

# 교류 전기철도 급전계통 4도체군 전차선로 분석 및 FDTD 방법을 이용한 선로 주변 유도전압 계산에 관한 연구

## The Analysis of 4-Conductors Catenary System of AC Railway Feeding System and Calculation of Induced Voltage near Rail Track using the FDTD Method

류 규 상\* · 염 형 선\* · 조 규 정\* · 이 훈 도\* · 김 철 환\*

(Kyu-Sang Ryu · Hyoung-Sun Yeom · Gyu-Jung Cho · Hun-Do Lee · Cheol-Hwan Kim)

**Abstract** - AC railway feeding system use single phase to supply power to the railway vehicles. And the system use the rail track as a return current path, so that current flows in the rail. In this situation inductive interference on communication system and unsafe environment can appear on railway system. Therefore knowing the current distribution of catenary system and analysing the return current is required. In this study detail return current distribution was analyzed by modeling the catenary system as 4-conductors group. The distribution characteristics and trends of return current were studied by using the PSCAD/EMTDC and FDTD method that based on Maxwell equation was used to calculate the induced voltage. Simulation code was made by MATLAB. Using this study result data, we can suggest the proper installation location of digital device and these data can be used for additional studies related to return current or induced voltage as a base data.

**Key Words** : AC railway system, Return current, Induced voltage, PSCAD/EMTDC, FDTD

### 1. 서 론

교류 전기철도 급전방식은 가공식 전차선을 가설하고 집전장치(Pantograph)를 통하여 차량에 전력을 공급하며 레일을 통하여 부하전류를 귀로시키는 방식이며, 부하전류를 변전소로 돌려보내는 선로 및 선로 지지물을 귀선로라 하고, 귀선로로 흐르는 전류를 귀선전류라고 칭한다. 이러한 귀선전류가 레일에 흐름으로써 누설전류에 의하여 통신 시스템에 유도장해가 발생할 수 있고, 레일전위를 발생시켜 승하차 승객이나 선로주변 유지보수를 하는 인원들에게 위협이 되기도 한다.

대전력, 고전압을 다루는 급전계통의 전력선에 의한 유도전압으로 전차선로 주변 통신 선로나 기기함과 같은 금속 피유도체에 유도 과전압을 발생시켜 급전계통 내 통신 시스템에 오동작을 발생시켜 급전계통의 신뢰성 확보를 위협할 수 있다. 전차선로 및 송전선에 의한 정전 유도전압 및 전자 유도전압은 급전계통 인근에서 인체에 대한 감전사고나 기기 오동작의 원인이 되기도 하며 잡음전압으로 인한 통신장애 등이 발생 할 수 있다.

전기철도 급전계통의 전차선로는 다양한 도체로 구성되어 전차선로 해석 시 전류의 분포가 복잡하기 때문에 회로계산이 용이

하지 않아 그동안 등가회로 계산법에 따라 급전선, 전차선 도체군, 레일 도체군 등 세 개의 도체군으로 등가화하여 해석하였다 [1]. 이때 급전계통의 귀선회로인 레일 도체군은 레일, 보호선 등의 기하학적 위치 및 도체 규격이 매우 상이하기 때문에 급전선, 전차선 도체군, 레일 도체군, 보호선의 4도체군으로 분리하여 해석할 필요가 있다.

본 논문에서는 3도체군 전차선로 및 4도체군 전차선로 급전계통에서 PSCAD/EMTDC(Power Systems Computer Aided Design/ElectroMagnetic Transients including DC)를 활용하여 전차선-레일 단락 고장 시 고장 위치에 따른 급전계통 내 변전소-보조 급전구분소 사이 각 지점에서의 귀선전류의 분포를 분석하였다. 또한 이 귀선전류 분포 결과데이터를 기초로 3차원 전자기 환경 해석에 적합한 FDTD(Finite-Difference Time-Domain) 방법을 이용하여 선로주변 유도전압을 계산하기 위하여 MATLAB 코드를 작성하고 유도전압의 크기 및 분포 경향을 분석하였다[2-4]

### 2. 교류 전기철도 급전계통 귀선전류 분석

#### 2.1 급전계통의 구성요소

한국철도공사는 AT 급전방식을 교류 전기철도의 표준 급전방식으로 하고 있다. AT 급전방식은 급전선을 전차선로에 가선하여 급전선과 전차선 사이에 전차선 전압의 2배의 전압으로 급전하고

† Corresponding Author : College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, Korea  
E-mail : hmwkim@hanmail.net

\* College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, Korea

Received : August 23, 2016; Accepted : November 23, 2016

약 10km 마다 단권변압기(AT)를 설치하여 25[kV]의 전압으로 전기차에 단상 전력을 공급하는 급전방식이다.

