

고속선 궤도회로 결함진단을 위한 개선방안 연구

A Study on the Improvement for a Defect Diagnosis of Track Circuit on HSL

박기범* 이태훈** 이기찬***
Park, Ki Bum Lee, Tae Hoon Lee, Gi Chun

ABSTRACT

This paper introduces a study of improvement for a defect diagnosis of the UM71C track circuit using on HSL. The track circuit on HSL has long operation section. Therefore, when the worker maintain, many times and efforts are spent. So, periodically, we have operated a inspection car. However, we don't know exactly the state changed of the inspection data when track circuit has defect. Actually, We fixed a sample area within operation section on HSL and performed the simulations for short circuit current that is reflected characteristic impedance and propagation factor. We compared the measuring data with the result of the simulation. Using verified simulation program, we estimated inspection data as the malfunction number and the change of capacity of compensation capacitor. These study need to secure of the safety as the train operation. Also, It needs to make a criteria of analysis for the maintenance through comparison simulation data and inspection data.

본 논문에서는 고속선에 사용 중인 UM71C 궤도회로의 결함진단을 위한 개선방안을 연구하였다. 고속선 궤도회로는 구간이 길어 유지보수자에 의한 점검 시 많은 시간과 노력이 소요된다. 따라서 주기적으로 검측차를 운행하고 있다. 그러나, 궤도회로 결함 시 차상검측데이터의 변화를 정확히 알 수 없으므로 실제, 고속선 운행선상의 샘플개소를 선정하여 환경에 따른 선로정수를 구하고 전송라인의 특성임피던스와 전파정수를 반영시켜 단락전류에 대한 시뮬레이션을 수행하였으며, 임의의 지점에 결함을 발생시켜 측정된 결과와 시뮬레이션 수행한 결과를 비교하였다. 이렇게 검증된 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 보상콘덴서의 기능저하 수량 및 용량변경에 따른 차상검측데이터를 예측하였다. 이것은 보상콘덴서의 기능저하를 사전 예측하여 열차의 안전운행을 확보하기 위해 필요하다. 또한 차상검측시스템에서 얻어진 검측데이터와의 비교를 통해 유지보수에 활용 가능한 활용지침 및 분석기준을 작성하기 위해 필요하다.

1. 서론

국내 고속선에 설치된 궤도회로는 CSEE사에 의해 개발된 UM71C궤도회로이다. 고속선 궤도회로는 고속으로 운행되는 열차의 특성상 유지보수를 시행해야 할 구간도 길다. 궤도회로 유지보수 업무의 상당부분을 차지하는 것은 60m에서 80m간격으로 레일에 평행하도록 일정하게 설치된 보상콘덴서의 기능을 확인하는 것이다. 현재 유지보수 인력에 의한 점검시 보상콘덴서의 임피던스 측정은 년2회 측정하도록 규정하고 있다. 고속선 전체구간을 감안하면 궤도회로 측정에 대해 년2회 측정은 많은 인력과 시간이 투입되는 점검주기라 할 수 있다. 조사에 따르면 프랑스의 경우에는 년1회 측정하고 검측차를 월2회

* 한국철도공사 철도연구개발센터, 비회원
E-mail : pkb6170@korail.com
TEL : (042)609-3992, FAX : (042)609-3720

** 한국철도공사 철도연구개발센터, 비회원

*** 한국철도공사 철도연구개발센터, 비회원

운영하여 효율적인 유지보수를 시행하고 있다. 국내의 경우에도 이러한 문제를 해결하고 효율적인 유지보수를 수행하기 위해 현재 고속선에 검측차량에 의한 차상검측시스템이 도입되어 있다. 그러나 차상검측데이터의 결함에 따른 변화 상태를 예측하기에는 검측차 운영기간이 짧다. 따라서, 다양한 유형의 검측데이터를 확보하지 못하고 있는 것이 현실이다. 이러한 이유로 우리나라에 도입된 UM71C궤도회로의 특성을 모델링하여, 우리나라의 선로환경에 적합한 전기적인 특성을 반영하여 다양한 유형의 결함을 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램 개발이 필요하다. 우리는 선행연구를 통해 시뮬레이션 프로그램 검증에 마쳤으며, 검증된 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 첫째 기능 저하된 보상콘덴서의 수량에 따른 차상검측데이터의 변화를 예측하였으며, 둘째 보상콘덴서의 용량 변경에 따른 차상검측데이터의 변화를 예측하였다.

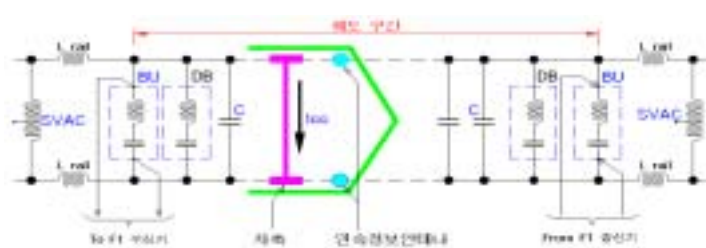
2. 본 론

2.1 결함진단을 위한 단락전류 시뮬레이션 프로그램의 검증

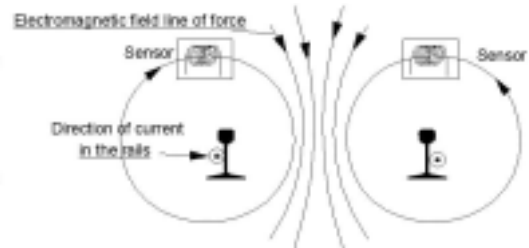
우리는 결함진단을 위해 고속선 오송~천안아산간 TC2402의 샘플 궤도회로를 선정하였고, 해당구간에 대한 전송라인의 분포정수와 선로정수를 이용하여 단락전류 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램을 검증하기 위해 임의의 지점에 결함(보상콘덴서의 저항변경)을 만들어 현장에서 측정한 데이터와 차상검측데이터를 비교하였다.

