



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0147943  
(43) 공개일자 2022년11월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B60L 3/00 (2019.01) B60M 3/04 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B60L 3/0092 (2013.01)  
B60L 3/0069 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0055092  
(22) 출원일자 2021년04월28일  
심사청구일자 2021년04월28일

(71) 출원인  
동산엔지니어링 주식회사  
서울특별시 송파구 충민로 10, 8층 에스18호(문정동, 가든파이브타운)  
(72) 발명자  
김양수  
경기도 안산시 단원구 보화1로 33-1 (와동)  
(74) 대리인  
이재훈

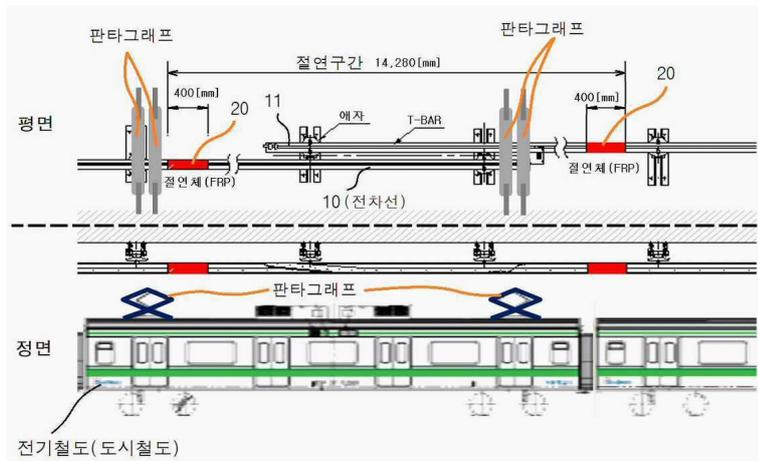
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 전차선 급전구분 시스템

(57) 요약

본 발명은 전기철도의 운전속도, 판타그래프(PANTOGRAPH)의 간격, 에어섹션(Air Section)의 적정 설치위치를 최적화하여 급전구분장치 구간에서 발생하는 전차선 단선을 예방하여 열차의 안전운행 도모할 수 있는 전차선 급전구분 시스템에 관한 것으로, 절연구간내에 구성된 제1전차선과 제2전차선; 및 상기 절연구간내의 상기 제1전차선과 제2전차선을 구성하는 T-Bar의 외주면 각각에 상기 T-Bar의 외주면을 감싸도록 형성되되, 상기 절연구간의 내측방향으로 상기 T-Bar에 미리 설정된 소정길이로 형성되는 절연체(20);를 포함한다. 본 발명의 전차선 급전구분 시스템의 유효길이 조건을 최적으로 제시함으로써 전차선로의 최적 시공, 운영 및 보수 점검 체계의 과학화, 유지보수비용의 최소화, 전차선 단선 사고를 미연에 방지하여 철도의 신뢰도를 향상할 수 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

**B60L 5/24** (2013.01)

**B60M 1/13** (2013.01)

**B60M 3/04** (2013.01)

**B60L 2200/26** (2013.01)

**B60L 2240/12** (2013.01)

**B60Y 2200/30** (2013.01)

**B60Y 2200/91** (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

미리 설정된 절연구간내에 구성되는 것으로, 상기 절연구간내에 구성된 제1전차선(10)과 제2전차선(11); 및 상기 절연구간내의 상기 제1전차선(10)과 제2전차선(11)을 구성하는 T-Bar의 외주면 각각에 상기 T-Bar의 외주면을 감싸도록 형성되되, 상기 절연구간의 내측방향으로 상기 T-Bar에 미리 설정된 소정의 길이로 형성되는 절연체(20);를 포함하여 형성됨을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

미리 설정된 절연구간내에 구성되는 것으로, 상기 절연구간내에 구성된 제1전차선(10)과 제2전차선(11); 및 상기 절연구간내의 상기 제1전차선(10)과 제2전차선(11)을 구성하는 T-Bar의 외주면 각각에 상기 T-Bar의 외주면을 감싸도록 형성되되, 상기 절연구간의 내측방향으로 상기 T-Bar에 미리 설정된 소정의 길이로 형성되는 절연체(20);를 포함하여 형성됨을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 절연체(20)는 상기 절연체(20)의 중량에 따른 마모 및 아크발생량과 전기절도 통과시 정적, 동적압상량은 급전구분구간이 서로 중첩되는 공간을 공기에 의해 전기적으로 분리하는 에어섹션(air section)과 동등 이상의 절연체인 것을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 절연체(20)는 상기 T-Bar의 외주면에 접하는 실리콘계 수지층;과 및 상기 실리콘계 수지층의 외면에 형성되는 FRP보강층;을 포함하고, 상기 절연체(20)는 상기 T-Bar와 볼트체결됨을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 절연체(20)는 상기 T-Bar의 외주면에서 외측으로 5 내지 15mm의 두께와 상기 절연구간의 양측 외측에서 내측의 상기 T-Bar의 외주면에 400 내지 600mm의 너비로 형성됨을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1전차선(10)과 제2전차선(11) 간의 절연구간은,

무가압 시간 단축을 위한 급전구분시스템의 최소길이 14,280mm로 적용 시

상기 절연구간내에서의 전기절도의 판타그래프간의 간격은 14.132mm인 것을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

**청구항 6**

청구항 1에 있어서,

상기 전차선 급전구분 시스템은,

직류 1,500V 지상부/지하부의 전차선로 에어섹션(Air Section) 구간에서 전기적으로 구분을 위한 것임을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서,

상기 전차선 급전구분 시스템은,

전기철도의 최고 속도는 80[km/h]이고,

상기 전기철도의 차량의 팬타그래프 간격이 14,132mm로 적용된 경우 사고전류 또는 부하전류에 의한 에어오버(air over)가 발생되지 않으며,

전기차 자동운전조건, 아크지속시간, 전압계전기 동작시간, 차단기 차단시간 이 고려되어 제작된 것을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

**청구항 8**

청구항 7에 있어서,

상기 전차선 급전구분 시스템의 유효길이 조건은,

직류-직류 급전구분시스템의 경우,

A : 아크의 지속시간 40[ms], B : 전압계전기 동작시간 100[ms], C : 차단기 차단시간(IEC 규정 61992-2 ) 20[ms], D : 여유시간 50[ms] 라 할 때,

총 동작시간 = A+B+C+D = 210[ms]이고,

상기 전기철도의 설계속도는 80[km/h]라 하고, 운전속도 80[km/h] 시 적정 유효길이[mm] 조건은 210[ms] × 80[km/h] = 16,800[mm] 시 적용되는 것을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 전차선 급전구분 시스템에 관한 것으로, 전기철도의 운전속도, 판타그래프(PANTOGRAPH)의 간격, 에어섹션(Air Section)의 적정 설치위치를 종합검토하여 급전구분장치 구간에서 섹션오버(Section Over)에 의해 발생하는 전차선 단선을 예방하여 전기철도의 열차의 안전운행 도모할 수 있는 전차선 급전구분 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 전기철도는 도시 집중화에 따른 대중교통수단으로서 도시간 및 도시 내의 대량, 고속운송 기관으로서 중요한 역할을 담당하고 있다.

