

다알링턴 회로를 응용한 전조등 Switching 및
Monitoring Module 개발
Practical application of Darlington Circuit for Headlight Switching
and Monitoring Module

곽 호승* 김 동일** 진 상훈*** 이 기철****
Gwak, Ho Seang Kim, Dong Il Chun Sang Hun Lee, Ki Chul

ABSTRACT

Headlight monitoring is one of the new requirement in the modern Metro EMU design. In order to meet this requirement, several kinds methods are already provided in the train.

This paper introduces another method, which is designed with the darlington circuit and can switch off/on the headlight with the circuit. Following the conceptual method, the monitoring module was developed and installed in domestic line.

Investigation of the concept shall be focused on the more smaller module and expending the module to other part.

1. 서 론

국내 전동차용 전조등은 모두 실드빔이 적용되고 있다. 전동차에 사용된 실드빔의 전기적인 특성은 상향등을 기준으로 100Vdc에 150W 또는 160W의 소비 전력을 가진다.

기존의 전동차에선 전조등을 ON/OFF 또는 상향/하향 전환을 위한 부하의 개폐를 스위치의 개폐능력에 의존하도록 되어 있었으므로, 스위치를 선택 시 개폐능력이 큰 스위치를 선택하여야 하는 경제적인 부담감이 있었다.

또한 전조등이 백열등 구조를 가짐으로 그 수명이 짧아 수시로 점검을 요구함으로 운전실에서 전조등의 상태를 확인할 수 있도록 상태 Monitoring 기능 요구가 일반적이다.

2. 본 문

2.1 기존 전동차의 전조등 제어회로

기존의 전동차 제어회로는 그림1과 같이 전조등의 전원을 전조등 스위치가 직접 개폐하는 단순한 구조로 되어 있다.

* (주) 로템 중앙연구소 주임연구원

** (주) 로템 중앙연구소 선임연구원

*** (주) 로템 중앙 연구소 책임연구원

****(주) 로템 중앙연구소 수석연구원

또한 Monitoring을 위한 Lead S/W는 전조등의 Ground Line에 연결되어 있어 High Beam과 Low를 하나의 Lead S/W로 Monitoring할 수 있도록 설계 되어 있다.
 이외에 별도의 전류 Monitoring Relay를 사용하여 전조등의 상태를 Monitoring 하는 방안 또한 전조등의 Ground Line에 흐르는 전류를 Monitoring하여 그 기능을 실행 하였다.

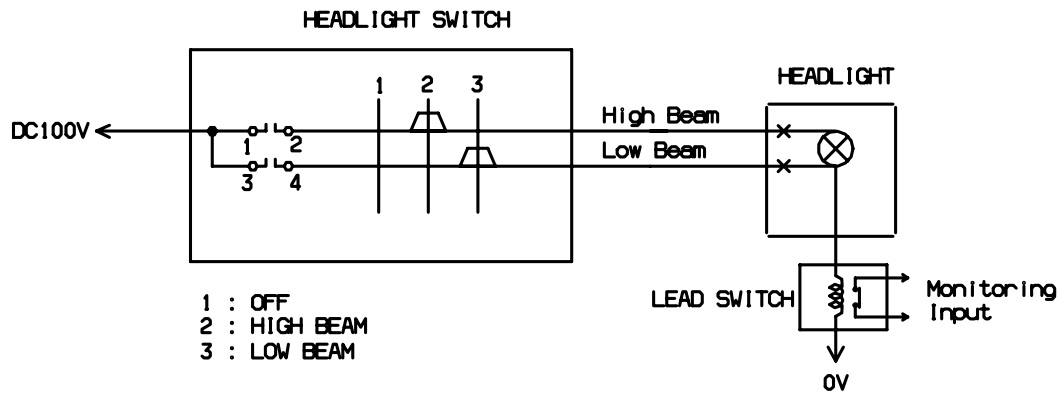


그림 1. 기존의 전조등 회로

2.2 신규 Module 개발의 필요성.

기존의 회로가 구현한, 전조등의 제어와 Monitoring에 대한 구현은 그 기능을 실현하기에 충분하지만, 아래와 같은 요구가 본 Module에 대한 개발의 시발점이 되었다.

- 스위치로 직접 전조등을 제어할 때 고려하여야 하는 스위칭 용량은, 스위치의 가격을 상승 시키며, 간혹 잘못 선택된 S/W는 S/W의 조기 소손의 원인이 됨.
- Lead S/W Coil의 제작오차는 전조등의 전류에 의하여 소손이 되는 경우가 발생하여 그 기능을 실현할 수 없는 경우 발생 됨.
- 상기 두 가지 문제점(전조등의 전류 1.5A 이상 과 Monitoring 전류 24V의 저전압 및 저전류) 을 해결할 수 있는 방법에 대한 요구 발생.
- 본 기능을 구현할 소자를 전자소자로 구현하는 방법으로 방향 설정.