2.1.1 단락전류 시뮬레이션 프로그램의 개발

고속선의 궤도회로는 특별한 반송주파수를 이용하여 열차에 코드화된 연속정보데이터를 전송한다. 이러한 시스템은 기관사에게 안전구역 내에서 최고속도를 제시하며, 궤도회로의 송신기는 AC전류를 공급한다. 전송라인은 양쪽레일에 의해 구성되어지고, 수신기는 송신기와 반대쪽에 연결된다. 보내진 전류는 궤도의 유도성분 때문에 감쇠되어진다. 전기적인 조정과 전송레벨의 향상을 위해서 레일에는 일정한 간격으로 보상콘덴서가 설치되는데 콘덴서의 수량은 궤도회로의 주파수와 길이에 따라 달라진다. 열차가 진행하면서 연속정보안테나로부터 연속정보를 수신하고 차상검측데이터도 차측에 의해 수집되는 단락전류를 측정하여 검측데이터로 활용하고 있다.



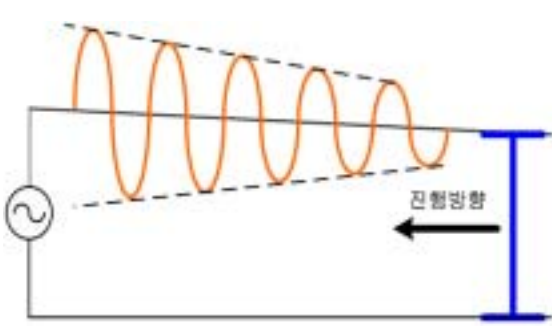
<그림 1> 궤도회로 정보전송 원리



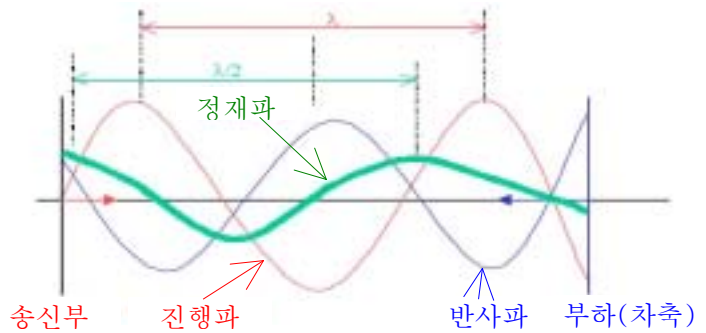
<그림 2> 연속정보안테나 정보취득 원리

연속정보안테나에서 정보를 취득하는 것은 레일에 흐르는 신호전류의 방향에 따라 발생하는 자계의 세기를 유도코일에서 Pick up하는 방식으로 정보를 획득한다. <그림 2>는 연속정보안테나의 정보취득 원리를 나타낸다. 이 연속정보안테나는 첫 번째 차측에서 2m 전방에 위치하며, 레일면에서의 높이는 약 30cm에 설치되어 진다. 이렇게 측정된 각각의 계측치는 검측차의 위치에 따른 유효전류 즉, 단락전류(Icc)를 나타낸다.

<그림 3>은 단락전류 레벨 생성원리를 나타내는데, 전송선로 즉, 레일 송신부에 고주파 전원을 인가하면 전류파와 전압파는 계속 한쪽 방향으로 진행하는데 이와같은 파동을 진행파라고 부른다. 이러한 진행파가 그 선로의 특성임피던스와 다른 부하 즉, 차측을 만나게 되면 부하임피던스에 의해 반사파가 발생하게 된다. 따라서, 이 진행파와 반사파가 서로 간섭하여 동위상으로 만나는 곳에서 파동이 정지해 있는 것처럼 보이는 정재파 혹은 정상파가 발생한다.



<그림 3> 단락전류 레벨 생성원리



<그림 4> 전송선로에서의 파동의 발생

이렇게 만들어진 정재파를 단락전류 파형이라고 부르며 단락전류 진폭의 최대치와 최대치, 최소치와 최소치간의 거리를 $\lambda/2$ 라고 하며, 레일은 손실이 존재하는 전송선로이므로 송신부에서 수신부 방향으로 단락전류 진폭의 크기가 점차적으로 감소하게 된다. <그림 4>는 전송선로에서의 파동의 발생을 나타낸다.

이러한 단락전류의 원리를 바탕으로 샘플구간에 대해 세부적으로 전송라인과 보상컨덴서로 구분하여 4단자 정수를 계산하였다. 샘플구간내 전송라인에서의 등가회로는 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 샘플 구간내 전송라인에서의 등가회로

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j2\pi fL}{G + j2\pi fC}}$$

$$\theta = \sqrt{(R + j2\pi fL)(G + j2\pi fC)}$$

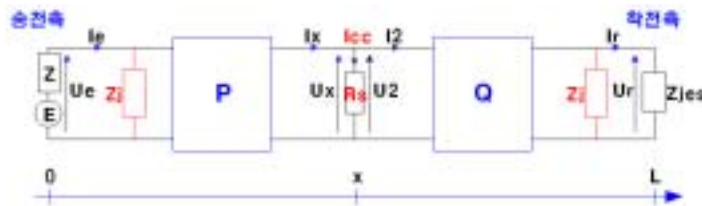
여기에서 Z_c 는 전송라인의 선로정수 값에 의한 특성임피던스이고, θ 는 전파정수를 나타낸다. f 는 반송주파수, R 은 레일과 같은 방향의 저항, L 은 레일과 같은 방향의 인덕턴스, G 는 레일과 평행한 컨덕턴스, C 는 레일과 평행한 캐패시턴스 성분을 나타낸다.

