creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265926

2017年 2月
碩士學位論文

가선구간 신호기 LED모듈 설계에 관한 연구

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

姜 宗 秀

2017年 2月 碩士學位論文

가선구간 신호기 LED모듈 설계에 관한 연구

姜 宗 秀

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가선구간 신호기 LED모듈 설계에 관한 연구

A Study on the Optimized Design of Signal Equiment LED module for Trolly Way Section

2017年 2月 24日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

姜 宗 秀

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가선구간 신호기 LED모듈 설계에 관한 연구

指導敎授 曺 錦 培

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2016年 11月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

姜 宗 秀

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

姜宗秀의 碩士學位論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校　敎授　李　愚　宣　印

委　員　朝鮮大學校　敎授　朴　彩　玉　印

委　員　朝鮮大學校　敎授　曺　錦　培　印

2016年 11月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ASTRACT

Ⅰ. 서 론 ---------- 1

Ⅱ. 이론적 고찰 ---------- 3

1. 철도신호기 장치 ---------- 3

2. 철도 신호기장치의 구성 및 설치 ---------- 10

3. LED 시장의 영향과 LED 평가지표 ---------- 12

Ⅲ. 실험결과 및 고찰 ---------- 18

1. 전차선 가선구간 신호기 유도전압 ---------- 18

2. 작업자의 안전사고 원인 ---------- 19

3. LED형 철도 신호기장치의 장애 원인 ---------- 19

4. 분리형 LED모듈 ---------- 20

5. 분리형 LED 신호기의 제작 ---------- 23

6. LED모듈 표시부 ---------- 25

Ⅳ. 결론 ---------- 28

Reference ---------- 29

감사의 글 ---------- 30

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Tables

Table 1 3위식 신호기의 현시방법 ---------- 9

Table 2 전차선 가선구간 철도신호기 유도전압 ---------- 18

Table 3 최근 5년간 신호기장치 장애현황 ---------- 20

Table 4 전구형 및 LED형 신호등의 비교 ---------- 21

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Figures

Fig. 1 철도신호기의 종류 ---- 4
Fig. 2 출발신호기, 폐색신호기 ---- 5
Fig. 3 중계신호기 ---- 6
Fig. 4 진로표시기(등열식, 문자식) ---- 6
Fig. 5 단등형 및 다등형 신호기 ---- 7
Fig. 6 신호현시별 분류 ---- 8
Fig. 7 임시신호기 ---- 9
Fig. 8 토공구간 신호기 설치기준 ---- 11
Fig. 9 LED 산업시장의 전망 ---- 13
Fig. 10 LED의 발전 역사 ---- 16
Fig. 11 철도신호기 유도전압 측정 ---- 19
Fig. 12 분리형 LED모듈 구성도 ---- 22
Fig. 13 분리형 LED형 신호기 내부 블록도 ---- 23
Fig. 14 LED모듈 제어부 ---- 24
Fig. 15 LED모듈 제어부 제작 ---- 25
Fig. 16 LED모듈 LED표시부 ---- 26
Fig. 17 분리형 LED모듈 신호기 ---- 27

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Optimized Design of Signal Equiment LED module for Trolly Way Section

Kang Jong Soo
Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D.
Electrical Engineering Technology Convergence
Industrial Technology Convergence
Graduate School of Chosun University

The signaling device is installed on the left side of the track to present the conditions of the train to the engineer. Due to the nature of the installation, it is necessary to install it in the section of the cable line. Therefore, when the signaling device fails, the operator must perform the maintenance work up to the top of the signaling device In accordance with the railway signaling system design guidelines, the car lines and signaling devices should be installed at a sufficient distance from each other. However, there is a case where the induction voltage is induced from the high-voltage electric wire (25,000V) to the signal device depending on the installation position, the weather environment, and the grounding condition. In order to prevent safety accidents such as worker's electric shock, We will do more efficient maintenance work by improving the operation method of LED module which is the main cause of failure.

In this study, we analyzed the history of the railway signaling equipment in Korea, the problem of the maintenance of the signaling device and the signaling device of the signaling line, and the cause of the main failure situation of the signaling device, In this paper, we propose the direction of improvement of the signaling device so as to ensure the safety of the operator with quick failure recovery.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서 론

철도시스템은 철도차량과 선로, 철도역과 에너지 공급시설 및 철도관리시스템 등이 종합적으로 맞물려야 움직일 수 있는 과학기술의 집합체로써 기술적으로 전기, 전자, 건축, 기계, 토목, 정보통신공학, 컴퓨터공학 등이 다양하게 혼합되어 있다. 또한, 철도는 자동차와 항공기, 선박 등 다른 교통수단과 비교하여 대량수송과 친환경성 및 안전성은 물론이고 중핵 도시간 또는 도심에서의 중장거리 교통에서 정시성(定時性)과 접근성(接近性)이 좋아 국가 기간 교통망으로 중요한 역할을 하고 있다.

우리나라는 2005년 4월 경부고속철도의 개통으로 전국이 반나절 생활권이 되었고[1] 2015년 5월 호남고속철도는 서울(용산)과 광주광역시를 1시간 40분만에 주파하여 명실공히 대한민국 철도의 르네상스가 도래하였다.[2] 선로와 차량과 함께 철도 3대 안전설비중의 하나인 철도신호설비는 1899년 경인선 노량진에서 제물포 구간이 개통되면서 완목식 신호기와 통표폐색방식을 적용한 이래 지속적인 신호설비에 대한 기술개발 및 설비개량을 통하여 현재에는 열차의 고속·고밀도 운전으로 선로의 효율적 이용은 물론 다양한 운전정보 제공 등 철도통합관리시스템과 연계하여 열차제어 및 철도안전의 핵심적인 역할을 수행 하고 있다.[3]

철도 신호기장치는 선로의 좌측에 설치하여 기관사에게 열차 운전조건에 대해 제시하여 주는 설비로써 설치 특성상 전차선 가선구간에 설치해야 하므로 신호기장치가 고장이 난 경우 작업자는 신호기 상단까지 올라가서 유지보수업무를 수행해야 함에 따라 전차선과 신호기는 철도신호설비 설계지침에 의거 충분한 이격거리를 두고 설치하여야 한다.[4]

하지만 설치위치, 기상환경, 접지상태 등에 따라 신호기장치에 고압의 전차선(25,000V)으로부터 유도전압이 유기되는 사례가 있고 이로 인해 작업자의 감전, 추락과 같은 안전사고 예방하고 작업환경 개선을 위하여 신호기장치의 주요 고장원인인 LED모듈의 운용방법의 개선을 통하여 보다 효율적인 유지보수업무를 수행하고자 한다.[5]

본 연구에서 우리나라 철도신호설비의 역사 및 신호기장치와 가선구간 신

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

호기장치 유지보수 문제점과 신호기장치의 주요 고장현황의 원인을 분석하여 현재 유지보수방법 및 작업환경의 문제점을 도출하여 신호기장치의 고장이 발생한 경우 신속한 고장 복구와 함께 작업자의 안전을 확보 가능하도록 신호기장치의 개선방향을 제시 하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 이론적 고찰

1. 철도신호기 장치

철도신호는 열차의 운전조건을 기관사에게 제시하는 설비로서 열차 진행의 가부를 표시하는 신호와 철도원간 상호의사를 전달하는 전호, 장소의 상태를 표시하는 표지 등이 있으며 표시수단으로 형, 색, 음으로 구분될 수 있다.