AT 급전계통은 전력공급사로부터 교류 3상 전력을 수전하는 수전반, 수전한 3상 전력을 2조의 단상 전력으로 변환하는 변압기반, 전차선로에 단상 전력을 공급하는 급전반과 각종 도체로 구성된 전차선로로 구성된다. AT 급전계통을 구성하는 구성요소와 시뮬레이션을 하기 위한 모의 대상계통에 대한 구성요소의 제원 및 모델링 조건은 참고문헌[1]을 참조하였다.

그리고 급전계통 전차선로의 시뮬레이션을 3도체군과 4도체군으로 나누어 진행하였다. 그림 1(왼쪽)은 전차선로 해석을 위하여 도체들을 급전선, 전차선 도체군, 레일 도체군 등 세 개의 도체군으로 등가화 하기 위하여 세 그룹으로 구분한 3도체군 전차선로 급전계통의 기하학적 구성이며, 그림 1(오른쪽)은 도체들을 급전선, 전차선 도체군, 레일 도체군, 보호선으로 그룹을 세분화한 4도체군 전차선로 급전계통의 기하학적 구성이다. 도체 ①은 급전선, 도체 ②는 조가선, 도체 ③은 전차선, 도체 ④, ⑤는 레일, 도체 ⑥은 보호선, 도체 ⑦은 매설 접지선을 나타낸다.

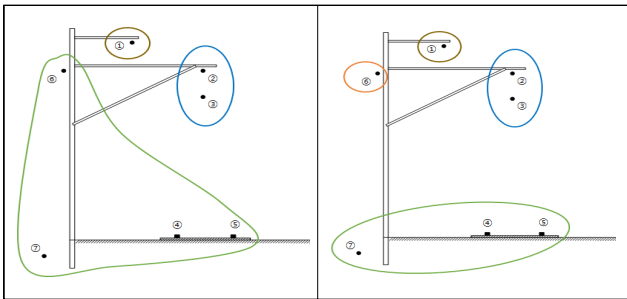


그림 1 3도체군(왼쪽), 4도체군(오른쪽) 전차선로  
**Fig. 1** 3-conductors(Left), 4-conductors(Right) catenary system

전차선로 도체 파라미터를 바탕으로 carson-pollaczek 수식을 이용하여 각 도체군의 등가임피던스를 유도하면 다음 표 1, 2와 같다.

2.2 귀선전류 분석을 위한 모델링

본 논문에서는 교류 전기철도 급전계통 전차선로의 전류 분포 분석 및 귀선전류 경향을 분석하기 위하여 2.1절에서 설명한 기 운영중인 급전계통 구성요소의 제원 및 전차선로 임피던스를 활

표 1 3도체군 등가 임피던스

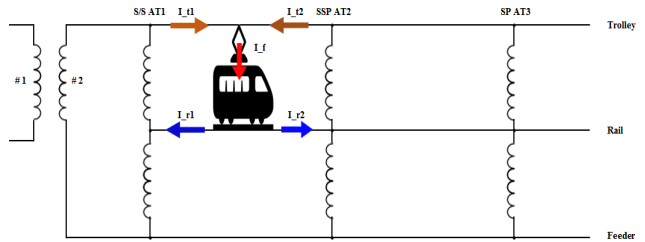
Table 1 3-conductors equivalent impedance

구 분	임피던스 [ $\Omega/\text{km}$ ]
급전선	$0.1180 + j0.4548$
전차선 도체군	$0.1076 + j0.2645$
레일 도체군	$0.1052 + j0.4699$

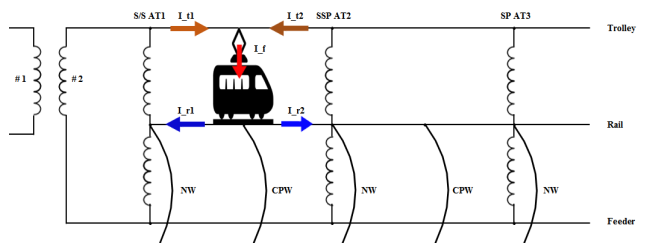
표 2 4도체군 등가 임피던스

Table 2 4-conductors equivalent impedance

도체군	임피던스 [ $\Omega/\text{km}$ ]
급전선	$0.1180 + j0.4548$
전차선 도체군	$0.1076 + j0.2645$
레일 도체군	$0.0063 + j1.2007$
보호선	$0.2937 + j0.9207$