선로의 전기적인 특성값을 이용하여 특성임피던스 Z_c 와 전파정수 θ 가 구해지면 <그림 5>에서 전송라인 Q_1 과 보상컨덴서 Q_2 는 전송라인이론에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_1 = \begin{vmatrix} ch(\theta L) & -Z_c sh(\theta L) \\ -\frac{1}{Z_c} sh(\theta L) & ch(\theta L) \end{vmatrix}, \quad Q_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{j2\pi f \times 25\mu F} & 1 \end{vmatrix}$$

보상컨덴서 지점은 C 값만을 적용하기 때문에 Q_2 와 같은 식이 일정하게 사용되어 진다.

또한 차상검측시스템의 연속정보레벨을 비교하기 위해서는 단락전류(I_{cc})를 시뮬레이션 할 수 있는 등가회로의 구성이 필요하다. 여기에서 P는 차축을 R_s 로 할 경우 전면의 웨도 구성요소에 해당하는 4단자(x 길이의 웨도부분)이고, Q는 차축 뒤 웨도 구성요소에 해당하는 4단자($L-x$ 길이의 웨도부분)이다.



<그림 6> 단락전류(I_{cc}) 계산을 위한 전기적 등가회로

열차는 착전측에서 송전측으로 이동하기 때문에 가로좌표들의 축방향이 정해진다. 우리는 현장에서 측정한 데이터와 시뮬레이션 데이터를 비교하기 위해 10m간격으로 축방향을 설정하여 시험하였다. R_s 저항 내 I_{cc} 를 계산하기 위해 먼저 차축의 단자에 모인 임피던스를 가지고 다음과 같은 식을 도출하였다.

$$Z_1 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{Z_{jes}Q_{22} - Q_{12}}{Q_{11} - Z_{jes}Q_{21}}$$

위 식은 차축 뒤쪽에서의 전압과 전류 U_2 와 I_2 의 계산식을 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = [S] \begin{bmatrix} U_x \\ I_x \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = [S][P] \begin{bmatrix} U_e \\ I_e \end{bmatrix} \quad \therefore [S] = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_s} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

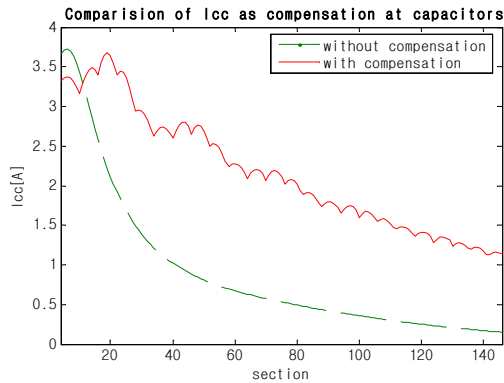
위 식은 차축 앞쪽에서의 전압과 전류 U_x 와 I_x 의 계산식을 나타낸다.

다음은 차축 내 단락전류에 대한 식이다.

$$I_{cc} = \frac{U_x}{R_s} = U_e \frac{Z_1}{Z_1(R_s P_{22} - P_{12}) - R_s P_{12}}$$

$$I_{cc} = U_e \frac{Z_1}{Z_c(Z_1 + R_s)sh(\theta(L-x)) + Z_1 R_s ch(\theta(L-x))} \quad \text{따라서, } Z_1 = Z_c \frac{Z_{jes}ch(\theta x) + Z_c sh(\theta x)}{Z_c ch(\theta x) + Z_{jes} sh(\theta x)}$$

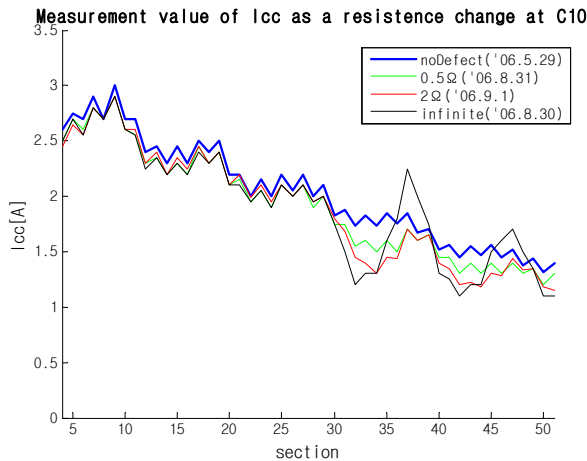
이러한 관계식에 의해 <그림 7>가 산출되었다.



