

전기철도에 의한 통신선 유도전압 다도체계산법상의 궤도효과 적용기술 분석

정희원 이상무*, 최문환*, 조평동*

Analysis on the Application of Railway Screening Effect in the Multi-conductor Line Solution of Induced Voltage to Telecommunication Lines by Electrified Traction System

Sangmu Lee*, Mun-Hwan Choi*, Pyoung-Dong Cho* *Regular Members*

요 약

전기철도인 고속전철시설에 의한 통신선 유도전압을 계산하는데 있어서는 CCITT Directives에 의한 다도체계산법을 사용한다. 통신시스템계에 미치는 전력시스템계에 의한 유도의 영향력에는 다양한 차폐 요소들이 존재하여 경감 요율로서 사용된다. 철도시스템계에 있어서는 철도의 선로(레일) 자체에 의한 궤도효과가 존재하는데 다도체계산법에 있어서 궤도효과가 반영된 결과인지에 대하여는 계산법 자체에 명시되어 있지 않으므로 유도전압 계산의 적정성에 대하여 논란이 되고 있다. 이러한 기술 문제의 해결을 위하여 본 논문에서는 궤도효과가 영향을 미칠 수 있는 원리적 범위를 고찰하고 궤도효과와 적용과 관련된 일본 유도자료등의 사례를 통하여 그 의미를 해석한다. 그리고 다도체계산법 자체에서의 궤도효과 적용성을 분석하였다. 아울러 계산 시뮬레이션을 통한 유도전압을 비교하여 궤도효과와 적용성을 검증한다. 이상의 분석 결과를 종합하여 볼 때 다도체계산법상에는 궤도효과가 포함되어 있는 것으로 결론지을 수 있다.

Key Words : Rail screening factor, Induction, Traction system, Multi-conductor line solution

ABSTRACT

The induced voltages by AT power feeding system of electrified traction line to telecommunication line are calculated with the method of multi-conductor line solution in the CCITT Directives. There is a screening effect by railway line itself among various shielding factors against induction. It is the argue point whether the multi-conductor line solution contains the railway line effect since the calculation method does not show any expression about shielding factors. So this paper illuminates the mysterious question by reviewing the shielding factor principle on traction system, scrutinizing the Japanese bible about induction, analyzing the multi-conductor line solution itself, and comparing the result calculation considering the effect of railway screen. This paper concludes that multi-conductor line solution contains the screening effect of railway lines.

I. 서 론

정보통신서비스에 있어서 직접적인 통화잡음을

일으키거나 광대역 데이터통신서비스에 있어서도 전송 오류의 문제를 야기할 수 있는 장애로서 전력시스템계로부터의 유도장애가 있다. 유도 장애 방지에

* 한국전자통신연구원 표준연구센터 기술기준연구팀(sangmu, mhchoi, pdcho@etri.re.kr)
논문번호: KICS2007-12-585, 접수일자: 2007년 12월 24일, 최종논문접수일자: 2008년 6월 18일

관한 사항은 법적으로 규정되어 있어서 '전기통신설비의 기술기준에 관한 규칙'에서 전자유도에 의하여 유기되는 통신선로시설에 대한 유도전압의 제한치를 두고 있고 이것의 예측계산을 위하여 전파연구소고시 제2007-102호(전력유도전압의 구체적 산출방법에 관한 기술기준, 이하 고시라 함)에서 다루고 있다. 이 고시에 의한 예측계산상 상기 규칙에서 정한 제한치를 초과하면 유도기관과 피유도기관과의 협의 하에 시설 대책을 수행하여야 한다.

이러한 유도 대책상의 문제에 있어서 본 논문에서 다루고자 하는 것은 특히 고속전철과 같은 전기철도시설에 의한 유도전압을 계산하는 방식 가운데에 복잡한 선로 구성에 대한 평가를 위한 다도체계산법의 문제에 관한 것이다. 유도 공간에 있어서 유도원(전력선, 급전선 등)과 통신서비스에 직접 피해를 받는 피유도원(통신선)간에는 다양한 다른 피유도원들이 존재하는데 이러한 타피유도원들은 통신 피유도원에 대하여는 유도를 경감시키는 차폐물로서의 효과로 작용하게 된다. 따라서 상기 고시에 의한 유도전압 계산식에는 여러가지 차폐계수들이 부여되어 있다. 그런데 CCITT Directives로부터 상기 고시에 도입된 고속전철시설에 의한 유도전압을 계산하는 다도체계산법상에는 어떠한 차폐효과도 명시적으로 나타나 있지 않다. 특히 문제가 되는 것이 이 다도체계산법상에 선로 자체에 의한 차폐효과, 즉 궤도효과가 반영되어 있는지의 여부에 대한 의문이다.