철도신호설비는 신호기장치를 비롯하여 궤도회로장치, 선로전환기장치, 연동장치, 폐색장치, 건널목보안장치, 열차자동정지장치인 ATS(Automatic Train Stop), 열차집중제어장치, 열차방호장치인 ATP(Automatic Train Protection) 등으로 구성되어 있다.

또한 철도신호는 열차의 운행조건을 지시하는 신호, 종사원 상호간의 의사를 전달하는 전호, 장소의 상태를 표시하는 표지로 구분되며 또한, 신호는 지상의 고정된 장소에서 항상 설치되어 있는 상치신호기와 선로의 고장 등으로 인해 열차가 통상적인 속도로 운전할 수 없을 때 임시로 설치하여 제한속도로 서행하게 하는 임시신호기 등으로 구분한다. 상치신호기는 그림 1과 같이 기능별 분류, 조작상 분류, 구조상 분류, 신호현시별 분류, 신호현시상태별 분류로 구분할 수 있으며 기능별 분류로는 주신호기, 종속신호기, 신호부속기로 나눌 수 있다.[6]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

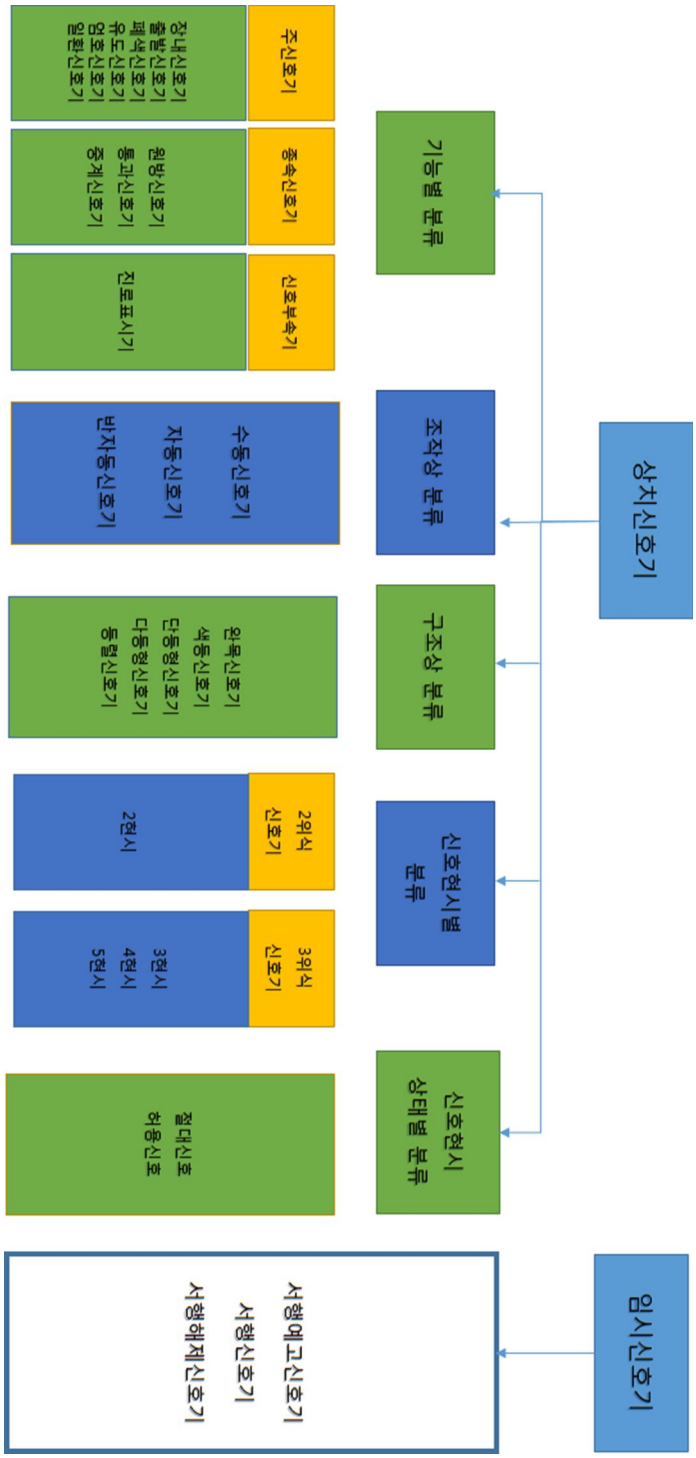

Fig. 1 철도신호기의 종류

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1.1. 기능별 분류

1) 주신호기

일정한 방호구역을 갖는 신호기인 주신호기는 정거장에 진입할 열차에 대해 그 신호기 내방으로의 진입여부를 지시하는 장내신호기와 그림 2에서와 같이 정거장에서 출발하려는 열차에 대하여 그 신호기 내방으로의 진출가부를 지시하는 출발신호기, 폐색구간에 진입할 열차에 대하여 폐색구간의 진입여부를 지시하는 폐색신호기, 주체의 장내신호기가 정지신호를 현시함에도 불구하고 유도를 받을 열차에 대하여 신호기 방향으로 진입할 것을 지시하는 유도신호기 등이 있다.

Fig. 2 출발신호기, 폐색신호기

2) 종속신호기

주신호기의 인식거리를 보충하여 주신호기의 외방에 설치하는 종속신호기는 비자동구간의 장내신호기에 종속하여 그 외방에서 장내신호기의 신호 현시상태를 예고하는 원방신호기, 기계연동장치의 완목식 출발신호기에 종속하

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

여 장내신호기의 하위에 설치하는 통과신호기, 자동구간의 장애, 출발, 폐색 또는 그림 3에서와 같이 엄호신호기에 종속하며 확인거리 부족에 따른 주체 신호기의 신호를 중계하기 위하여 설치하는 중계신호기 등이 있다.

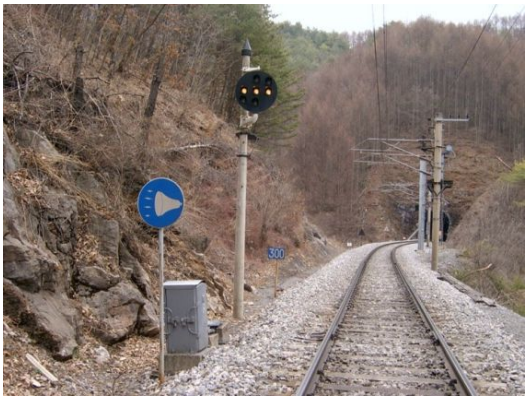

Fig. 3 중계신호기

3) 신호부속기

주신호기의 지시내용을 보충하기 위하여 설치하는 신호 부속기는 장내신호기, 그림 4에서와 같이 출발신호기 또는 입환 신호기를 두선로 이상의 선로에 공용하는 경우 주신호기 하단에 설치하여 진로개통 방향을 나타내는 진로표시기가 있다.

Fig. 4 진로표시기(등열식, 문자식)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1.2. 구조상의 분류

1) 완목식 신호기

직사각형의 완목을 신호기주에 설치하여 주간에는 완목의 위치, 색, 형태에 따라서 신호를 현시하고 야간에는 신호기의 등 색깔에 따라서 진행 또는 정지, 주의, 진행 신호를 표시한다.

