

고속선 ESJ에서의 차상신호파형 왜곡특성 분석

이태훈, 박기범, 윤차중, 서정호, 이해재
KORAIL

Analysis of Cab Signal Waveform Distortion Characteristics at ESJ of HSL

Lee, Tae-hoon, Park, Ki-bum, Yun, Cha-jung, Seo, Jeng-ho, Lee, Hae-jae
Korea Railroad Corporation

Abstract - 본 논문에서는 우리나라 고속선에서 사용 중인 UM71C 궤도회로의 ESJ(Electrical Separation Joint : 전기적 절연 구간)에서 정상 운행상태에서의 검측데이터 파형과 살수 및 수동살사의 요인에 따른 파형을 비교 및 분석하였다. 차상검측시스템에서 차상신호파형의 왜곡특성을 분석함으로써 지상과 차상간의 인터페이스 분석 및 열차의 안전운행을 확보하기 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

1. 서 론

궤도회로는 1872년 미국 로빈슨에 의해 발명되어 1910년대에 널리 보급되었다. 그리고 그 후 열차제어는 궤도회로를 기반으로 발전을 거듭하면서 지금에 이르고 있다. 궤도회로 기반의 열차제어시스템은 궤도회로의 단락감도에 대한 고려와 지상설비의 규모가 크고 유지보수의 어려움 때문에 궤도회로에 대한 문제점이 제기되고 있다. 특히, 단락감도에 대한 요인으로 레일과 차륜 사이에 살사로 인한 모래, 레일의 부식, 강풍에 의해 쌓인 낙엽 등에 의해 지상신호의 수신에 대한 불량한 상태가 경우에 따라 발생한다.

KTX는 1번 대차 A축, 3번 대차 B축, 21번 대차 B축, 23번 대차 A축에 살사장치가 설치되어 있다. 살사장치는 철도차량의 출발시 또는 구매에서 차륜과 레일 사이에 모래를 분사함으로써 차륜과 레일 사이에 접촉력을 높이기 위하여 사용되며, 차량의 비상 제동시에도 작동한다.

전기적 절연 구간에서 차상검측시스템으로 정상운행상태와 살수 및 살사에 따른 검측데이터의 파형을 비교 및 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 고속선 궤도회로(UM71C) 특성

프랑스 CSEE사에서 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 구분시에 사용되는 ESJ은 인접 궤도구간과의 중첩을 유도하여 열차검지를 연속적으로 하며, 실내 설비와 선로변 설비로 구분된다.

2.1.1 UM71C 궤도회로의 구조

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 1>은 상선 및 하선에 대한 궤도회로의 반송주파수 종류를 나타낸다.

<표 1> 궤도회로의 반송주파수 종류

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

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 FM변조하여 레일쪽으로 송신한다. 이때 송신부는 각 궤도구간에서의 신호의 감쇠를 고려하여 신호를 증폭한 후 송신부측 ESJ으로 전송하게 된다. 송신부에는 자체적으로 신호의 레벨을 검지함으로써 자기진단기능을 수행하여 오동작을 방지한다. 27[bits]의 ATC 신호

는 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.

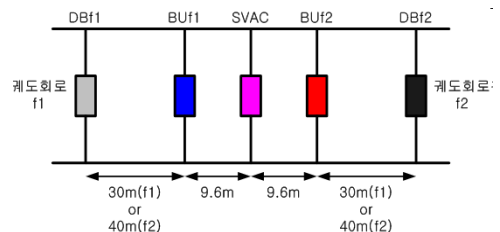
우리나라 고속선에서 사용 중인 UM71C 궤도회로는 약 1,500[m] 간격으로 설치하며, 사용주파수는 4가지로서 인접 궤도회로 또는 반대선 궤도회로에는 서로 다른 주파수를 사용하여 궤도회로간의 간섭을 배제한다. <그림 1>은 반송주파수를 교대로 사용하는 배열을 나타낸다.



<그림 1> 반송주파수 배열

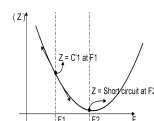
2.1.2 ESJ 구성

무절연 AF(Audio Frequency) 궤도회로는 궤도구간을 전기적으로 구분하기 위해 ESJ를 이용한다. ESJ는 궤도구간의 전기적인 구분을 위하여 일종의 LC공진회로로서 동작한다. 2개의 동조유닛(BU : Tuning Unit)와 그 사이의 공심인덕터(SVAC : Air Core Inductor)로 구성되어 있다. 양극자 블록장치(DB)는 동조유닛의 단락기능 고장시 대신 역할을 한다. 두 개의 동조유닛은 각각 직렬공진회로와 병렬공진회로로 작용한다. 따라서 인접한 궤도구간의 궤도신호는 ESJ에서 서로 중첩되므로 열차검지의 연속성을 보장받을 수 있다.