(a)



(b)

그림 2 3도체군(a), 4도체군(b) 전차선로 급전구간

Fig. 2 3-conductors(a), 4-conductors(b) feeder section

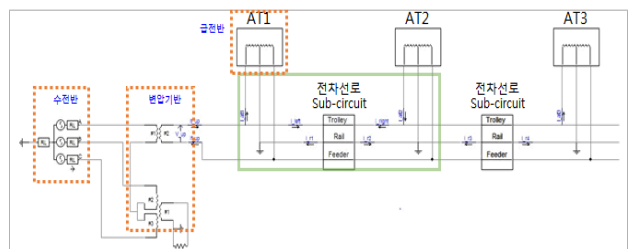


그림 3 3도체군 전차선로 급전계통 모델링

Fig. 3 3-conductors catenary system modeling

용하여 PSCAD/EMTDC로 급전계통 모델링을 진행하였다. 대부분의 기존 교류 전기철도 급전계통 연구에서 사용되어왔던 3도체군 전차선로 급전계통과 레일 도체군으로부터 보호선을 분리 해석한 4도체군 전차선로 급전계통을 모델링하였다.

모델링 범위는 AT 급전방식의 단위 급전구간인 변전소(S/S), 보조 급전구분소(Sub Sectioning Post, SSP), 급전구분소(Sectioning Post, SP)와 각 구분소 간 전력공급을 위한 전차선

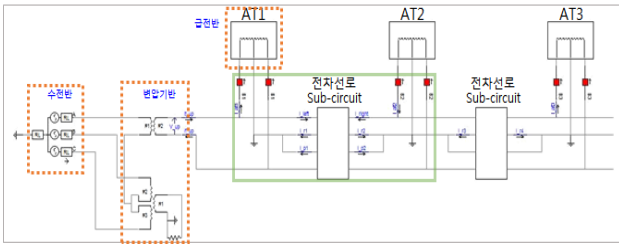


그림 4 4도체군 전차선로 급전계통 모델링  
Fig. 4 4-conductors catenary system modeling

표 3 3도체군 전차선로 급전계통 상황 별 전류 범위  
Table 3 3-conductors system contextual current range

구 분	전류 값[A]
I <sub>f</sub> (고장전류)	3,234 ~ 3,901
I <sub>r1</sub> (고장점 → AT1 레일전류)	340 ~ 3,516
I <sub>r2</sub> (고장점 → AT2 레일전류)	390 ~ 3,063

로이다. 3도체군 전차선로 급전계통과 4도체군 전차선로 급전계통의 단위 급전 구간은 그림 2에서 확인할 수 있다.

다음 그림 3은 PSCAD/EMTDC를 이용하여 모델링한 3도체군 전차선로 급전계통의 전차선로를 보여주고, 그림 4는 4도체군 전차선로 급전계통을 보여준다. 전차선로, 수전반, 변압기반, 급전반의 임피던스는 앞서 2.1절에서 언급한 제원 및 참고문헌[1]을 활용하여 모델링 하였다.

### 2.3 귀선전류 시뮬레이션 결과 및 분석

모델링한 두 급전계통에 실제 급전계통에서 가장 빈번한 고장인 전차선-레일 단락 고장을 모의하였고, 전차선-레일 단락 고장 시 고장위치에 따른 고장전류 및 귀선전류의 분포를 분석하였다. 3도체군 전차선로 급전계통에서는 AT1, AT2로부터의 전차선 전류, 고장 및 부하전류, AT1과 AT2의 중성점으로 흡상되는 레일 전류를 구하였고, 4도체군 전차선로의 급전계통에서는 전차선 전류, 고장 및 부하전류, 레일전류 및 보호선전류를 구하여 그 결과를 분석하였다.

변전소에서 보조 급전구분소의 거리를 10km로 가정하고 전차선-레일 단락 고장 시 고장의 위치를 10% 지점부터 90% 지점까지 가변하며 전차선로의 전류분포 데이터를 취득하였다.

