

가공 배전선의 전자유도전압에 대하여 대지 귀로전류 원리를 반영한 중성선 차폐계수 계산 방법

이상무

한국전자통신연구원 표준연구센터/과학기술연합대학원대학교 이동통신및디지털방송공학과

The Calculation Method of Shielding Coefficient of Neutral Line against an Induced Voltage by an Aerial Power Distribution Line Reflecting the Principle of Earth Return Current

Sangmu Lee

Protocol Engineering Center, Electronics and Telecommunications Research Institute
/Division of Mobile and Digital Broadcasting, University of Science and Technology

요약 가공배전선에 의하여 통신선에 유도되는 전압을 계산하는데 있어서 기존의 중성선 차폐계수를 단일의 값으로 사용함으로써 인한 과다 오차 발생 문제를 해결하기 위하여 실제 배전 구간의 전주 접지 마다 발생하는 누설전류에 의한 대지귀로전류의 영향이 반영된 일반식이 개발된 바 있다. 각 전주 접지에서 발생하는 누설전류의 근원은 중성선에 유입되는 불평형전류이다. 그러므로 누설전류와 그 합인 대지귀로전류는 이 불평형전류에 대한 각 전주 위치에서의 누설율들의 합성적 인수관계로 표현이 가능하다. 본 논문에서는 결국 원래의 일반식을 누설율의 관점에서 전개하여 좀더 실용적인 의미를 갖도록 하였다. 이렇게 하면 유도의 원천 전류인 중성선 불평형전류에 대한 누설전류 효율만의 합성 인수로 대체된 중성선 차폐계수 계산식이 도출된다. 이 계산식의 의미는 전 배전 구간에서 중성선에 의한 차폐 효과가 일정한 것이 아니라 유도 구간의 위치에 따라서 원래 유도를 발생시키는 전류인 중성선 불평형전류의 양이 달라지는 효율을 말한다 것이다. 이와 같은 방식으로 계산하였을 때 기존 방식에 비하여 과소 예측에 대하여는 14% 증진율을, 과다 예측에 대하여는 평균 1/10 수준으로의 감소 효과를 기대할 수 있다.

Abstract To solve the problem of the excessive error caused by using a single value for the shielding effect of the neutral line of an electric power distribution line in the calculation of the voltage it induces in a telecommunication line, the general expression that was previously developed to reflect the mechanism of voltage induction by a distribution line with multiple grounds is employed in this paper to represent the relationship between the leakage current rates at each ground pole. In this way, the formula for calculating the shielding effect of the neutral line can be factorized against the unbalanced current flowing in the neutral line, which is the root current of induction. This shielding coefficient of the neutral line is not constant, but can vary when a range of induced voltages is generated in the whole power distribution line. The calculation method developed herein reduces the error rate to one tenth of that of the existing calculation result in the case of overestimation and increases it by 14% in the case of underestimation.

Keywords : electric power distribution line, induced voltage, neutral line, shielding coefficient, unbalanced neutral line current, earth return current, leakage current

본 연구는 2016년도 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음
[R0166-16-1020, 방송통신 설비 기술기준 연구].

*Corresponding Author : Sangmu Lee(ETRI)

Tel: +82-42-860-4925 email: sangmu@etri.re.kr

Received February 23, 2016

Revised (1st July 1, 2016, 2nd July 5, 2016, 3rd July 6, 2016)