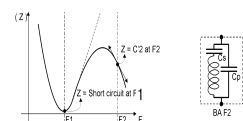


<그림 2> ESJ 구간

<그림 3>과 같이 F1 동조유닛에서 주파수 F1의 공진회로는 C1 값을 가진 커패시터로서 동작한다. 그리고 주파수 F2에서는 직렬 자기용량 공진회로에 의해 단락 기능을 한다.

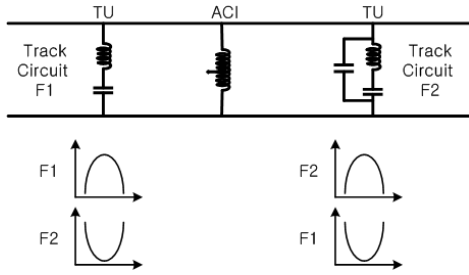


<그림 3> F1 동조유닛



<그림 4> F2 동조유닛

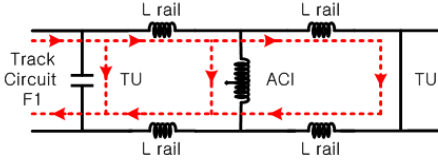
<그림 4>에서는 F2 동조유닛에서 주파수 F1에서는 인덕터로서 동작되는 공진회로로 단락 기능을 한다. 커패시터는 이 주파수에서 용량성의 임피던스 C2로 여기에 병렬로 연결된다.



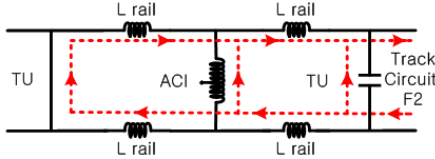
〈그림 5〉 ESJ 구간의 회로도

〈그림 5〉에서 ESJ 구간은 인접한 궤도회로의 궤도주파수 F1에 대하여 직렬공진 동조유닛은 극점으로 동작하고, 병렬공진 동조유닛은 영점으로 동작하는 공진회로가 된다. 그리고 반대편 궤도회로의 궤도주파수 F2에 대하여 병렬공진 동조유닛이 극점으로 동작하고, 직렬공진 동조유닛은 영점으로 동작한다. 따라서 주파수 F1의 궤도신호는 직렬공진 동조유닛에는 전류가 거의 흐르지 않고 병렬공진 동조유닛과 공심인덕터를 거쳐 귀환한다. 마찬가지로 주파수 F2의 궤도신호는 병렬공진 동조유닛에는 전류가 거의 흐르지 않고 직렬공진 동조유닛과 공심인덕터를 거쳐 귀환한다. 〈그림 6〉은 공진회로의 기능을 하는 ESJ 구간의 전기적 등가회로를 나타낸 것이다.

- F1 주파수 분석



- F2 주파수 분석

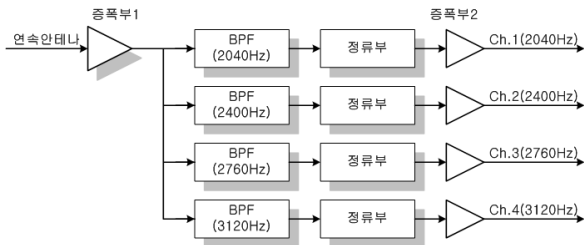


〈그림 6〉 ESJ 구간의 등가회로

2.2 ESJ 구간에서의 파형

2.2.1 연속정보레벨 검출장치

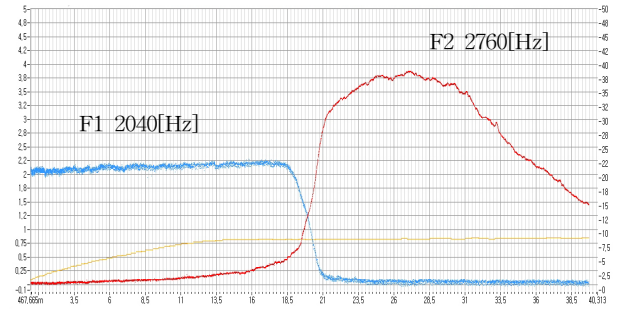
수신되는 연속정보 신호는 4가지 정현파 형태의 주파수 신호를 가지며, 연속정보레벨 검출장치의 구성도는 〈그림 7〉과 같다. 연속안테나에서 연속신호를 수신하고 증폭하며, 밴드패스필터를 통과시켜 해당하는 정현파 신호의 크기를 DC레벨로 변환한다. 그리고 이 연속정보 레벨을 한번 더 증폭하면 궤도회로의 상태를 확인할 수 있는 분석용 데이터로 활용이 가능하다.