2.3 대체 방안 고안을 위한 고려사항

(1) 기본방향 :- 반도체 소자를 이용하여 전조등을 개폐하며 Photo-coupler회로를 이용한 Monitoring이 될 수 있도록 한다.

- 전조등의 실제 상태를 Monitoring 하기 위하여 전조등으로 유입되는 전류의 유/무를 확인하여야 한다.

(2) 전조등의 정격 : 100Vdc, 1.5~1.6A, 150~160W

(3) Monitoring 회로의 전원: 24Vdc

(4) 문제점: - 전조등의 실제 전류를 Monitoring할 수 있는 Photo-coupler가 없음.

- 일반 Transistor를 적용 시 Transistor의 발열로 인한 고장 우려.

(5) 도출 IDEA: 달링턴회로의 큰 전류 이득 회로를 사용하여 전조등 부하를 개폐가능성 검토 및 Monitoring 방안 검토.

2.4 다알링턴 회로의 응용 및 계산

그림 2에서 같이 전조등의 상향과 하향등을 각각 조절하기 위하여 크게 두개의 회로로 구분된다. 먼저 Tr1에서 Tr3까지의 구성은 상향등을 위한 회로이며 Tr4번과 5번은 하향등을 위한 회로이다.

Monitoring을 위한 Photo-coupler를 Tr1과 Tr4의 Collector 측에 연결하여 상향등 또는 하향등 점등 시 미세한 전류로 발광 Diode를 점등 시킬 수 있도록 하였다.

아래 회로의 High(또는 Low) Beam S/W에 연결된 S/W가 ON 되면 High(또는 Low) Beam 전조등이 점등하게 된다.

각각의 Photo-coupler에 흐르는 전류와 각 Tr에 흐르는 전류를 계산하기 위하여 아래의 계산방식이 적용될 수 있다.

계산의 편리를 위하여 상향등 회로를 기준으로 계산식을 전개기로 한다.

먼저S/W에 걸리는 전압을 V_0 , R3 저항에 걸리는 전압을 V_{r3} 는,

$$V_{r3} = V_0 * R4 / ((R1 * R2) / (R1 + R2) + R3) \dots \dots \dots \text{식 1.}$$

R3에 흐르는 전류 값 I_{r3} 은,

$$I_{r3} = (V_{r3} - 0.7) / R3 \dots \dots \dots \text{식 2.}$$

Tr1의 전류이득 h_{fe1} 이면, Tr1의 Collector 전류 I_{ctr1} 은,

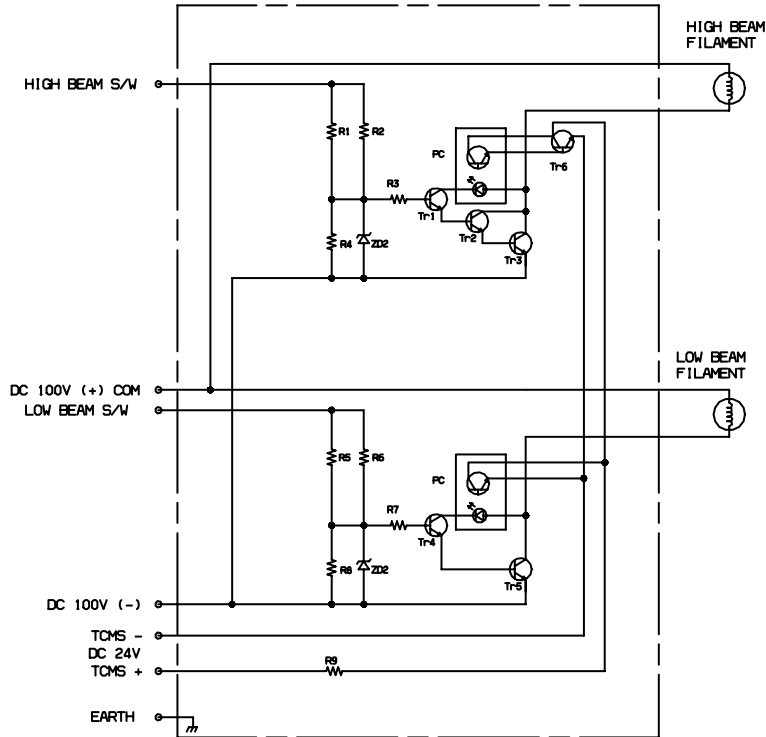
$$I_{ctr1} = I_{r3} * h_{fe1} \dots \dots \dots \text{식 3.}$$