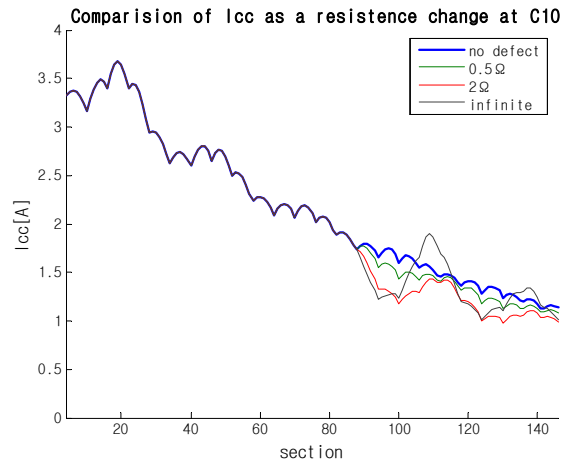
<그림 7> 보상에 따른 단락전류(Icc)의 비교

2.1.2 단락전류 시뮬레이션 프로그램 검증

우리는 단락전류 시뮬레이션 프로그램을 검증하기 위한 목적으로 TC2402 궤도회로에 대한 단락전류 시뮬레이션 파형과 차상검측데이터를 함께 비교하였다. 이때 차상검측시스템에서 수집되는 방법과 동일하게 단락봉 설치 후 송전측 방향 2m전방에서 전류를 측정하였으며, C10지점에서 결함이 없는 경우('06.5.29)와 0.5Ω('06.8.31)과 2Ω('06.9.1), 제거 시('06.8.30) 상태의 단락전류를 측정하였다. 전반적인 파장의 특성을 파악하기 위해 저항변경 시 전 구간의 단락전류를 측정하였다.<그림 8>

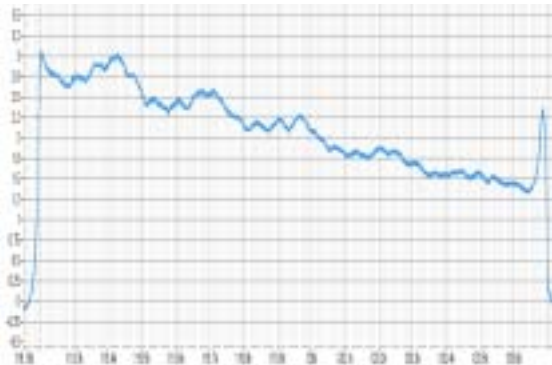


<그림 8> C10 저항변경에 따른 단락전류(Icc) 현장 측정 결과

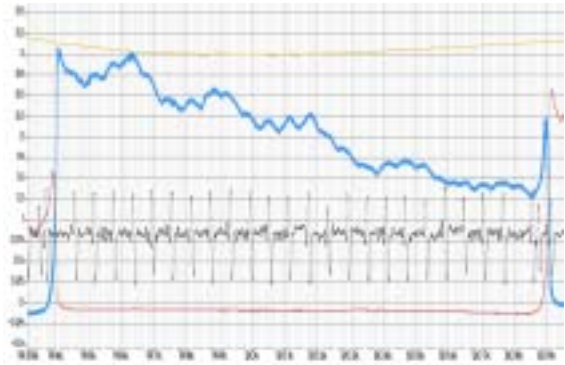


<그림 9> C10 저항변경에 따른 단락전류(Icc) 시뮬레이션 결과

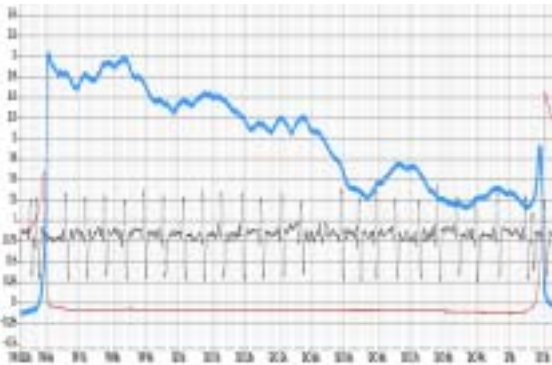
<그림 8>에서 C10지점 이후로 저항변경에 따라 단락전류의 과장이 상이하게 나타남을 확인하였으며 <그림 9>는 단락전류 시뮬레이션 프로그램에 의해 산출된 결과로 송신측에서 C10까지는 변화가 없으나 C10지점 이후로 과장이 다르게 발생됨을 비교하였다.



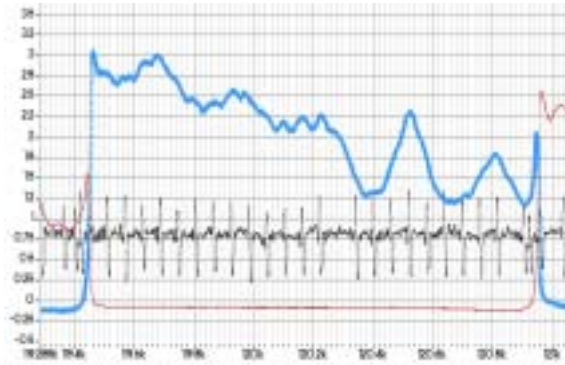
<그림 10> 평상시 연속레벨



<그림 11> 저항연결(0.5Ω)시



<그림 12> 저항연결(2Ω)시



<그림 13> C10 제거(∞)시

<그림 10> ~ <그림 13>은 TC2402에서 저항변경에 대한 KTX36호의 차상검측데이터이다. 이렇게 차상에서 검측한 데이터와 시뮬레이션 데이터, 현장측정결과를 비교하였는데 세 데이터의 유형이 모두 일치함을 확인하였다. 따라서 단락전류 시뮬레이션 프로그램을 이용한 다양한 유형의 결함을 예측할 수 있었다.

