 공급되는 전원이 서지전압으로 인가되는 경우에 출력신호가 서지전압과 서지전류의 크기에 비례하여 급격히 증가된다. 따라서, 외부로부터 공급되는 전원이 급격히 증가하게 되면 내부 소자들의 오픈, 또는 쇼트에 의해

### II. 본론

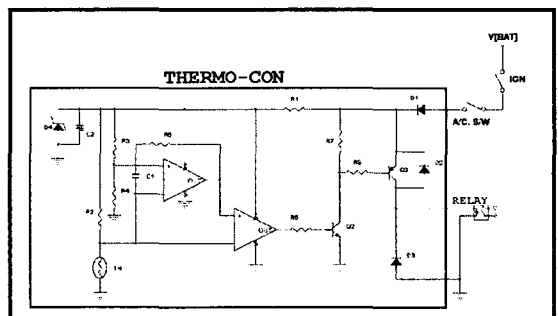


그림 1. 기존의 THERMO-CON 제어회로

기존의 THERMO-CON 제어회로를 그림 1에 나타냈다. 이 회로는 서지에 의한 내부소자의 파괴와 릴레이에 쇼트성 불량 발생할 경우 출력 트랜지스터가 파괴되는 단점이 있다.

기존 회로의 단점을 보완한 회로를 그림 2에 나타내었다. 회로의 구성은 IC 내부에 정전압을 형성하기 위한 레귤레이터(REG), 외부신호를 감지하여 ON/OFF 하는 AMP1 과 AMP2, 삼각파를 만들기 위한 OSC (Oscillator), 릴레이의 쇼트를 감지하기 위한 ISC(I<sub>short</sub>-circuit), 삼각파와 VREF 를 비교하여 PWM 파형을 형성하는 AMP3, 릴레이 부하와 ECU 부하를 감지하기 위한 AMC(Auto Mode Control), 그리고 릴레이를 구동하기 위한 파워 트랜지스터 Q2 로 구성된다. 회로의 동작을 살펴보면, AMP2 의 출력이 L(Low)일 때, AMP3 가 OFF 되므로 Q1 과 Q2 가 OFF 되어 릴레이를 OFF 시킨다. 반대로 AMP2 의 출력이 H(High)일 때, AMP3 가 동작하고, AMP3 는 VREF 와 OSC 의 삼각파를 비교하여 PWM 신호를 Q1 의 베이스로 내보낸다. 이 신호에 의해 Q1 과 Q2 가 동작하여 릴레이가 ON 되며, 이는 릴레이가 일정 주파수 이상에서 항상 ON 된다는 특성을 이용한 것이다.

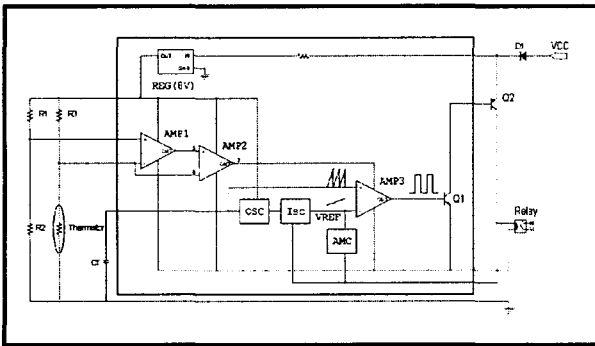


그림 2. PWM 방식을 이용한 THERMO-CON 제어회로

2.1 ISC

ISC 는 릴레이의 쇼트 시에 최소의 duty 로 동작하여 출력 트랜지스터를 보호하며, 출력을 감지한다.

VCC 에 전압이 인가된 초기상태에서 릴레이에 걸리는 전압은 쇼트 시와 같은 전압으로 0V 이다. 그리고, PWM 동작 시 OFF 상태도 0V 이므로, 이 세가지 상태의 동작을 구분하기 위하여 ISC 회로를 그림 3 과같이 설계하였으며 논리는 표 1 과 같다.

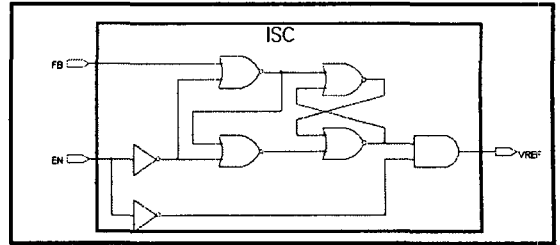


그림 3. ISC 회로의 논리도

표 1. ISC 회로의 논리

EN	FB	VREF
0	0	초기 → 1 1 0 → 1 0 1 → 0
0	1	유지
1	0	0
1	1	0

정상상태의 ISC 회로의 동작을 살펴보면 초기상태에서 EN 과 FB 가 '00'이고 VREF 는 '1'이 되어 AMP3 의 출력이 L 이 되고, EN 이 '1'이 되는 순간 VREF 가 '0'이 되어 AMP3 의 출력이 H 가 되고, 출력도 H 가 되어 FB 가 '1'이 된다. EN 이 '0'이 되어도 FB 가 '1'이므로 VREF 는 계속 '0'을 유지한다.