2) 색등식 신호기

신호기 색으로 신호를 현시하는 것으로 그림 5와 같이 단등형과 다등형이 있으며 단등형은 색유리, 반사경, 제어계전기, 렌즈 등이 1개의 신호기구에 있고 전면에는 차광판 및 배면판이 부착되어 있다. 제어계전기는 직류유극계전기를 사용하여 초점에 반사경을 설치하여 광선을 집중시킨다. 다등형은 등황색 · 적색 · 녹색의 2~4개의 등을 수직으로 설치하여 2현시에서부터 5현시까지 사용하고 있으며 투시가 단등형에 비하여 월등하게 좋다. 지금까지는 신호기의 발광체는 주로 전구를 사용하고 있으나 최근에는 소비전력이 적고 수명이 반영구적인 초고휘도 발광다이오드인 LED(Light Emitting Diode)형 신호등을 설치하고 있다.

Fig. 5 단등형 및 다등형 신호기

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1.3. 기타분류

표1과 그림 6에서와 같이 현시별 신호기는 수동 및 자동 취급여부에 따른 조작상 분류, 2가지 신호현시로 지시하는 2위식 신호기와 녹색, 등황색, 적색 등 3가지이상의 신호현시로 3현시, 4현시, 5현시로 지시하는 3위식 신호기의 신호현시별 분류, 신호가 현시된 경우 절대로 신호기 내방으로 진입할 수 없는 절대 신호기와 정지신호가 현시된 경우라도 일단 정지 후 제한속도로 진입할 수 있는 허용신호기로 구분하는 신호현시상태별 분류가 있다.

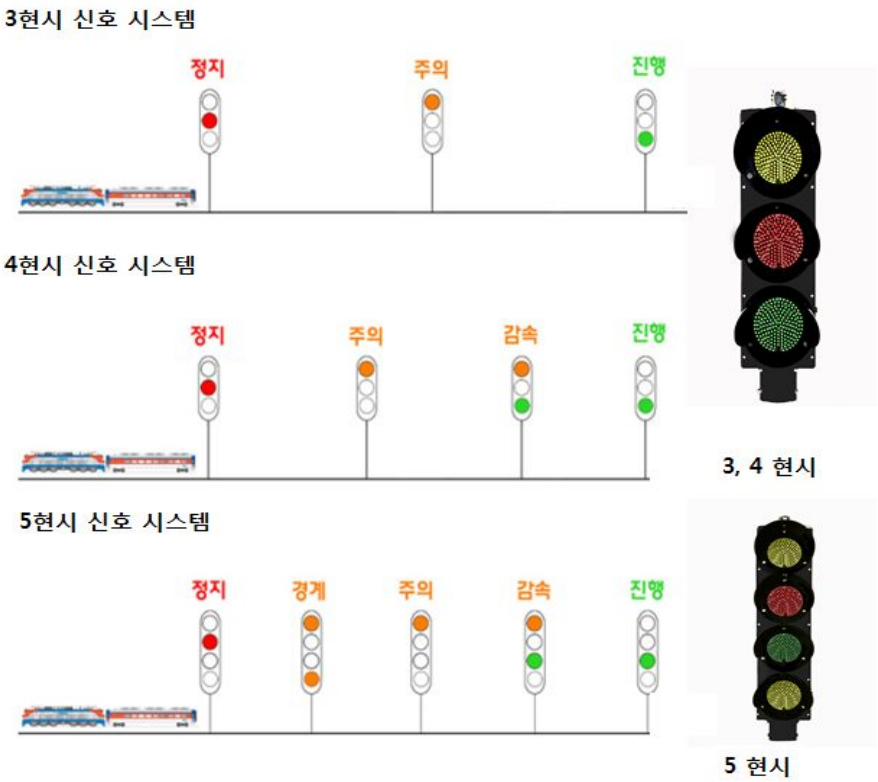

Fig. 6 신호현시별 분류

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 1 3위식 신호기의 현시방법

<table>
<tr><td>3현시</td><td colspan="2">정지(Red)</td><td colspan="2">주의(Y)</td><td colspan="2">진행(G)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4현시</td><td>정지(Red)</td><td colspan="2">경계(YY)</td><td colspan="2">주의(Y)</td><td>진행(G)</td></tr>
<tr><td>정지(Red)</td><td colspan="2">주의(Y)</td><td colspan="2">감속(YG)</td><td>진행(G)</td></tr>
<tr><td>5현시</td><td>정지(Red)</td><td colspan="2">경계(YY)</td><td colspan="2">주의(Y)</td><td>감속(YG)</td><td>진행(G)</td></tr>
</table>

그림 7과 같이 임시신호기는 진행하려는 열차 전방에서 서행신호가 현시되어 있는 것을 예고하는 신호기로써 서행신호기 외방에서 400m지점에 설치하는 서행예고신호기, 서행을 해야 하는 구간을 통과하려는 열차에 대하여 그 구간을 사행할 것을 지시하는 서행신호기, 서행구간을 벗어나는 열차에 대하여 서행이 해체되었음을 지시하는 서행해체신호기가 있다.

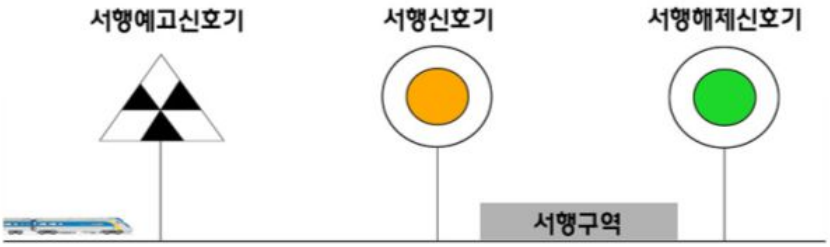

Fig. 7 임시신호기

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 철도 신호기장치의 구성 및 설치

2.1. 신호기구

신호기구는 설치 또는 운반 중에 빗물의 침입 및 렌즈파손 등이 없도록 하고 취부하기 전에 미리 렌즈 등을 잘 청소하고 기구를 정비하여야 한다. 또한 기구의 배선은 노출되지 않도록 기주 내에 수용하고 부득이하게 노출되는 경우에는 전선관에 넣어 방호한다. 기구와 저압선 또는 고압 가송선과의 간격은 케이블에 대해서는 400㎜ 이상, 절연전선에 대해서는 800㎜ 이상, 나선에 대해서는 1,200㎜ 이상 이격하여야 한다. 신호기구와 전차선 또는 귀선과의 간격은 표준규격 및 표준도면에 의한다. 배면판의 설치는 다른 신호기의 확인거리 및 건축한계에 지장을 줄 경우 그 부분을 제거하고 설치할 수 있다.

LED형 신호등 설치 시 사용 전 전원은 AC 50[V]±20%, DC 50[V] ±20% (무극성) 겸용으로 하고, 주간 800m 이상의 투시거리를 확보 하여야 한다. LED신호등의 광도 측정은 신호기 전방 2m에서 실시하며 녹색광원은 400cd~800cd, 적색광원은 300cd~500cd, 황색광원은 100cd~400cd, 청색광원은 350cd~700cd를 확보하여야 한다. LED의 소등율이 30%이상일 경우 소등검지가 작동하여야 하며 LED의 소등율이 50%이상일 경우 소등되어야 한다.

