

## 원판형 열차위치 검지장치 개발

°정의진\*, 합상웅\*\*, 김봉섭\*\*, 김양모\*

\*충남대학교 전기공학과, \*\* 기계연구원

### Development of a Round Experimental Unit for Train Position Detection

°Eui Jin Joung\*, Sang Yong Ham\*\*, Bong Seop Kim\*\*, Yang Mo Kim\*

\*Chung-nam National University, \*\*Korea Institute of Machinery & Metals

#### Abstract

A rotating experimental unit for the train control is made and the train detection method by the inductive radio line is adopted. In this unit, the inductive radio line is spreaded on the rotor plate and the receiving antennas are equipped on the stator side. The detection circuits for train position and train speed are composed and an application of the train control by PID controller is presented.

#### 1. 서론

바퀴식 철도의 위치검지는 궤도회로(track circuit)를 차륜이 단락하거나 유도부선과 안테나간의 전자기적 유도를 이용하지만 자기부상열차나 고무타이어식 열차는 레일과의 단락회로를 구성할 수 없기 때문에 유도부선코일과 안테나간의 상호유도를 이용하는 열차검지 방식이 사용될 수 있다.

본 논문에서는 일정간격으로 넓히고 좁게한 교차유도선에 교주파신호를 인가하고 차상의 안테나에서 검지하는 열차위치 검지방식을 택하고 원형으로 궤도를 구성하여 회전시킴으로써 열차가 진행하는 것을 가감하여 열차구동장치를 제어하고자 한다. 이 장치의 최고속도를 100 km/h로 하고 열차의 위치 및 속도를 제어함으로써 궁극적으로 실제의 선로에서의 열차제어를 목적으로 한다.

#### 2. 유도부선에 의한 위치검지 원리

유도부선에 의한 위치검지의 원리는 레일 중앙을 따라 교차유도선을 일정간격으로 넓혔다 좁혔다 하는 방식으로 설치한 다음 교주파 신호를 유도부선의 한쪽단에 인가한후 교차유도선 위로 일정간격으로 위치한 차상의 안테나가 유도부선을 지나갈 때 안테나에 유기되는 전압은 유도부선의 두선 간격이 넓혀진 부분에서는 신호가 유기되지만 좁혀진 부분에서는 두선간의 자

장이 서로 상쇄되어 신호발생이 없게 된다. 이와같이 교차유도선의 넓혀지고 좁혀진 구조를 따라 차상의 안테나 신호도 유기되는 부분과 안되는 부분의 변화를 따라가기 때문에 이들 변화를 검출한다면 열차위치 및 속도를 알 수 있게 된다. 또한 루프 선주기의 1/3간격으로 안테나를 3개 설치하면 각 안테나의 신호 주기가 120°의 위상차를 갖게 되어 순서적으로 3개의 안테나 파형을 합하면 루프선 주기의 1/3에 해당하는 파형을 얻게 되어 좀더 세부적인 위치검출이 가능하고 각 안테나의 유기전압 순서를 파악함으로써 열차의 전후진모드 또한 알 수 있다. 그림1은 유도부선의 위치신호검출 과정을 보여주고 있다.

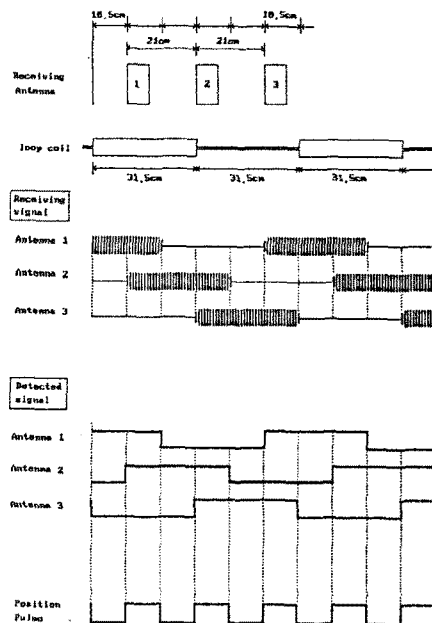


그림1. 유도부선에 의한 위치검출의 원리

### 3. 유도전압 계산

#### 3.1. 유도무선루프

실험장치는 회전원판의 구동을 위해 개별 또는 병렬운전이 가능한 최대출력 30N의 LIM 2대를 회전축에 대하여 대칭으로 설치하였다. 회전체의 리액슨 플레이트로는 알루미늄을 사용하였고 직경은 120cm이다. 이 회전체 3cm위에 목재로된 도너스형 유도무선용 원판이 부착되어 있다.

