

유도무선에 의한 열차 위치검지 방식

정의진 · 김양모
(충남대학교 전기공학과)

A Train Position Detection Method by Inductive Radio Line

E. J. Joung and Y. M. Kim
(Chung-nam National University)

ABSTRACT

In the train position detection for the rail car, which is not able to obtain the short circuit between the track circuit and the wheel, the methods by the inductive radio of non-contact type are applied. It is represented the principles and the methods of the inductive radio train detection on MLU, Transrapid, HSST, M-Bahn, and People Mover for MAGLEV, on Kobe system for the rubber-tired vehicle, and on ICE for wheel-on-rail.

1. 머리말

육상 대중교통 수단으로서의 열차는 자동차와 달리 정해진 궤도 위를 움직인다는 제한성 때문에 전후 열차와의 상대적 운동에 영향을 받고 안정성과 효율적 운영을 위하여는 열차의 위치검지가 기본적인 필수적인 요소라 할 수 있다.

바퀴식 철도의 기본적인 메카니즘이 차륜과 레일로 구성되는 접촉식 방식으로서 일찌기 차륜과 차축을 단락도체로 이용하는 위치검지 방식에 널리 사용되어 왔다. 이것은 일정구간의 레일로 궤도회로(Track Circuit)를 구성하여 전류를 흘리고 이 회로를 차륜과 차축이 단락시킴으로써 궤도회로 끝에 연결된 릴레이의 여자(勵磁)를 끊어 열차의 존재유무를 파악하는 이른바 폐색(Block)시스템이 대표적이다.

그런데 최근 자기부상열차라든가 고무타이어식 철도가 많이 개발 실용화 되고 있는데 이러한 종류의 열차는 차륜과 차축의 단락을 이용한 위치검지가 불가능하기 때문에 일정간격을 유지한 채 비접촉에 의한 유도무선방식이 채용되고 있다. 또한 일부 바퀴식 철도에서도 보다 정밀한 열차제어를 위해 유도무선에 의한 위치검지방식을 채택하고 있는 시스템이 있다.

본 해설에서는 유도무선방식에 의한 열차의 위치검지 방식에 대하여 자기부상철도와 바퀴식 철도로 나뉘어 그 원리 및 방식을 설명하기로 한다.

2. 자기부상식 철도

자기부상식 철도는 크게 리니어 동기 전동기(LSM : Linear Synchronous Motor)와 리니어 유도 전동기(LIM : Linear Induction Motor)에 의해 구동되는 것으로 나뉘는데 이 방식들의 대표적 시스템에 대하여 언급하기로 한다.

2.1. LSM 방식

리니어 동기전동기에 의해 추진력을 얻는 시스템으로 열차의 속도 및 위치에 따라 적절한 주파수의 전원을 공급해야 하고 지상의 전기간에 전력을 공급하는 것 보다 전력공급구간을 열차 길이보다 조금 긴 길이의 구간으로 분할하여 열차가 존재하고 있는 구간에만 전원을 공급하도록 하는 이른바 구분급전제어를 함으로써 효율적으로 전력을 공급한다. 따라서 LSM방식에서는 보다 정확한 속도 및 위치검지가 필수적이다.

2.1.1. 일본의 MLU

MLU는 차상의 초전도 자석을 계자로하고 지상에 부설한 추진 코일을 전기자로 하여 LSM을 구성하고 있어 초전도자석과 지상 추진코일(전기자 코일)의 동기를 취하게 된다.

MLU의 유도선 위치검지방식은 차상의 일정주파수의 위치신호 발신기와 테 모양의 안테나를 탑재하여 신호를 발사하고 지상의 유도선, 위치검지장치에서 신호를 수신하여 안테나의 위치 즉, 열차위치를 검출하게 된다. 위치신호는 차상의 안테나로부터 발신되어 주행로에 따라 설치된 6쌍의 유도선에서 수신한다.