표 2. ISC 회로의 동작

	정상상태
EN FB	00 → 10 → 11 → 01 → 11
VREF	1 → 0 → 0 → 유지 → 0
AMP3 출력	L → H → H → H → H
	쇼트상태
EN FB	00 → 10 → 00 → 10 → 00
VREF	1 → 0 → 1 → 0 → 1
AMP3 출력	L → H → L → H → L

쇼트 상태의 동작을 살펴보면, 초기상태에서 EN 과 FB 는 '00'이고 VREF 는 '1'이 되어 AMP3 의 출력이 L 이 되고, EN 이 '1'이 되는 순간 VREF 가 '0'이 되어 AMP3 의 출력은 H 가 되나 출력단이 쇼트이므로 출력은 계속 L 이고, FB 도 '0'을 계속 유지한다. EN 이 '0'이 되면 VREF 는 '1'이 되어 AMP3 의 출력을 L 로 한다. 정상상태와 쇼트상태의 EN 과 FB 의 동작논리는 표 2 와 같다.

EN '1'의 상태는 최소의 duty 를 갖고 있으므로 릴레이 쇼트 시 AMP2 출력이 H 인 상태는 최소의 duty 를 유지하며 릴레이의 쇼트상태를 감지하면서 최소의 전력을 소비한다.

**2.2 AMC(Auto Mode Control)**

기존의 회로는 Linear 방식으로 릴레이 부하와 ECU 부하 양쪽에 사용된다. PWM 방식은 릴레이가 일정 주파수 이상에서 항상 ON 되는 특성을 이용한 것이므로 릴레이 부하에 사용될 수 있다. 하지만, ECU 부하인 경우에는 PWM 신호의 의해 ON/OFF 가 계속 반복되는 문제가 생긴다 이를 방지하기 위해 릴레이 부하인 경우에는 PWM 방식으로 ECU 부하인 경우에는 Linear 방식으로 동작하기위한 AMC 회로를 추가하였으며, 그림 4 에 나타내었다.

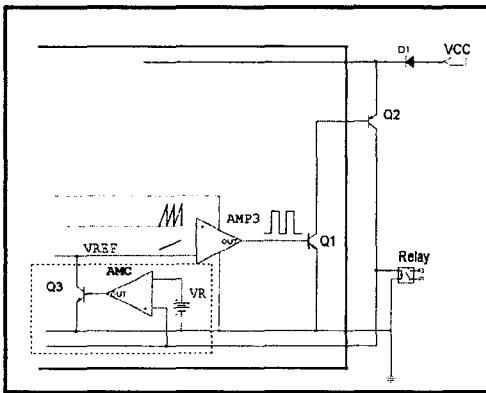


그림 4. Auto Mode Control

AMC 는 VR 전압과 Q2 의 컬렉터 전압을 비교하여 Linear/PWM Mode 를 결정한다.

Q2 의 베이스 전류는 Q1 에 의해 일정한 전류가 흐르고있으므로 Q2 의 컬렉터 전압은 부하에 따라 변하게 된다.

ECU 부하인 경우, Q2 의 컬렉터 전류는 최대 10mA 이하의 전류가 흐르므로 Q2 는 포화영역에서 동작한다. 포화영역에서 동작하는 Q2 의 컬렉터 전압은 VR 전압보다 크므로 Q3 를 ON 시켜 VREF 는 L 이 된다. VREF 전압이 삼각파보다 작아져 AMP3 의 출력은 항상 H 로 Linear Mode 로 동작한다.

릴레이 부하인 경우, Q2 의 컬렉터 전류는 최소 100mA 이상의 전류가 흐르므로 Q2 는 활성영역에서 동작한다. 활성영역에서 동작하는 Q2 의 컬렉터 전압은

VR 전압보다 작아져 Q3 를 OFF 시켜 VREF 전압에 영향을 주지않고, AMP3 의 출력은 PWM Mode 로 동작한다.

**III. 실험결과**

설계한 회로를 가지고 시뮬레이션과 BB(Bread board) 테스트를 하였다.

그림 5 와 6 에 VCC 의 변화에 따른 시뮬레이션 결과와 BB 테스트 결과를 나타내었다.

