

# 전기철도 전자기 유도 전류의 급전구간 상대적 위치 관계에 따른 변화 분석

이상무\* · 최문환\* · 조평동\*

\*한국전자통신연구원

## Analysis on an Inducing Current Change between Railway Power Feeding Plants

Sangmu Lee\* · Mun Hwan Choi\* · Pyung-dong Cho

\*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : sangmu@etri.re.kr

### 요 약

전기철도 급전선에 흐르는 기유도전류를 계산하는 방법은 ITU-T의 지침서에 다도체 계산법으로 제시되어 있고 급전선 특성에 의한 전파상수 및 전차선 전류의 계산에 관하여는 이도체 해석 방법으로 계산하도록 되어 있다. 본 논문에서는 특히 급전 구간내에서도 전차 및 통신선의 상대적 위치 관계에 따른 기유도전류의 변화를 ITU에서 제시한 방식에 의하여 국내 전차선 전파상수 특성 파라미터를 부여하고 전차의 이동에 따라 어떠한 변화를 나타내는지 시뮬레이션을 통하여 분석하여 보았다. 급전구간내에서 변화하는 기유도전류는 급전소 간에 대칭적 쌍곡선 함수 특성으로 나타남을 알 수 있고 이러한 해석 결과는 급전소간의 유도 영향 관계에서 통신선 장애에 대응하는 데에 기초적 영향 변수로 활용될 수 있다.

### ABSTRACT

An inducing current of power feeding line of high-speed railway system is varied by a relative position of telecommunication cable to the feeding line between plants. An analytical calculation formula of this inducing current is described in ITU-T Directives using multiconductor line method or two line method. In this paper, using the two line method, a variation characteristic of inducing current is simulated. The inducing current has a characteristic of hyperbolic function which is a symmetric shape of curve in the range between power feeding plants. This basic variation property can be considered when a power induction protection measure is planned.

### 키워드

전기철도, 기유도전류, 급전소, 전파상수, 전차선

### 1. 서 론

고속전철 시설등 전기철도에 의한 통신선 장애 유도 현상을 해석함에 있어서 전철시설의 급전선

에 흐르는 유도 발생 전류는 전철이 급전 구간 내에서 이동하는 경로와 경과 시간에 의하여 선로의 전파상수 특성과 연계하여 변화하고 유도를 받는 시설과의 상대적 위치 관계에 따라 선로상의 모든 도체들의 임피던스 및 대지저항률의 현장 조건에 의하여 복합적으로 계산되어야 한다

1) "본 연구는 방송통신위원회의 지원을 받는 방송통신표준기술력향상사업의 연구결과로 수행되었음"

급전선에 흐르는 기유도전류를 계산하는 방법은 ITU-T의 지침서에 다도체 계산법으로 제시되어 있고 급전선 특성에 의한 전파상수 및 전차선 전류의 계산에 관하여는 이도체 해석 방법으로 계산하도록 되어 있다.

본 논문에서는 특히 급전 구간내에서도 전차 및 통신선의 상대적 위치 관계에 따른 기유도전류의 변화를 ITU에서 제시한 방식에 의하여 국내 전차선 전파상수 특성 파라미터를 부여하고 전차의 이동에 따라 어떠한 변화를 나타내는지 시뮬레이션을 통하여 분석하여 보았다[1].

## II. 전차선 기유도전류 계산 모델

### 1. 급전소간 요소의 위치 관계 모델

ITU-T의 지침서 제4권에 제시되어 있는 전기철도의 급전소간 전차선의 기유도전류 평가 모델은 그림 1에 제시되어 있고 정확한 요소간 위치 관계 모델은 그림 2와 같다.