[0003] 도시철도는 고속화, 고효율화를 지향하면서 신기술 및 새로운 시스템이 적극적으로 개발·도입되고 있으며, 이중 전차선로 분야는 열차에 안정적인 전력 공급과 안전운행에 밀접한 관련이 있다.

[0004] 전차선로 설비 중 급전구분장치는 전차선로 사고시의 복구작업 또는 일상의 유지보수를 안전하게 수행하기 위하여 일부 구간만 급전을 정지할 수 있도록 하기 위해 필요한 설비이다.

[0005] 급전구분장치(또는 절연구분장치)가 설치된 위치에서 전기차가 정지한 경우, 양측 전차선을 전기차 판타그래프

(PANTOGRAPH)가 단락한 상태로 어느 한 측으로부터 집전하는 경우에는 판타그래프 집전판을 통하여 아크 전류가 흐르게 되어 결국 전차선이나 조가선의 단선사고로 이어지게 된다. 그러므로 급전구분장치는 전기차가 정지할 가능성이 없는 위치에 설치하도록 지정되어 있으며, 신호기와 급전구분장치의 위치 관계에 대해서도 제한이 필요하다.

- [0006] 현재 도시철도 급전구간에서 자동운전시 선행 차량과의 간격 조정으로 불가피하게 급전구분장치가 설치되어 있는 구간에 차량이 정차할 경우, 전차선 상호간에 판타그래프가 접촉되면 전압차로 인한 전차선의 아크열에 의한 용융 절손이 발생할 우려가 있으며, 실제 사고로 이어져 열차운행이 지연되어 승객에게 불편을 주게 되는 사례가 발생하고 있다.
- [0007] 특히, 급전구분장치가 설치된 구간은 판타그래프가 두 개의 전차선간을 복잡한 운동을 하면서 진행하기 때문에 전차선의 이상마모, 피로 및 손상 등이 발생하기 쉬우므로 이러한 특성을 설계에 충분히 반영할 필요가 있다.
- [0008] 도시철도를 운영하는 각국에서는 이러한 문제를 극복하기 위해 국가별 실정(전기차(전기철도, 도시철도 등), 운행선로, 급전계통, 전차선로 가선방식 등)에 맞는 급전구분장치를 독자적으로 개발하여 적용하고 있다.
- [0009] 국내에서의 도시철도 직류급전구간의 급전구분장치는 전기적 및 기계적 구분장치로 구분되며, 전기적 구분장치는 본선 구분용 에어섹션, 상하선 및 측선 구분용 애자형 섹션이 있으며, 기계적 구분장치는 본선 전차선의 기계적 구분을 위해 사용하는 에어 조인트가 있으며, 도시철도 운행구간의 속도향상 및 신뢰도 향상을 위해 급전구분장치의 경량화에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.
- [0010] 다만, 에어섹션(air section)에 대해서는 기존의 설치기준에 따라 운영되고 있으나, 전기차 운행조건을 고려한 기능형 급전구분장치의 개발은 이루어지지 않은 상태이다.
- [0011] 이러한 급전구분장치의 구비해야 할 조건으로는 인장강도가 전차선의 최소파괴하중 이상이어야 하며, 빗물의 침투, 부착물의 형성 등에 의한 절연의 저하가 없고, 내아크성, 내마모성에 강한 재료이며, 진동, 충격 등에 대한 내구성, 내후성이 충분하여야 한다.
- [0012] 한편 전철화율 및 도시철도 운영구간의 확대는 전차선로 시설의 증가로 이어지며, 전차선로 건설에 필연적으로 나타나는 절연구간이 더욱 확대될 것이고, 이에 따라 전기차 운행 조건을 고려한 급전구분장치의 개발에 대한 요구가 증가될 것으로 보여지고 있으며, 도시철도 직류급전구간용 급전구분장치의 국산화를 실현하여 부품공급이 원활하게 함으로써 경제성을 높이고, 사고를 미연에 방지하여 대국민 신뢰도를 향상할 필요가 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0013] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 대한민국 등록특허 10-1743725호
- (특허문헌 0002) 특허문헌 2 : 대한민국 공개특허 10-2014-0004364호
- (특허문헌 0003) 특허문헌 3 : 대한민국 등록특허 10-0910549호
- (특허문헌 0004) 특허문헌 4 : 대한민국 공개특허 10-2018-0075189호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0014] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 제반 단점과 문제점을 해결하기 위한 것으로, 전기철도의 운전속도, 집전장치 간격, 에어섹션(Air Section) 적정 설치 위치를 종합검토하여 급전구분장치 구간에서 섹션오버(Section Over)에 의해 발생하는 전차선 단선을 예방하여 전기철도의 열차안전운행을 도모할 수 있는 전차선 급전구분 시스템을 제공하는 데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0015] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 미리 설정된 절연구간내에 구성되는 것으로, 상기 절연구간내에 구성된 제1전차선(10)과 제2전차선(11); 및 상기 절연구간내의 상기 제1전차선(10)과 제2전차선(11)을 구성하는 T-

Bar의 외주면 각각에 상기 T-Bar의 외주면을 감싸도록 형성되되, 상기 절연구간의 내측방향으로 상기 T-Bar에 미리 설정된 소정의 길이로 형성되는 절연체(20);를 포함하여 형성됨을 특징으로 하는 전차선 급전구분 시스템을 제공한다.