2.2 보상콘덴서의 기능저하 수량에 따른 차상검측데이터 예측

우리는 2.1절에서 검증된 단락전류 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 보상콘덴서의 위치 변화 및 기능저하 수량에 따른 차상검측데이터를 예측하였다. 이러한 작업은 차상검측 운영경험이 적은 우리나라의 경우 결함을 사전에 확인 할 수 있다는 점에서 매우 의미가 있다. 시뮬레이션 프로그램 검증 시 보상콘덴서 1개소의 저항변경은 수행하였으므로 2.2절에서는 보상콘덴서 2개와 3개의 저항 변경 시 차상검측데이터를 예측하였다.

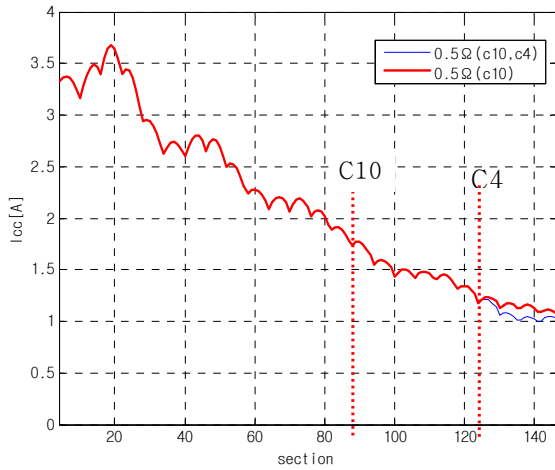
2.2.1 보상콘덴서 2개의 저항변경 시(C10, C4) 시뮬레이션 결과

우리는 보상콘덴서 2개의 저항변경 시 단락전류의 영향을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

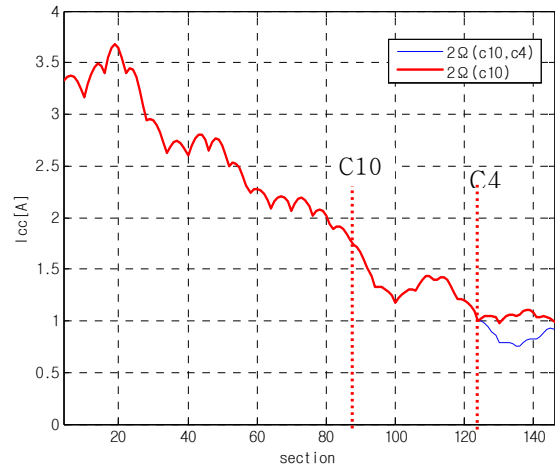
우선 C10지점과 C4지점의 보상콘덴서를 동시에 저항 변경하고 시뮬레이션을 수행하였고, C10지점과 C9지점의 보상콘덴서를 같은 조건으로 시뮬레이션 한 결과를 비교하였다.

시뮬레이션 수행 시 해당개소에 저항의 값은 자유롭게 조정이 가능하지만, 변화상태 확인을 위해 앞에서 수행한 조건에 맞추어 0.5Ω, 2Ω, ∞ 세 가지 조건으로 비교하였다.

<그림 14>는 C10지점과 C4지점에서 0.5Ω의 저항을 연결했을 때와 C10지점에서만 0.5Ω의 저항을 연결했을 경우를 비교한 것이다. 비교결과 C4지점에서 0.5Ω의 저항변경은 보상콘덴서 2개 지점의 저항이 변경되었음에도 불구하고 단락전류에 큰 변화가 없음을 알 수 있었다.



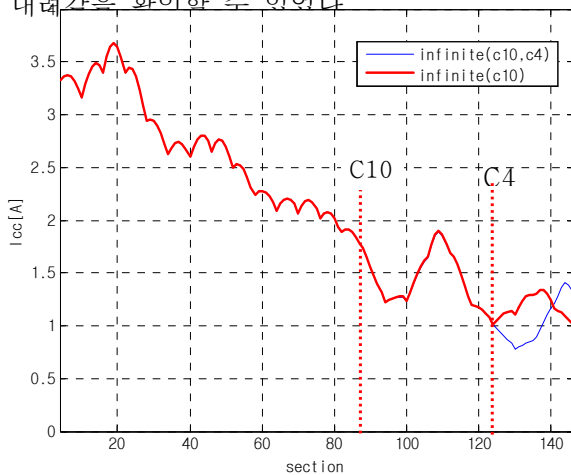
<그림 14> C10지점과 C4지점에서 0.5Ω 저항 연결 시 단락전류 비교



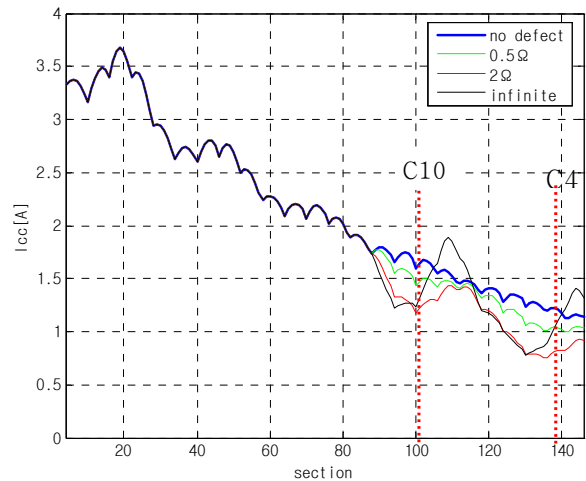
<그림 15> C10지점과 C4지점에서 2Ω 저항 연결 시 단락전류 비교

<그림 15>에서 동일개소에 0.5Ω대신 2Ω의 저항 값을 입력하고 시뮬레이션 수행한 결과 전체적인 단락전류 레벨이 변화됨을 알 수 있었다. 그리고 C4지점에서 수신측으로 단락전류 크기가 크게 낮아짐을 확인하였다. 이로써 접촉저항 2Ω정도의 값으로도 연속레벨이 차상에 전송되는 데 문제가 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 실제로 C10과 C4 동시에 2Ω으로 저항변경 시 단락전류 값이 CSEE에서 규정한 800mA 이하로 내려감을 알 수 있었다.