#### 2.3.1 3도체군 귀선전류 시뮬레이션 결과 분석

3도체군 전차선로 급전계통의 전류 분포 시뮬레이션 결과는 각 상황에 따라 표 3범위의 전류 값을 보인다. 고장 발생 시 그림 2에서 표기된 각 분기에 흐르는 전류 값을 분석하였다.

전차선-레일 단락 고장 시 고장 위치에 따른 고장전류 및 귀선전류 분포 경향은 그림 5와 같다. 고장전류는 고장 위치가 변전소로부터 멀어짐에 따라 감소하다가 보조 급전구분소에 가까워지면서 약간 증가하는 경향을 보인다. AT1으로 흡상되는 I<sub>r1</sub>은

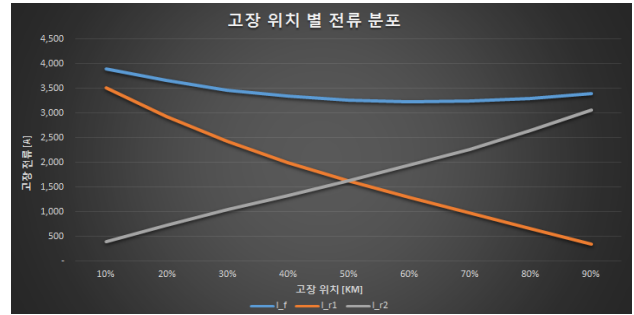


그림 5 3도체군 전차선로-레일 단락 고장 시 전류 경향  
Fig. 5 Catenary-rail short circuit current in 3conductors

표 4 4도체군 전차선로 급전계통 상황 별 전류 범위  
Table 4 4-conductors system contextual current range

구 분	전류 값[A]
I <sub>f</sub> (고장전류)	3,134 ~ 3,835
I <sub>r1</sub> (고장점 → AT1 레일전류)	83 ~ 2,476
I <sub>r2</sub> (고장점 → AT2 레일전류)	104 ~ 2,160
I <sub>p1</sub> (고장점 → AT1 보호선전류)	132 ~ 1,418
I <sub>p2</sub> (고장점 → AT2 보호선전류)	158 ~ 1,231

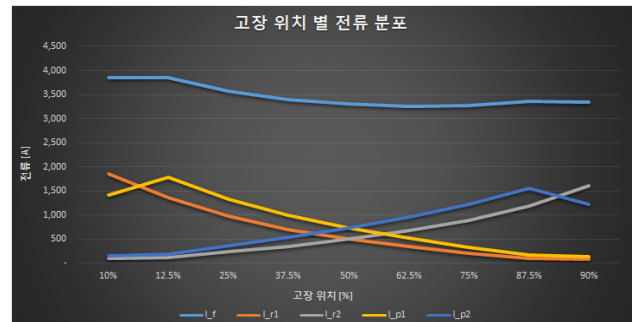


그림 6 4도체군 전차선로-레일 단락 고장 시 전류 경향  
Fig. 6 Catenary-rail short circuit current in 4conductors

고장 위치가 변전소로부터 멀어질수록 감소하고, AT2로 흡상되는 I<sub>r2</sub>는 고장 위치가 변전소로부터 멀어질수록 증가한다.

#### 2.3.2 4도체군 귀선전류 시뮬레이션 결과 분석

4도체군 전차선로 급전계통의 전류 분포 시뮬레이션 결과는 각 상황에 따라 표 4의 전류 범위를 보인다. 3도체군 해석 결과와 마찬가지로 고장 발생 시 그림 2에서 표기된 각 분기에 흐르는 전류 값을 분석하였다.

전차선-레일 단락 고장 시 고장 위치에 따른 고장전류 및 귀선전류는 분포 경향은 그림 6과 같다. 고장전류는 고장 위치가 변전소로부터 멀어짐에 따라 감소하는 경향을 보이며, AT1으로 흡상되는 I<sub>r1</sub>과 AT1 방향으로의 보호선전류 I<sub>p1</sub>은 고장 위치

