

무절연구간을 위한 열차위치검지방식 검토

A review of the train position detection method for neutral section with energized condition

이태훈† 이시빈* 홍현표* 이희순* 박기범**
Tae-hoon Lee See-bin Lee Hyun-pyo Hong Hee-soon Lee Ki-bum Park

ABSTRACT

The high speed line and conventional line are a single-phase AC feeding system; and power supplies of different phases meet at SS(SubStation)s or SP(Sectioning Post)s. These sections should be negotiated with the main circuit breaker in the traction vehicle switched off, whereby the length of the neutral zone prevents the pantographs shunting adjacent overhead line section. In order for electric railway vehicles to make power running there, there must be a power supply changeover section (approx. for 1km), where a changeover switch changes a power supply to the other power supply of a train running direction sequentially.

For a thorough changeover switching control, the precise train position detection is necessarily required. In this paper, to realize the ground-based train position detection method, configuration scheme of train position detection equipment is suggested by using track circuit and axle counter.

1. 서론

고속선과 일반선은 AC 단상 급전시스템이고, 각 상은 변전소(SS : SubStation) 및 급전구분소(SP: Sectioning Post)에서 분리된다. 변전소 및 급전구분소 통과시 전기차량은 주차단기를 차단해야 하고 절연구분장치의 길이는 판토틀로 인접상간의 단락을 보호하여야 한다. 전기차량이 절연구간을 주차단기 차단없이 통과하기 위해서 전원공급이 되는 절환구간(약 1km)이 있어야 하며, 절환스위치는 순차적으로 열차 진행방향으로 한 상전원에서 다른 상전원으로 절체되어야 한다.

정밀한 자동절환제어를 위해서는 열차위치의 정확한 검지가 반드시 필요하다. 본 논문에서는 지상기반 위치검지방식의 구현을 위하여 궤도회로와 차축계수기를 사용한 차량 위치검지방식의 구성방식을 제안하였다.

2. 열차위치검지방식

열차위치검지방식은 차상기반 열차위치검지방식과 지상기반 열차위치검지방식이 있으며, 본 논문에서는 지상기반 열차위치검지방식 중 궤도회로방식과 차축계수기방식 위주로 설명하고자 한다.

2.1 궤도회로

궤도회로는 1872년 영국의 윌리엄 로빈슨에 의해 발명되어, 1910년대에 궤도회로에 의한 열차제어방식이 널리 보급되면서 오늘날에 이르고 있다. 그림 1의 궤도회로 원리에서 레일을 전기회로의 일부로

† 책임저자 : 비회원, 한국철도공사, 연구원
E-mail : Leeth74@korail.com
TEL : (042)615-4711 FAX : (02)361-8542

* 비회원, 한국철도공사, 연구원
** 비회원, 한국철도공사, 전기기술단

사용하여 회로를 구성하고, 차량의 차축에 의해 레일간을 단락함에 따라 열차의 유무를 검지하기 위한 전기회로이다.