〈그림 7〉 연속정보레벨 검출장치 구성도

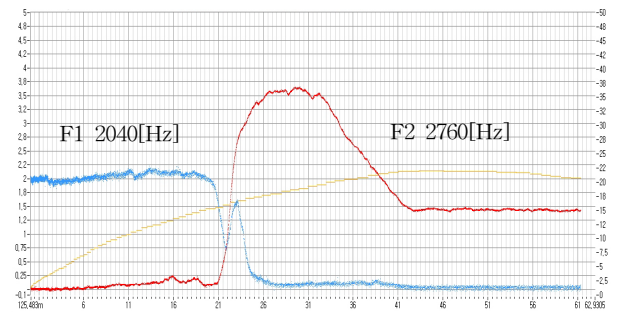
측정 소프트웨어는 그래픽 기반의 프로그래밍 언어인 LabVIEW를 이용하여 만들었다. LabVIEW는 그래픽 Icon을 이용하여 프로그램을 작성하는 프로그래밍 언어로 다른 텍스트 기반의 언어들과 비교하여 가장 큰 차이점은 인터페이스뿐만이 아니라 원시코드 또한 그래픽 환경으로 이루어져 있으며 컴퓨터를 이용하여 자동제어와 계측 시스템을 구축하기에 최적화된 언어이다.

2.2.2 차상검측데이터 파형



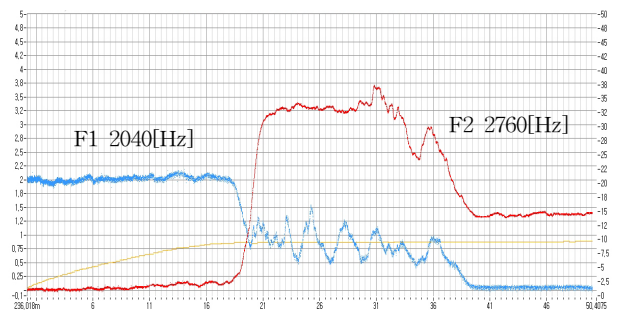
〈그림 8〉 정상 상태 시(10km/h이하)

〈그림 8〉은 10km/h이하의 운전속도로 차상검측장치에서 검출된 정상상태의 파형이다.



〈그림 9〉 송신BU 전·후단 모래도포 시(10km/h이하)

〈그림 9〉는 송신 동조유닛의 전·후단 레일에 모래를 도포한 후 10km/h이하의 운전속도에서 차상검측데이터의 파형이다. 송신 동조유닛의 전·후단에 모래를 도포한 구간에서 2040[Hz]파형의 왜곡되는 현상이 확인되었다.



〈그림 10〉 살수한 상태에서 수동살사 시(10km/h이하)

〈그림 10〉은 살수한 상태에서 10km/h이하의 운전속도로 수동살사한 경우에 차상검측데이터의 파형이다. 이 또한, 2040[Hz]파형이 왜곡되는 현상이 확인되었다.

3. 결 론

송신 동조유닛의 후단에서 F1 연속신호는 철도차량의 첫 번째 차축에 의해 저지되어, 연속정보수신 센서는 단지 F2 연속신호만 수신하게 된다. 하지만 단락감도가 떨어질 경우에 F1 연속신호는 철도차량의 첫 번째 차축에 의해 저지되지 않고 누설되어 JES구간에 F1 연속신호와 F2 연속신호가 공존하게 된다. 따라서 연속 신호정보 레벨 분석결과 송신 동조유닛의 전·후단에 모래를 도포한 경우와 살수한 상태에서 수동살사 경우에 파형 왜곡이 발생하여, 모래가 단락감도에 큰 영향을 준다는 사실이 확인되었다.

[참 고 문 헌]

[1] 김영태, “철도신호제어시스템”, 개정4판, 2006
 [2] 철도경영연구소, “고속철도신호기술(I·II)”, 2002
 [3] 광두영, “LabVIEW 컴퓨터 기반의 제어와 계측 Solution, Ohm사, 2002