<그림 16>은 동일개소에서 ∞로 저항 값을 입력하고 시뮬레이션을 수행한 결과이다. C10지점과 C4지점 동시에 ∞로 변경한 시뮬레이션 결과와 C10지점 한 개소만 ∞로 저항 변경한 시뮬레이션 결과를 비교하였다. ∞는 보상콘덴서를 제거한 것으로 가정하여 매우 높은 저항 값으로 입력하였으며, 100Ω 이상에서는 거의 동일한 조건으로 시뮬레이션 결과가 산출되었다. 실제 2개소의 보상콘덴서를 제거하였을 경우에는 2Ω으로 저항변경 하였을 경우와 유사한 형태로 결과가 산출되었으며 단락전류가 800mA 이하로 내려감을 확인할 수 있었다.



<그림 18> C10지점과 C4지점에서 제거 시 단락전류 비교



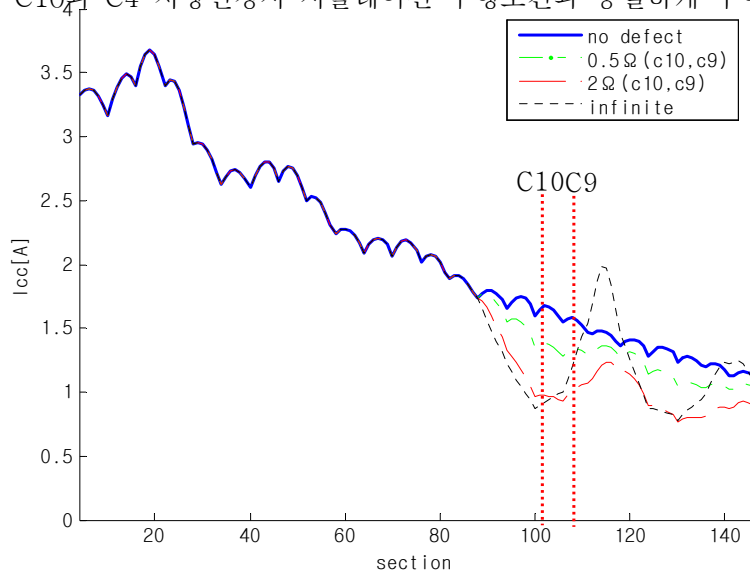
<그림 19> C10지점과 C4지점에서 저항변경 시 단락전류 종합비교

<그림 17>에서는 C10지점과 C4지점에서 저항변경 시 시뮬레이션 결과를 종합하여 비교하였다.

C10지점과 C4지점에서 저항변경 시와 같이 보상콘덴서의 기능저하 발생개소가 떨어져 있는 경우에 단락전류의 영향을 분석한 결과 C10지점 1개소의 저항변경 시와 첫 지점의 단락전류 레벨은 같았으나, C4지점, 두 번째 지점에서의 단락전류레벨이 차이가 많이 남을 알 수 있었다. 이것은 보상콘덴서 1개소의 저항변경 시와는 달리 2개소의 저항변경 시 연속레벨에 더 많은 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있는 결과이다. 이로써 보상콘덴서 2개 이상의 문제점 발견 시 즉시 유지보수를 시행 할 수 있도록 조치가 이루어져야 함을 알 수 있다.

2.2.2 보상콘덴서 2개의 저항변경 시(C10, C9) 시뮬레이션 결과

우리는 C10과 C4처럼 떨어져 있는 결함이 아닌 <그림 18>의 C10과 C9처럼 인접한 개소에서 보상콘덴서의 결함이 발생될 경우 단락전류에 미치는 영향을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 수행조건은 C10과 C4 저항변경시 시뮬레이션 수행조건과 동일하게 수행하였다.

