

전력 유도 장애 발생 시 통신 선로의 접지체 임피던스 크기가 유도 잡음 전압에 미치는 영향 분석

Analysis on the Effects of the Induced Noise Voltage with the Impedance

Changes of Telecommunication Line in the Power Inducting Situation

최 문 환* , 이 상 무 , 조 평 동
(Mun-Hwan Choi , Sang-Mu Lee, Pyoung-Dong Cho)

Abstract : In this paper, we have analyzed the change characteristics of induced noise due to the impedance change of the ground in both ends of telecommunication line. As what affects the induced noise, there are power influence or longitudinal transverse voltages and its weighted filtered voltage. In the result of measurement, we can see the noise level change due to the change of the ground impedance, that is, as the ground impedance at either end of the telecommunication line become grower, the noise level is increased, and as the ground impedance at either end of the telecommunication line become smaller, the noise level is decreased. However, we can't define the relation between ground impedance size and PIF in these measurement results, so we will have to carry out the measurement more deeply and more practically with various conditions in environmental viewpoint and/or experimental viewpoint to establish the definition between ground impedance size and PIF.

Keywords: power induction, induced noise voltage, impedance of telecommunication line

I. 서론

전력선설비나 고속철도시설에 의한 유도 장애로부터 통신 선로에 미치는 유도전압을 미리 예측하여 계산할 필요가 있다. 이는 단순히 통신에 대한 장애뿐만 아니라 인명 피해 및 손상 방지와 관련 있는 것으로 강제표준인 국가 기술기준 고시로서 고전압 방출 한계치를 정하고 있고, 따라서 그러한 고전압이 얼마만큼 유도되는지에 대한 정량적 예측을 위한 산출방법을 정하여 고시하고 있다.

하지만, 이러한 전력유도전압의 산출방법은 이론적으로나 실질적으로도 매우 복잡하기 때문에 기술기준 내용에 있어서 합리적인 조정이 어려운 실정이며, 특히 전력선 설비나 고속철도시설이 갈수록 복잡해지고 예측할 수 없는 환경변수들이 발생하는 등 보다 더 정확하고 구체적인 유도전압의 산출 방법이 절실히 필요한 실정이다. 이를 위해 현행 기술기준 내용에 있는 전력 유도전압 산출방법상의 문제점들에 대한 정형화된 규명을 이루고 문제 사안 조정 필요에 대한 타당성 검증을 통한 국내 현실과 사업자간의 이해에 맞는 합리적 계산방법을 도출하도록 하고 있다.

이에 유도기관(한전, 고속철도시설공단) 및 피유도기관(KT)과의 협조 하에 전력 유도에 의한 장애가 발생할 수 있는 조건을 갖춘 지역을 다수 선정하여 공장 2Km를 갖는 통신케이블을 유도원과 병행하여 포설한 후, 현행 국내 기술기준 고시 및 국내외 표준에서 제시하는 방법과 이외의 다양한 방법으로 전력 유도 장애 발생 시 통신선로에 미치는 영향에 대한 분석을 시행하였다.

특히 본 논문에서는 통신 선로 케이블이 포설되고 케이블 양단에 시설되는 접지 저항체와 관련하여 그 임피던스 크기

가 전력 유도 장애가 발생할 경우 통신 선로에 미치는 유도 잡음전압에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 분석을 행하였다. 전력 유도에 의한 장애가 발생하였을 경우를 가정하여 통신 선로 케이블의 양단에 시설되는 접지체의 임피던스 크기를 변화시킴에 따라 통신 케이블에서 측정되는 선간 잡음 전압(Noise) 및 선대지간 잡음 전압(PIF) 레벨의 변화를 분석하고 이러한 통신 선로 케이블 양단의 접지체의 임피던스의 변화가 전력 유도 장애 상황에서 어떠한 기능을 하는지 알아보았다.

II. 측정 실험

한전의 송배전선 또는 고속철도시설에 의한 전력 유도 장애가 발생하는 경우, 인근의 병행하는 통신케이블에 미치는 유도 잡음의 영향을 분석하기 위해 한전 및 KT 등과 같은 유관기관과의 협조 아래 지역 특성을 고려한 임의의 지역을 선별하여 유도원(전력선 시설이나 고속철도시설)과 병행하는 2Km의 공장을 갖는 25 페어의 통신케이블(JF-FS cable)을 포설한 테스트베드를 구축하였다.