Tr2의 Base 전류 I_{btr2} 은,

$$I_{btr2} = I_{r3} + I_{ctr1} \dots \dots \dots \text{식 4.}$$

Tr2의 전류이득 h_{fe2} 이면, Tr2의 Collector 전류 I_{ctr2} 은,

$$I_{ctr2} = I_{btr2} * h_{fe2} \dots \dots \dots \text{식 5.}$$



PC: Photo-Coupler

Tr1 ~5: Transistor

R1~8: Resistor

그림 2 달링턴 회로를 응용한 전조등 On/Off 및 Monitoring 회로

Tr3의 Base 전류는 I_{btr3} 은,

$$I_{btr3} = I_{ctr2} + I_{btr2} \dots \dots \dots \text{식 6.}$$

Tr3의 전류이득 h_{fe3} 이면, Tr3의 Collector 전류는 I_{ctr3} 은,

$$I_{ctr3} = I_{btr3} * h_{fe3} \dots \dots \dots \text{식 7.}$$

Tr3의 Emitter 전류는 I_{etr3} 은,

$$I_{etr3} = I_{ctr3} + I_{btr3} = I_{btr3}(1+h_{fe3}) \dots \dots \dots \text{식 8.}$$

그러므로 전조등을 개폐하기 위한 전류를 1.5A로 설정한다고 가정하고 각 transistor의 전류이득을 100($=h_{fe1}=h_{fe2}=h_{fe3}$)이라고 가정 후 Photo-coupler에 흐르는 전류 값을 계산하면 아래와 같다.

$$\text{식 8로부터 } I_{etr3} = 1.5A = I_{btr3} * (1+100) \implies I_{btr3} = 1.5/101 = 0.0149A \dots \dots \dots \text{식 9.}$$

$$\text{식 7로부터 } I_{ctr3} = 1.49A.$$

식 6으로부터 $I_{btr3} = 0.0149A = I_{btr2} * (1 + 100) \implies I_{btr2} = 0.0149/101 = 0.149mA$식 10.

식 5로부터 I_{ctr2} 는 $14.9mA$.

식 4로부터 $I_{btr2} = 0.149mA = I_{r3} * (1 + 100) \implies I_{r3} = 0.149mA/101 = 0.0015mA$식 11.

식 3으로부터 $I_{ctr1} = 0.0015mA * 100 = 0.15mA$.

즉, 상기 예에 의한 계산에 따르면 Photo-coupler의 정격이 $0.15mA$ 이상이면 발광다이오드의 소손을 방지할 수 있다는 결론을 얻을 수 있다. 또한 $I_{r3} =$ 매우 미세한 전류 $0.0015mA$ 이므로, 저항값을 적당히 조절하면 전조등 스위치 선택 시 개폐용량에 대한 조건이 대폭 완화될 수 있다.

2.5 Module의 개발 및 적용

상기와 같이 개발된 전자 회로의 경우 정상적인 동작 시 발생하는 열의 방출을 방출하기 위한 대책으로 Module의 Case를 알루미늄으로 제작하였고, 이 Case가 방열판과 같은 효과를 발휘할 수 있도록 하였다.

상기와 같은 개념으로 그림 3와 같은 외형을 갖는 Module을 개발하여 부산 3호선, 대전시 1호선 전동차에 적용하였다.

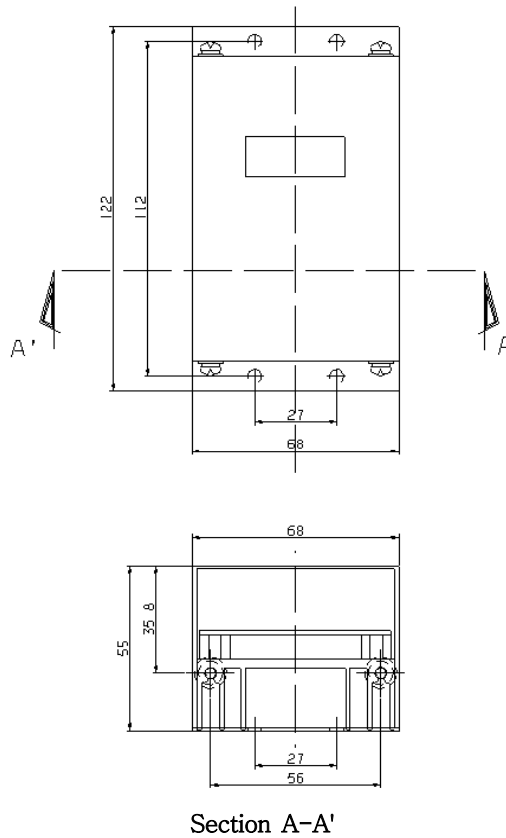


그림 3 Module 외형도

3. 결 론

정비의 편리와 사고 발생시 원인 파악을 위하여 철도차량에 설치된 각 부분에 대한 Monitoring에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 논문에 소개된 Module은 차량에 설치된 전장품의 상태를 Monitoring할 수 있는 또 하나의 방법을 제시하였으며, 더 향상된 Monitoring 방법으로서의 초석이 되었으면 한다.