Accepted July 7, 2016

Published July 31, 2016

1. 서론

가공 배전선에 의하여 주변의 통신선에 유도되는 전압을 계산할 때에 가공 배전선의 구성 선로인 중성선에 의한 차폐효과가 적용될 수 있다. 이에 대하여 유도전압을 계산하는 방법을 제공하는 국가 기술기준(국립전파연구원 고시)에서 중성선 차폐계수를 선종 분류에 따라 몇 가지 수치로 제시하고 있다[1]. 그러나 우리나라의 경우 중성선은 매 전주마다 접지속 대지로 누설되기 때문에 거리가 진행됨에 따라 차폐 효과도 변화하게 된다. 따라서 중성선 차폐계수를 단적 수치로 사용하는 것은 통신선이 받는 유도 구간이 전체 배전 구간 중 어디에 위치하느냐에 따른 변화가 반영되지 못하기 때문에 평균적인 값의 의미로서는 사용할 수 있을지라도 유도를 받는 통신선의 위치에 따라서는 실제 유도전압에 대한 계산값의 오차가 커질 수 밖에 없는 문제가 있다. 이와 같이 중성선 접지를 통하여 누설되는 각 위치에서의 대지귀로전류의 영향이 반영된 유도전압 계산 적용 방법에 대하여 참고문헌 [2]의 논문에서 다룬 바 있다.

본 논문에서는 참고문헌 [2]에서 제시한 누설전류가 반영된 유도를 발생시키는 전류를 계산하는 일반적인 방법을 좀더 간편하게 쓸 수 있는 실용식으로 개발한 내용을 제시한다. 여기서 말하는 실용식이란 통신선 유도 구간의 각 지점 위치에서 유도를 발생시키는 전류를 전주 접지를 감안하지 않고 단적 수치로 나타낸 중성선 차폐 효과의 근원인 중성선 불평형전류가 공통 인수로서 결합된 누설전류 효율만의 합성 관계로 나타낼 수 있고 이 효율들의 합성 관계를 중성선 차폐계수 계산식의 관점으로 인수 분할한 것이다.

이러한 과정의 도출을 위하여 기존의 측정 개소 데이터를 활용하여 현재 사용되고 있는 계산식 오차 문제의 정량성을 재조명하고 어떻게 누설전류 합의 일반적 표현을 순수 누설전류 효율들만으로 인수화된 중성선 차폐계수 계산식이 도출되는지, 그 산식 개발 과정을 설명한다. 이렇게 만들어진 실용적 관계식을 적용하여 계산하였을 때에도 기존 측정 데이터를 활용하여 분석한 결과 충분한 개선 효과가 있음을 보여준다.

2. 현행 계산식과 예측을 분석

2.1 현행 계산식 시스템

현재 우리나라에서는 앞에서 언급한 바와 같이 국가 기술기준에 의하여 국립전파연구원에서 발행한 고시의 식으로 가공배전선에 의한 유도전압을 계산하고 있다 [1]. 문제의 중성선 차폐계수를 적용하여야 할 유도전압 계산식은 (1)과 같다.

$$V_L = \Sigma(j\omega M \ell I_n K_{21} K_3 K_7) \quad (1)$$

V_L : 배전선 정상운전시 유도중전압(V)

ω : 60Hz에 대한 각속도[rad/sec]

M : 60Hz에 대한 전력선과 전기통신선의 상호인덕턴스(H/km)

ℓ : 전력선과 전기통신선의 병행거리(km)

I_n : 배전선 중성선에 흐르는 불평형 전류(A)

K_{21} : 배전선 중성선의 차폐계수

K_3 : 전기통신선의 차폐계수

K_7 : 통신케이블 조수에 의한 유도 저감계수

배전선 중성선에 대한 차폐계수(K_{21})는 표 1로 주어진다. 이것은 전력선종에 의한 중성선의 단면적에 따른 차폐계수를 산정해 놓은 것이다.

Table 1. The values of neutral line shielding coefficient

Power Line Class(mm ²)	Shielding Coefficient
ACSR 160	0.63
" 95	0.65
" 58	0.68
" 32	0.75

2.2 현행 식의 계산 정확도

실제 배전선 유도 병행 구간 21 개소에 대하여 식 (1)로 계산된 유도전압과 실제로 측정한 유도전압과의 대비 분석을 하여보면 그림 1과 같다.