2.2. 신호기주

신호기는 열차를 운행하는 기관사가 확인하기 가장 용이한 장소에 시공하여 신호오인으로 오는 사고가 발생하지 않도록 신중을 기하여야 한다. 출발신호기, 장내신호기, 입환 신호기 및 입환표지등 역구내 신호기와 역간에 설치되는 자동폐색신호기 설치위치는 열차의 진행방향에서 선로의 상부 및 좌

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

측에 설치하는 것이 원칙이며 현장여건상 부득이하게 선로의 우측에 설치할 수 있다.

신호기를 고가구간에 설치할 경우 교량으로 건설되는 고가구간에는 선로중심으로부터 2,300㎜ 외측으로 넓이 600㎜의 교측 보도가 건설되기 때문에 이 교측 보도를 이용하여 신호기를 설치한다. 신호기 기초콘크리트는 교량콘크리트에 세트앵커를 4개정도 타입하고 철근조립 후 넓이를 500㎜로, 높이를 300㎜ 정도로 제작하여 슬래브교량 콘크리트와 접속시킨 다음 그 위에 설치한다.

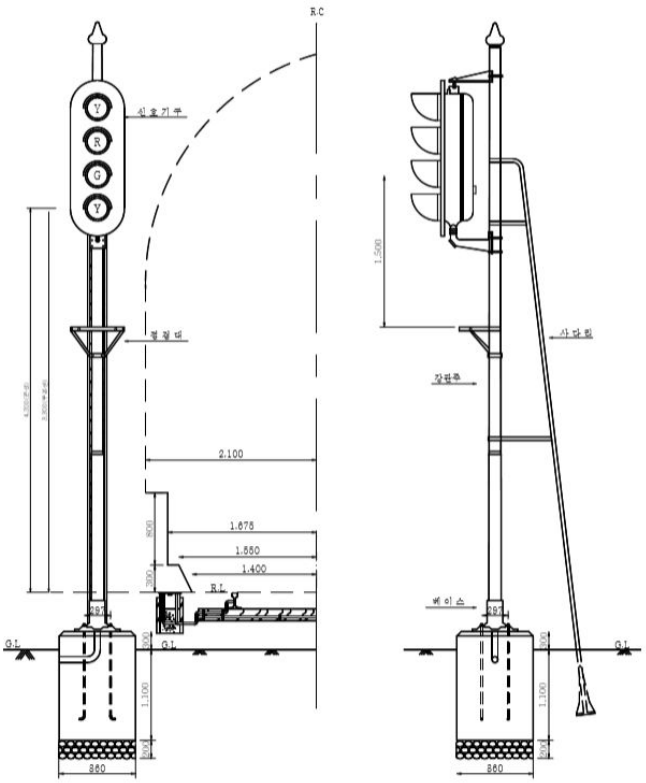

Fig. 8 토공구간 신호기 설치기준

터널구간에 설치할 경우 터널 내에서 신호기를 설치하는 경우에는 제한된 공간 내에서 건축한계에 지장을 주지 않도록 설치하여야 한다. 그러나 토공

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구간에 설치하는 일반적인 신호기는 그림 8과 같이 배면판이 부착되어 있어 터널 벽면에 부착시키기 어려울 뿐만 아니라 건축한계에도 지장을 주기 때문에 지하철에서 사용하고 있는 배면판이 없는 신호기를 설치하여야 하며, 보수작업을 위하여 터널 벽면에 사다리를 설치하여야 한다.

전철주에 설치할 경우 전철화 구간의 역간 신호기는 전철 전주를 이용하여 설치하고 유지보수 점검시 감전사고를 예방하기 위한 신호기 안전망을 설치하여야 한다. 전철주와 신호기와의 상호 간격은 가동빔 이상으로 한다. 그림 8은 토공구간에서 설치할 경우 신호기주를 보여주고 있다. 토공구간에 설치할 경우 토공구간에 설치하는 신호기는 신호기주의 길이에 적합한 콘크리트 근가를 사용하여 건축한계에 지장이 없도록 설치한다.

3. LED 시장의 영향과 LED 평가지표

3.1. LED 세계시장의 전망

빛을 발산하는 반도체 소자인 LED의 시장은 계속적인 급성장을 보이고 있다. 다양한 산업현장에서 사용되고 있는 기존의 등을 향후 10년 안에 LED 방식으로 교체되리라 전망하고 있다.

LED와 같은 반도체 기술의 지속적인 발전으로 광효율이 낮은 기존의 전구의 점유율은 점차 낮아질 것이고 새로운 기술의 조명이 차지할 것은 불보듯 뻔한 일이다. 초기의 LED로의 교체는 고비용이 들었지만 계속적인 개발로 인해 지속적 가격하락과 장기간 유지비용의 절감과 함께 장수명, 안전성, 신속한 재점등과 같은 LED의 아주 다양한 이점들이 기존의 조명을 대체할 수 있는 가능성을 보이고 있다. 독일의 유명한 필립스사는 2020년 DACH(독일, 스위스, 오스트리아) 국가들 조명 시장에서 LED가 차지하는 비율이 대략 75% 이상을 점유할 것이라 전망했다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

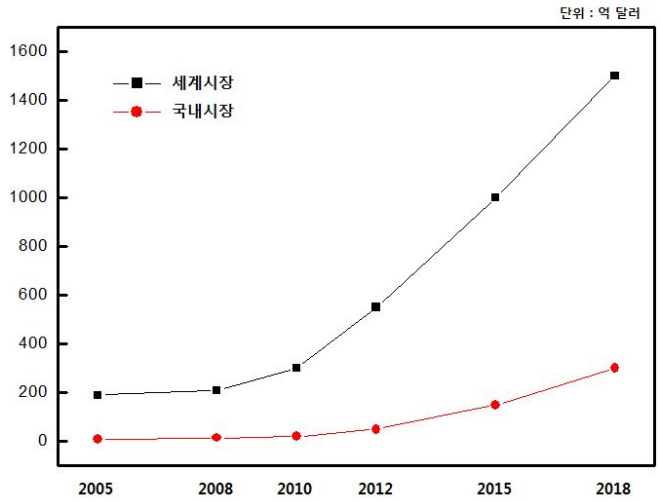

Fig. 9 LED 산업시장의 전망

그 밖의 많은 국가들은 비효율적인 백열등과 같은 조명 시스템을 판매 또는 생산을 금지하거나 단계적으로 폐지하고 있음에 따라서 그동안 점유하고 있던 비효율적인 조명을 단계적으로 폐기하려는 정부의 움직임이 규정에 의해 촉진되고 있으며 LED 조명 사용이 가속화 되고 있다.