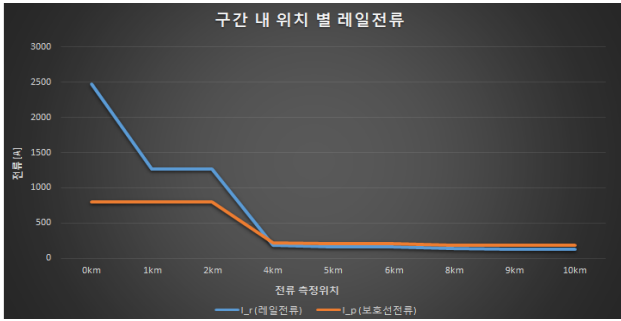


그림 7 4도체군 10% 고장 시 구간 내 귀선전류 경향  
 Fig. 7 Return current at fault(10% section between S/S and SSP) in 4-conductors

가 변전소로부터 멀어질수록 감소하고, AT2로 흡상되는  $I_{r2}$ 와 AT2방향으로의 보호선전류  $I_{p2}$ 는 고장 위치가 변전소로부터 멀어질수록 증가하는 경향을 보인다.

보호선용 접속선에 의한 귀선전류 분류효과를 확인하기 위하여 특정 계통 상황의 변전소에서 보조 급전구분소 사이 10%지점에서 90%지점까지의 각 지점 별 레일전류와 보호선전류 분포를 분석하였다. 그림 7은 보호선용 접속선의 설치 간격을 2km로 모델링한 4도체군 전차선로 급전계통의 10% 지점 전차선-레일 단락 고장 시 변전소와 보조 급전구분소 간 전차선로의 각 지점 별 레일전류와 보호선전류의 분포를 보여준다. 레일전류는 10% 고장지점에서 AT1과 AT2 방향으로 분류되고, 고장지점으로부터 가장 가까운 보호선용 접속선과의 접속점에서 보호선으로 급격하게 분류가 된다. 첫 번째 보호선용 접속선에서 분류된 레일전류는 이후 설치된 보호선용 접속선에 의하여 분류가 계속되지만 그 분류효과는 크지 않다는 것을 측정 지점이 멀어질수록 레일전류가 서서히 감소하는 것을 보면 알 수 있다. 이는 보호선전류 또한 동일한 경향을 보인다. 2km 지점에서 분류된 고장전류가 보호선용 접속선을 통해 보호선으로 분류되고 이 전류는 AT1과 AT2 방향으로 분류되며 이 지점에서 분류효과가 가장 크다. 이후 보호선전류는 점차 감소한다.

3도체군 전차선로 급전계통과 4도체군 전차선로 급전계통의 고장 및 부하전류와 귀선전류를 모의 결과에 기초하여 비교·정리하면, 보호선을 분리 해석한 4도체군 전차선로 급전계통의 고장 전류는 3도체군 전차선로 급전계통의 고장전류 값보다 약 5% 작은 결과를 보인다. 또한 보호선을 분리하여 해석하면 변전소 단권변압기 AT1의 중성점으로 흡상되는 레일전류는 3도체군 전차선로 급전계통의 레일전류 대비 30%~46% 작은 결과를 보인다.

### 3. 교류 전기철도 급전계통 유도전압 분석

#### 3.1 유도전압 분석을 위한 모델링

교류 전기철도 급전계통에 부분모델 해석방법을 적용하기 위해 10km의 전체 급전계통을 약 30m 길이의 부분모델로 분할하여 해석하였다. 그림 8은 FDTD 방법으로 해석하고자 하는 교류

전기철도 급전계통의 x방향 section을 보여준다. x방향 section의 ①~⑨ 위치는 급전계통에서 유도전압을 측정할 위치로 10km 구간 내 10% 지점부터 90% 지점에서 다양한 급전계통 상황의 선로 주변 피유도체에 유도되는 유도전압을 계산 할 것이다.

본 연구에서는 FDTD 알고리즘을 MATLAB 내에 직접 코드로 작성하여 활용하였다.

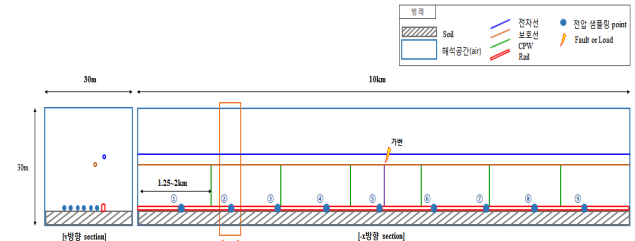


그림 8 교류 전기철도 급전계통 FDTD 해석공간  
 Fig. 8 FDTD analysis space of AC railway feeding system

#### 3.2 유도전압 시뮬레이션 결과 및 분석

본 절에서는 FDTD 방법의 MATLAB 코드를 이용하여 교류 전기철도 급전계통의 선로 주변 피유도체에 유도되는 유도전압의 크기와 경향을 분석하였다. FDTD 코드의 전류원 설정은 제 2절에서 PSCAD/EMTDC를 통한 시뮬레이션으로 획득한 급전계통 상황에서의 전류분포 데이터를 활용하였다.