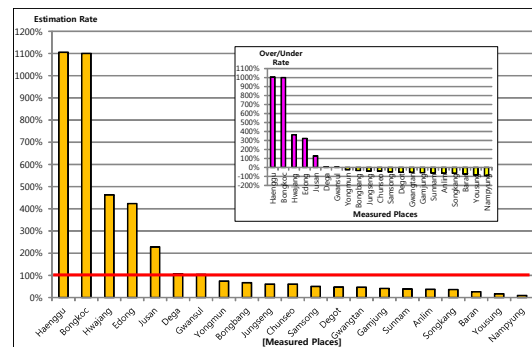


Fig. 1. Estimation rate of current calculation method

예측율은 실제 측정된 유도전압 값에 대한 계산된 유도전압 값의 비를 백분율로 나타낸 것이다. 그러므로 예측율이 100%이면 계산값이 실측값과 같다는 것을 말하고 정확하게 예측했음을 의미한다. 그런데 그림 1에서 살펴보면, 예측을 최대가 1100%에 달하여 실측값에 대하여 10 배를 예측하고 있으며 낮은 예측의 경우 약 10% 밖에 예측되지 못하고 있다. 그림 내 우상의 별도 박스의 도표는 예측을 100%에 대하여 과다 예측 또는 과소 예측율을 나타낸 것이다. 즉 각 측정 개소의 「예측율 - 100%」로 계산된 것이다.

3. 누설전류 요율 합성과 차폐계수 분리

3.1 누설전류 계산의 일반식

가공배전선로의 회로적 구성 형태는 그림 2와 같다[2].

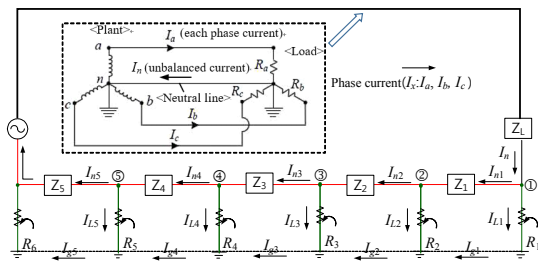


Fig. 2. Flow configuration in an aerial power distribution

그림 2에서 편의상 대지로 누설되기 전 흐르는 불평형 전류가 흐르는 하나의 선로처럼 등가적으로 나타냈으나 실제로는 전력선 3 상의 부하 불평형에 의하여 중성선에 흐르는 전류(I_n)가 형성되는 것은 작은 상자 안의 그림에서와 같다. 이 불평형전류가 식 (1)에서 유도를 발생시키는 기본 전류로 사용되는 것이고 변전소로 귀로되는 동안 중성선의 다중 접지에 의하여 누설되는 양 만큼 중성선의 차폐효과가 위치에 관계하여 줄어들게 되는 것이다. 본 논문에서는 주어진 I_n 에 대하여 누설 요율에 의한 영향을 분석하는데 의미를 둔 것이다.

부하(Z_L)로부터 잔류되어 나온 불평형전류인 최초 I_n 은 첫번째 전주 접속점 ①에서 중성선과 접지측으로 분기된다. 접지측으로 분기된 전류가 누설 전류이다. 접지측으로 분기된 전류 I_{L1} 은 접지저항 R_1 을 통하여 대지로 유입되고 대지 귀로전류 I_{g1} 이 되어 변전측으로 흐른다.

두번째 접속점(②)에서는 누설전류 I_{L1} 양이 빠진 중성선 전류 I_{n1} 이 유입되고, 두번째 누설전류 I_{L2} 가 R_2 측으로 빠져서 I_{n2} 가 중성선으로 분기되며 I_{L2} 는 이전 누설되어 대지 귀로 전류로 흐르는 I_{g1} 과 합쳐져서 I_{g2} 로서 흐른다. 이와 같은 메커니즘으로 대지 귀로 전류가 누적적으로 합성되어 변전측으로 흐르게 된다. k번째 전주에서의 누설전류를 일반식으로 표현하면 식 (2)로 쓸 수 있다[2].

$$I_{Lk} = \alpha_k \left(I_n - \sum_{i=1}^{k-1} I_{Li} \right) \quad (2)$$

$$\alpha_k = \frac{Z_{TH}^k}{R_E + Z_{TH}^k}$$

$$Z_{TH}^k = Z_k + R_k // Z_{TH}^{k+1}$$

(k: 1~N-1, N: 전주수)

식 (2)에서 Z_{TH}^k 는 k번째 전주에서 변전측으로 바라보는 테브닌 등가임피던스이고 α_k 는 k번째 전주에서의 누설율을 의미한다.