유도무선코일은 그림2와 같이 등간격으로 넓혔다 좁혔다한 형태의 원형으로 구성되어 있으며 유도무선의 한쪽단에 190kHz의 전력증폭된 정현파를 인가하였다. 유도무선루프의 등가 인덕턴스는 11.14  $\mu$ H로 이 루프로 부터 최대 전력이 방사되도록 캐패시터 0.062  $\mu$ F를 병렬로 연결하여 임피던스 매칭시켰다.

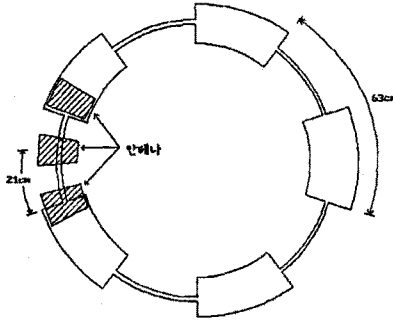


그림2. 회전원판상의 유도무선코일

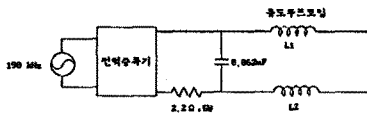


그림3. 유도무선루프 등가회로

#### 3.2. 유도무선으로부터의 유도전계 계산

가로 2 t, 세로 2 b의 사각형의 유도무선에 190 kHz의 고주파 전류가 흐를때 일정거리에 있는 안테나에 유도되는 전압은 비오사바르 법칙에 의하여 한 도선으로부터 일정거리에 있는 점의 자속밀도

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_1^4 \frac{dx_1 \times dr}{r^2} \quad (1)$$

로 나타낼 수 있고 유도무선의 각 코일로부터 한점에 미치는 자속밀도중에서 안테나에 영향을 미치는 z 축방향의 자속밀도는

$$B_z = \frac{\mu_0 I_0}{4\pi} \left[ \frac{y+b}{(y+b)^2+z^2} \left[ \frac{x+l}{\sqrt{(x+l)^2+(y+b)^2+z^2}} - \frac{x-l}{\sqrt{(x-l)^2+(y+b)^2+z^2}} \right] - \frac{y-b}{(y-b)^2+z^2} \left[ \frac{x+l}{\sqrt{(x+l)^2+(y-b)^2+z^2}} - \frac{x-l}{\sqrt{(x-l)^2+(y-b)^2+z^2}} \right] \right] \quad (2)$$

와 같다. 유도루프 전구간으로부터 z축으로의 자속

$$d\phi = \left( \int_b^b B_z dy \right) dx \quad (3)$$

이고 이로부터 안테나에 유기되는 전압은

$$V = - \frac{d\phi}{dt} = - \frac{d\phi}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

이다. 이를 C언어로 계산하여 나타내보면 그림4와 같다.

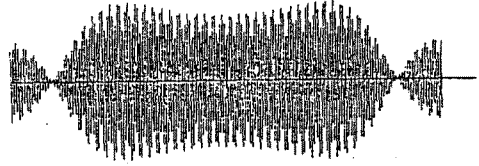
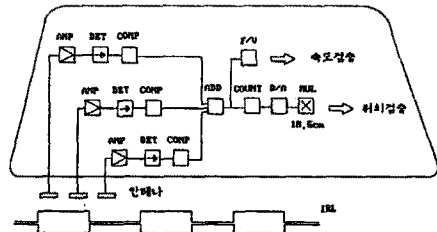


그림4. 유도 전계 계산 결과

### 4. 회로구성 및 실험결과

#### 4.1. 위치 및 속도 검출회로

유도무선을 이용하여 안테나에 유기된 전압으로부터 위치 및 속도를 얻는 시스템 블록도는 그림5와 같다.



AMP : 증폭기  
DET : 검파회로  
COMP : Schmitt trigger  
ADD : 가산기  
COUNT : 디지털 카운터  
MUL : 직산기

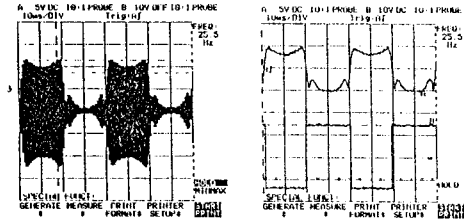
그림5. 시스템 블록도

그림5에서 안테나의 신호를 일정레벨로 고주파 증폭한 후 포락선검파의 과정을 거친다. 3개의 안테나 신호는 일치하지 않으므로 Schmitt trigger회로를 거쳐 구형파 신호를 만든후 합하면 유도루프 한주기의 1/3에 해당하는 구형파 신호를 얻게 된다.