세계 LED 산업시장의 규모는 약 546억 달러 이상으로서 현재도 꾸준한 성장을 하고 있으며 앞으로 그림 9에서와 같이 더 큰 규모의 시장을 형성할 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 반도체 소자인 LED 응용의 유연성은 LED가 좀 더 새로운 산업분야에서 많이 활용될 수 있게 하는 원동력이기도 하다. 여기에 LED 복합 가치 사슬 면에서 현존하는 시장뿐만 아니라 새로운 시장에서의 더 큰 성공을 위하여 새로운 화학물질과 새로운 소재는 매우 중요한 요소들로 꼽힌다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3.2. LED 평가 지표

1) LED 효율

효율은 LED를 평가하는데 중요한 요소로서 작용한다. 빛을 내는 LED의 경우, 발광 효율이 LED의 성능을 결정하기 때문에 LED의 발광 효율은 매우 중요하다고 할 수 있다.

$$\eta_e = \eta_{ext}\eta_f$$

η_{ext}; 외부 양자효율

η_f ;급송(feeding)효율

LED 발광 효율은 luminous 효율을 통해 radiant 효율과 관련이 있다. luminous 효율은 상대적인 출력 단위로 측정된 발광 스펙트럼을 이용해서 간단히 구할수 있다. 외부양자효율은 LED를 통과한 전자 수와 여기서 방출되는 광주 수의 비율이다. 즉, 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta_{ext} = \eta_{ini} \times \eta_{rad} \times \eta_{opt}$$

η_{rad} ; 내부양자효율

η_{ini} ; 주입효율

η_{opt} ; 광추출효율

주입효율은 활성층으로 주입된 전자 수와 LED를 통과하는 전자 수의 비이다. 내부양자효율은 활성층에서 재결합된 전자와 정공 쌍의 수와 재결합으로 발광된 전자와 정공 쌍의 수의 비이다. 광추출효율은 활성층에서 생성된 광자 수와 소자 밖으로 빠져나간 광자 수의 비율이다.[7]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2) LED의 열 특성

LED는 반도체이므로 단순히 P-N 접합처럼 보인다. 하지만 LED를 측정하는 것은 겉으로 보기에는 쉬어 보이지만 실제로 매우 어려운 일이다. LED의 열 특성을 해석하는데 여러 가지 어려움이 따르게 되고, 대부분의 LED 소자는 크기가 매우 작기 때문에 어디에 장착하지 않은 상태에서 측정하는 것이 매우 어렵다. 그리고 LED는 다른 반도체소자와는 다르게 빛을 방출하게 되는데 LED의 경우 발광이 열 저항에 있어 핵심이다. 거의 대부분의 반도체 디바이스에서 간단하게 온도 상승분을 패키지에 적용된 전력으로 나누어 줌으로써 열 저항을 계산할 수 있으며, 그 이유는 공급되는 거의 모든 전력이 열로 변환되기 때문이다. 그렇지만 공급된 전기 에너지 중 상당량이 빛으로 전환되어 발광하는 LED는 그렇지 않다. LED의 에너지 변환 효율은 LED유형에 따라 30~40% 정도가 될 수 있다.

열 특성을 측정할 경우 전제 조건 중 하나는 광 출력을 정확히 처리해주는 것이다. LED의 광 출력은 보편적으로 적분구로 설명되어지며 이 때 탐지기를 사용하여 LED 총 방사속과 광속, 기타 광 출력 특성을 측정하게 된다.

테스트 대상의 LED는 측정 중인 LED의 광 출력과 소산율에 변화가 생기지 아니하도록 온도가 통제되는 냉각판에 부착하며 외부의 온도가 차단되는 장비를 사용하여 다양한 온도 값에서 시험할 때 에너지 변환 효율과 광속 등에 온도가 미치는 영향들을 없앨 수 있으며 이렇게 함으로 LED에서 방출되는 광파워를 다른 광파워 속성 및 열저항과 함께 일관성 있는 측정이 가능하다.

현재 국제 표준화 및 기술 위원회를 통하여 LED 열 특성 해석의 표준화를 적극적으로 추진하려 하고 있다. 그렇지만 아직까지 LED에 대한 올바른 광 출력 및 열에 대한 측정을 위해 열과 광테스트를 어떻게 조합해야 하는가를 설명하는 표준은 발표되지 않고 있다. 이런 표준의 필요성은 명백하고 반도체 LED 및 패키지 기술이 점점 발전하고 또한 빛으로 발산되는 전력을 제대

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

로 고려하지 못할 경우에 미치는 영향들이 점점 커짐에 따라서 이러한 필요성은 더욱 증가되고 있다.[8]

3.3. LED의 종류

반도체 소자인 LED의 연구는 1960년대부터 아주 많이 이루어졌다. 1962년에 제너럴일렉트릭(General Electric Company) GE사에서는 닉 홀로니악(Nick Holonyak)에 의해 현재 사용하고 있는 반도체 LED를 처음 개발하였고, 1968년에 3원계 화합물 원소로 이루어진 GaAsP로 된 적색 LED가 몬산토사에서 양산되어 상용화되었다. LED는 백열전구에 비해서 니크롬선이나 철크롬선과 같은 필라멘트가 없어 내진동성이 우수하고, 신뢰성이 매우 높은 장점을 가지고 있으며, 미소 전류로 점등을 하고 동시에 발열이 매우 적은 점 등의 유효한 특징을 활용하여 사용되었다. 그 이후에는 화합물 반도체인 GaAs와 GaP 등 단결정 성장 기술의 발달로 고품질의 기판양산 기술을 확보하게 되었다. 또한 1980년대 후반부터 에너지변환효율이 색 필터를 붙인 백열전구보다 높은 수준을 유지하게 되었다.

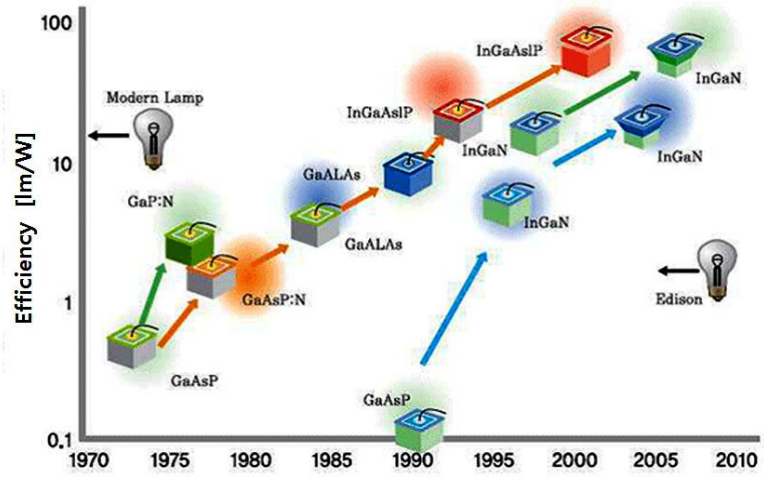

Fig. 10 LED의 발전 역사

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이후 AlGaAs 화합물을 이용한 고휘도발광 적색 LED가 출현하면서 부터 LED가 최근 많이 볼수 있는 자동차의 브레이크 등이나 미등, 적색 신호등 등의 표시장치에 많이 사용되었다. 1992년부터는 AlGaAs 화합물보다 훨씬 휘도를 높일 수 있고, 더 높은 신뢰성을 확보할 수 있는 AlGaInP 화합물이 개발되면서 우리가 말하는 초고휘도 적색 LED가 상용화되기 시작하였다.