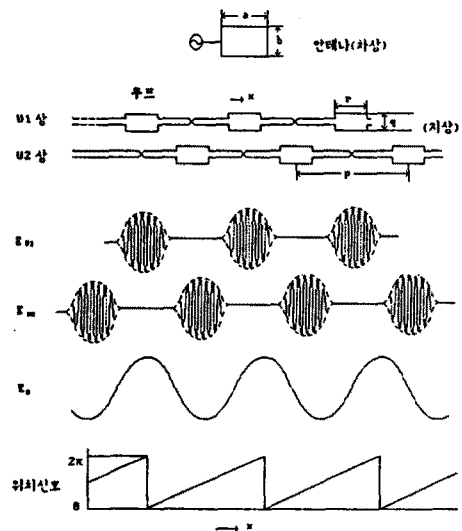


그림1. 위치검지의 원리

유도선은 일정주기(P)로 개방된 형태의 루프를 갖고 루프의 감는 방향을 루프마다 반전시키고 있으며 6쌍의 유도선으로 구성되어 있다. 유도선의 수신전압은 루프 중앙에서 최대이고 루프 중간에서는 0이 된다. 이와같이 U1상, U2상 수신전압을 얻어 한쪽은 +쪽으로, 다른 한쪽은 -쪽으로 정류하여 더하면 x의 합수로 나타내진 정현파 모양의 신호 Eu를 얻는다.

더욱이 유도선 U1, U2로부터 각각 P/3씩 벗어난 유도선 V1, V2, W1, W2수신 신호로부터 (1)식과 120° 씩 벗어난 정현파 신호 Ev, Ew를 얻을 수 있으며 이 3상신호는 3상 회전형 모터의 계자전압이라 생각할 때 합성 자계가 회전자계가 되듯이 안테나의 위치 x를 0°~360°의 위상각으로 나타낼 수 있고 Eu, Ev, Ew로부터 구할 수 있다.

이와같이 하여 수신된 위상신호 0°~360°가 되풀이되는 수를 세면 지상 유도선 코일 길이를 단위로 한 절대길이(위치)를 검지할 수 있어 이것을 급전구분제어, 운전보안제어, 운행제어를 위한 위치검지에 이용하게 된다.

2.1.2. 독일의 Transrapid

또 다른 LSM 방식으로 독일의 transrapid는 지상 1차 리니어 동기 모터 방식의 상전도 자기부상식 철도로 늘 차량의 속도에 맞는 주파수의 전류를 흘려야 하기 때문에 열차 위치검지의 정확성이 요구된다.

Transrapid의 위치검지는 INKREFA(Incremental Vehicle Location System)라고 하는 차량의 센서와 궤도에 붙인 위치기준 돌기판 사이에서 이루어진다. 차량에 탑재된 센서가 위치정보 코드를 지닌 돌기판을 통과함으로써 자속의 변화를 검지하여 절대위치를 검출하게 된다. TR-07의 경우 그 위치정보를 mm파에 의해 제어센터로 데이터 전송하고 센터에서는 위치, 속도 등을 연산, 조사하여 지상의 인버터에서 급전되는 전류의 크기, 주파수, 색을 절환 스위치의 시간등을 조절하는 지령을 내게 된다.

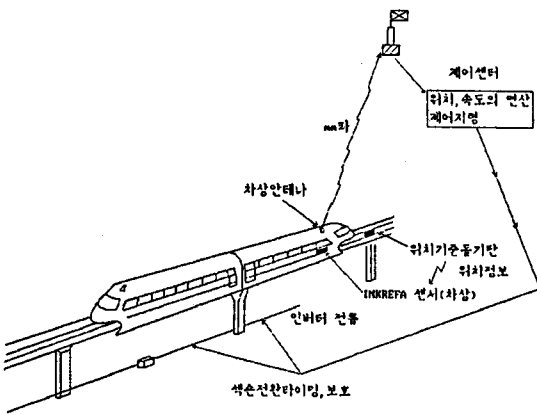


그림2. Transrapid의 위치검지

2.2. LIM

회전형 유도전동기를 절단하여 펴놓은 것이 LIM으로 LIM에서는 추진코일과 리액션 플레이트로 구성되는 구동계가 필요하다.