##### 3.2.1 시뮬레이션 케이스

급전계통 상황에서의 유도전압을 계산하기 위하여 제 2절과 동일하게 3도체군 전차선로 급전계통과 4도체군 전차선로 급전계통을 모델링하여 유도전압을 계산하였다. 급전계통에서의 가장 빈번한 고장인 전차선-레일 단락 고장 시의 급전계통을 모의하여 그 결과를 분석하였다. 유도전압 측정을 위한 모의 조건은 다음 표 5와 같다.

표 5 유도전압 시뮬레이션 조건  
 Table 5 Simulation condition of induced voltage

구분	급전 계통 상황
전차선-레일 단락 고장	단위 구간 내 10%~90% 지점 고장 발생 시, 구간 내 각 지점 별 선로 주변(3~18m) 유도전압 계산

##### 3.2.2 3도체군 유도전압 시뮬레이션 결과 분석

교류 전기철도 3도체군 전차선로 급전계통의 전차선-레일 단락 고장 시 고장의 위치에 따라 급전계통 내 각 지점(10%~90%)에서 동일한 크기(40cm X 40cm X 40cm)를 갖는 피유도체의 유도전압을 분석하면, 고장 위치가 변전소로부터 멀어질수록 변전소 인근 지점에서의 피유도체 유도전압은 감소하는 경향을 보인다. 또한 선로 주변 피유도체의 이격거리가 멀어짐에 따라 유도전압은

감소하는 경향을 보인다. 이는 그림 9와 그림 10을 통하여 확인할 수 있다. 또한 3m 이격거리의 피유도체 대비 6m 이격거리의 피유도체 유도전압 감소폭이 다른 이격거리 피유도체 유도전압 감소폭보다 크다는 것을 알 수 있다.

3.2.3 4도체군 유도전압 시뮬레이션 결과 분석

교류 전기철도 4도체군 전차선로 급전계통의 전차선-레일 단락 고장 시와 차량 부하 시의 급전계통 내 각 지점(10%~90%) 별, 선로주변 피유도체의 이격거리 별 유도전압 데이터를 분석하였다. 피유도체의 크기는 앞선 경우와 동일하게 (40cm X 40cm X 40cm)로 설정하였다.

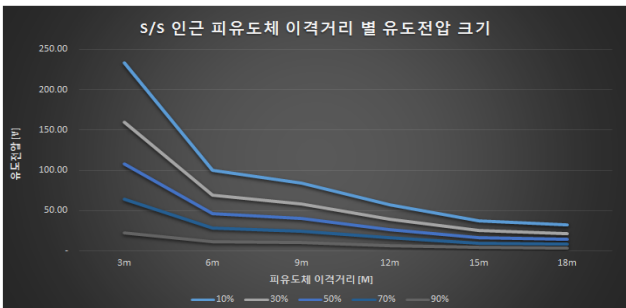


그림 9 3도체군 단락 고장 시 S/S 인근 유도전압  
Fig. 9 Induced voltage near the S/S in 3-conductors

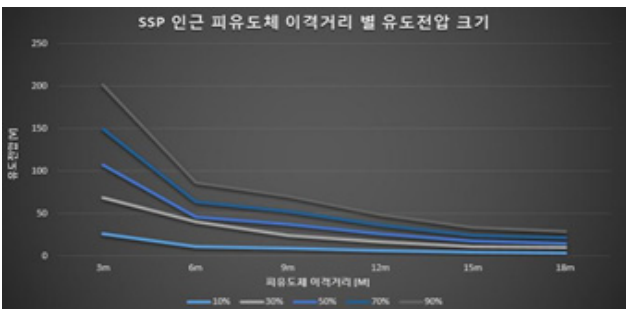


그림 10 3도체군 단락 고장 시 SSP 인근 유도전압  
Fig. 10 Induced voltage near the SSP in 3-conductors