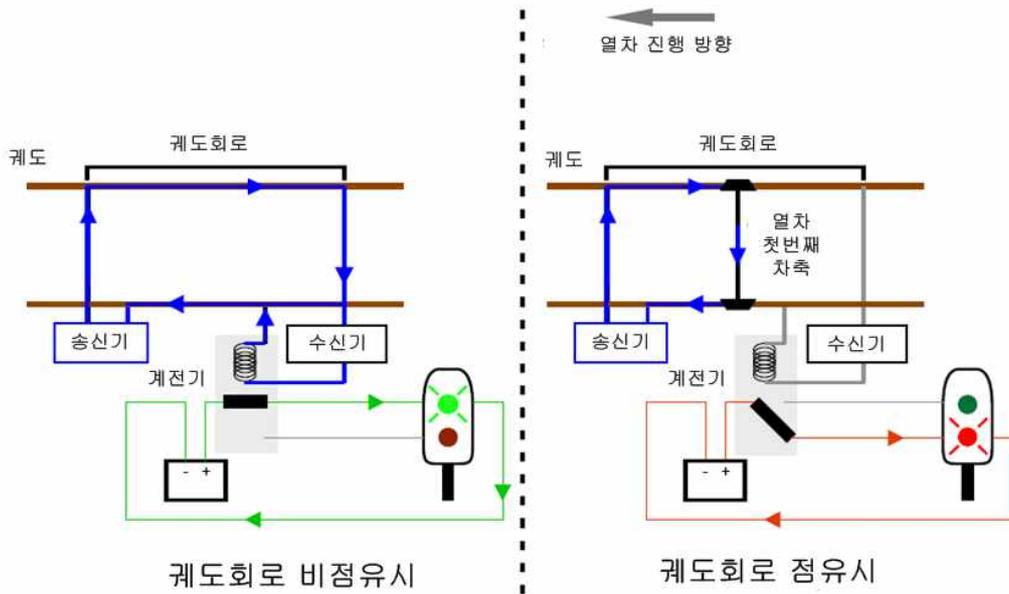


그림 1. 궤도회로 원리

2.2 차축계수기

차축검지기는 전자기 유도방식으로 열차의 차륜을 검지하고, 이렇게 검지된 정보는 차축검지 유니트를 통하여 차축검지 제어기로 전달한다. 차축검지 유니트는 차축검지기에 의해 구분된 지역으로 차량이 진입, 진출할 경우 차축 검지를 통해 열차를 검지하고 검지 정보의 처리를 위해 차축검지 제어기로 정보를 전달된다. 열차가 차축검지기 지역 내로 진입하면 차축검지 제어기는 전자기 유도 변화로 열차의 차축 수를 카운팅한다. 차축검지 제어기는 차축검지기 지역 내의 진출 차축의 개수와 진입 차축 개수 차이를 근거로 하여 폐색구간의 점유상태를 결정한다. 그림 2는 차축검지기를 나타낸다.



그림 2. 차축검지기

3. 한국철도공사 궤도회로 현황

한국철도공사에서 적용하고 있는 궤도회로장치는 임펄스궤도회로 57.2%(10,879개), 바이어스궤도회로 11.8%(2,218개), 직류궤도회로 12.6%(2,420개), PF궤도회로 0.3%(49개), AF궤도회로 18.1%(3,434개)로 약 19,000개 이다. AF궤도회로에서 유절연궤도회로는 10.3%(353개)이고, 무절연궤도회로는 89.7%(3,081개)이다. 고속차량이 운행되는 궤도회로는 주로 AF궤도회로이므로 고속선 UM71C와 일반선 TI21 무절연 궤도회로를 위주로 설명하고자 한다.

3.1 고속선 궤도회로(UM71C) 특성

프랑스 Ansaldo STS(ex CSEE)사에서 제작하여 국내 고속선에 설치된 UM71C 궤도회로는 ATC(Automatic Train Control)용 궤도회로로 궤도구간의 구분시에 무절연 방식을 채택하여 좀 더 기능적이고 열차의 진동을 방지할 수 있는 시스템으로 설계되어 있다. 궤도구간의 구분시, 인접 궤도구간과의 중첩을 유도하여 열차검지를 연속적으로 하며 실내설비와 선로변 설비로 구분된다.

국내 고속선 궤도회로의 정보전송을 위한 반송주파수는 2040[Hz], 2400[Hz], 2760[Hz], 3120[Hz]를 사용한다. 각 궤도구간마다 할당된 주파수의 신호를 25.68[Hz]의 신호와 FM(Frequency Modulation) 변조로 조합하여 항상 열차의 궤도점유 상황을 검지하며 열차가 궤도구간으로 진입하면 궤도주파수 신호가 수신부로 전달되지 않는 것을 이용하여 ATC 신호를 열차로 전송한다. 표 1은 상선 및 하선에 대한 궤도회로의 반송주파수 종류를 나타낸다.

ATC 신호는 0.88[Hz]~17.52[Hz]사이의 주파수를 0.64[Hz] 간격으로 할당하여 27[bits]로 구성되며, 각 비트마다 할당된 주파수들을 합성하여 궤도주파수를 FM 변조하여 레일쪽으로 송신한다. 이때 송신부는 각 궤도구간에서의 신호의 감쇠를 고려하여 신호를 증폭한 후 송신부측으로 전송하게 된다. 송신부에는 자체적으로 신호의 레벨을 검지함으로써 자기진단기능을 수행하여 오동작을 방지한다. 27[bits]의 ATC 신호는 열차의 속도, 그 궤도구간의 길이, 점유 중인 궤도구간에 할당된 코드 등의 정보로 구성되어 있다. 수신부는 ATC 신호를 검지하지 않고 열차의 유무만을 검지하게 되어 있으며, 이에 따라서 FM 변조된 궤도신호를 복조한 뒤 이를 증폭하고 이 신호를 전기적인 지연장치를 통과시켜 신호에 잡음이 포함되는 것을 방지한다.