- [0016] 여기서, 절연체(20)는 상기 절연체(20)의 중량에 따른 마모 및 아크발생량과 전기철도 통과 시 정적, 동적압상량은 급전구분구간이 서로 중첩되는 공간을 공기에 의해 전기적으로 분리하는 에어섹션(air section)과 동등 이상의 절연체인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 그리고 상기 절연체(20)는 상기 T-Bar의 외주면에 접하는 실리콘계 수지층;과 및 상기 실리콘계 수지층의 외면에 형성되는 FRP보강층;을 포함하고, 상기 절연체(20)는 상기 T-Bar와 볼트체결됨을 특징으로 한다.
- [0018] 한편 절연체(20)는 상기 T-Bar의 외주면에서 외측으로 5 내지 15mm의 두께와 상기 절연구간의 양측 외측에서 내측의 상기 T-Bar 외주면에 400 내지 600mm의 너비로 형성됨을 특징으로 한다.
- [0019] 또한 제1전차선(10)과 제2전차선(11) 간의 절연구간은, 무가압 시간 단축을 위한 급전구분시스템의 최소길이 14,280mm로 적용 시 상기 절연구간내에서의 전기철도의 판타그래프간의 간격은 14,132mm인 것을 특징으로 한다.
- [0020] 한편 전차선 급전구분 시스템은, 직류 1,500V 지상부/지하부의 전차선로 에어섹션(Air Section) 구간에서 전기적으로 구분을 위한 것임을 특징으로 한다.
- [0021] 여기서 전차선 급전구분 시스템은, 전기철도의 최고 속도는 80[km/h]이고, 상기 도시철도 차량의 팬터그래프 간격이 14,132mm로 적용된 경우 사고전류 또는 부하전류에 의한 에어오버(air over)가 발생되지 않으며, 전기차 자동운전조건, 아크지속시간, 전압계전기 동작시간, 차단기 차단시간이 고려되어 제작된 것을 특징으로 한다.
- [0022] 그리고 상기 전차선 급전구분 시스템의 유효길이 조건은, 직류-직류 급전구분시스템의 경우, A : 아크의 지속시간 40[ms], B : 전압계전기 동작시간 100[ms], C : 차단기 차단시간(IEC 규정 61992-2 ) 20[ms], D : 여유시간 50[ms] 라 할 때, 총 동작시간 = A+B+C+D = 210[ms]이고, 도시철도의 설계속도는 80[km/h]라 하고, 운전속도 80[km/h] 시 적정 유효길이[mm] 조건은 210[ms] × 80[km/h] = 16,800[mm] 시 적용되는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0023] 본 발명의 실시 예에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.
- [0024] 첫째, 전기철도의 운전속도, 집전장치의 간격, 에어섹션(Air Section) 적정 설치위치를 종합검토하여 급전구분장치 구간에서 섹션오버(Section Over)에 의해 발생하는 전차선 단선을 예방하여 전기철도의 열차 안전운행을 도모할 수 있다.
- [0025] 둘째, 전철화율 및 도시철도 운영구간의 확대는 전차선로 시설의 증가로 이어지며, 전차선로 건설에 필연적으로 나타나는 절연구간이 더욱 확대될 것이고, 이에 따라 전기차 운행조건을 고려한 급전구분장치의 개발에 대한 요구가 증가되는데, 전차선로의 최적 시공, 운영 및 보수 점검 체계를 과학적인 기법을 통하여 구축하여 보다 높은 신뢰도 및 유지보수비용을 최소화시킬 수 있다.
- [0026] 셋째, 지속적으로 성장하는 철도시장에서 현재의 전기차 운영에서는 절연구간은 필연적으로 발생하게 되며, 도시철도 직류급전구간용 급전구분장치의 국산화를 실현하여 부품공급이 원활하게 함으로써 경제성을 높이고, 사고를 미연에 방지하여 전기철도나 도시철도를 이용하는 대국민 신뢰도를 향상할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0027] 도 1은 차량, 운전 조건을 고려한 급전구분 시스템에서 무가압 길이를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 지상부 급전구분시스템 구성요건 중 일체형 급전구분시스템 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 지상부 급전구분시스템 구성요건 중 분리형 급전구분시스템 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4(A)(B)는 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템에서 전차선으로 이용되는 T-Bar의 단면과 T-Bar의 외주면에 형성되는 절연체의 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 기존 전차선의 전압, 전류 파형을 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템의 절연체 추가 전차선의 전압, 전류 파형을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템에 모니터링 시스템이 추가된 것을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 전차선에 흐르는 전류 또는 저항과 온도와의 상관관계를 설명하기 위한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0028] 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면에 의하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0029] 아울러, 본 발명에서 사용되는 용어는 가능한 한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며 이 경우는 해당되는 발명의 설명부분에서 상세히 그 의미를 기재하였으므로, 단순한 용어의 명칭이 아닌 용어가 가지는 의미로서 본 발명을 파악하여야 함을 밝혀두고자 한다. 또한, 실시예를 설명함에 있어 본 발명이 속하는 기술 분야에 익히 알려져 있고, 본 발명과 직접적으로 관련이 없는 기술 내용에 대해서는 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 발명의 요지를 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.
- [0031] 전기철도의 열차의 안전운행 도모하기 위해서는 DC-DC 절연구분장치 설치조건에 대한 기술분석이 선행되어야 하는데, 전기차 운전조건 분석(자동운전조건, 아크지속시간, 전압계전기 동작시간, 차단기 차단시간, 기타), 운전속도를 고려한 유효길이 계산, 전기차 팬터그래프 간격에 따른 절연구분장치 길이 계산 등이 필요하다,
- [0032] 또한, 절연구분장치에서의 전차선 용융절손의 원인을 규명하기 위해서는 전차선 마모에 의한 특성변화 분석, 전차선의 전류와 온도와의 상관관계 분석, 부하전류에 의한 온도상승 분석이 필요하다.
- [0033] 기능형 절연구분장치에서 지상용의 가공전차선로용 절연구분장치와 지하용의 강체전차선로용 절연구분장치의 개발에 있어 성능시험은 정적·동적압상량 측정, 차량 최소운행 속도 및 정지형 인버터(SIV) 저전압 감지 시간, 절연체 중량에 따른 마모 및 소음 특성, 시범구간 설치 후 신뢰성 시험 등의 성능평가 및 신뢰성 시험이 필요하다. 또한, 개발제품의 성능, 규격 등 세부요구수준은 다음과 같다.
- [0034] ○ 기술사양
- [0035] (가) 기능
- [0036] - 직류 1,500V 지상부/지하부의 전차선로 에어섹션(Air Section) 구간에서 전기적으로 구분을 위한 절연구분장치의 역할을 하여야 한다.
- [0037] - 도시철도 최대속도 열차통과에 지장이 없이 제작되어야 한다.
- [0038] - 도시철도 차량의 팬터그래프 간격에 따른 사고전류 또는 부하전류에 의한 air over가 발생되지 않도록 제작되어야 한다.
- [0039] - 전기차 자동운전조건, 아크지속시간, 전압계전기 동작시간, 차단기 차단시간 등을 고려하여 제작되어야 한다.
- [0040] (나) 필요조건
- [0041] - 절연체의 재질은 실리콘(silicon) 수지계열의 FRP를 사용하여야 하며, 내마모성 및 내열성이 우수하여야 한다.
- [0042] - 절연체 및 취부금구는 기존 FRP제 섹션인슐레이터 및 절연구분장치를 대체하여 설치할 수 있도록 설계/제작되어야 하며, 취부금구의 기계적 성능은 동등 이상으로 한다.
- [0043] - 각각의 절연체 성능 및 조립 후의 성능은 기존 사용품과 비교하여 동등 이상이어야 한다.
- [0044] - 전기차 통과 시 정적·동적압상량은 기존 에어섹션(air section)과 동등이상이어야 하며, 정지형 인버터(SIV) 저전압 감지 시간을 고려하여 제작되어야 한다.
- [0045] - 절연체 중량에 따른 마모 및 아크발생량 등이 기존 air section과 동등이상이어야 한다
- [0046] (다) 구성