측정은 가입자 측에서 실시하였으며, 종단회로는 그림 1과 같이 측정 대상 선로 케이블 종단의 임피던스 구성 방식의 차이에 따라 일본에서 연구목적으로 사용되는 600Ω 개방 종단 방식과 미국의 일반 실무형태인 무저항 직접 접지 방식, IEEE 표준 776의 형태를 갖는 300Ω-100Ω-300Ω 밸런스 형태의 방식 그리고 역시 미국에서 일반 실무적인 목적을 갖는 개방형 종단 회로 등의 4종류의 종단 회로를 사용하여 각각의 경우 통신 케이블의 측정단 및 종단의 임피던스 변화에 대해 선간 잡음 전압(Noise) 및 선대지간 잡음 전압(PIF)이 어떠한 변화를 보이는지를 분석하였다. 또한 측정에 사용된 장비 및 지원 시설은 표 2와 같다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 8. 14., 채택확정 : 200x. x. xx.

최문환, 이상무, 조평동 : 한국전자통신연구원

(mhchoi@etri.re.kr, sangmu@etri.re.kr, pdcho@etri.re.kr)

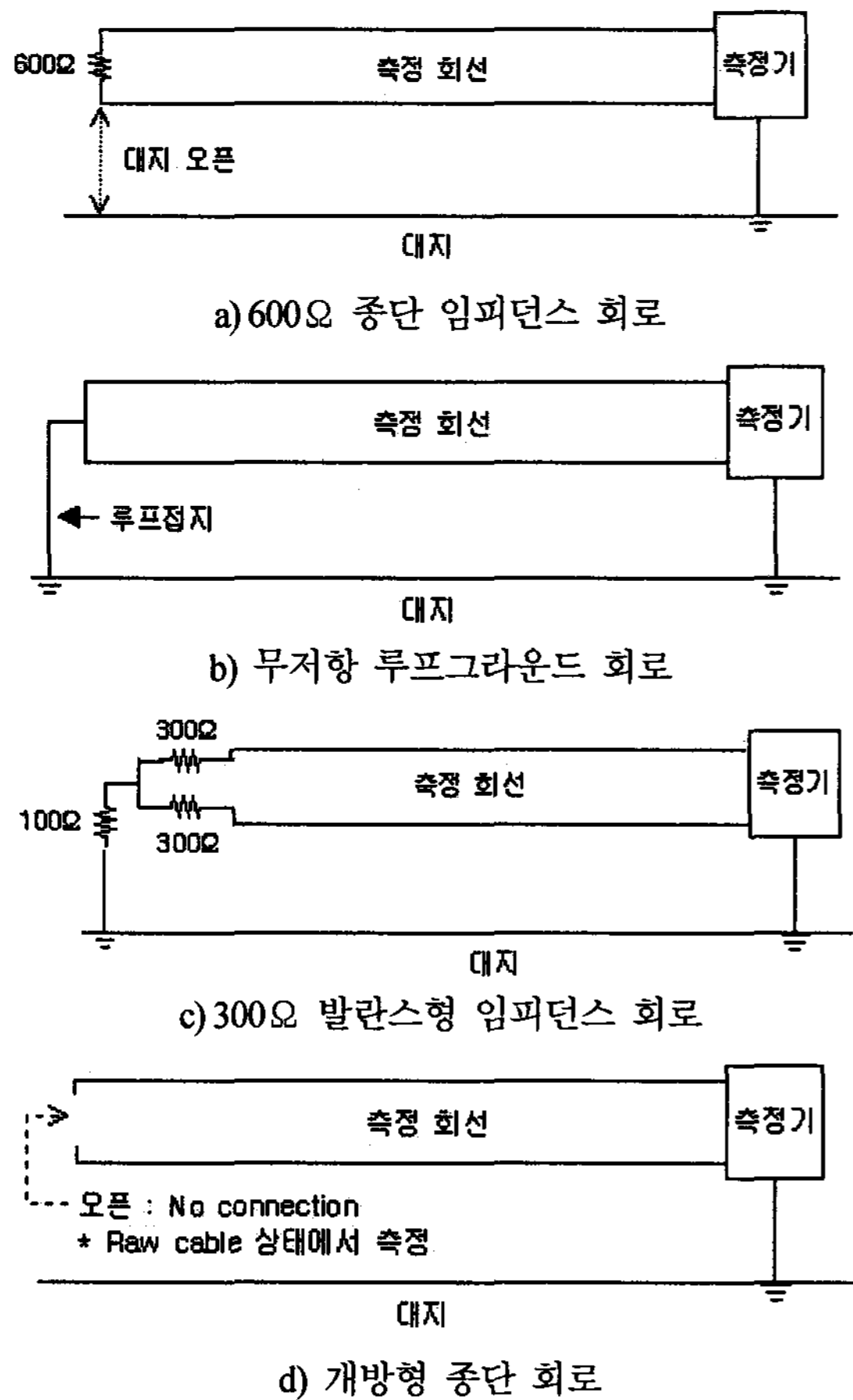


그림 1. 측정 케이블 종단 회로 구성.
Fig. 1. Types of the terminal circuit.

표 1. 측정 기자재.

Table 1. Measurement equipments

유형	품명	수량	비고
잡음전압측정기	미티게이터	1EA	선간/선대지 잡음전압 및 잡음평형도 측정
정전용량측정기	965-DSP	1EA	기초 파라미터 측정
절연저항측정기	Megger MIT-400	1EA	
멀티테스터	FLUKE-170	1EA	중전압 측정
접지저항측정기	SATURN-GEO	1EA	
통신케이블	0.4 25P JF-FS 케이블	1000M	
	0.5 25P JF-FS 케이블	1000M	
접속함체	IDC-25P 종말단자	4EA	케이블 접속개소 구축
열수축관	62형 폴리에틸렌 수지	5EA	
케이블 접속기	25P 커넥터 및 단자반	1EA	

III. 측정 실험 결과