이러한 배경하에 본 논문에서는 다도체계산법에 궤도효과가 반영되어 있는지를 파악해 보기 위한 기술 해석으로서 우선 철도 선로상 궤도효과 적용의 원리적 입장에서 검토하여 보고, 이 분야의 전문적 연구가 이루어졌던 일본 유도자료등을 통하여 고찰하여 본다. 그리고 직접 다도체계산법 내용상의 기술 특성을 분석하였다. 더불어 다도체계산법으로 계산된 궤도효과 여부에 따른 유도전압을 비교하여 봄으로써 그것의 실재성을 진단하여 보았다.

II. 문제의 개요

이 문제의 좀더 구체적인 정황을 거론하도록 한다. 전철시설중에서도 고속전철과 같이 AT(Auto Transformer)급전방식에 의한 유도전압을 계산할 때, CCITT Directives¹⁾에 의한 다도체계산법을 활용하

도록 하고 있다. 유도전압 산출을 위한 고시상에 있어서 기본적 적용 관계식은 다음의 식(1)과 같다.

$$V = j\omega M I F \quad [V] \quad (1)$$

여기서 M은 유도원이 되는 시설과 피유도원 선로간의 상호인덕턴스이고 l은 두 시설간의 병행거리, I는 기유도전류, F는 각종 유도 계산상에 영향을 미치는 차폐계수등 파라미터 성분 그룹이다. 여기서 기유도전류 I가 다도체계산법에 의하여 계산되고 F에 대하여 현재 고시에서 적용되는 계수의 종류로는 전기통신선의 차폐계수(K₃), 터널차폐계수(K₄), 고가차폐계수(K₆), 케이블 조수에 의한 유도저감계수(K₇), 타궤도효과(K₈)가 있다¹⁾. 여기서 논지가 되는 것이 타궤도의 적용 범위에 관한 것으로써 고시에 있어서 '타궤도를 유도원이 되는 시설과 유도를 받는 시설에 인접하여 병행하는 급전계통을 달리하는 전철궤도로 정의하고 있는 바, 문제의 제기는 급전계통이 같더라도 복선 궤도에서와 같이 또 다른 인접 선로에 의한 차폐효과가 반영되어 있지 못하다는 견해에 의한 것이다.

III. 원리적 고찰

3.1 전차선로 구성의 집합성

동일 급전계통 시설에 대하여는 다도체계산법에 의하여 모든 범위 선로들에 의한 임피던스 영향 관계가 고려됨으로 타궤도로서가 아닌 자기궤도로서의 차폐효과가 반영된다할 수 있다.

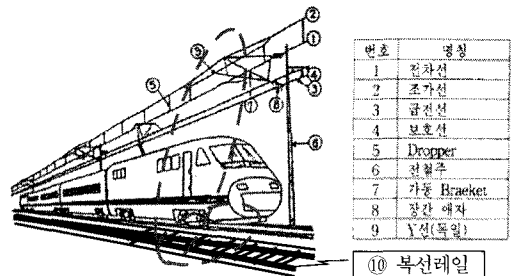


그림 1. 전기철도를 구성하는 선로시스템

위의 그림 1에서 다도체계산법의 적용이란 유도전류가 흐를 수 있는 모든 장도체간의 범주에 복선레일에 의한 상호임피던스 영향을 회로적으로 반영한 전체 도체상의 기유도전류를 계산하기 때문에 복선레일에 의한 차폐효과는 이미 적용된 것으로

1) 지금은 ITU-T로 변경되었으나 이 지침서(Directives) 발행 당시(1989)의 기관 타이틀로 유지되고 있다.

볼 수 있는 개연성을 가지고 있다²⁾.