- [0047] - 구성은 절연체 및 조립금구로 구성된다.
- [0049] ○ 검사 및 시험
- [0050] (가) 공장 시험, 형식시험 및 현장시험이 수행된다. 각 시험의 절차사양은 연구수행중 작성되며, 기존 섹션인슐레이터를 기준으로 작성한다.
- [0051] (나) 공장시험
- [0052] - 공장시험은 제작자 장소에서 성능을 만족하는지 확인하는 시험하는 것을 말한다.
- [0053] (다) 형식시험
- [0054] - 형식시험은 현장시험의 전 단계로, 요구하는 성능사양을 만족하는지 확인하기 위하여 공인기관에서 수행하는 시험을 말한다.
- [0055] (라) 현장시험
- [0056] - 현장시험은 실제노선에서 설치하여 기능을 만족하는지 확인하기 위한 시험으로, 일정기간 설치/운영하여 기능에 문제가 없는지 확인한다.
- [0057] 이를 정리하면 다음 표 1과 같다.

**표 1**

개발항목(성능지표)	규격/단위	개발목표	객관적 측정방법
1. FRP 절연체(인장강도)	kN/mm <sup>2</sup>	13이상	KRS(철도표준규격)
2. 절연봉(인장내하중)	kN	55-1분	KRS(철도표준규격)
3. 지상부 절연구분장치	mm	25	EN 50149
4. 지하부 절연구분장치	mm	25	EN 50149
5. 절연T-bar(굽힘하중)	kN/mm <sup>2</sup>	13이상	KRS(철도표준규격)
6. 절연T-bar(내전압)	kV/mm	3이상	KS, KRS
7. 절연T-bar(누설전류)	mA, 5분	1이하	KS, KRS
<b>신뢰성 인증방법</b>	예) EPC(성능인증), NEP, NET, GS, 우수조달제품, 수요처 요구 공인성적서 등		

- [0058]
- [0059] 섹션(SECTION:구분장치)은 전차선의 급전 계통을 구분하여 전차선의 일부분에 사고가 발생하는 경우 또는 일상의 보수작업을 위하여 정전작업이 필요한 경우 등에 급전 정지 구간을 한정하고 다른 구간의 열차 운전 확보를 목적으로 한 설비로서 급전 구분구간에 적용되는 에어섹션(Air Section) 등이 있다.
- [0060] 그리고 에어섹션은 급전구분구간이 서로 중첩되는 공간을 공기에 의해 전기적으로 분리하는 것으로 전차선로에 일정한 간격으로 설치된다.
- [0061] 판타그래프(PANTOGRAPH)는 지붕에 장치한 마름모꼴로 접을 수 있게 짚 틀 위에 가선(架線)과 접촉하는 집전부를 갖춘 것인데 스프링 또는 압축공기의 힘으로 가선이 밀착하도록 밀어 올리는 방식을 이용하고, 전자를 스프링상승식, 후자를 공기상승식이라고 한다.
- [0062] 섹션오버(Section Over) 현상은, 급전구분구간에 열차가 정차할 때 판타그래프에 의하여 양 급전구분 구간 전차선에 접촉되어 에어섹션을 전기적으로 연결시킨 상태로서 양쪽 변전실의 병렬급전 구간에서 에어섹션에 1량의 차량에 설치된 2개의 팬토그래프가 철도차량 내부의 전기적인 폐회로에 의해 단락되어 전동차의 고장이나 전류의 급격한 변화로 인해 아크가 발생함으로써 전차선의 용선 및 화재발생 등의 우려가 있는 것이다.
- [0063] 이러한 에어섹션(Air Section)은 집전부분의 전차선에 절연물을 삽입하지 않고 절연하여야 할 전차선 상호 평행부분을 일정한 간격으로 유지하여 공기의 절연을 이용한 구분장치이다. 본선에서 동상의 구분용으로 사용한다.
- [0064] 에어섹션은 서울메트로의 경우 1~4 호선에 총 90개소(본선 : 84)가 설치되어 있는데, 지상부에 14개소(본선 :

12), 지하부에 76개소(본선 : 72)가 있다.

[0065] 전기철도가 전류에 의해 생기는 열량 Q[cal]는 전류의 세기 I[A]의 제곱, 도체의 전기적 접촉저항R[Ω], 전류를 통과하는 시간 t [sec]에 비례한다.

