

전력 유도 장애 시 통신 선로 케이블의 접지체와 유도원간의 이격거리에 의한 유도 잡음 영향 분석

Analysis on the Effects of the Induced Noise with Change of the Separation Distance between Grounding Equipment at End of Telecommunication Line and the Inducting Facilities in 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 effects from the change of separation distance between grounding equipment at end of telecommunication line and the inducting facilities in power inducting situation. In the result of measurement, we can see that as the separation distance between grounding equipment ant end of telecommunication line and the inducting facility become longer, the induced noise level and PIF level is decreased. From the another experiment results about the effect of changing the impedance size in both ends of telecommunication line, however, we already knew that 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. Hence we can not define the relationship exactly between separation distance from inducting facility to inducted facility and the induced noise level because when the grounding equipment is moved, its impedance size is changed too. In conclusion, changing the separation distance between grounding equipment at end of telecommunication line and the inducting facilities have not influence on the induced noise level.

Keywords: power induction, induced noise, grounding equipment, separation distance

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 유도원과 피유도원의 접지체 설비간 이격거리가 유도 잡음에 미치는 영향에 관한 논란이 있어 이에 전력 유도 장애 발생 시 전력선이나 고속철도시설의 전력공급선과 같은 유도원으로부터 통신 선로 케이블 종단의 접지체까지의 이격거리의 변화가 통신 선로에 발생하는 유도 잡음 레벨에 미치는 영향에 대한 분석을 행하였다. 즉, 전력 유도에 의한 장애가 발생하였을 경우를 가정하여 통신 선로 케이블의 종단에 시설되는 접지체를 유도원과 인접하여 설치하였을 때와 이격거리를 주어 분리하여 설치하였을 때 통신 케이블에서 측정되는 선간 잡음 전압(Noise) 및 선대지간 잡음 전압(PIF) 레벨의 변화를 분석하였다.

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 선

* 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)

간 잡음 전압(Noise) 및 선대지간 잡음 전압(PIF)이 어떠한 변화를 보이는지를 분석하였다. 또한 측정에 사용된 장비 및 지원 시설은 표 2와 같다.