3.2 누설율만의 합성 전개

3.2.1 단위 회로의 누설율 전개 모델

가공 배전 선로에서 최초 유입된 중성선 불평형전류가 선로를 진행하면서 누설되는 요율에 의해 각 전주 위치에서 합성되는 요율 관계는 그림 3의 분할 선로 위치 모델을 이용하여 전개하여보면 예로서 식 (3)과 같이 된다.

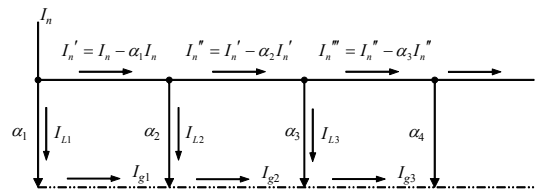


Fig. 3. Splitted position model of current flow

$$\begin{aligned} I_{g3} &= I_{g1} + I_{g2} + I_{L3} \\ &= \alpha_1 I_n + (1 - \alpha_1) \alpha_2 I_n + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2) \alpha_3 I_n \\ &= [\alpha_1 + (1 - \alpha_1) \alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2) \alpha_3] I_n \end{aligned} \quad (3)$$

이 샘플 모델에서 결과적으로 각 전주에서의 누설전류에 의한 대지귀로전류는 원래 유입되었던 중성선 불평형전류(I_n)에 대하여 당해 위치까지 전주들에서 발생한

누설전류 요율들의 합성 관계 인수와의 곱으로 표현된다
는 것을 예상할 수 있다.

3.2.2 누설을 전개의 확장과 합성 인수

Table 2. The deploying composition for I_{Lk}

k	I_{Lk}
1	$\alpha_1 I_n$
2	$\alpha_2 (I_n - \alpha_1 I_n) = \alpha_2 (1 - \alpha_1) I_n$
3	$\alpha_3 [I_n - \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2\} I_n]$ $= \alpha_3 [1 - \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2\}] I_n$ $= \alpha_3 [1 - \alpha_1 - (1 - \alpha_1)\alpha_2] I_n$ $= (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3 I_n$
4	$\alpha_4 [I_n - \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3\} I_n]$ $= \alpha_4 [1 - \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3\}] I_n$ $= \alpha_4 [(1 - \alpha_1) - (1 - \alpha_1)\alpha_2 - (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3] I_n$ $= \alpha_4 [(1 - \alpha_1)\{(1 - \alpha_2) - (1 - \alpha_2)\alpha_3\}] I_n$ $= (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\alpha_4 I_n$
5	$\alpha_5 [1 - \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\alpha_4\}] I_n$ $= \alpha_5 [(1 - \alpha_1) - (1 - \alpha_1)\alpha_2 - (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3 - (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\alpha_4] I_n$ $= (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)(1 - \alpha_4)\alpha_5 I_n$

Table 3. The deploying composition for ΣI_{Lk}

k	ΣI_{Lk}
1	$\alpha_1 I_n$
2	$\alpha_2 (1 - \alpha_1) I_n + \alpha_1 I_n$ $= \{\alpha_2 (1 - \alpha_1) + \alpha_1\} I_n$ $= \{\alpha_2 - \alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1\} I_n$ $= \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2\} I_n$
3	$(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3 I_n$ $+ \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2\} I_n$ $= [(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3 + \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2\}] I_n$ $= [\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3] I_n$
4	$[\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3] I_n$ $+ (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\alpha_4 I_n$ $= \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\alpha_4\} I_n$
5	$[\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3] I_n$ $+ (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\alpha_4 I_n$ $= \{\alpha_1 + (1 - \alpha_1)\alpha_2 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)\alpha_3 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)\alpha_4 + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)(1 - \alpha_4)\alpha_5\} I_n$