3.2 차폐효과의 작용 원리(계산 방식)

어떠한 선로에 있어서는 유도원과 피유도원간 존재 선로에 의한 차폐효과의 방정식은 그림 2와 같은 상호임피던스 영향 관계상에서 이루어지는 차폐계수 유도 관계식(2)로 주어지므로 결국 각 선로간에 있어서 미치는 유도 임피던스들의 복합적 구성비에 의하여 계산되는 것이다³⁾.

그림 2에서 각 기호가 의미하는 바는 다음과 같다.

- I_1 : 기유도선에 흐르는 전류(기유도선 전류)
- I_2 : I_1 에 의해 통신선에 유기된 전류
- I_3 : I_1 에 의해 차폐선에 유기된 전류
- V_2 : I_1 에 의해 통신선에 유기된 전압(차폐선이 없을 때의 전압)
- V'_2 : I_3 에 의해 통신선에 유기된 전압
- Z_{21} : 기유도선 회로와 통신선간의 대지 귀로 상호 임피던스
- Z_{31} : 기유도선 회로와 차폐 회로간의 대지 귀로 상호 임피던스
- Z_{23} : 통신선과 차폐 회로간의 대지 귀로 상호 임피던스
- Z_{33} : 차폐 회로의 대지 귀로 자기 임피던스

통신선에 유기하는 유도 전압을 V 로 하면, V 는 차폐 회로가 없을 때의 유도 전압 V_2 에 대해 차폐 회로의 전류 I_3 에 의해 통신선에 유기한 전압 V'_2 를 뺀 것과 같다.

여기서, $V_2 = Z_{21} I_1$, $V_3 = Z_{31} I_1 = Z_{33} I_3$

따라서 $I_3 = \frac{Z_{31} I_1}{Z_{33}}$, $V'_2 = Z_{23} I_3 = Z_{23} \cdot \frac{Z_{31} I_1}{Z_{33}}$ 이고,

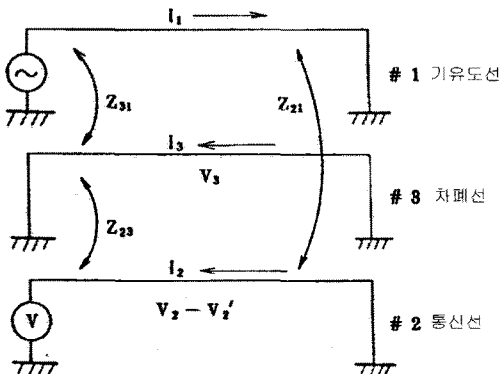


그림 2. 선로간 유도 임피던스에 의한 차폐효과

$$\therefore V = V_2 - V'_2 = Z_{21} I_1 - Z_{23} \cdot \frac{Z_{31}}{Z_{33}} I_1 = Z_{21} I_1 \left(1 - \frac{Z_{23} Z_{31}}{Z_{21} Z_{33}}\right)$$

이것으로부터 K 를 구하면

$$K = \frac{V(\text{차폐선이 있을 때의 유도 전압})}{V_2(\text{차폐선이 없을 때의 유도 전압})} \text{ 으로 주어}$$

지기 때문에

$$K = 1 - \frac{Z_{23} Z_{31}}{Z_{33} Z_{21}} \tag{2}$$

가 된다. 위 식이 차폐 계수의 기본식이다. 수식 (2)로부터 K 는 $0 \leq K \leq 1$ 사이의 값을 구하여 0에 가까울수록 차폐 효과는 커진다.

IV. 일본 유도자료에 따른 궤도효과 적용 기술

4.1 흡상변압기 전철시설에 있어서의 궤도효과

흡상변압기를 사용하는 전철시설의 경우에 있어서는 다음에 설명하는 바와 같이 (자기) 궤도에 의한 차폐(감쇠)효과가 명시적으로 기술된다.

4.1.1 단선 궤도시설의 경우

자기궤도효과란 아래 그림 3에서와 같은 흡상변압기를 이용한 전차선로 구성상에서 전차선 전류(I)에 의하여 궤도 선로 자체에 발생하는 유도전류에 의한 감쇠, 즉 차폐효과를 말한다.