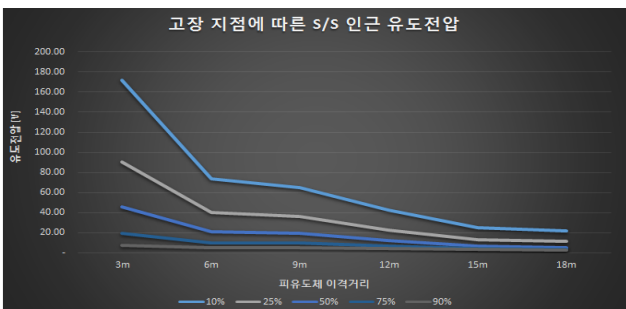


그림 11 4도체군 단락 고장 시 S/S 인근 유도전압  
Fig. 11 Induced voltage near the S/S in 4-conductors

전차선-레일 단락 고장 시 고장 위치에 따라 급전계통 내 각 지점(10%~90%)의 선로주변 이격거리에 따른 피유도체의 유도전압을 분석하였다. 그림 11은 고장 지점에 따른 변전소 인근의 선로주변 피유도체 이격거리 별 유도전압을 나타내고, 그림 12는 고장 지점에 따른 보조 급전구분소 인근의 선로주변 유도전압을 나타낸다. 고장 발생 위치가 변전소로부터 멀어질수록 변전소 인근 유도전압은 감소하고, 보조 급전구분소 인근의 유도전압은 증가하는 경향을 보인다. 또한 선로주변으로부터의 이격거리가 멀어짐에 따라 유도전압은 감소하는 경향을 보인다.

3.2.4 유도전압 예측을 위한 일반식 제안

다음 그림 13은 4도체군 전차선로 급전계통의 차량 부하 시 유도전압 결과를 그래프로 도식화 한 것이다. 결과 데이터를 바탕으로 교류 전기철도 급전계통에서 발생하는 유도전압을 간략하게 구할 수 있는 일반식을 통계적 분석 방법의 하나인 회귀분석법을 통하여 유도하였다. 독립변수는 전차선 전류, 레일전류 그리고 보호선전류이며, 종속변수는 변전소 인근 선로주변 유도전압이다. 회귀분석 결과 식 (1)을 유도하였고, 이를 통해 변전소 인근 선로주변 유도전압이 예측 가능하다.

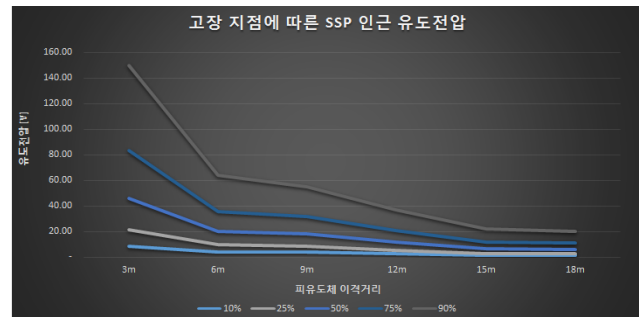


그림 12 4도체군 단락 고장 시 SSP 인근 유도전압  
Fig. 12 Induced voltage near the SSP in 4-conductors

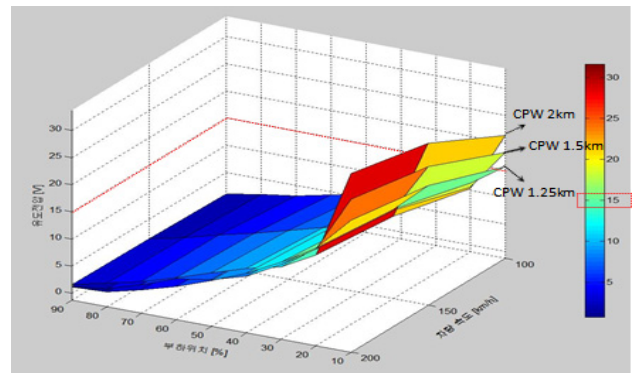


그림 13 CPW 간격에 따른 변전소 인근 유도전압 결과  
Fig. 13 Induced voltage near the S/S According to the CPW interval

$$V_i = \alpha \cdot I_{t0} + \beta \cdot I_{r0} + \gamma \cdot I_{p0} + \delta \quad (1)$$

여기서,  $V_i$  : 유도전압

$\alpha$  : 전차선전류 상관계수

$\beta$  : 레일전류 상관계수

$\gamma$  : 보호선전류 상관계수

$\delta$  : y 절편

$I_{t0}$  : 변전소 인근 전차선전류

$I_{r0}$  : 변전소 인근 레일전류

$I_{p0}$  : 변전소 인근 보호선전류

변전소 인근 유도전압 계산을 위한 회귀방정식의 선로주변 이격거리에 따른 상관계수  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  그리고  $\delta$ 는 다음 표 6을 이용한다. 단, 표 6은 본 연구에서 모의한 급전계통의 조건에 한정된다.