이를 좀 더 일반화시키기 위하여 5 번째 전주까지 발생할 수 있는 누설전류 요율들의 합성 곱의 관계를 당해 전주에서의 누설전류 I_{Lk} 와 그 직전 전주까지 누설전류들의 합 ΣI_{Lk} 로 나누어 정리하면 각각 표 2 및 표 3과 같이 된다. 결국 표 2 및 표 3의 요율 전개를 인수식으로 표현하면 (4) 및 (5)와 같이 된다.

$$I_{Lk} = I_n \left[\alpha_k \prod_{i=1}^{k-1} (1 - \alpha_i) \right] \quad (4)$$

$$\Sigma I_{Lk} = I_n \sum_{i=1}^{k-1} \left\{ \alpha_i \prod_{r=0}^{i-1} (1 - \alpha_r) \right\} \quad (\text{단, } \alpha_0 = 0) \quad (5)$$

3.3 중성선 차폐계수 계산식의 분리

3.3.1 대지귀로전류 합성

k번째 전주에서의 대지귀로전류 I_{gk} 는 k번째 전주에서의 누설전류 I_{Lk} 와 그 직전 전주까지 누설전류들의 합의 합이므로 식 (6)과 같이 정리된다[3].

$$\begin{aligned}
 I_{gk} &= I_{Lk} + \Sigma I_{Lk}^- \\
 &= I_n \left[\alpha_k \prod_{i=1}^{k-1} (1 - \alpha_i) \right] + I_n \sum_{i=1}^{k-1} \left[\alpha_i \prod_{r=1}^{i-1} (1 - \alpha_r) \right] \\
 &= I_n \sum_{i=1}^k \left\{ \alpha_i \prod_{r=0}^{i-1} (1 - \alpha_r) \right\} \quad (\text{단, } \alpha_0 = 0) \quad (6)
 \end{aligned}$$

또한, I_{Lk} 와 ΣI_{Lk} , 이 두 개의 합은 결국 k번째 전주에서의 총 대지귀로전류(k번째 전주까지 모든 누설전류들의 합)가 된다.

3.3.2 평균 기유도전류

그림 4에 예시된 유도 구간 병행 거리 ℓ 을 3 등분된 각 구간 ℓ' 으로 나누어 본다면 통신선이 받는 유도전압은 분절된 각 구간 마다의 대지귀로전류-대지귀로전류가 곧 유도를 발생시키는 전류, 즉 기유도전류이다.에 의한 유도전압의 합이 되는데 이것은 식 (7)에서 전개된 바와 같이 전체 병행 거리에 대하여만 pq 유도 구간 내 각 전주에서 나가는 대지귀로전류의 총합(q점에서 나가는 대지귀로전류는 제외된다)을 전주에 의한 분절 구간 수로 나눈 평균적 기유도전류(I_{pq}^a)로 계산한 것과 같게 된다. 그러므로 유도 구간의 각 전주 간 거리에 의한 분절 구간 마다의 유도전압을 계산하여 합산할 필요없이 구간 내

총 대지귀로전류를 구간 수로 나눈 평균 기유도전류를 계산하여 유도전압을 산출하면 된다[4-6].

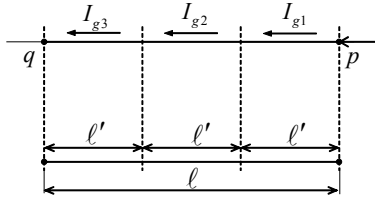


Fig. 4. Splitted course example of induction

$$\begin{aligned} V_\ell &= V_{\ell'} + V_{\ell'} + V_{\ell'} = 3V_{\ell'} \\ &= j\omega M \ell' (I_{g1} + I_{g2} + I_{g3}) K \\ &= j\omega M (3\ell') \left(\frac{I_{g1} + I_{g2} + I_{g3}}{3} \right) K \\ &= j\omega M \ell (I_{pq}^a) K \end{aligned} \quad (7)$$