통신 선로가 전력선 시설이나 고속철도시설 등과 같은 유도원에 의해 받는 전력 유도 장애에 대한 대책의 적정성을 평가하기 위해 금산, 파주, 서울, 화성 그리고 서울 지역에서 측정 실험을 실시하였으며, 이 중 금산과 서울 지역에서는 본 논문에서 분석한 통신 선로 케이블 양단의 접지체의 임피던스 변화가 전력 유도 장애 발생 시 케이블의 선간 잡음 전압 및 선대지간 잡음 전압에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 추가 실험을 실시하였다.

표의 백분율 수치는 접지체의 임피던스 크기의 변화가 있을 경우 변화 전후에 대한 임피던스의 영향을 나타내는 것이다. 또한 표에서 open은 개방형 종단회로를 말하며, LG는 Loop Ground로서 무저항 루프그라운드 회로, 600은 600Ω 종단 임피던스 회로 그리고 300은 300Ω-100Ω-300Ω으로 구성된 300Ω 발란스형 임피던스 회로를 말한다. 가능한 한 다른 측정을 목적으로 하는 회선 및 불량 회선을 제외한 모든 회선을 측정하였으며, 접지체의 임피던스 크기의 변화에 대한 영향을 분석하기 위한 데이터 셋의 일관성을 위하여, 또한 스위스의 접지가 선간 잡음 레벨에 영향을 주기 때문에 금산과 서울의 측정 데이터 중 스위스 접지를 하지 않은 경우에 한하여 측정값을 비교하였다.

1. 금산 지역

표 2. 통신 케이블 접지체 임피던스 변화.

Table 2. Impedance change of telecommunication line

	300(스위스 접지 X)		
	High	Low	차이
측정단[Ω]	600	150	450
종단[Ω]	1072	97	975

표 2는 금산지역에서의 측정에서 2Km의 케이블 포설 구간에 대한 접지체 임피던스의 변화를 보여준다. 시간적인 제약으로 인해 300Ω 발란스형 임피던스 회로에 대한 측정만을 수행하였으며 케이블의 스위스에 대한 접지를 하지 않은 경우에 대하여 High인 경우 측정단에 600Ω과 종단에 1072Ω을 사용하였고 Low인 경우에는 측정단에 150Ω과 종단에 97Ω의 접지체 임피던스를 사용하여 측정하였다.