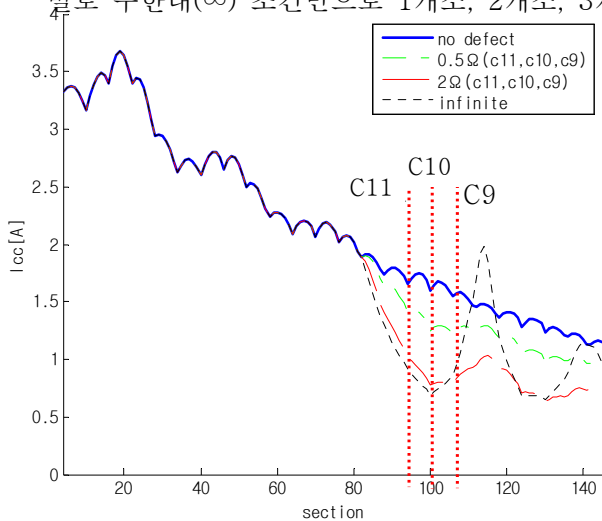


<그림 20> C10과 C9에서 저항변경 시 단락전류 비교

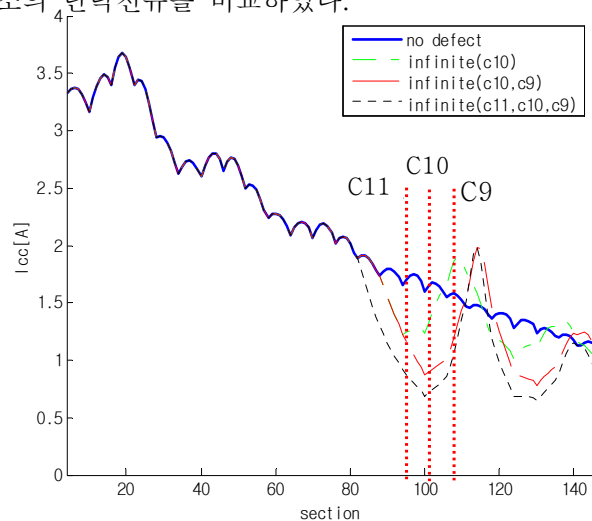
시뮬레이션 수행결과 C10과 C9지점처럼 인접한 구간에서의 단락전류 영향과 C10과 C4처럼 떨어져 있는 개소에서 단락전류 영향은 비슷하게 나타났다. 두 가지 경우 모두 0.5Ω변경 시에는 큰 변화가 없었으나 2Ω과 ∞로 변경 시에는 단락전류에 큰 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 또한 두 번째 결함개소에서 단락전류가 더 낮아짐을 확인하였는데 이는 인접한 개소 즉 C10+C4 지점보다 C10+C9지점에서 더 크게 나타남을 알 수 있었다.

2.2.3 보상콘덴서 3개의 저항변경 시(C11, C10, C9) 시뮬레이션 결과

이번에는 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 보상콘덴서 3개소에서 저항을 변경할 경우 단락전류에 어떠한 영향을 미칠 수 있는지를 확인하기 위해 각각의 지점에서 저항을 변경하여 시뮬레이션을 수행하였다. 우선 각각의 지점에 0.5Ω, 2Ω, ∞ 조건으로 동일하게 입력하고 시뮬레이션을 수행하였으며, 각 개소 별로 무한대(∞) 조건만으로 1개소, 2개소, 3개소의 단락전류를 비교하였다.



<그림 25> C11,C10,C9지점 저항변경 시 단락전류 비교



<그림 26> C11,C10,C9지점 제거 시 단락전류 비교

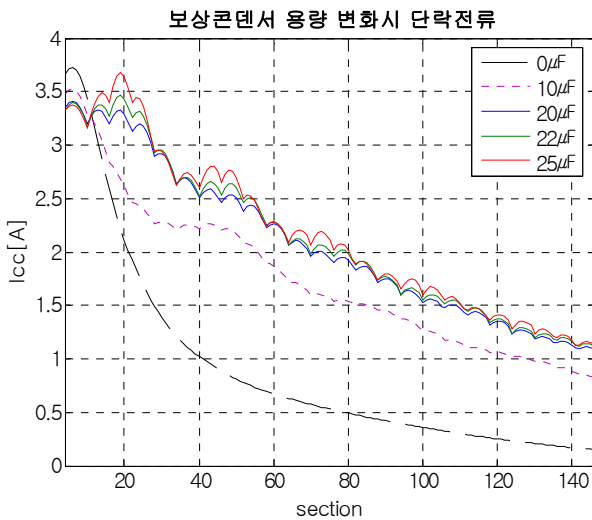
<그림 19>에서 C11지점, C10지점, C9지점에서 동일하게 0.5Ω, 2Ω, ∞로 저항을 변경하고 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 수행결과 인접한 3개소의 저항변경 시 단락전류 레벨은 2개소 저항변경 시 단락전류 레벨보다 더 낮게 나타남을 확인 할 수 있었다. 이것은 보상콘덴서의 역할이 연속정보를 전송하는 데 있어 매우 중요함을 알 수 있으며, 차상검측데이터의 분석을 할 때 어느 개소의 보상콘덴서가 어떠한 상태인지 정확히 확인할 수 있는 중요한 시뮬레이션이라고 할 수 있다.

<그림 20>은 보상콘덴서의 제거 시 1개 지점과 2개, 3개 지점의 단락전류 영향을 파악하기 위해 개소별로 무한대로 저항을 변경하였을 경우 단락전류를 시뮬레이션하여 비교하였다. 우선 정상일 때 시뮬레이션 데이터와 C10지점 1개소만 무한대일 때, C10,C9지점 2개소 무한대일 때, C11,C10,C9지점 3개소 무한대일 때 시뮬레이션 데이터를 비교하였다. 무한대 조건은 보상콘덴서를 제거하였을 때로 볼 수 있으므로 시뮬레이션 수행결과 보상콘덴서가 1개소에서 떨어졌을 때보다 2개소, 3개소에서 떨어졌을 때 단락전류가 많이 낮아져 연속레벨 전송에 영향을 미칠 수 있음이 확인되었다.