K: 식 (1)에서 차폐계수류를 통칭한 것

3.3.3 중성선 차폐계수 대체 계산식

식 (7)에서 정의된 평균 기유도전류를 대지귀로전류 총합의 관점에서 일반적으로 다시 쓰면 식 (8)이 된다.

$$\begin{aligned} I_{pq}^a &= \frac{1}{s} \sum_{k=p}^{p+(s-1)} I_{gk} \\ &= \frac{1}{s} I_n \sum_{k=p}^{p+(s-1)} \left[\sum_{i=1}^k \left\{ \alpha_i \prod_{r=0}^{i-1} (1 - \alpha_r) \right\} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 s는 유도 구간 내 전주 간격에 의한 절분 구간 수로서 예를 들어 전주 간격이 50 m라고 하면 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$s = \frac{\ell}{d_p} = 20 \ell \leftarrow d_p = 0.05 \text{ km}$$

그런데 이 식 (8)에서 유도전류의 원천이 되는 중성선 불평형전류 I_n 에 대한 나머지 부분의 식을 분리시켜 쓰면 식 (9)가 되는데 이는 최초 유도전압 계산식 (1)에서 K_{21} 에 대응하는 의미를 갖게 된다는 것을 알 수 있고 곧 누설전류 효과가 반영된 중성선 차폐계수 계산식으로서의 대체가 가능하다.

$$K_{21} = \frac{1}{s} \sum_{k=p}^{p+(s-1)} \left[\sum_{i=1}^k \left\{ \alpha_i \prod_{r=0}^{i-1} (1 - \alpha_r) \right\} \right] \quad (9)$$

3. 계산식 적용 효과 분석

이와 같이 중성선 차폐계수를 유도 구간 위치에 따른 누설전류의 합성인 대지귀로전류 영향이 반영된 것으로서 계산식을 도출한 것은 일반식 (2)에서 누설전류 요율 관계만에 의한 실무적 변형으로서 그 결과값은 식 (2)에 의한 것과 원리적으로 동일하다. 그러므로 식 (9)를 도입하여 식 (1)에 의한 기존 각 측정 개소의 유도전압을 계산하여 예측율(Estimation Rate)을 분석하여 보면 그림 5와 같은 분포를 보인다.

그림 5의 분포를 표 1의 단적 값에 의한 K_{21} 을 적용한 그림 1의 것과 비교하여 보면 가장 높은 과다 예측율(Over Rate)이 220% 정도로서 기존 1100% 대비 1/5 수준으로 줄어들었다. 또한, 전반적으로 100% 예측율에 평균적으로 접근됨을 알 수 있다.

과소 예측(Under Rate) 측면에서 기존 계산과 비교하여 보면, 그림 6과 같이 나타나고 K_{21} 에 대하여 계산을 적용한 개선 효과가 과소 예측을 평균값으로써는 기존이 -57%, 개선이 -43%로서 14% 증진되었다.