2.2.1. 일본의 HSST

HSST시스템은 소위 상전도 흡인방식으로 부상 안내되고 차량 1차 LIM에 의해 추진된다. HSST의 위치검지 방식으로는 궤도에 고주파 신호에 의한 거리 마크를 만들고 이것을 차량장치에

서 읽어내 눈금의 증가량을 가산하여 이동거리를 구하는 방식을 택함으로써 거리, 속도정보의 보정도 쉽게 이를 수 있는 것이 특징이다.

이 방식의 지상설비는 고주파 송신장치와 등간격으로 넓혔다 좁혔다한 형태의 루프선으로 구성되고 루프선은 차량장치에 대한 거리마크로서 사용한다. 차량에는 이 루프선에 결합한 테모양의 수신안테나를 갖고 있어 차량이 이동함에 따라 루프선의 넓힌 부분에서는 고주파전압이 유기되지만 좁힌 부분에서는 전압이 유기되지 않아 이 고주파전압을 검출하여 정형하면 지상거리마크에 해당되는 정보를 차량장치에서 얻을 수 있다.

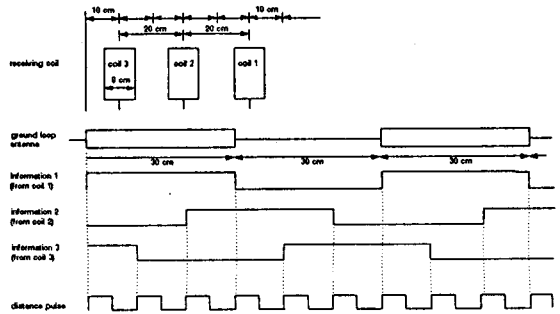


그림3. 거리검출용 안테나와 루프회선

차량의 수신안테나에는 수신코일 3개를 설치하여 그 배치를 지상의 루프선의 1/3주기의 길이로 등간격 배치하면 1주기 길이의 이동에 대해 수신 코일로부터의 출력신호를 비교하면 1/3주기만큼 차가 있어 출력신호 상호간에 120°의 위상차를 갖는 거리정보로서 재현되는 셈이다.

수신코일의 출력신호는 그 발생순서를 검지함으로써 차량의 실제 이동방향을 알 수 있기 때문에 후퇴검지정보의 검정신호로도 사용되는데 그 출력전압의 변화점을 검출하여 논리계산을 함으로써 1/6 주기 길이인 10cm까지의 거리정보를 읽을 수 있다.

신호보안을 위한 열차 검지방식은 고주파에 의한 연속 검지 check-in check-out 방식으로 폐색마다 설치된 루프회로와 열차의 전후부에 장비된 송신 안테나 사이의 정보전송에 의해 열차의 존재를 검지한다. 이 루프회로는 자동열차제어장치로 사용하는 전송로와 공용한다. 따라서 열차 검지의 단위는 폐색구간으로 되어 개별 열차의 위치 검지로서는 검지단위가 크지만 위치를 나타내는 루프선으로부터 10cm단위 정보를 얻기 때문에 이를 적산하면 특정 위치정보를 얻을 수 있다.

그림4는 통신용 케이블과 messenger wire를 겸비한 패턴벨트의 구조와 크기를 보인 것이다.

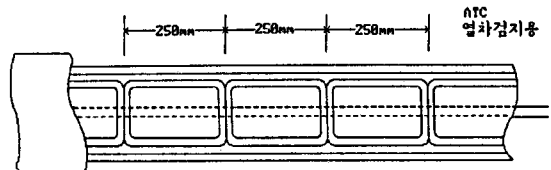


그림4. 패턴벨트