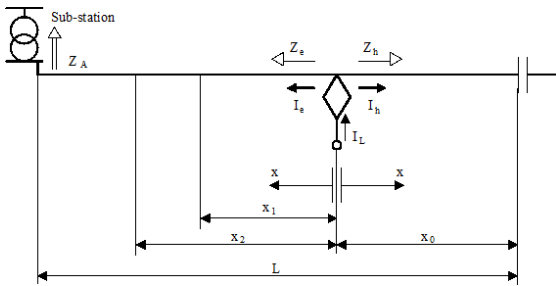


그림 1. 급전선 전차선 구간 위치 이동 모델

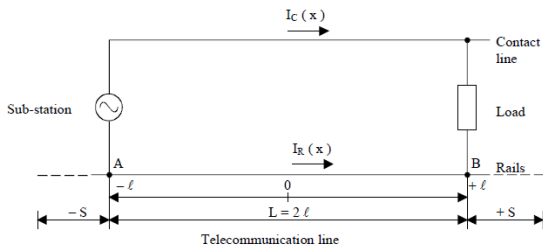


그림 2. 범위 요소간의 위치 변수 관계

### 2. 2도체 방식 계산법

전차선에 대한 통신선 유도의 상호 임피던스 관계는 단지 2개의 도체에 대한 것이므로 2도체 법에 의하여 기유도전류를 다음 식의 전개에 의하여 계산할 수 있다.

$$I_C(x) = I_k \frac{Z_k \sinh[\gamma(\ell - x)] + Z_C \cosh[\gamma(\ell - x)]}{Z_k \sinh(\gamma\ell) + Z_C \cosh(\gamma\ell)}$$

$$I_e = I_L \frac{Z_h}{Z_e + Z_h + \frac{Z_e Z_h}{Z_p}}$$

$$I_h = I_L \frac{Z_e}{Z_e + Z_h + \frac{Z_e Z_h}{Z_p}}$$

$$Z_e = Z_C \frac{Z_A \cosh(\gamma x_p) + Z_C \sinh(\gamma x_p)}{Z_A \sinh(\gamma x_p) + Z_C \cosh(\gamma x_p)}$$

$$Z_h = Z_C \frac{\cosh(\gamma x_0)}{\sinh(\gamma x_0)}$$

각 변수의 방향 선택은 아래 표 1에 의한다.

표 1. 급전소간 방향 선택에 의한 변수 설정

	In the direction	
	of the substation	of the section end
	as seen from the locomotive	
$I_k$	$I_e$	$I_h$
$Z_k$	$Z_A$	$Z_H$
$\ell$	$L - x_0$	$x_0$

## III. 기유도전류 분포 시뮬레이션

### 1. 전파상수 계산

선로의 전자계 이동 영향에 관하여는 그 선로(전차선) 규격 파라미터에 맞는 전파상수를 계산하는 것이 관건이다. 가장 보편적인 계산은 전송선로 방식에 의하여 아래의 식으로 간단히 계산할 수 있다.

$$\gamma = \sqrt{Z_L Y_L}$$

$$Z_L = R_L + j\omega L_s ; \quad Y_L = G + j\omega C$$

$$L_s = L_i + L_e ; \quad R = 1/\sigma s$$

$$C = \frac{0.02413}{2 \log_{10}(2h/r)} ; \quad G=0$$

여기서 LCR 파라미터들은 모두 전차선의 대지와와의 관계에 따른 규격 특성에 의하여 계산되는 것들이다. G는 대지측으로의 누설 컨덕턴스로서 매우 미약하여 보통 0으로 간주되고 정전용량(C)은 전력선 선로정수 계산 방식에 의한다[2].

2. 기유도전류 분포 분석

가. 기본 양상

그림 3에서 위쪽의 그래프는 각 중심점 좌우의 급전소에 의한 부하전류의 변화 영향을 나타내는 것이므로 12km 급전 구간 적용내에서의 전차선 접촉점 위치 변화에 따른 부하전류 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 이는 전차선 부하전류를 1로써 정규화된 수치로 보정한 것이다. 가로축은 급전소 간 거리를, 세로축은 정규화된 거리 구간상 전류 분포 효율을 말한다. 부하전류는 급전소측에서 높아지며 반대편 측 구간들에서 최소가 되나 이는 양측 급전소에 의한 대칭적 관계 특성 가지고 있으므로 이를 복합적으로 보아야 할 것이다

그림 3에서 아래쪽의 그래프는 복합 부하전류 영향에 대한 적용 효율 변화 양상을 나타낸 것으로서 가운데 지점에서 기본적으로 부하전류에 의한 기유도 성분이 최대가 된다