전차선과 궤도간의 상호임피던스를 Z_m 이라 하고 궤도의 자기임피던스를 Z_s 라고 하면 전차선전류 I 에 의한 궤도상에 흐르는 유도전류는 식(3)이 되고 이것에 의해 감쇠된 전차선전류는 식(4)와 같이 된다.

$$i = \frac{Z_m}{Z_s} I \tag{3}$$

$$\begin{aligned} I_d &= I - i = I - \frac{Z_m}{Z_s} I = \left(1 - \frac{Z_m}{Z_s}\right) I \\ &= (1 - n) I \end{aligned} \tag{4}$$

여기서 원래 전차선전류 I 에 대하여 감쇠 효율이 되는 $(1-n)$ 을 (자기)궤도효과라고 한다.

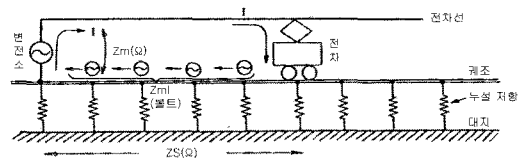


그림 3. 흡상변압기 전차선로의 유도조건

4.1.2 복선 궤도시설의 경우

아래 그림 4 복선궤도상의 유도전류(I_1, I_2)는 식 (5) 및 (6)과 같이 된다.

$$I_1 = \frac{Zm_1 Zs_2 - Zm_2 Zm_0}{Zs_1 Zs_2 - Zm_0^2} I \quad (5)$$

$$I_2 = \frac{Zm_2 Zs_1 - Zm_1 Zm_0}{Zs_1 Zs_2 - Zm_0^2} I \quad (6)$$

일반적으로 $Zs_1 = Zs_2 = Zs$ 로 놓을 수 있기 때문에 위의 수식은 다음(7)과 같이 된다.

$$\left. \begin{aligned} \frac{I_1}{I} &= \frac{Zs Zm_1 - Zm_2 Zm_0}{Zs^2 - Zm_0^2} I \equiv n_1 \\ \frac{I_2}{I} &= \frac{Zs Zm_2 - Zm_1 Zm_0}{Zs^2 - Zm_0^2} I \equiv n_2 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$n_1 + n_2 = n_0$ 으로 하면, 복선의 궤도 효과는 $(1-n_0)$ 으로 나타낼 수 있다.

또한, (7)식으로부터 n_0 은

$$n_0 = n_1 + n_2 = \frac{Zm_1 + Zm_2}{Zs + Zm_0} \approx \frac{2Zm}{Zs + Zm_0} \quad (8)$$

이 되고, 동시에 $Zs_1 > Zm_0$ 이기 때문에, 단선 궤도인 $n = \frac{Zm}{Zs}$ 보다도 n_0 는 커지고, 복선의 궤도 효과는 단선의 궤도 효과에 비해 값은 작아져서 차폐 효과는 커진다.

4.2 AT방식에 있어서의 Amp · km 치환

AT급전방식에 의한 전철시설의 경우에는 기유도전류 분포에 대하여 다음 식(9)의 Amp · km라는 개념을 사용하여 단위 선로 구간(l_2-l_1)당에 대한 적분에 의한 계산량을 나타내고 있다.

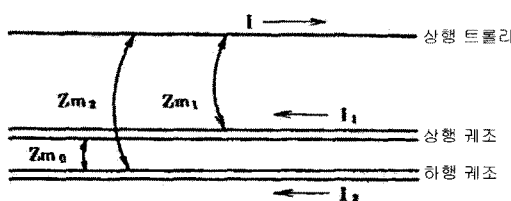


그림 4. 복선 구조의 전차선전류와 궤도전류

$$Amp \cdot Km = \int_{l_1}^{l_2} I(x) dx = \int_{l_1}^{l_2} (I_T - I_P - I_R(x)) dx = (I_T - I_P)(l_2 - l_1) - \int_{l_1}^{l_2} I_R dx \quad (9)$$

이것은 원래의 흡상변압기 방식에 대한 유도전압 계산식(10)에서 궤도효과를 포함하고 있는 차폐계수 부분에 대하여 식(11)과 같이 대체하는 의미를 갖는다.

$$V = (1-n) I K_5 \omega M l K_1 K_3 K_4 \times 10^{-6} (V) \quad (10)$$

$$(1-n) I K_5 D = Amp \cdot Km \quad (11)$$

여기서 K_5 는 전철궤도와 통신선의 병행거리 관계에 따른 차폐효과인 분류효과이다³⁾.