[0066] 전차선의 온도상승에 대한 이론적 계산을 간략히 설명하면, 에어섹션 구간의 전차선에 3,000A 인가 시 발생하는 열량은 171.8kcal로, 전차선 재료의 용융점은 1,803℃이고, 전차선(Cu 170mm<sup>2</sup>) 단위중량 : 1,511g/m이며, 비열은 0.0924cal/g ℃이다. 그에 따라 전차선 1m에 가해지는 온도변화량은 1,231℃로, 두 도체 간 단락 시 아크발생 최저전압은 15~20V이다.

[0067] 전차선은 판타그래프의 습동에 따라 전기적, 기계적으로 마모되고, 전차선 마모 시 단면적의 감소에 따른 전차선 항상력 저하로 단선이 우려되고, 마모한계는 8.5mm로 설정하고 있는데 이는 표 2와 같이 항장력을 고려한 것이다.

표 2

잔존지름[mm]	잔존면적[mm <sup>2</sup> ]	항장력[kgf]	저항[Ω/km]
15.49	170.00	5900.0	0.1040
15.00	168.22	5838.2	0.1051
14.00	160.74	5578.6	0.1100
13.00	150.41	5220.1	0.1175
12.00	138.20	4796.4	0.1279
11.00	124.67	4326.8	0.1418
10.00	110.21	3824.9	0.1604
9.00	95.13	3301.6	0.1859
<b>8.50</b>	<b>87.45</b>	<b>3135.0</b>	<b>0.2022</b>
8.00	79.72	2766.8	0.2218

마모 한계

[0068]

[0069] 전차선에 흐르는 전류와 온도와의 상관관계를 간단히 설명하면, 도 10a와 같이 단방향 차단기 투입 지속시간을 35초, 전차선 저항을 0.1279Ω/km로 가정하면 전차선 전류 10.73kA이고, 온도는 1,083℃로 전차선 용융점에 도달(단선)하게 된다.

[0070] 그리고 전차선에 흐르는 저항과 온도와의 상관관계를 간단히 설명하면, 도 10b와 같이 단방향 차단기 투입 지속시간을 35초, 전차선 전류를 5,000A로 가정 시 전차선 저항 4.12Ω이고, 온도는 1,083℃로 전차선 용융점에 도달(단선)된다.

[0071] 한편 차량 운전조건을 고려한 급전구분 시스템에서, 직류-직류 급전구분시스템의 길이계산 조건은 A: 아크의 지속시간 40ms, B: 전압계전기 동작시간 100ms, C: 차단기 차단시간(IEC 규정 61992-2) 20ms, D: 여유시간 50ms라 할 때, 총 동작시간(A+B+C+D)은 210ms가 된다.

[0072] 이러한 전기철도 중 도시철도 설계속도를 80km/h라 하고 운전속도 80km/h 시 적정 유효길이[mm]의 조건은 210[ms]×80[km/h] = 16,800[mm]이다.

[0073] 무가압 시간 단축을 위한 급전구분시스템 최소길이[mm] 적용은 14,280[mm]이다. 이때, 여유길이[mm]는 14,280(급전구분시스템 길이)-14,132(판타간격) = 148[mm](차량 SIV 저전압감지 최소시간을 고려한 길이 적용)이다.

[0075] 도 1은 일반적인 전기차량, 운전 조건을 고려한 급전구분 시스템에서 무가압 길이를 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 지상부 급전구분시스템 구성요건 중 일체형 급전구분시스템 구성을 설명하기 위한 도면이며, 도 3은 지상부 급전구분시스템 구성요건 중 분리형 급전구분시스템 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0076] 최적의 급전구분시스템 설계 시 전기차량용 SIV 저전압 감지 최소시간 10[ms] 범위 이내로 요구되어, 급전구분시스템 설치위치 여건에 따라 전동차의 운전속도를 고려하여 SIV장치의 감지조건에 적합한 무가압 길이 선정이 중요하다.

- [0077] 이러한 무가압 길이는
- [0078]  $148[\text{mm}] \times 10^{-3} \times 3,600[\text{sec}] \div 55[\text{km/h}] = 9.68[\text{ms}]$
- [0079] 이다.
- [0080] 이에 따른 설계요구조건은,
- [0081] ① 차량 VVVF 및 SIV(Static Inverter : 전원장치)의 저전압 감지 최소시간 : 10[ms]
- [0082] ② 최소 차량속도 :  $V=0.148[\text{m}] \div 10[\text{ms}] = 14.8[\text{ms}] \rightarrow 14.8 \times 3.6 = 53.28[\text{km/h}]$
- [0083] ③ 전기적 절연이격거리에 부합조건 : 표준 250mm, 최소 70mm, 순시 30mm
- [0084] ④ 구분장치 내 차량이 정차하여 저 전압이 발생할 km당 확률은 0.0148% 이내이다.
  
- [0086] 지상부 급전구분시스템 구성요건 중 일체형 급전구분시스템 구성을 설명하기 위한 도 2를 보면,
- [0087] 정상적인 선로 정적 압상량(Y)은
- [0088]  $Y = s \cdot p/4T = (50 \times 6)/(4 \times 3,000) \times 1,000 = 25[\text{mm}]$
- [0089] S : 경간 50[m], P : 압상력 6[kg/cm<sup>2</sup>], T : 가선장력 3[Ton].
- [0090] 그리고 절연체 설치 시 정적 압상량(Y)은,
- [0091] FRP 절연체 중량 : 수지제 4kg + 체결 이음금구 1kg = 5[kg] / 5kg×7조 = 35[kg], 전차선 단위중량 : 1,511[g/m], 절연체 단위중량 : 2500[g/m](참고사항 : 절연체 중량에 의한 국부마모 발생(교체주기 허용값 : 5mm 이상))이라 할 때,
- [0092] 정적 압상량  $Y = (1,511 \times 50) / [(1,511 \times 35.65) + (2,500 \times 4.28)] \times 25 = 21[\text{mm}]$ 이다.
- [0093] 그러나 이러한 경우 동적 압상량에 대한 추종성 저하로 절연체 국부마모 발생, 마찰소음증가, 접속점 연속으로 안전성 결여, 복구시간 지연 등 예상되는 문제가 발생할 수 있다.
- [0094] 한편 지상부 급전구분시스템 구성요건 중 분리형 급전구분시스템은 도 3에 나타낸 바와 같이,
- [0095] 정적 압상량  $Y = (1,511 \times 50) / [(1,511 \times 46) + (2,500 \times 4)] \times 5 = 23.7[\text{mm}]$
- [0096] 이고, 동적 압상량 : 운전속도 100[km/h] 미만에서 정적압상량의 약 3배인데, 절연체의 자중 감소에 따른 판타 압상력에 대한 추종성이 양호하고, 접속점이 적어 집전마찰 소음이 감소한다.
  