다양한 환경 변수 및 측정 변수를 갖는 측정 결과 데이터들에 대해 보다 신뢰성 있는 비교를 위하여 가능한 한 동일한 조건 하에서 측정한 데이터를 비교하였으며 그 측정 조건 상태의 조건 조합은 표 3과 같다.

표 3. 측정 조건 구성.

Table 3. Measurement conditions

	일자	시간	회로	임피던스	스위스접지
A	12/26	15:00	300	Low	X
B	12/27	11:00	300	High	X
C	12/21	11:50	300	High	X

표 3에서 보는 바와 같이 조건 A는 측정 일자 및 시간을

제외하고 다른 조건과 비교하여 접지체 임피던스가 표 2의 Low인 경우이며, 조건 B와 C는 측정 일자 및 시간을 제외하면 접지체 임피던스의 크기가 동일한 경우를 말한다. 본 논문은 통신 선로 케이블의 양단 접지체의 임피던스의 변화가 유도 잡음 전압에 미치는 영향을 분석하기 위해 조건 A와 조건 B를, 그리고 조건 A와 조건 C를 각각 비교하여 보았으며 접지체의 임피던스 크기가 커졌을 때 선간 잡음 전압과 선대지간 잡음 전압의 변화 결과가 표 4에 나타나 있다.

표 4. 측정 결과(금산).

Table 3. Measurement results (Geumsan).

비교 조건	NOISE		PIF	
	평균차(mV)	효과	평균차(mV)	효과
A vs B	0.092	97.6%	-194.1	-15.2%
A vs C	0.039	65.1%	-47.8	-3.3%

표 4에서 알 수 있듯이 Low 임피던스 경우인 조건 A와 High 임피던스 경우인 조건 B 및 조건 C의 데이터를 분석한 결과, High 임피던스를 사용한 경우 Low 임피던스를 사용한 경우보다 97.6%, 65.1%의 높은 선간 잡음 전압(NOISE) 증가 효과를 보였으며, 선대지간 잡음 전압(PIF)은 각각 -15.2%, -3.3%의 감소 효과를 보였다.

2. 서울 지역

표 5. 측정 조건 구성.

Table 3. Measurement conditions.

	측정단	종단	비교	비고
A	150Ω	700Ω	A vs B	양단의 접지체 임피던스의 크기가 모두 작아짐
B	12.8Ω	11.5Ω	A vs C	측정단 접지체 임피던스의 크기만 작아짐
C	12.8Ω	700Ω	B vs C	종단의 접지체 임피던스의 크기만 커짐

서울 지역에서도 금산 지역의 경우와 같이 가능한 한 임피던스의 크기를 제외한 다른 환경 변수나 측정 변수를 통일하였으며 그러한 조건을 갖춘 비교 조건 구성은 표 5와 같다. 각각의 경우에 대한 측정단 및 종단의 임피던스 크기를 고려하여 양단의 접지체 임피던스가 모두 작아지는 경우(A vs B)와 측정단의 접지체 임피던스만 작아지는 경우(A vs C), 그리고 종단의 접지체 임피던스만 커지는 경우(B vs C)를 비교 하였으며, 이러한 접지체 임피던스의 변화가 선간 잡음 전압이나 선대지간 잡음 전압에 미치는 영향을 분석하였다.

표 6. 조건 A와 조건 B의 경우.

Table 6. Case of condition A and condition B

	NOISE		PIF	
	평균차(mV)	효과	평균차(mV)	효과
OPEN	-0.005	-6.4%	35.074	15.4%
L/G	-0.003	-1.8%	9.221	3.8%
600	-0.018	-19.6%	34.612	15.4%

300	-0.007	-7.2%	-26.237	-9.1%
평균	-0.008	-8.8%	13.168	6.4%

표 6은 측정단과 종단에 설비된 접지체 모드의 임피던스 크기가 작아졌을 경우에 대한 선간 잡음 전압 및 선대지간 잡음 전압의 변화를 나타낸다. 양단 모두의 접지체 임피던스가 작아질 경우, 선간 잡음 전압은 회로별로 최소 -6.4%에서 최대 -19.6%까지 감소하였고, 선대지간 잡음 전압은 300옴 발란스형 임피던스 회로인 경우에는 -9.1%의 감소효과를 보였지만 나머지 다른 종단회로의 경우에는 3.8%에서 15.4%의 증가효과를 보여주고 있다.