이 Amp · km를 분포정수에 의한 손실전송방정식인 CCITT Directive의 다도체계산법을 사용하여 산출할 수 있다⁴⁾.

V. 「다도체계산법」에서의 적용 해석

‘다도체계산법’에 있어서는 선로의 차폐에 영향을 미칠 수 있는 유도전류원을 구성하는 도체 선로들이 복합적으로 존재하는 경우에 대한 등가회로적 해석 방식으로서 모든 선로간 유도전류에 영향을 미칠 수 있는 상호임피던스를 아래의 그림 5와 같은 단위회로의 집합적 구성 형태에 의한 매트릭스계산 방식으로 총기유도전류를 산출하는 것이다⁵⁾.

$$[I]_k = \begin{pmatrix} i_k^1 \\ i_k^2 \\ \vdots \\ i_k^m \end{pmatrix} \quad [V]_k = \begin{pmatrix} v_k^1 \\ v_k^2 \\ \vdots \\ v_k^m \end{pmatrix}$$

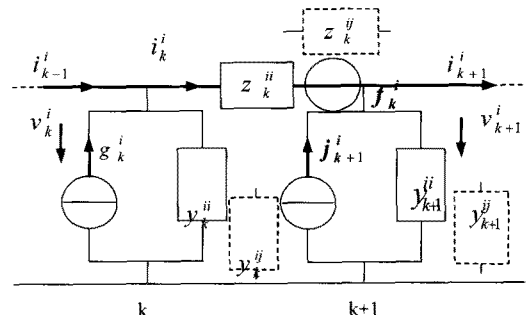


그림 5. 다도체선로에 대한 유도전류 등가회로

$$[Z]_k = \begin{pmatrix} z_k^{11} & z_k^{12} & \dots & z_k^{1j} & z_k^{1m} \\ z_k^{21} & z_k^{22} & \dots & z_k^{2i} & z_k^{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ z_k^{i1} & z_k^{i2} & \dots & z_k^{ii} & z_k^{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ z_k^{m1} & z_k^{m2} & \dots & z_k^{mi} & z_k^{mm} \end{pmatrix}$$

$$[Z]_k = \begin{bmatrix} z_{cc} & z_{cp} & z_{cr} & z_{cw} & z_{cb} & \dots \\ z_{pc} & z_{pp} & z_{pr} & z_{pw} & z_{pb} & \dots \\ z_{rc} & z_{rp} & z_{rr} & z_{rw} & z_{rb} & \dots \\ z_{wc} & z_{wp} & z_{wr} & z_{ww} & z_{wb} & \dots \\ z_{bc} & z_{bp} & z_{br} & z_{bw} & z_{bb} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

$$[J]_k = \begin{pmatrix} j_k^1 \\ j_k^2 \\ \vdots \\ j_k^m \end{pmatrix} \quad [F]_k = \begin{pmatrix} f_k^1 \\ f_k^2 \\ \vdots \\ f_k^m \end{pmatrix}$$

- z_{cc} : A구간(k)내의 전차선(T)의 자기임피던스 [Ω]
- z_{pp} : A구간(k)내의 급전선(F)의 자기임피던스 [Ω]
- z_{rr} : A구간(k)내의 레일(R)의 자기임피던스 [Ω]
- z_{ww} : 전차차폐선1(pw1)의 자기임피던스 [Ω]
- z_{bb} : A구간(k)내의 지중지선(BW)의 자기임피던스 [Ω]
- $z_{cp}(z_{pc})$: 전차선과 급전선간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{cr}(z_{rc})$: 전차선과 레일간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{cw}(z_{wc})$: A구간(k)내의 전차선과 전차차폐선1간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{cb}(z_{bc})$: 전차선과 지중지선간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{pr}(z_{rp})$: 급전선과 레일간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{pw}(z_{wp})$: 급전선과 전차차폐선1간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{pb}(z_{bp})$: 급전선과 지중지선간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{rw}(z_{wr})$: 레일과 전차차폐선1간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{rb}(z_{br})$: 레일과 지중지선간의 상호임피던스 [Ω]
- $z_{wb}(z_{bw})$: A구간(k)내의 전차차폐선1과 지중지선간의 상호임피던스 [Ω]

$[I]_k$: 소구간(이하 'A구간') k에서의 길이 방향 전류벡터이며 전체 선로에 있는 전류는 (N-1)개의 벡터 $[I]_k$ 로 표시되고 각 벡터는 k에서의 각 도체 i의 전류 i_k^i 가 m개로 구성된다.