우리나라 고속선에서 사용 중인 UM71C 궤도회로는 약 1,500[m] 간격으로 설치하며, 사용주파수는 4가지로서 인접 궤도회로 또는 반대선 궤도회로에는 서로 다른 주파수를 사용하여 궤도회로간의 간섭을 배제한다. 그림 3은 반송주파수를 교대로 사용하는 배열을 나타낸다.

표 1. 고속선 궤도회로의 반송주파수 종류

궤도 주파수	궤도	
	하선(T1)	상선(T2)
F1	2040 [Hz]	2400 [Hz]
F2	2760 [Hz]	3120 [Hz]



그림 3. 고속선 반송주파수 배열

3.2 일반선 무절연 궤도회로(TI21) 특성

일반선 고속차량 통과구간에 설치된 TI21 무절연 궤도회로는 Bombardier에서 개발된 AC 또는 DC 전철화 구간 어느 곳에서나 사용이 가능한 궤도회로로 표 2와 같이 1,532~2,610Hz의 가청주파수(Audio Frequency)에서 A~H 8종류의 AF 궤도회로 주파수를 A/B, C/D, E/F 및 G/H의 4조로 구성하여 사용한다. 4조로 구성된 TI21 무절연 궤도회로장치는 하나의 궤도에 1조씩을 구분해서 A와 B를 교대로 사용한다. 동일한 선로에는 동일한 1조의 주파수를 교대로 사용하며 2조의 주파수를 동일한 선로에 설치하지 않는다. 그림 4와 같이 궤도회로는 무절연이고, 인접 궤도회로의 전기적 분리는 두 개의 동

조유니트를 사용하여 20[m]케도의 인덕턴스를 동조시킴으로 구성되어 있다.

표 2. 일반선 TI21 궤도회로의 주파수

궤도	주파수 유형	공칭 주파수(Hz)	저주파수 (-2Hz~+1Hz)	고주파수 (+2Hz~-1Hz)	복선 경우	복복선 경우
1	A	1,699	1,682	1,716	상선	상1선
	B	2,296	2,279	2,313		
2	C	1,996	1,979	2,013	하선	하1선
	D	2,593	2,576	2,610		
3	E	1,549	1,532	1,566	-	상2선
	F	2,146	2,129	2,163		
4	G	1,848	1,831	1,865		하2선
	H	2,445	2,428	2,462		

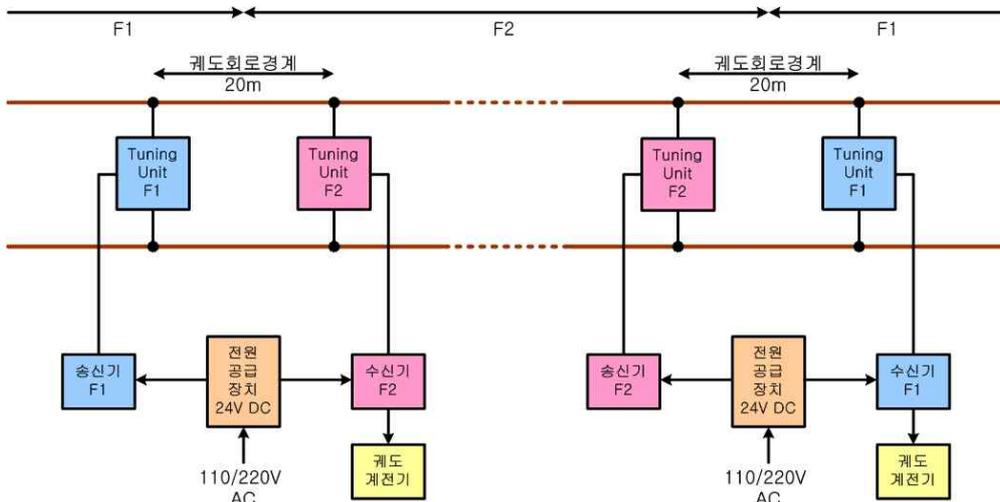


그림 4. 일반선 TI21 무절연 궤도회로 구성

4. 절연구간 무접점 자동전원절체 통과시스템

4.1 시스템 구성도

급전 절연구간은 두 개의 에어섹션(air section)과 전력용 반도체소자 그리고 에어섹션 사이에 절연구간(neutral section)이 약 1km의 독립적인 급전구간으로 그림 5와 같이 구성되어 있다. 급전 절환장치는 열차검지시스템에서 제공되는 출력에 근간으로 이 구간에 전력을 공급하는 변전소의 급전전원을 스위칭하게 된다. 따라서, 급전 절환구간에서 전력용 반도체소자의 스위칭동작과 절연구간의 상태는 다음과 같이 설명하고자 한다.