- [0098] 도 4는 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 전차선으로 이용되는 T-Bar의 단면도이며, 도 6은 T-Bar의 외주면에 형성되는 절연체의 실시예를 설명하기 위한 도면이고, 도 7 기준 전차선의 전압, 전류 파형을 나타낸 도면이고, 도 8은 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템의 절연체 추가 전차선의 전압, 전류 파형을 나타낸 도면이다.
- [0099] 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템은 도 4 내지 도 6에 나타낸 바와 같은데, 미리 설정된 절연구간(사구간)에 구성되는 것으로, 절연구간은 급전구분구간이 서로 중첩되는 공간을 공기에 의해 전기적으로 분리하는 것으로 전차선로에 일정간격으로 설치된다.
- [0100] 이러한 전차선 급전구분 시스템은, 직류 1,500V 지상부/지하부의 전차선로 에어섹션(Air Section) 구간에서 전기적으로 구분을 위한 절연구분장치의 역할을 하여야 하고, 도시철도 최대속도 열차통과에 지장이 없이 제작되어야 하며, 도시철도 차량의 팬터그래프 간격에 따른 사고전류 또는 부하전류에 의한 air over가 발생하지 않도록 제작되어야 한다. 또한, 전기차의 자동운전조건, 아크지속시간, 전압계전기 동작시간, 차단기 차단시간 등을 고려하여 제작되어야 한다.
- [0101] 각각의 판타그래프는 폭이 332mm이고, 여유폭은 68mm이며, 절연길이는 400mm인 경우에, 제1전차선(10)과 제2전차선(11) 간의 절연구간은 14,280mm로 구성되고, 상기 절연구간내에서의 판타그래프간의 간격은 14.132mm이다. 물론 이러한 절연구간과 판타그래프간의 간격은 하나의 예일 뿐 변경될 수 있다.

- [0102] 이때, 제1전차선(10)과 제2전차선(11)에는 절연구간사이에서 각각 FRP(fiber reinforced plastics)를 포함하는 절연체가 각각 구성되며, 이러한 절연체(20)는 400 내지 600mm의 너비로 구성될 수 있다.
- [0103] 이를 보다 상세히 설명하면 도 5 및 도 6에서는 전차선을 구성하는 T-Bar가 도시되어 있는데, 이러한 T-Bar의 외주면에 FRP와 같은 절연체(20)가 결합된다.
- [0104] 이러한 절연체(20)는 절연구간 일측과 타측 각각에서 T-Bar의 외주면에 400 내지 600mm의 길이로 절연구간 일측과 타측의 각각에서 절연구간 내측으로 형성되며, T-Bar의 외주면을 감싸도록 형성된다.
- [0105] 그리고 절연체(20)는 T-Bar의 외주면에서 외측으로 5 내지 10mm의 두께로 형성된다. 또한 절연체(20)는 T-Bar의 외측에서 내측으로 삽입된 후 절연체(20)에서 T-Bar의 양측에 미리 설정된 소정간격을 갖고 복수의 볼트(30)와 너트(31)를 이용하여 체결될 수 있는데, 두 개의 볼트와 너트를 이용하여 체결한다고 하였을 경우 절연체(20)에는 볼트체결공(볼트체결부)(21)이 형성되면 볼트 체결공(21)간의 거리를 250mm를 갖도록 구성될 수 있다. 물론 이러한 볼트체결은 하나의 예일 뿐 T-Bar와 절연체(20)의 체결방식을 특별히 한정할 필요는 없다.
- [0106] 본 발명에서는 절연체(20)의 재질은 절연성, 내마모성 및 내열성이 우수하 판타그래프와 습동이 양호한 실리콘(silicon) 수지계열과 FRP를 사용하였다. 이는 전기차 통과시 정적, 동적압상량은 기존 air section과 동등 이상이어야 하며, 정지형 인버터(SIV) 저전압 감지 시간을 고려하여 제작된 것이다. 또한 절연체(20) 중량에 따른 마모 및 아크발생량 등이 기존 에어섹션(air section)과 동등 이상이어야 하며, 앞에서 설명한 표 1에서와 같은 조건을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0107] 이러한 상기 절연체(20)는 상기T-Bar의 외주면에 접하는 실리콘계 수지층(미도시);과 및 상기 실리콘계 수지층의 외면에 형성되는 FRP보강층(미도시);을 포함하여 구성될 수 있다. 상기 절연체(20)가 실리콘계 수지층(미도시);과 FRP보강층(미도시)으로 구성됨으로써, 현저한 절연성뿐만 아니라, 내마모성 및 내열성까지 기대할 수 있다.
- [0108] 상기 실리콘계 수지층의에 사용되는 실리콘계 수지는 실리콘 계열이면 특별히 한정되지 않으나, 전기 절연성, 내열성, 약간의 취성, 내후성을 갖는 것을 이용함이 바람직하다.
- [0109] 상기 실리콘계 수지층에 의해 절연체(20)는 약간의 유연성을 갖게 되어, 외부의 충격이나 진동을 흡수하게 된다. 즉, 진동이나 충격을 감쇄시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0110] 방법에 따라서, 상기 실리콘계 수지층은 (A) 5-비닐비시클로[2.2.1]헵트-2-엔, 6-비닐비시클로[2.2.1]헵트-2-엔 또는 이들 둘의 조합과 1,3,5,7-테트라메틸시클로테트라실록산과의 부가 반응물, (B) 규소 원자에 결합한 알케닐기를 1분자 중에 2개 이상 갖는 실록산계 화합물, 및 (C) 히드로실릴화 반응 촉매를 포함하도록 하여, 내구성을 현저하게 개선할 수 있다.
- [0111] 또한, 상기 실리콘계 수지층은 두께가 얇을수록 실리콘계 수지층의 두께 균일도가 더욱 확보되기 때문에 경화 후 10~500 $\mu$ m 정도가 바람직하다.
- [0112] 상기 FRP 보강층은 내구성과 내충격성 및 내마모성이 우수하며, 녹슬지 않고, 절연 재질로 열에 변형되지 않으므로, 절연체(20)의 물성과 기계적 강도를 현저히 개선할 수 있는 효과가 있다.
- [0113] 이때, 상기 FRP 보강층은 비닐에스터수지 38~54중량%, 저온경화제 0.5~2.8중량%, 고온경화제 0.3~2.5중량%, 내부이형제 0.9~1.5중량%, 표면처리제 0.3~0.8중량%, 저수축제 0.7~2.5중량%, 수산화알루미늄 0.4~4.2중량%, 수산화마그네슘 0.4~3.9중량%, 벨라민 2.8~5.2중량%, 유리섬유 15~24중량%, 탄소섬유 12~18중량% 및 폴리아미드 8~15중량%를 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.
- [0114] 도 7은 기존 전차선의 전압, 전류 파형을 나타낸 도면이고, 도 8은 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템의 절연체 추가 전차선의 전압, 전류 파형을 나타낸 도면으로, 본 발명 전차선(10, 11)의 외주면에 절연체(20)가 형성된 경우 기본 전차선의 전압, 전류 파형은 전차선(10, 11)의 절연구간에 진입 후 기존 장치에서는 아크가 발생되고 본 발명에서는 아크의 발생없이 바로 안정되는 것을 보여주고 있다.
- [0116] 도 9는 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템에 모니터링 시스템이 추가된 것을 설명하기 위한 도면이다.
- [0117] 본 발명에 따른 전차선 급전구분 시스템에 모니터링 시스템이 추가된 실시예는 전기철도 운행 시 절연구간에서 팬터그래프 접촉상태의 영상을 카메라(40)를 통해 모니터링하고, 부하전류 및 사고발생 시 데이터를 모니터링