$[V]_k$: 포인트(이하 'A포인트') k에서의 전위벡터이며 모든 전위는 N개의 벡터 $[V]_k$ 로 구성되며 각 벡터는 A포인트 k에서의 각 도체 i의 전위 v_k^i 가 m개로 구성된다.

$[Z]_k$: A구간 k내의 임피던스 행렬이며 전 임피던스는 mm항으로구성된 행렬 $[z]_k$ 가 (N-1)개로 표시된다.

$k = 1, 2, \dots, N-1$ (A 구간번호)

$m : 1, 2, \dots, i(j), \dots, m$ (도체수)

z_k^{ii} : A구간(k)내의 도체(i)의 자기임피던스

z_k^{ij} : A구간(k)내의 도체(i)와 도체(j)간의 상호 임피던스

$[J]_k$: A포인트(k)에 삽입된 공급 및 유기된 전류원의 벡터이며 모든 전류는 N개의 벡터 $[J]_k$ 로 표시, 상호임피던스 관계에 의한 선로간 유입 전류

$[F]_k$: i번째 loop의 k섹션에 있어서 소구간 A에 작용하는 선로간 임피던스 영향 관계로 인한 유도기전력

매트릭스 회로 해석 방식에서 특히 $[J]_k$ 와 $[F]_k$ 가 상기 $[Z]_k$ 에 의한 상호 임피던스 관계에 의하여 선로간 차폐 성분에 영향을 미치는 역기전력으로서의 유도전류 성분과 전압 성분이 등가회로적으로 연계되어 반영된 것이라 할 수 있다.

따라서 다도체계산법에 의한 전체 기유도전류상에는 이미 각 선로 성분 요소들에 의한 차폐영향 효과, 즉 그 부분으로서의 궤도 선로들에 의한 차폐 성분이 반영된 기유도전류가 계산되어 유도전압이 산출되는 것이다.

실제 고속전철 선로의 구성에 있어서 상기 회로 구성 요소중의 $[Z]_k$ 는 아래와 같이 대치된다⁶⁾.

VI. 시뮬레이션 비교 검토

다도체계산법상에서 동일 급전계통의 복선궤도에 의한 영향력을 알아보기 위하여 아래 그림 6에서와

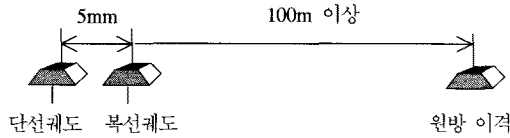


그림 6. 케도효과 시물레이션 복선 이격도

같이 원 복선케도의 위치로부터 사실상의 차폐 영향력이 없다할 수 있는 100m 이상 원거리로 이격된 상태에서의 주어진 이격거리 입력 파라미터에 따른 유도잡음전압치의 변화를 비교하여 보았다.

이의 비교 결과값에 의하면 아래의 표 1에서와 같이 원 복선케도상에서의 잡음전압 25mV(V_o)에 대하여 원방으로 이격했을 때에 계산되는 잡음전압이 37mV로서 복선케도가 사실상 없을 때의 유도잡음전압(V_f)에 대하여 복선케도가 다도체계산법상 같이 계산됨으로 인하여 이 시물레이션 케이스에 있어서 약 0.67의 차폐 효과를 갖는 것으로 해석된다.