먼저, 차량검지회로(sectioning track circuit)에 열차가 없는 경우 전력용 반도체소자 ABB-1은 on되고 ABB-2는 off된다. 이때 절연구간은 변전소 A로부터의 전력공급을 통해 가압된다. 열차가 차량검지회로로 이동할 때, 절환 제어조건은 열차검지시스템에 의해 출력된다. 이 조건에 따라 ABB-1이 off되고 ABB-2가 on된 후에 변전소 B는 절연구간에 전력을 공급하기 시작한다. 열차가 차량검지회로를 벗어나면 다시 ABB-2는 off되고 ABB-1은 on된다.

이 제어가 정확하게 동작하지 않는다면 전차선은 팬터그래프를 통해 단락되고 과전류가 급전선에 흐르게 되어 급전선이나 팬터그래프가 소손되는 심각한 사고로 이어진다. 따라서 열차검지시스템은 정해진 시간 또는 그 이내에 절환 제어 조건을 정확하게 출력하여야 한다.

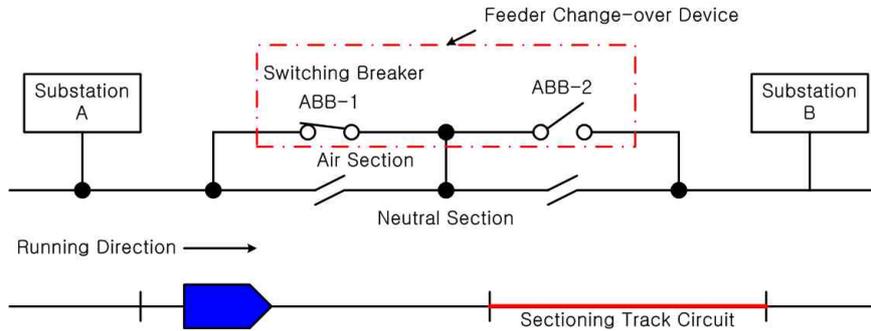


그림 5. 신간선 절환구간

4.2 지상기반 열차위치검지방식 구성안

우리나라의 경우, 지상기반 열차위치검지는 주로 궤도회로를 사용한다. 우리나라를 비롯하여 대부분의 국가에서는 궤도회로를 사용하는 반면, 독일 등 일부 국가에서는 차축계수기에 의한 열차위치검지를 적용하고 있다. 절연구간 무접점 자동전원절체 통과시스템을 위한 열차위치 검지방식은 궤도회로를 근간으로 하고 차축계수기를 병행하여 적용하는 방법을 제안하고자 한다.

고속선 및 일반선에 적용시 절환시스템에 정확한 열차위치검지 신호를 제공하기 위해서 궤도회로 길이가 재산정되어야 한다. 고속선의 경우 반송주파수를 이용하여 열차에 코드화된 연속정보데이터를 전송한다. 전송라인은 양쪽레일에 의해 구성되어지고, 수신기는 송신기와 반대쪽에 연결되며, 보내진 전류는 궤도의 유도성분 때문에 감쇠되어진다. 전기적인 조정과 전송레벨의 향상을 위해서 레일에는 일정한 간격으로 보상콘덴서가 설치되는데 콘덴서의 수량은 궤도회로의 주파수와 길이에 따라 달라진다. 우리나라의 경우 전체 4개의 반송주파수를 사용하는데 2040Hz와 2400Hz에서는 60m간격으로 설치되며, 2760Hz와 3120Hz에서는 80m간격으로 일정하게 설치된다.

AF 궤도회로를 약 400[m]와 에어섹션(air section)을 고려한 800[m]이상의 폐색길이가 필요할 것이다. 또한, 절연구간(neutral section)은 최소 800m 이상이어야 하며, 정방향 및 역방향 운행을 고려하여 2개의 궤도회로와 3개소의 차축계수기를 구성하였으며 그림 6과 같다.