데이터 수집장치(50)를 통해 수집하고, 이를 데이터 저장/표시 분석장치(60)를 통해 분석하도록 한다. 이를 위하여 모니터링 데이터 수집장치(50)에서는 복수의 카메라(40)를 통해 수집된 영상과 절연구간내의 전차선(10, 11)이나 팬터그래프로부터 부하전류나 사고전류를 수집한 후, 데이터 저장/표시 분석장치(60)로 전송한다. 데이터 저장/표시 분석장치(60)는 PC나 서버로 구성되어 모니터링 데이터 수집장치(50)에서 수집된 영상 데이터와 부하전류나 사고전류 데이터를 메모리나 데이터베이스에 저장한 후 이를 분석함으로써 절연구간내에 구성된 전차선 급전구분 시스템을 구성하는 전차선(10, 11)과 절연체(20)에 의한 급전구분 시스템의 안정성과 기능이 표 1에서와 같은 조건을 만족하는지를 확인할 수 있다.

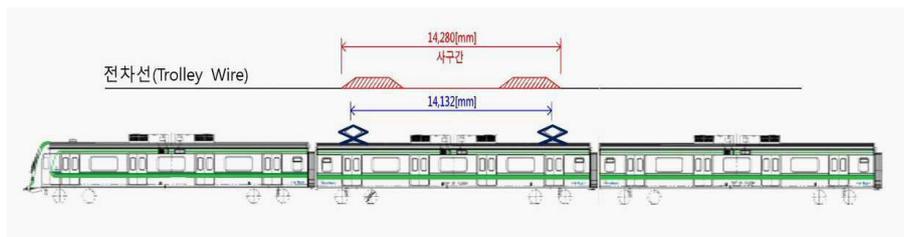
[0119] 이상과 같은 예로 본 발명을 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 예들에 국한되는 것이 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서 본 발명에 개시된 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 예들에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**부호의 설명**

- [0121]
- 10, 11: 전차선
  - 20 : 절연체
  - 30 : 볼트
  - 31 : 너트
  - 40 : 카메라
  - 50 : 모니터링 데이터 수집장치
  - 60 : 데이터 저장/표시 분석장치