표 1. 케도이격에 따른 시물레이션 효과

예측계산 번호	케도간 거리	잡음 전압	비율	
			V_o/V_f	V_f/V_o
001	4.86	24.9		
002	150	37	0.672973	1.485944
003	300	37.6	0.662234	1.51004
004	600	37.6	0.662234	1.51004
005	1200	37.6	0.662234	1.51004
006	2400	37.6	0.662234	1.51004
007	4800	37.6	0.662234	1.51004

VII. 결 론

전력유도대책상 증거하는 전파연구소고시 제 2007-102호(전력유도전압의 구체적 산출방법에 관한 기술기준)중 전차시설에 대한 차폐효과로서 고속 전철시설과 같은 AT급전 방식을 이용하는 경우에 있어서의 유도전압 계산에는 타케도효과로 명시되어 있고 자기케도효과에 대한 것이 표시되어 있지 않으므로 타케도의 적용 범위를 동일 급전계통이 아닌 것으로 되어 있는 것에 대한 기술적 의문점 해

결을 위하여 AT급전 방식에 대한 기유도전류 계산 법인 다도체계산법상에 자기케도효과가 이미 반영되어 있음을 주요 기술자료에 의한 수식 분석과 계산 시물레이션을 통하여 살펴보았다.

결과적으로 다도체계산법은 여러 도체 선로간에 미치는 상호임피던스에 의한 역기전력, 즉 차폐 성분이 감안된 총 기유도전류를 계산하는 것으로 판단된다.

이에 따라 고속전철시설에 의한 유도전압 예측계산에 있어서 동일 급전계통상에 해당되는 복선케도들에 의한 차폐효과에 대하여는 Amp·km를 계산하기 위한 다도체계산법상에 포함됨으로써 각 선로에 의한 유도전압 영향력에 반영되는 것으로 파악된다.

이와 같이 동일 급전 계통상 자기 및 복선케도에 의한 차폐효과는 이미 반영되어 계산되는 것이므로 별도의 타케도로서의 차폐효과를 적용할 필요가 없다.

참 고 문 헌

- [1] 전파연구소, 전력유도전압의 구체적 산출방법, 전파연구소고시 제2007-102호, 2007.12.21.
- [2] 한국전자통신연구원, “전력유도전압의 기술동향 분석,” 전기통신설비기준연구 부록2, p.91, 1993. 12.
- [3] 일본 전기통신협회 동해지부, 유도(상), pp.101-103, 1970.
- [4] 이상무 외, “고속전철에 의한 통신유도장에 예측을 위한 Amp·km 계산방법에 관한 연구,” 전자통신동향분석, Vol.18, No.3, 한국전자통신연구원, pp.77-80, 2003.6.
- [5] ITU-T, “DIRECTIVES concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines, Vol.III : CAPACITIVE, INDUCTIVE AND CONDUCTIVE COUPLING: PHYSICAL THEORY AND CALCULATION METHODS, Geneva,” pp.206-243, 1989
- [6] 한국과학기술원, 통신 유도전압 예측계산표준 설계 최종보고서, pp.3-19~3-27, 1993.10.

이 상 무 (Sangmu Lee)

정회원



1989년 단국대학교 전자공학사
2000년 한국정보통신대학교 정보
공학석사
2008년 현재 충남대학교 정보통신학 박사 과정
2008년 현재 한국전자통신연구원
방송통신융합연구부문 표준연

구센터 기술기준연구팀 근무

2008년 현재 TTA 접지프로젝트그룹 의장

<관심분야> 접지 및 전력유도기술 표준화

조 평 동 (Pyoung-Dong Cho)

정회원



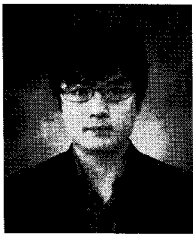
1980년 연세대학교 전자공학사
1995년 충남대학교 컴퓨터과학
석사
2003년 충남대학교 컴퓨터과학
박사
1980년~현재 한국전자통신연구
원 책임연구원, 기술기준연구

팀 팀장

<관심분야> 정보통신기술기준, 통신망, 광통신

최 문 환 (Mun-Hwan Choi)

정회원



2002년 군산대학교 정보통신공
학사
2004년 군산대학교 정보통신전파
공학석사
2008년 군산대학교 정보통신전파
공학박사
2008년 3월~현재 한국전자통신

연구원 표준연구센터 Post-Doc.

<관심분야> 정보통신기술기준, 표준화, 광통신,