표 7. 조건 A와 조건 C의 경우.

Table 7. Case of condition A and condition C

	NOISE		PIF	
	평균차(mV)	효과	평균차(mV)	효과
OPEN	0.001	2.7%	53.787	23.6%
L/G	0.000	1.5%	42.306	16.9%
600	-0.010	-9.2%	55.917	24.8%
300	-0.002	-1.1%	9.083	3.3%
평균	-0.003	-1.5%	40.273	17.2%

표 7은 종단의 접지체 임피던스를 700옴으로 하고 측정단의 접지체 임피던스만 150옴에서 12.8옴으로 작아진 경우에 대한 결과를 보여준다. 선간 잡음 전압인 경우, 600옴 임피던스 회로와 300옴 발란스형 임피던스 회로의 경우에는 -9.2%, -1.1%의 감소를 보이지만 개방형 종단회로와 루프그라운드 회로에서는 2.7%와 1.5%의 증가세를 보여주고 있으며 평균적으로 -1.5%의 선간 잡음 전압의 감소효과를 보이고 있다. 선대지간 잡음 전압의 경우에는 전체적으로 3.3%에서 24.8%가 증가하고 있어 평균 17.2%의 선대지간 잡음 전압의 증가 효과를 보여준다.

표 8. 조건 B와 조건 C의 경우.

Table 8. Case of condition B and condition C

	NOISE		PIF	
	평균차(mV)	효과	평균차(mV)	효과
OPEN	0.006	10.9%	18.173	7.2%
L/G	0.003	5.1%	33.085	12.7%
600	0.008	14.3%	21.306	8.2%
300	0.005	7.6%	35.320	13.7%
평균	0.006	9.5%	26.971	10.4%

표 8은 측정단의 접지체 임피던스는 12.8옴으로 일정한데 반해 종단의 접지체 임피던스가 11.5옴에서 700옴으로 커졌을 경우에 대한 선간 잡음 전압 및 선대지간 잡음 전압의 변화를 나타낸다. 종단의 접지체 임피던스가 커지는 경우, 선간 잡음 전압은 회로별로 5.1%에서 14.3%까지 증가하고 있어 평균 9.5%의 증가효과를 보여주고 있으며, 선대지간 잡음 전압 역시 7.2%에서 12.7%까지 증가하고 있어 평균 10.4%의 증가효과를 보여준다.

IV. 결론

전력선이나 고속철도설비와 같은 유도원에 의한 전력 유도 장애 발생 시 이와 병행하는 통신 선로상에 유도 잡음 전압이 발생하게 되는데 본 논문에서는 한전의 전력선을 유도원으로 하는 금산 및 서울의 임의 지역을 선택하여 유도원과 병행하여 2Km의 케이블을 포설하고 전력 유도 장애 조건 하에서 통신 선로 케이블의 양단 접지체 설비의 임피던스 크기의 변화가 이러한 유도 잡음 전압 즉, 선간 잡음전압이나 선대지간 잡음전압 레벨 등에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 실험을 수행하였다.

금산 지역에서는 표 3과 같이 측정단과 종단의 접지체 임피던스가 각각 150옴과 97옴인 Low 임피던스의 경우(A)와 각각 600옴과 1072옴인 High 임피던스의 경우(B, C)에 대한 비교분석을 하였다. 두 가지 경우 모두 선간 잡음 전압에 있어서 97.6%와 65.1%의 증가현상을 보여 접지체의 임피던스의 크기가 커지면 선간 잡음 전압 역시 크게 측정되고 있음을 알 수 있으며, 선대지간 잡음 전압의 경우에는 각각 -15.2%와 -3.3%의 감소 현상을 보여 접지체의 임피던스의 크기가 커지면 선대지간 잡음 전압의 레벨은 낮아지고 있음을 알 수가 있다.