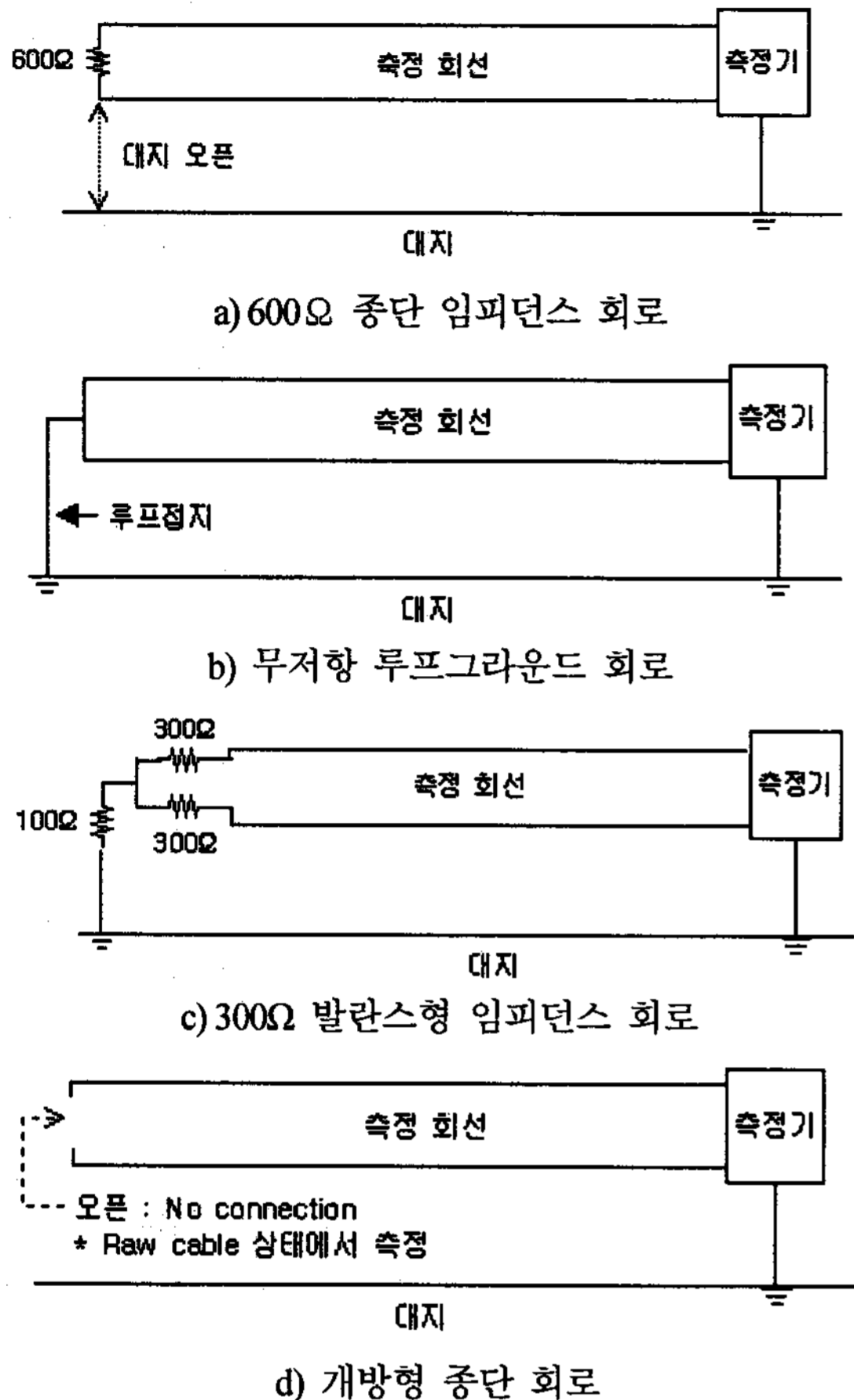


그림 1. 측정 케이블 종단 회로 구성.
Fig. 1. Types of the terminal circuit.

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	총전압 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

열수축관	62형 폴리에틸렌 수지	5EA	접속개소 구축
케이블 접속기	25P 커넥터 및 단자반	1EA	

또한 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, 본 논문에서는 통신 선로 케이블 종단에 설치되는 접지체 설비와 유도원간의 이격거리에 대한 유도 잡음의 레벨 변화를 분석하기 위하여 대전역 인근의 고속철도시설 구간에 통신 선로를 병행 포설하고 이와 관련된 실험을 실시하였다.

본 논문의 표의 백분율 수치는 유도원으로부터 접지체간의 이격거리의 변화 전과 후의 측정된 유도 잡음 레벨의 변화율을 나타내는 것이다. 또한 시간 제약 및 측정환경의 제약으로 인하여 본 논문에서는 관련 실험을 위해 그림 1에서 보이는 4가지의 종단 회로 중 300Ω 발란스형 임피던스 회로와 600Ω 종단 임피던스 회로만을 사용하여 유도 잡음 레벨 변화를 분석하였으며, 가능한 한 다른 측정을 목적으로 하는 회선 및 불량 회선을 제외한 모든 회선을 측정하였고, 경우에 따라서 선간 잡음전압 레벨이 'Low' 인 경우는 일괄적으로 분석대상에서 배제하였다. 고속철도시설의 경우에, 열차가 지나가는 순간에서 전력 유도 현상이 발생하기 때문에 고속전철이 측정지역을 지나가는 시간 동안 변화하는 각 수치를 기록하고 측정 기간 다수의 측정을 통하여 얻어진 결과의 평균값으로 분석을 행하였다.