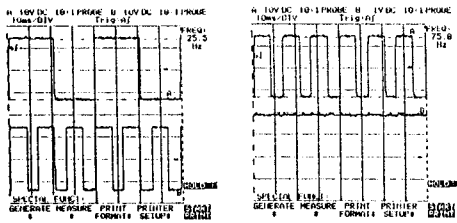
이 신호를 주파수-전압 변환을 하면 속도에 비례하는 신호를 얻을 수 있고 이 신호 1주기가 21cm에 해당하므로 직산하면 질대위치를 또한 알 수 있다.

#### 4.2. 실험결과

회로를 구성하여 회전속도 300rpm(55km/h)일때의 결과를 그림6에 나타내었다.



(a) 안테나 유기전압의 전력중폭 파형 (b) 검파회로 출력전압(위)와 Schmitt trigger 출력 파형(아래)



(c) Adder 입력신호(위)와 Adder 출력신호(아래) (d) Adder 출력신호(위)와 300rpm일때의 F/V 출력의 속도신호(아래)

그림6. 실험결과

(a)는 유도무선에 190kHz 정현파를 인가했을 때 안테나에 유기된 전압을 고주파중폭한 파형이고 (b)는 검파기의 출력파형과 Schmitt trigger의 출력파형을 나타낸 것이며 (c)는 가산기의 입력과 출력파형, (d)는 F/V변환회로의 입·출력전압을 표시하고 있다.

#### 4.3. PID controller 에 의한 LIM 제어

속도신호를 이용한 예로서 회전원판 구동용 LIM의 제어를 위해 PID controller가 이용되었으며 그림7은 LIM 제어회로의 블록도를 나타낸 것이다.

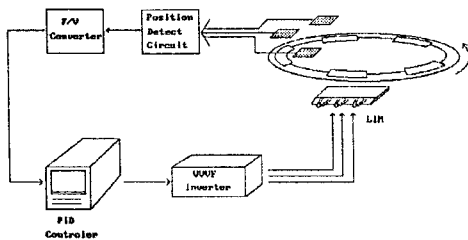


그림7. LIM 제어 응용회로

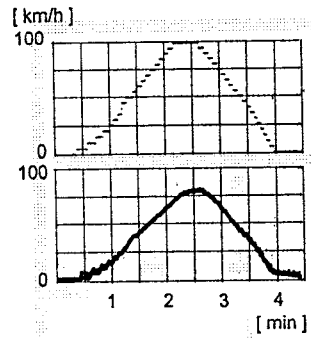


그림8. PID control 결과 파형

그림8은 LIM 속도제어의 결과로서 목표 속도치(위)에 대하여 PID control 된 회전원판의 실제속도(아래)를 나타낸 것이다. 목표치에 대하여 원판의 속도가 잘 추종하고 있음을 알 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 열차구동장치의 제어 및 열차 신호 보안 시스템의 실험을 목적으로 회전원판형 실험장치가 제작되었고 열차 위치 및 속도를 인기위한 회로를 구성하여 최대속도 500rpm (100km/h)까지의 위치·속도를 나타내었고 검지된 위치·속도 신호를 이용하여 PID controller에 의한 회전원판의 속도제어를 하여 보았다.

#### 참고 문헌

- [1] 正田, 藤江, 加藤, 水間, 磁氣浮上鐵道の技術, オ-ム社, 1992
- [2] K. Heinrich and R. Kretzschmar, Transrapid Maglev System, Hestra-Verlag, 1989
- [3] F. Hashimoto, "Signaling System of Maglevtype HSST", MAGLEV'93, pp 411-416, 1993
- [4] 정의진, 김양모, "유도무선에 의한 열차위치검지", 전기학회지, 제42권, 제9호, pp.12-19, 1993.9
- [5] E. J. Joung, H. C. Park, C. I. Park, B. S. Kim, and Y. M. Kim "A Simulator for Train Detection and it's Control by Inductive Radio Line", ISEM'94