사실 이때부터 신호등에 LED의 보급 혁명이 시작되었다. 1993년에는 일본의 니치아사에서 InGaN 고휘도 청색 LED가 개발되고 2년 뒤에 고휘도 녹색 LED가 개발됨에 따라 오랜 숙제이었던 빛의 삼원색 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue) RGB LED가 등장하게 되었다. 또한 1996년에는 청색 LED에 형광물질을 첨가시켜서 백색 LED를 구현하였다. 2000년에는 발광효율이 형광등에 비해 훨씬 높은 100lm/W 이상을 뛰어넘는 고휘도 LED 소자가 개발됨에 따라 반도체 조명의 시대가 찾아오게 되었다. 그림 10에서는 위와 같은 LED의 발달과정과 효율을 나타내고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 실험결과 및 고찰

1. 전차선 가선구간 신호기 유도전압

철도설계지침 및 편람(정보통신) KRI-09010(유도대책), 방송통신설비의 기술기준에 관한 규정, 전력유도전압의 구체적 산출방법에 대한 기술기준에 의거 상시유도 위험전압은 60[V]이하로 관리되어야 한다. 철도 신호기장치는 설치목적상 선로변에 설치되어야 하고 비록 관련규정에 의거 전차선과 1,200㎜ 이격되어 설치되어 있으나 기상환경, 설치위치, 접지상태 등에 따라 고압의 전차선으로부터 신호기에 유도전압이 유기되어 작업자의 안전을 위협하고 있다. 표1에서는 전차선이 가선되어 있는 선로변에서 신호기의 유도전압을 아날로그 테스터기를 이용하여 공통접지부터 철재류 까지 측정한 결과를 나타내고 있으며 그림 11에서는 철도신호기 유도전압 측정 방법에 대해 나타내고 있다. 현장의 신호기장치에 대한 유도전압 측정결과 모든 신호기장치가 안전기준은 만족하고 있으나 개인별 특성에 따라 매우 낮은 전압에도 찌릿함을 느낄 수 있어 이에 대한 개선이 필요하다.

Table 2 전차선 가선구간 철도신호기 유도전압

신호기종류	설치위치	유도전압	일시	날씨	전차선이격거리
출발신호기 (강관주)	장성역	40[V]	6/20	맑음	1,550㎜
장내신호기 (강관주)	광주송정역	3[V]	6/22	맑음	1,900㎜
출발신호기 (강관주)	임곡역	30[V]	6/21	맑음	1,350㎜

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 11 철도신호기 유도전압 측정

2. 작업자의 안전사고 원인

우리나라의 색등식 신호기는 LED모듈을 적용하고 있으며 5현시 신호기구인 경우 Green lamp 1개, Red lamp 1개, Yellow lamp 2개가 설치되어 있고 신호현시 제어조건에 따라 LED램프가 점등하여 기관사에게 신호현시상태를 지시한다.

하지만 신호기구내 LED램프의 고장으로 교체가 필요한 경우 작업자가 상당한 높이에 있는 신호기주를 올라가서 유지보수업무를 수행하는데 특히, 우천시 전차선 가선구간의 경우에는 유도전압이 상승하여 작업자의 안전사고가 발생할 가능성이 매우 높다.

3. LED형 철도 신호기장치의 장애 원인

최근 5년간 신호기장치 장애 현황을 표2에서와 같이 한국철도공사 광주본부에서 2012년에서 2016년까지 신호기장치 장애 중 LED모듈 고장에 의한 장애를 나타내고 있다. 신호기장치의 장애는 2012년에서 2016년 사이 평균 약 15건의 장애가 발생하였다. 장애원인으로는 제어케이블의 절연불량, 퓨즈 융단, 계전기 접촉 불량, LED모듈의 고장 등의 원인이 있었다. 그중 가장 높은 비중을 차지하는 장애원인은 LED모듈 고장에 의한 장애로 최근 5년간 평균 약 9건이 발생하였고 신호기장치 장애의 절반이 넘는 57%이상을 차지하고

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

있다. 특히, 2015년에는 LED모듈 개선품에 대한 현장시험구간으로 광주본부가 선정되어 LED모듈에 의한 초기 신호기장애가 급등하였다.

Table 3 최근 5년간 신호기장치 장애현황

년도	신호기장치 장애건수	LED모듈 고장 원인	비율
2012년	15건	8건	53%
2013년	12건	7건	58%
2014년	11건	5건	45%
2015년	30건	17건	57%
2016년	7건	6건	67%
합계/평균	75건 / 15건	43건 / 9건	57%

4. 분리형 LED모듈

분리형 LED모듈은 기존 전구형 및 단일계 LED모듈에 비교하여 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

5만 시간 이상의 반영구적 수명의 반도체소자인 LED광원을 사용하여 유지보수를 최소화할 수 있으며, 전체 소비전력이 적은 구조로 구성되어 있고, 간단한 조작만으로 기존의 모든 신호설비에 적용이 가능하며 LED표시부와 제어부가 분리되며 제어부와 LED부는 상호 색등간 호환이 가능하다. 주변 밝기에 따라 주간 및 야간으로 구분할 수 있으며 광도를 자동으로 조정이 가능하다. 신호등 내부에서 광원의 점등율에 따라 필요시 주심 및 부심으로 자동으로 전환이 가능하다. LED표시부내 1계, 2계 전환스위치가 있어 사용자가 LED 소등 및 밝기에 따라 선택이 가능하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4 전구형 및 LED형 신호등의 비교

구 분	전구형 신호등	LED형 신호등	비 고
수 명	3,000h 이하	반영구적 (최적화 사용 시 10만시간)	유지보수 감소
전력소모	25 [W]	12 [W] 이하	전력비용 절감
광 도	낮음	매우 높음	확인거리 증가 - 전구 600[m] - LED 1,000[m]
주야조절	기능 없음	광도 자동 조절	적절한 광도 유지

분리형 LED모듈의 구성은 그림 12, 13과 같이 LED표시부와 표시부로 분리하여 구성하고 LED표시부는 1계 LED 180개, 2계 LED 180개, 단자대 연결 컨넥터, 1계/2계 표시 LED, 단자대등으로 구성되어 각 색등별 색상을 표시하고 제어부는 CDS연결부, LED밝기 조절 저항, 단자대 연결 컨넥터, 리셋 스위치, 표시램프, 절체 스위치, 1계/2계 선택스위치, 1계/2계 표시 LED, LED 단자대 연결 컨넥터 등으로 구성되어 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