**표 6** 변전소 인근 유도전압계산을 위한 회귀방정식 계수  
**Table 6** Regression equation coefficient for calculating induced voltage near the S/S

구 분	계 수			
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
3m	0.07472	-0.000151	0.065867	-0.0003284
6m	0.031273	0.00087	0.027102	-0.0002763
9m	0.021544	0.00119279	0.0228359	0.00043287
12m	0.014775	0.00108059	0.0154993	-0.0013262
15m	-0.0013327	0.00134489	0.0087824	-0.0023626
18m	0.012799	0.00094559	0.007878	-0.0022169

#### 4. 결 론

본 논문에서는 교류 전기철도 급전계통의 다양한 조건에서 전차선로에 흐르는 전류의 분포와 경향을 분석하였고, 급전계통 내 선로주변에 발생할 수 있는 유도전압의 크기를 분석하고 회귀분석을 통하여 유도전압을 예측할 수 있는 일반식을 제안하였다. 전차선로의 3도체군 및 4도체군과 같이 도체를 등가화하는 다양한 방법에 따라 계통 내 전류분포와 경향을 자세히 알 수 있었다. 그리고 이 데이터를 바탕으로 급전계통의 전력선에 의한 유도전압을 계산하기 위하여 FDTD 방법을 MATLAB 코드로 작성하였고 이를 통해 다양한 조건의 급전계통을 모의함으로써 급전계통의 상황에 따른 유도전압 경향을 분석하였다. 분석된 결과는 교류 급전계통 내 전산 장비 및 디지털 기기의 위치 선정 시 설계 최적화를 위한 자료로 활용이 가능 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20131010501750)입니다.

#### References

- [1] Jung-Cheol Kim, Analysis of power supply system and understanding of the Korean electric railway, Kidari, 2008.
- [2] Atef Z. Elsherbeni, Veysel Demir, "The Finite-Difference Time-Domain Method for Electromagnetics with MATLAB Simulations", SciTech Publishing, 2009.
- [3] Dikshitulu K. Kalluri, "Electromagnetic Waves, Materials, and Computation with MATLAB", CRC Press, 2012.
- [4] R. J. Hill, S. Brillante, C. R. de Souza, P. J. Leonard "Electrical Material data for railway track transmission line parameter studies", Electric Power Applications, IEE Proceedings, Jan 1999.

#### 저 자 소 개



#### 류 규 상 (Kyu-Sang Ryu)

1980년 08월 18일생. 2006년 건국대 전기공학 학과 졸업. 2016년 성균관대 공과대학 졸업(석사). 2016년~삼성물산 건설부문 과장  
 Tel : 031-299-4630  
 Fax : 031-299-4137  
 E-mail : taepoongman@naver.com



#### 염 형 선 (Hyoung-Sun Yeom)

1981년 12월 4일생. 2007년 고려대 전기전자전파 공학부 졸업. 2015년~현재 성균관대 공과대학 석사과정  
 Tel : 031-299-4630  
 Fax : 031-299-4137  
 E-mail : superaxe@naver.com



**조 규 정 (Gyu-Jung Cho)**

1986년 12월 20일생. 2012년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2014년 성균관대 정보통신대학 졸업(석사). 2014년~현재 동 대학원 정보통신대학 박사과정

Tel : 031-299-4630

Fax : 031-299-4137

E-mail : thug1220@naver.com



**이 훈 도 (Hun-Do Lee)**

1987년 7월 8일생. 2014년 한국외국어대 전자공학과 졸업. 2016년 성균관대 공과대학 졸업(석사). 2016년~삼성물산 건설부문 사원

Tel : 031-299-4630

Fax : 031-299-4137

E-mail : leehundo@naver.com



**김 철 환 (Chul-Hwan Kim)**

1961년 1월 10일생. 1982년 성균관대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 성균관대 정보통신대학 교수, 전력IT인력양성센터 센터장

Tel : 031-290-7124

Fax : 031-299-4137

E-mail : hmwkim@hanmail.net