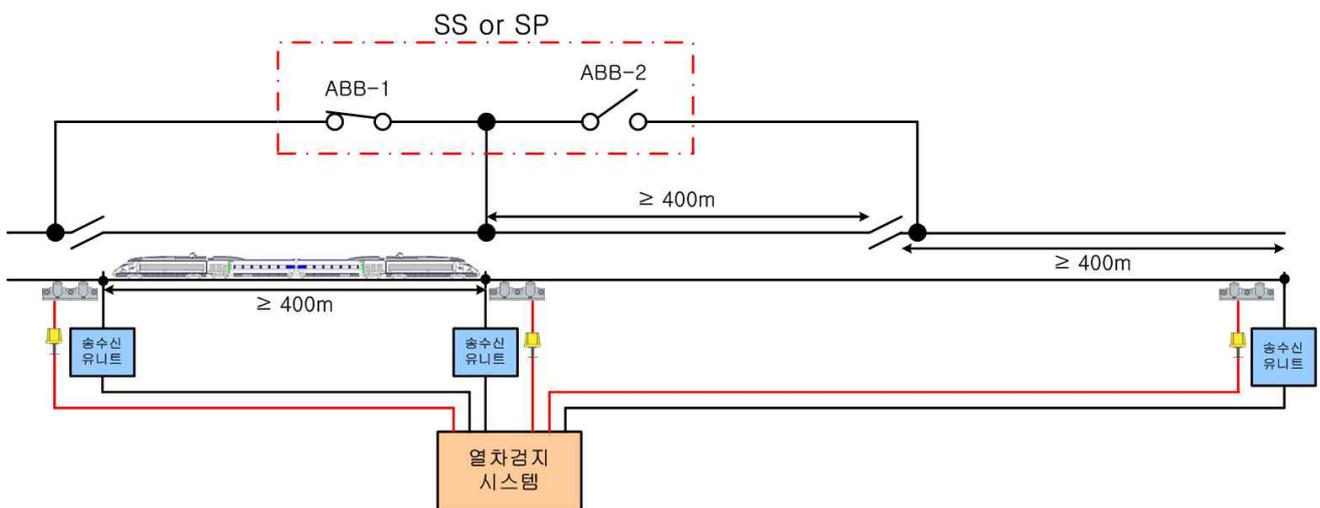


그림 6. 열차위치검지방식 구성안

5. 결론

고속선과 일반선은 AC 단상 급전시스템으로 되어 있으며, 각(M or T) 상은 변전소 및 급전구분소에서 분리되어 있다. 따라서, 변전소 및 급전구분소 통과시 전기차량은 주차단기를 차단해야 하고, 절연구분장치의 길이는 판토품으로 인접상간의 단락을 보호하여야 한다. 즉, 전기차량이 절연구간을 주차단기 차단없이 통과하기 위해서 절연구간 무접점 자동전원 절체통과시스템 기술개발을 국가 R&D사업으로 진행하고 있다.

정밀한 자동절환제어를 위해서는 열차위치의 정확한 검지가 반드시 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 지상기반 위치검지방식의 구현을 위하여 폐색구간을 분할하고 폐색경계 구간에 차측계수기를 설치하여 이중화로 구성된 차량 위치검지장치의 구성방식을 제안하였다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행하고 있는 미래철도기술개발사업(09PRTD-C052096)의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관련기관에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김영태, “철도신호제어시스템”, 개정4판, 테크미디어, 2006
2. 한국철도표준규격, “무절연가칭주파수(AF)궤도회로”, KRS SG 0038-09(R), 2006
3. T. Igarashi, T. Matsuki, K. Nemoto, T. Onishi and H. Nakano, “New STCS(the Sectioning Track circuit Control System) for Shinkansen using digital technology”, ICEE2005, 2005.
4. 한국철도표준규격, “무절연가칭주파수(AF)궤도회로”, KRS SG 0038-09(R), 2006
5. 한국철도시설공단, “철도설계편람(신호편)”, 상권, 2004
6. 강덕원, 이종성, 민영기, 성장곤, “Axle Counter를 이용한 열차위치 검지 및 ATP 방호 방안”, 한국철도학회 추계학술대회논문집, 2009
7. 한국철도공사 전기기술단, “전기업무자료”, 제16호, 2009
8. 박기범, “절연구간 무접점 자동전원절체통과시스템 기술개발”, 미래철도기술개발사업 제1차년도 중간보고서, 2010