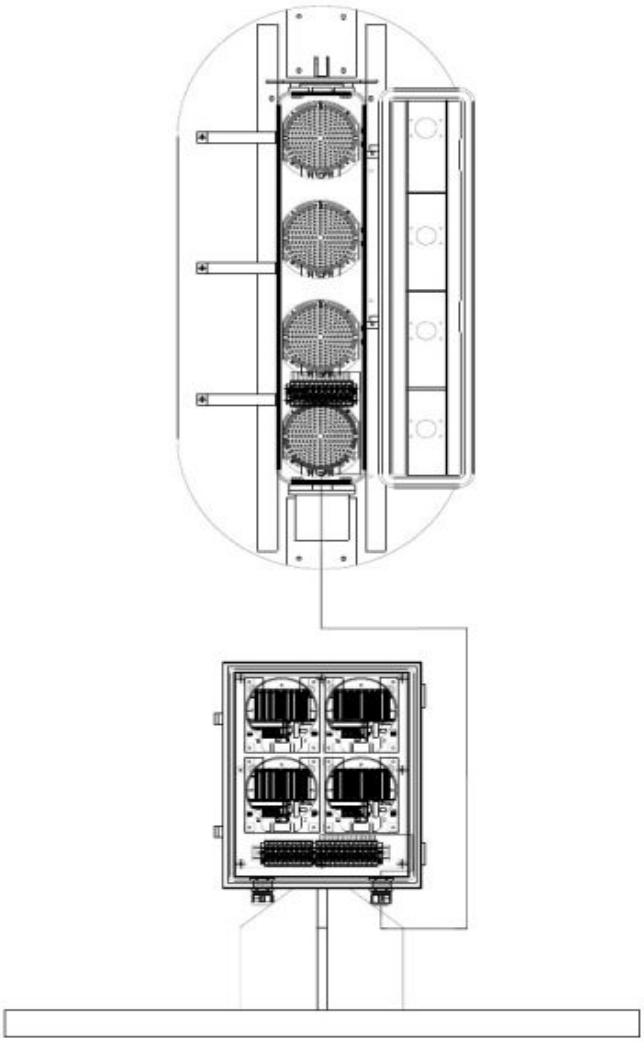

Fig. 12 분리형 LED모듈 구성도

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

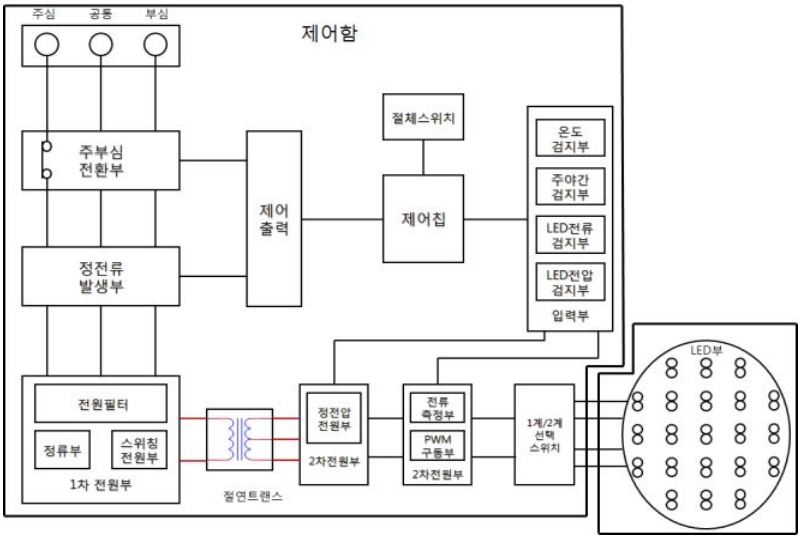

Fig. 13 분리형 LED형 신호기 내부 블록도

5. 분리형 LED 신호기의 제작

1) LED모듈 제어부

그림 14에서와 같은 분리형 LED모듈 제어부는 신호계전기실에서 출력되는 신호현시정보를 받아 LED부에 표시전압을 출력하여 LED표시부를 점등 및 제어할 수 있으며 다음과 같은 기능을 수행하게 된다. 주 · 부심 전환부에서는 평상시 주심라인에 전류를 흐르게 하며 LED 소등률이 30%를 넘게 되는 순간 주심라인을 차단하고 부심라인으로 전류를 공급하게 된다. 정전류 발생부에서는 전류검지 계전기를 동작시키기 위한 동작전류 및 유지전류를 발생시키게 되며, 1차전원부는 외부 노이즈나 전압변동에 대해 1차 전원을 안정화시킨다. 주 · 야간 검지부에는 조도센서(CDS)가 있어 주변 밝기를 측정하여 주/야간 동작모드로 진입한다. 2차전원부는 1차 전원으로부터 안정화된 제어전원과 LED 공급전원을 발생시키게 된다. 또한 입력부에서는 전압, 전류, 온도, 밝기 등의 센서 정보를 입력 받는다. 그

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

리고 절체스위치가 있어 LED신호기가 적용되는 입력전원 AC(그룹), DC(삽입)에 따라 스위치를 조정하고 주변 밝기에 따라 스위치를 절체 할 수 있게 된다. 1계/2계 선택 스위치는 표시부 LED의 소등율에 따라 LED를 1계, 2계를 선택할 수 있는 스위치로 사용자가 1계, 2계를 선택할 수 있다. 전기적 특성은 LED 신호등 모듈은 입력전원으로 직류 35~65[V], 교류 35~65[V]를 겸용으로 사용이 가능하며 내부에서는 정전압 전원장치에 의해 직류 10~18[V]로 변환하여 표시부인 LED에 안정적인 전원을 공급하는 역할을 하게 된다.

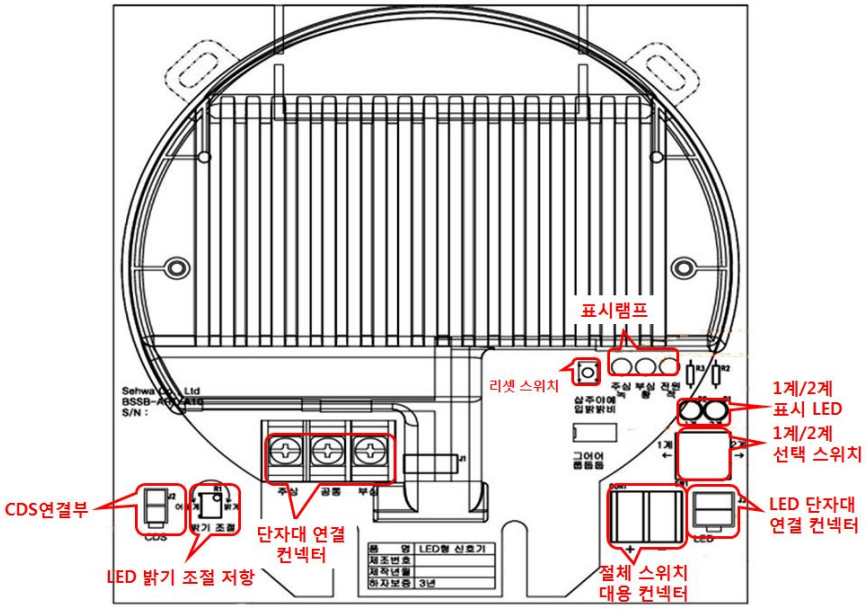

Fig. 14 LED모듈 제어부

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 15 LED모듈 제어부 제작

6. LED모듈 표시부

그림 16과 같이 LED 모듈 표시부는 제어부의 신호현시에 따라 LED를 점등시키는 것으로 신호기 상부에 설치하여 기관사가 신호현시상태를 확인할 수 있으며 가선구간의 경우 유도전압에 의한 노이즈 및 점등 오류현상을 예방할 수 있는 초 고휘도 발광다이오드를 적용하여 설치한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