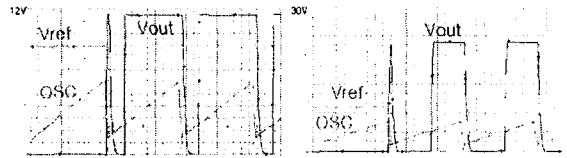


그림 5. Simulation 결과  
[VCC=12V(左), VCC=24V(右)].

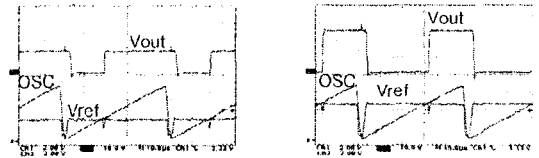


그림 6. BB 테스트 결과  
[VCC=12V(左), VCC=24V(右)].

VCC 가 증가함에 따라 출력전압의 duty 가 작아지며 PWM 으로 동작함을 확인하였다. 또한, 서지전압 인가 시에도 PWM 으로 동작하며 회로의 P<sub>D</sub> 를 줄인다는 것을 확인하였다(그림 7).

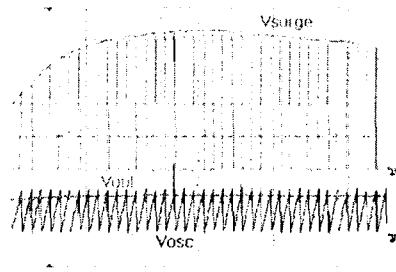


그림 7. 서지전압 인가 시 PWM 동작

그림 8 에 ISC 회로의 시뮬레이션 결과와 BB 테스트 결과를 나타내었다. 릴레이 부하의 쇼트시에 AMP3의 출력이 최소 duty 로 동작하며 출력을 감지함을 알 수 있다.

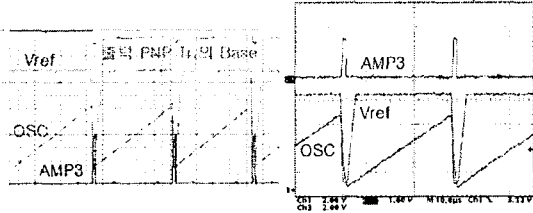


그림 8. ISC 동작  
[Simulation(左), BB 테스트(右)].

ECU 부하와 릴레이 부하에 대한 AMP3의 출력전압 파형을 그림 9 에 나타내었다. 그림에 나타난 것과 같이 ECU 부하에서는 VCC의 변화에 상관없이 Linear 방식으로 동작하고, 릴레이 부하에서는 VCC 전압의 변화에 따라 duty가 변하는 PWM 방식으로 동작하여 회로의  $P_D$ 를 줄인다는 것을 알 수 있다.

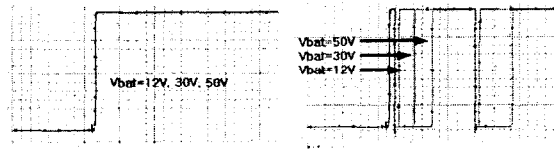


그림 9. AMC 동작 시 AMP3 출력  
[ECU 부하(左), 릴레이 부하(右)].

#### IV. 결론

본 논문에서는 기존의 THERMO-CON 제어회로의 문제점인 릴레이를 병렬로 연결하여 사용할 경우 양의 서지에 의한 내부소자의 파괴를 막고, 릴레이에 쇼트성 불량이 발생할 경우 과전류 출력에 의한 출력 트랜지스터의 파괴를 막기위해 릴레이 부하의 특성을 활용하여 회로를 PWM 방식으로 동작시켜 전력소비를 줄여 소자의 파괴를 방지하는 방법을 제안하였다.

시뮬레이션과 BB 테스트 결과 제안한 회로는 기존 회로의 문제점인 서지전압에 의한 소자의 파괴와 쇼트설 불량에 대한 출력 트랜지스터의 파괴를 방지하였으며, 정상적으로 동작함을 확인하였다. 따라서, 제안한

회로는 THERMO-CON 뿐만 아니라 릴레이를 구동하는 모든 제어회로에 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

- [1] 이경탁, 진 태, 이장혁, “Design of Thermo-Control IC”, KEC 논문발표대회, 2001.
- [2] 이장혁, 이경탁, “ Relay 구동 회로에 있어서 PWM 방식을 이용한 Surge 보호회로 설계”, KEC 논문발표대회, 2002.
- [3] Alan B. Grebene, Bipolar And MOS Analog Integrated Circuit Design, Chapter 11., John Wiley & Sons Inc.