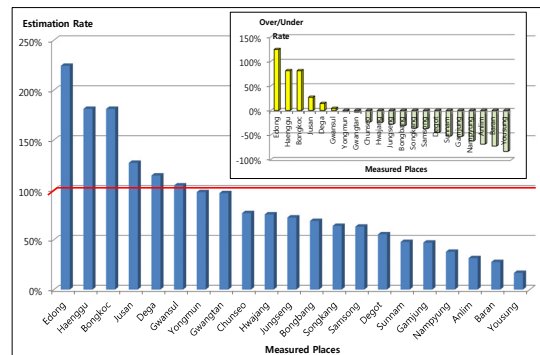


Fig. 5. The distribution of calculation result with K21

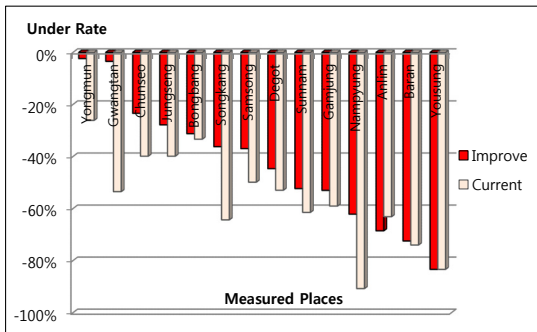


Fig. 6. The comparison of underestimations

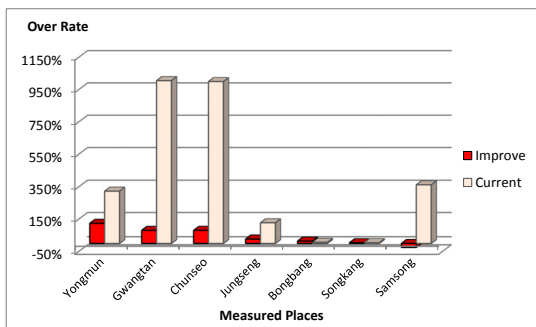


Fig. 7. The comparison of overestimations

특히 과다 예측의 측면에서는 그림 7에 비교된 것처럼 기존 과다 예측율에 비하면 현격하여 줄어든다는 것을 보여주고 있다. 개소 삼송(Samsong)의 경우 과소율 -25%인데 이는 100% 예측에 대한 오차로서는 절대값인 25%이므로 기존의 과예측 350%보다는 훨씬 작은 범위의 값이다.

6. 결론

가공 배전선에 의하여 통신선에 전자유도를 발생시키는 전류를 계산할 때 실제 유도 구간의 위치에 따른 누적적 대지귀로전류의 영향이 반영되도록 매 전주마다 발생하는 누설율만의 합성 관계로 표현된 실용적인 식을 전개하여 개발하였다. 이 식은 원래 기개발된 일반식에서 직접 누설율들을 선대입하여 만들어졌으므로 결과값은 동일하게 된다. 이렇게 식을 전개하였을 때 중성선 차폐계수를 계산할 수 있는 식이 분리·도출된다.

이러한 누설전류의 영향이 반영된 계산식으로 처리하면 측정 개소에 대한 비교 평가에서 알 수 있듯이 과소 예측의 부분에서는 14%의 증진 효과를 보이고, 특히 과

다 예측에 있어서는 기존 계산에 의한 평균 초과율 404%에 비하여 개선된 방법에 의하면 44%가 되어 과예측율을 거의 1/10 수준으로 감쇠시켜준다는 것을 알 수 있다.

개선된 방법에 의해서도 예측율 100%의 정확성을 갖지 못하는 오차 범위의 부분은 단위 가공 배전선에 다른 위상의 회선이 복수로 설치되거나 병행되는 합성 영향의 문제가 있는데 이 부분의 계산 보완에 의한 정확도 향상은 추가적인 연구가 필요한 상황이다.

References

- [1] Radio Research Agency, The technical regulation on detailed calculation methods of power induction voltages, RRA Notice No.2014-11, July. 12, 2014.
- [2] Sangmu Lee, "Formulation of Calculation Method for Inducing Current by Aerial Power Distribution Line", *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol.52, NO.4, April 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5573/ieic.2015.52.4.030>
- [3] Ju-Gi Baek, Basic Circuit Analysis, Seongan dang, 2014.
- [4] Telecommunication Association of Japan, Power Induction, pp.113-116, 1978.
- [5] ITU-T, Calculating induced voltages and currents in practical cases, *Directives concerning protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. II, pp. 252-256, 1999
- [6] ITU-T, Inducing currents and voltages in power transmission and distribution systems, *Directives concerning protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines*, Vol. V, pp. 252-256, 1999

이 상 무(Sangmu Lee)

[정회원]



- 2000년 8월 : 한국과학기술원 정보과학기술대학 전산학과 (정보공학 석사)
- 2013년 2월 : 충남대학교 공과대학 전자전파정보통신공학과 (정보통신 공학박사)
- 1991년 1월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2013년 10월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신및디지털방송통신공학과 겸임교수

<관심분야>

전자기파, ELF 전자유도