**도면**

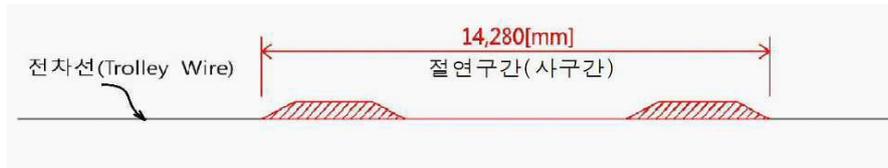
**도면1**



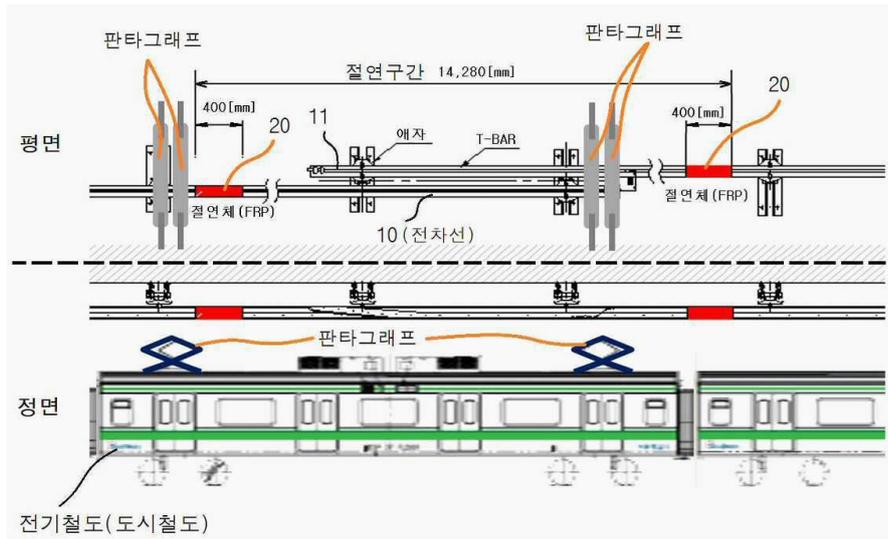
**도면2**



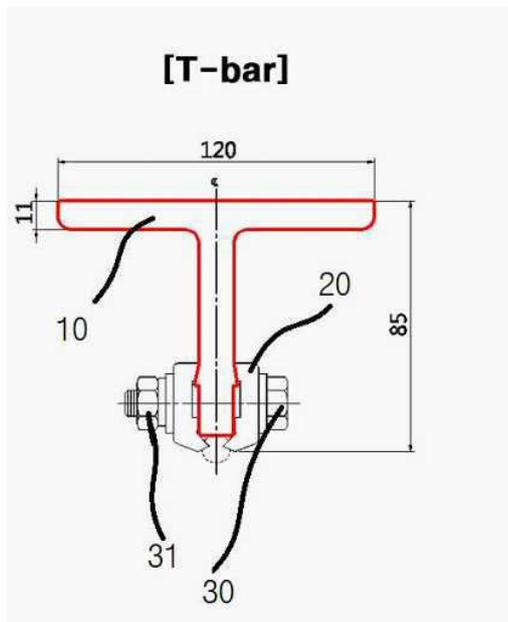
도면3



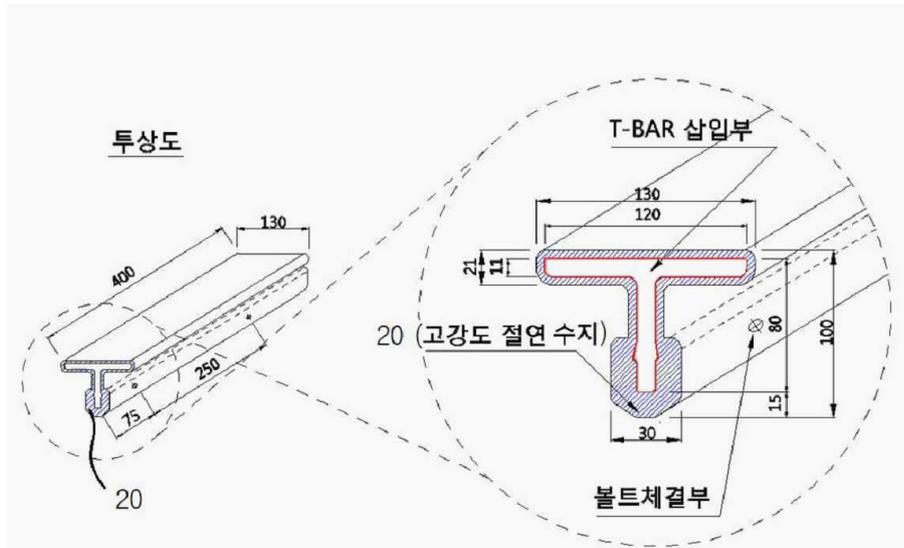
도면4



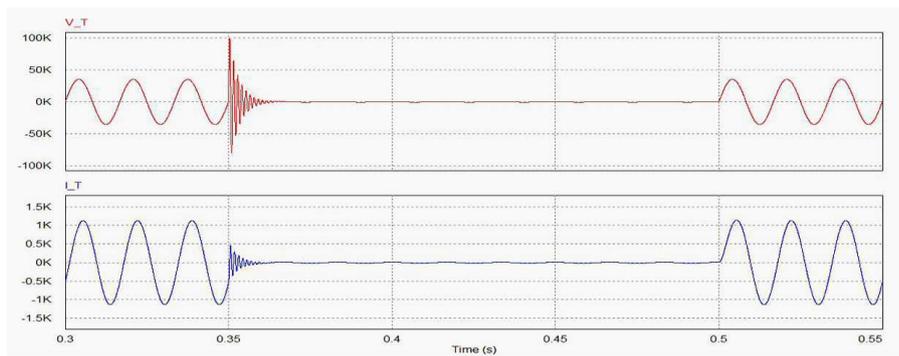
도면5



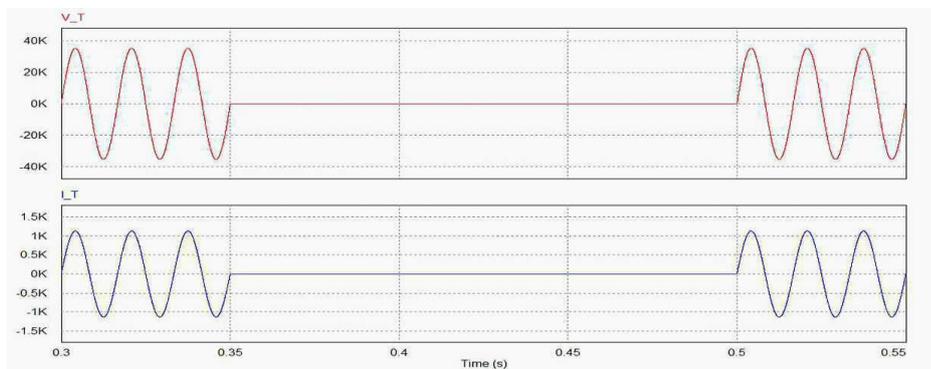
도면6



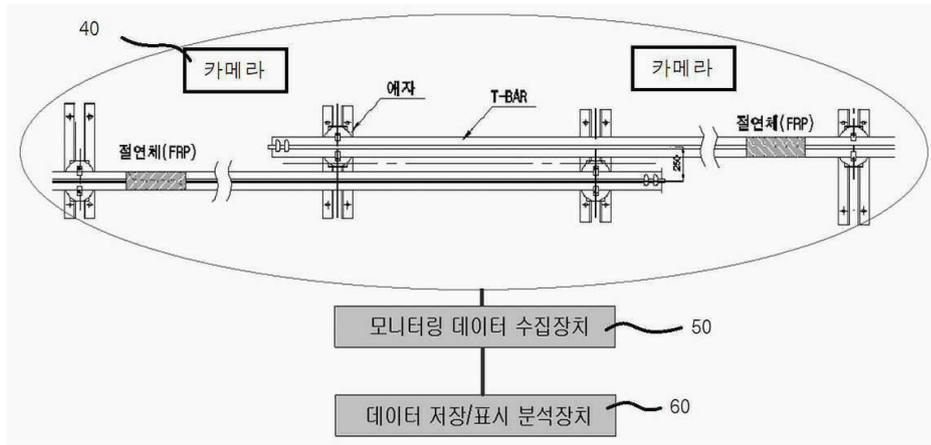
도면7



도면8



도면9



도면10