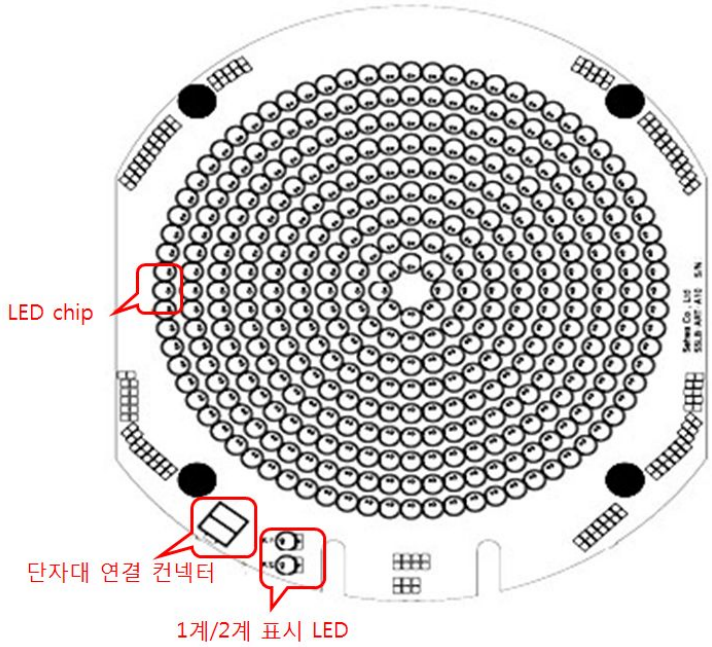

Fig. 16 LED모듈 LED표시부

1) 분리형 LED모듈의 적용

그림 17과 같이 분리형 LED모듈을 적용하였으며, 분리형 LED모듈의 주요 기능은 주·야간에 광도를 자동 조정하는 기능인 빛 감지센서에 의해 야간의 광도가 주간의 40~60%로 자동으로 광도를 조절하게 된다. 광도 조절은 절체스위치에 의해 주·야간에 각각 주변 밝기에 따라 조정이 가능하며, 전류검지계전기 선택 기능 LED 신호등이 설치되는 시스템의 전원의 종류(삽입형 계전기(DC), 그룹형 계전기 방식(AC))에 따라 전환스위치 조작만으로 간단히 선택할 수 있다. 신호기의 상태를 제어부내 LED 표시등을 통해 주심 점등 상태, 부심 점등 상태, 소등 상태, 전원 정상 등의 상태를 확인 할 수 있는 작동 상태 표시기능을 가지고 있다. 표시부의 LED 소등율에 따라 1계/2계 선택 스위치를 통해 LED표시부의 발광하는 LED를 1계/2계로 선택할 수 있는 1계/2계 전환 기능, 내부 설정 변경 또는 배선 변경 후 리셋스위치를 눌러 설정을 초기화할 수 있는 기능들을 가지고 있다.

기존의 LED모듈은 LED표시부와 제어부가 함께 제작되어 있어 신호기에

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

올라가서 유지보수를 시행하여야 하나 다등형 색등식 신호기의 광원을 기존 단일계 LED표시부를 적용하는 방식에서 LED표시부를 이중화를 통한 현시 능력을 최적화하고 제어부와 LED표시부를 분리하여 현장 설치함으로써 유지 보수를 용이하도록 LED모듈을 개선되었다.

Fig. 17 분리형 LED모듈 신호기

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 결론

본 논문 작성을 목적으로 철도신호기장치의 분리형 LED모듈에 대한 제어방법 및 구성방식에 대하여 기 개발된 기술을 바탕으로 그 원리 및 문제점, 그에 필요한 보완전 등에 대하여 연구하였다. 철도신호기장치의 오랜 역사와 지속적인 기술개발에 현재의 눈부신 기술적 성과를 이루었지만 유지보수 환경 변화에 대한 적극적인 대응이 부족한 점 또한 사실이다

실제로 철도현장에서 다양한 보완책이 제시되고 개발되었음에도 불구하고 제조기술 기반 부족 및 비용의 한계로 인해 개선이 지체되고 있으며 철도의 최고 가치인 안전을 등한시된다면 아무리 좋은 기술도 현장적용은 어려울 것이라고 사료된다.

기존의 LED모듈은 LED표시부와 제어부가 함께 제작되어 있어 신호기에 올라가서 유지보수를 시행하여야 하나 다등형 색등식 신호기의 광원을 기존 단일계 LED표시부를 적용하는 방식에서 LED표시부를 이중화를 통한 현시능력을 최적화하고 제어부와 LED표시부를 분리하여 현장 설치함으로써 유지보수를 용이하도록 LED모듈을 개선되었다.

본 논문에서 제안하였던 분리형 LED신호기를 통하여 각 문제점에 대한 해결 방법 등을 제시하였으며 무엇보다 작업자의 안전과 생명을 지킬수 있으며,그것과 함께 장치의 성능 개선함으로써 열차의 안전운행에 기여를 할 수 있고 친환경적이고 안정적인 철도 교통문화를 선도함을 의심치 않는다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Reference

[1] 강기동, 경부고속철도 사업관리의 성과, 대한토목학회지, 대한토목학회지 제52권 제3호, 2004.3, 18-22

[2] 김석원, 한영재, 김진환, 백광선, 전영욱, 노애숙, 2002 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템학회 추계학술대회 논문집, 2002.11, 372-374

[3] 이재호, 이영수, 철도관제시스템의 정보보안에 대한 고찰, 정보보호학회지, 제22권 제5호, 2012.8, 35-39

[4] 김종기, 이종우, 철도 신호보안장치 안전성 규격의 발전동향, 한국철도학회지 제5권 제4호, 2002.12, 25-30

[5] 김순희, 안태기, 김준홍, LED 소자를 이용한 도시철도 위치기반 정보제공 방안연구, 2014년도 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 2014

[6] 이시빈, 유준, 4현시 철도신호체계에서 KTX 및 일반열차의 5현시 신호체계 운행을 위한 시스템 개선방안, 제어로봇시스템학회 논문지 제22권 제2호, 2016.2, 162-169

[7] M.H.Sin,P.J.Kim,"LED packaging technology Introduction", BooksHill, pp.183,2008 (in Korean)

[8] 송영득, "철도 신호기용 LED 패키지 특성 연구", 2014

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

감사의 글

신입생으로 교수님과 재학생 선배님들께 인사드린 것이 엇그제 같은데 벌써 2년의 시간이 흘렀습니다. 대학원 강의실에서 교수님들의 수업을 듣었을 때는 옛 대학 다닐때의 생각도 나고 늘 그렇듯 지난 날을 돌이켜 보면 아쉬움과 후회만이 남는 것은 저뿐만은 아닐겁니다.

이렇게 지면을 통해 저에게 도움을 주심 모든 분들께 감사드리며 특히, 저의 멘토이고 존경의 대상이시며 저를 대학원으로 이끌어주신 박채옥 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 논문작성 및 지도에 성심을 다해주신 조금배 교수님, 열성적인 강의를 해주신 이우선 교수님, 최효상 교수님, 김남훈 교수님을 비롯한 전기기술융합공학과 교수님들께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 마지막으로 학생의 든든한 누님과 같았던 정현숙 선생님에게도 감사드립니다.

마지막으로 오늘이 있기까지 많은 도움을 준 우리가족과 모든 분들께 다시 한번 감사드리며 항상 건강하시고 행복하시기를 기원합니다.

2016년 12월

강종수 올림

Collection @ chosun