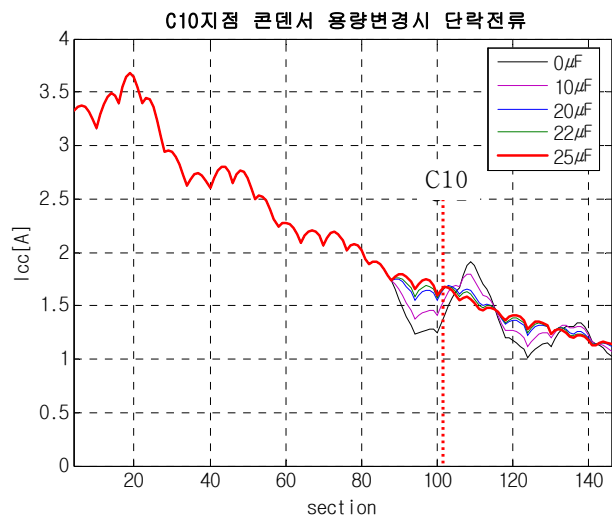
이렇게 수행된 시뮬레이션 결과는 다양한 개소에 대한 결합데이터를 예측할 수 있으므로 추후 정상인 상태에서의 차상검측데이터와 결합이 있는 차상검측데이터를 구별할 때 활용할 수 있으며, 시뮬레이션 프로그램을 TC2402 궤도회로 이외에 고속선 전 구간에 대해 구현할 경우 향후 추진하고자 하는 차상검측데이터 자동화 진단에도 활용할 수 있을 것이다.

2.3 보상콘덴서의 용량변경에 따른 차상검측데이터 예측

우리는 보상콘덴서의 저항변경 시처럼 용량이 변경되었을 경우에는 연속레벨이 어떻게 변하는지 확인하기 위해 TC2402 궤도회로 전체 보상콘덴서의 용량을 변화시켜 단락전류에 미치는 영향을 파악하였다. 보상콘덴서의 용량변경은 TC2402 전 구간에 대해 동일한 조건으로 적용하였고, 보상콘덴서가 없는 것과 같은 0μF, 그리고 10μF, 20μF으로 입력을 하였으며, 프랑스에서 사용 중인 보상콘덴서 용량 22μF과 우리나라에서 사용 중인 보상콘덴서 용량 25μF에 대해 시뮬레이션을 수행하였다.



<그림 28> TC2402 보상콘덴서 용량변경시 시뮬레이션 결과



<그림 29> TC2402 C10지점 용량변경시 시뮬레이션 결과

<그림 21>에서 볼 수 있듯이 TC2402 전 구간 보상콘덴서 용량변경에 대한 시뮬레이션 수행결과 약간의 용량변경은 전체 연속레벨에 큰 영향을 미치지 않으나, 10μF정도 이하로 용량이 변경될 경우는 전체적으로 연속레벨이 영향을 받는 것으로 나타났다.

<그림 22>와 같이 TC2402 전 구간에서 보상콘덴서 용량 변경에 따른 시뮬레이션 수행한 결과를 바탕으로 이번에는 TC2402의 C10지점에서만 보상콘덴서의 용량을 변경시켜 단락전류에 미치는 영향을 파악하였다. C10지점에서만 용량을 변경시켰을 경우 시뮬레이션 결과는 C10지점에서 저항을 변경시킨 것과 같은 결과가 산출되었다.

이번 시뮬레이션 결과는 보상콘덴서의 용량과 저항이 단락전류에 모두 영향을 미친다는 사실을 나타내

는 결과이며, 차상검측데이터의 분석 시 보상콘덴서 용량 및 저항에 대한 부분을 함께 검토할 필요가 있음을 나타낸다.

그러나, 실제 현장에서 보상콘덴서의 임피던스를 측정하여 불량으로 확인된 보상콘덴서는 용량이 크게 저하되지 않았으며, 접촉저항이 발생되어 임피던스가 영향을 받는 경우도 있으므로 현장 유지보수 시에는 보상콘덴서의 접촉저항을 최대한 없앤 후, 즉, 보상콘덴서의 연결단자를 최대한 조인 후 임피던스 값을 측정하는 것이 바람직한 임피던스 측정방법이라고 볼 수 있다.

그리고 저항이 변경된 경우와 용량이 변경된 경우 모두 단락전류가 변화됨을 확인하였으므로 정확한 개소 파악은 가능하다고 볼 수 있으며, 보상콘덴서의 레벨을 동시에 검측할 경우 더 정밀하게 차상검측데이터 분석을 할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 논문에서는 2가지의 결론을 얻었다. 첫째, 검증된 단락전류 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 기능 저하된 보상콘덴서의 수량에 따른 차상검측데이터의 변화상태를 예측하였으며, 둘째, 보상콘덴서의 용량 변경에 따른 차상검측데이터의 변화를 예측하였다. 이러한 결과는 실제 차상에서 측정되는 데이터를 유지보수에 적절히 활용하기 위해 반드시 필요하며, 차상검측 운영경험이 짧은 우리나라에 있어서는 더 없이 중요한 실험결과이다. 다양한 유형의 결함을 판단 할 수 있는 분석기준 및 활용지침이 부재한 실정에서 일정한 지점에서의 결함을 예측할 수 있다는 것은 향후 자동화 진단을 위한 연구에도 반드시 필요한 부분이다. 자동화 진단에 관련된 연구는 궤도회로의 결함진단을 위한 개선방안 중 최종 목표가 될 것이다. 우리는 보상콘덴서의 유형이외에 분기부의 유형에 따른 단락전류(연속레벨)의 변화상태 및 귀선전류 불평형이 미치는 영향도 분석하여, 차상검측데이터 분석기준을 마련하고자 지속적인 연구를 수행할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] F.BERTON, "Korea TGV Track Circuit UM71 60Hz Track Characterisation", 1999.
- [2] F.Fessant, P.Aknin, F.Vilette, M.Antoni. "Modelisation électrique du circuit de voie, element du systeme de transmission voie-machine des TGV", Revue 3El n°27.pp.46-52.2001