또한 서울 지역에서는 보다 다양한 조건을 비교 분석하였는데, 양단의 접지체 임피던스의 크기가 모두 작아지는 경우(A vs B), 측정단의 접지체 임피던스의 크기만 작아지는 경우(A vs C) 그리고 종단의 접지체 임피던스의 크기만 커지는 경우(B vs C)로 구별하였다. 측정단과 종단 모두의 접지체 임피던스가 작아지는 경우에서 선간 잡음 전압은 종단 회로별로 일관적으로 작아져 평균 -8.8%의 감소효과를 보였으며 선대지간 잡음 전압은 300옴 발란스형 임피던스 회로에서만 -9.1% 감소하고 다른 종단 회로에서는 모두 증가현상을 보여 평균적으로 6.4%의 증가효과를 보였다. 또한 측정단의 접지체 임피던스를 작게 변화시켰을 때는 600옴 임피던스 회로와 300옴 발란스형 임피던스 회로의 경우에는 -9.2%, -1.1%의 감소를 보이지만 개방형 종단회로와 루프그라운드 회로에서는 2.7%와 1.5%의 증가세를 보여주고 있으며 평균적으로 -1.5%의 선간 잡음 전압의 감소효과를 보이고 있다. 선대지간 잡음 전압의 경우에는 전체적으로 3.3%에서 24.8%의 증가추세를 보여 평균 17.2%의 선대지간 잡음 전압의 증가효과를 보여 준다. 마지막으로 종단의 접지체 임피던스의 크기만을 크게 변화시켰을 때의 경우로, 선간 잡음 전압은 모든 종단회로에서 증가추세를 보여 평균 9.5%의 증가효과를 보였고, 선대지간 잡음 전압의 경우 역시 모든 종단회로에서 그 값이 증가하여 평균 10.4%의 증가효과를 보였다.

표 9는 금산 지역과 서울 지역에서의 측정 결과를 정리하여 측정단과 종단의 접지체 임피던스의 변화에 따른 선간 잡음 전압 및 선대지간 잡음 전압의 변화를 나타내고 있다. 선간 잡음 전압의 경우 측정단이나 종단 어느 한쪽의 접지체 임피던스라도 커지게 되면 같이 커지고 있으며, 측정단이나 종단 어느 한쪽의 접지체 임피던스라도 작아지게 되면 역시 선간 잡음 전압의 레벨로 작아지고 있음을 알 수 있었다. 하지만 선대지간 잡음 전압의 경우 측정단과 종단의 접지체 임피

던스의 크기가 모두 작아지는 경우에서만 전압 레벨이 작아지고, 나머지 경우에는 모두 증가하고 있음을 보여 측정단과 종단의 접지체 임피던스의 크기 변화와 선대지간 잡음 전압의 레벨 변화간의 관계를 정확하게 정의 내리기 어려운 것으로 보여 향후 보다 실질적이고 정확한 측정 환경을 구축하여 심도 있는 분석이 필요한 것으로 보인다.

표 9. 양단 임피던스 변화에 따른 NOISE, PIF의 변화.

Table 9. Change of NOISE and PIF due to the change of impedance size in both sides

측정단	종단	NOISE	PIF
↓	↓	↓	↑
↓	변화 없음	↓	↑
변화없음	↑	↑	↑
↑	↑	↑	↓

참고문헌

- [1] 이상무, 이영환, 김용환, 조평동, "통신선로 유도장애 예측을 위한 유도전압산출 기술기준연구", 전자통신동향분석지, 제 17권 제 4호, pp. 135-144, 2002년 8월.
- [2] 전력유도전압의 구체적 산출방법에 대한 기술기준, 전파연구소고시 2005-95, 2005년 10월.
- [3] 전기통신협회동해지부(일본), 유도

최 문 환

2002년 군산대학교 정보통신공학과 졸업. 2004년 군산대학교 전자정보공학부 정보통신전파공학 석사. 2006년 군산대학교 전자정보공학부 정보통신전파공학 박사 수료. 2007. 3~현재 한국전자통신연구원 연구원.

이 상 무

1989년 단국대학교 전자공학과 졸업. 1998~2000 한국정보통신대학교 정보공학 석사. 1991~현재 한국전자통신연구원 책임연구원. 2004~현재 한국정보통신기술협회 접지프로젝트 그룹 의장.

조 평 동

1980년 연세대학교 전자공학과 졸업. 1993~1995 충남대학교 전산과학 석사. 2000~2003 충남대학교 전산과학 박사. 1979~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 기술기준연구팀 팀장.