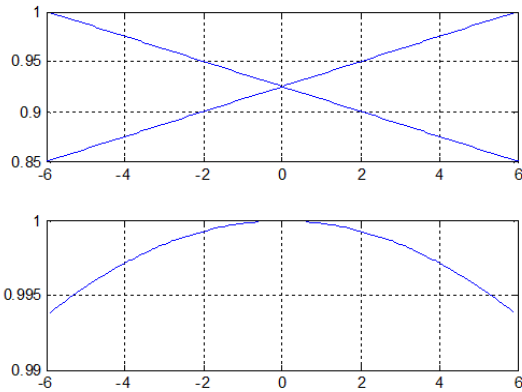


그림 3. 부하전류 기유도 성분 분포의 기본 양상

나.  $\gamma$  변수 시뮬레이션

부하전류 계산 시뮬레이션에 영향을 미칠 수 있는 핵심 파라미터로서 전파상수 레벨 변화에 따른 효율 변화를 시뮬레이션하면 다음의 그래프 그림 4와 같이 나타나게 된다.

전파상수 승수의 변화를 x10까지 단계적으로 1step씩 변화를 주었을 때 나타나는 효율 변화를 나타낸다.

전파상수의 레벨 변화에 따른 효율의 상당한 변화가 있다. 대략 기본 프로그램(II.1 급전소 관계 모델에서 설명한 파라미터에 의해서 계산된 전파상수의 x5 정도의 위치에서 각 급전소 종단 측 0.6 정도 내외의 효율로부터 중간지점(0) 정규화에 의한 곡선 변화를 이루고 있다

전차선 선로 구성 특성에 부합된 최대한 면밀한 전파상수 계산 방식을 선별하여 적용할 수 있는 전자파 원리적 기술 방안 검토가 필요하다

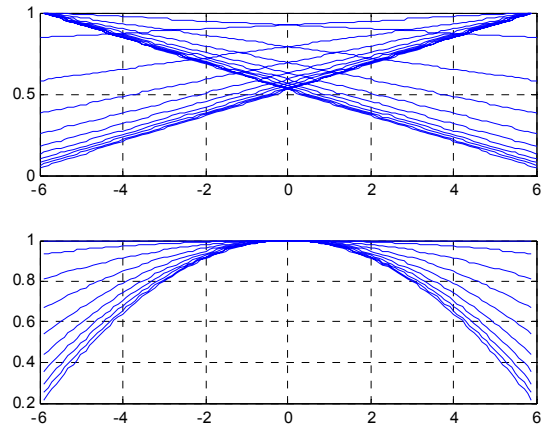


그림 4. 전파상수에 의한 부하 유도 영향 변화

V. 결 론

유도전압의 발생 관계에서 기유도전류가 급전소의 구간내에서 일정하지 않기 때문에 유도 대책을 수행할 때에 이에 대한 정규화 보정이 필요하다. 그러므로 기유도전류 성분의 원천은 전차에 공급되는 부하전류의 대지귀로 성분에 의한 것인 바 부하전류의 변화 요인에 관한 보정이 필요하다 이는 단일 급전소에서 공급하는 부하전류의 평균적 기본량은 원천적으로 동일하나 ITU-T Directives - Vol.IV에서 제시하고 있는 식에서와 같이 급전소간의 전차 위치에 따른 양 급전소로의 귀환 량의 누적적 변화에 의한 기유도 전류량에 차이가 있기 때문이다.

전차에 부하전류를 공급하는 하나의 급전구간 내에서 변화하는 기유도전류는 급전소로부터의 이격거리에 관계하여 최근접 위치에서 가장 높게 나타나고 중간 지점으로 이동할수록 감소하여 다시 반대편 급전소측 이동에 따라 증가하는 대칭적 쌍곡선 함수 특성으로 나타남을 알 수 있고 이러한 해석 결과는 급전소간의 유도 영향 관계에서 통신선 장애에 대응하는 데에 기초적 영향 변수로 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] ITU-T, Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines: Vol. IV - INDUCING-CURRENTS AND VOLTAGES IN ELECTRIFIED RAILWAY SYSTEMS, 1989
- [2] 이은학, 송배전 공학, 동일출판사, 2006