III. 측정 실험 결과

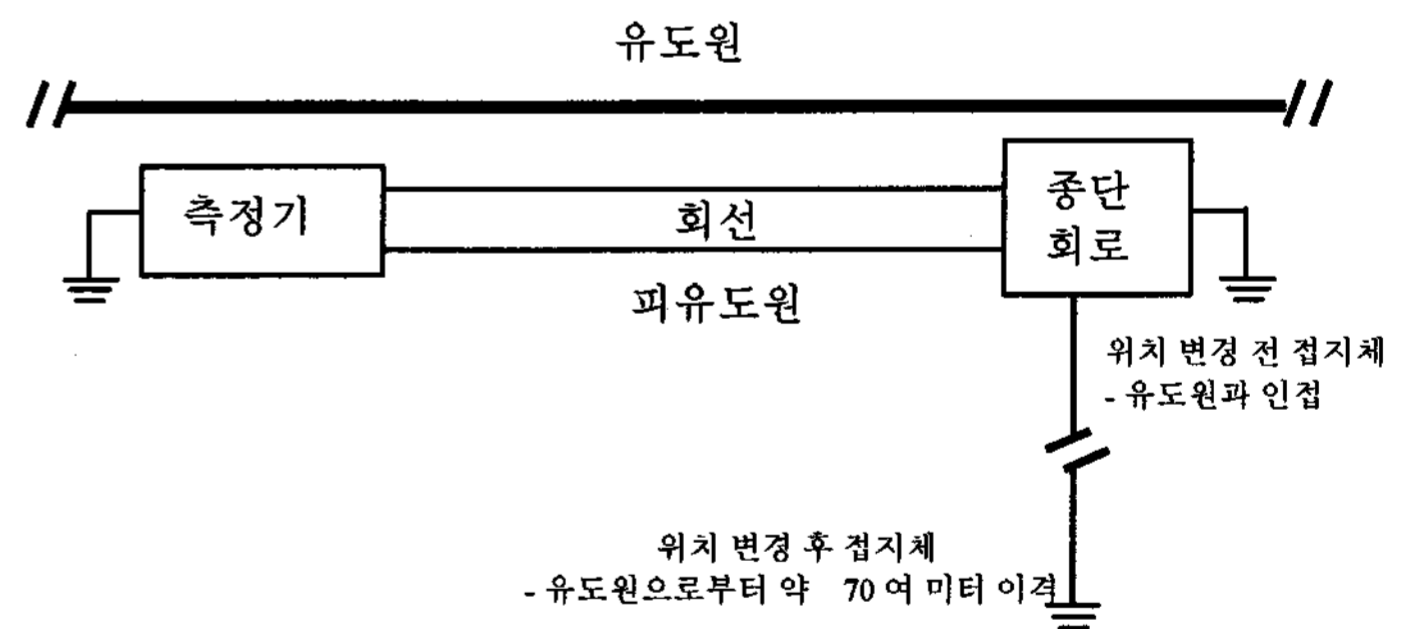


그림 2. 측정 환경.
Fig. 2. Types of the terminal circuit.

그림 2는 본 논문의 통신 선로 케이블 종단의 접지체와 유도원간의 이격거리가 전력 유도 장애에 의한 유도 잡음 레벨에 미치는 영향을 분석하기 위한 측정 실험 환경을 나타낸 것으로, 통신 선로 케이블의 종단에 설치되는 접지체를 유도원과 인접하여 설치한 후 유도원으로부터의 전력 유도 장애에 대한 유도 잡음 레벨을 측정한 다음 유도원으로부터 약 70여 미터 이격된 위치로 케이블 종단 접지체를 이동 설치하고 유도원으로부터의 전력 유도 장애에 대한 유도 잡음 레벨을 측정하였다. 종단회로로는 600Ω 종단 임피던스 회로와 300Ω

발란스형 임피던스 회로를 사용하였으며 분석 결과는 표 2 및 표 3과 같다.

표 2는 케이블 종단에 600옴 종단 임피던스 회로를 사용한 경우에 대한 분석 결과이다. 케이블 종단의 접지체의 위치를 변경하기 전 평균 22.7dBmc의 선간 잡음 레벨이 케이블 종단의 접지체 위치를 변경한 후 평균 20.5dBmc의 선간 잡음 레벨로 감소하여 -9.4%의 감소 효과를 보였다. 한편 선대지간 잡음 레벨은 케이블 종단의 접지체를 유도원과 인접하여 설치하고 측정한 경우 평균 104.2dBmc로 분석되었고 케이블 종단의 접지체를 약 70여 미터의 이격거리를 두고 설치할 경우 평균 104.0dBmc로 나타나 -0.2%의 미미한 감소효과를 보였다. 즉, 600옴 종단 임피던스 회로를 사용한 경우, 유도원으로부터 피유도원인 통신 선로 케이블의 접지체 설비간 이격거리가 증가하면 선간 잡음 레벨은 약간의 감소 효과를 나타내지만, 선대지간 잡음 레벨에 대해서는 -0.2%의 감소효과만을 보여 유도원과 접지체간 이격거리에 의한 영향이 거의 없음을 알 수 있다.

표 2. 측정 결과(600옴 종단 임피던스 회로).

Table 2. Measurement results(600Ω terminated circuit)

종단회로	유도 잡음	분석 수치(dBmc)	
		전	후
600 옴 종단	NOISE	전	22.7
		후	20.5
		Δ(후-전)	-2.2
		효과	-9.4%
	PIF	전	104.2
		후	104.0
		Δ(후-전)	-0.2
		효과	-0.2%

표 3. 측정 결과(300옴 발란스형 임피던스 회로).

Table 3. Measurement results(300Ω balanced terminated circuit)

종단회로	유도 잡음	분석 수치(dBmc)	
		전	후
300 옴 발란스형 종단	NOISE	전	26.9
		후	21.5
		Δ(후-전)	-5.4
		효과	-18.9%
	PIF	전	104.4
		후	104.2
		Δ(후-전)	-0.2
		효과	-0.1%

표 3은 케이블 종단에 300옴 발란스형 임피던스 회로를 사용한 경우에 대한 분석 결과이다. 케이블 종단의 접지체의 위치를 변경하기 전 평균 26.9dBmc의 선간 잡음 레벨이 케이블 종단의 접지체 위치를 변경한 후 평균 21.5dBmc로 나타나 -18.9%의 감소추세를 보이고 있다. 한편 선대지간 잡음 레벨의 경우 케이블 종단의 접지체를 유도원과 인접하여 설치하고 측정한 경우 평균 104.4dBmc로 분석되었고 케이블 종단의 접지체를 약 70여 미터의 이격거리를 두고 설치할 경우 평균 104.2dBmc로 나타나 -0.1%의 미미한 감소효과를 보였다. 즉, 300옴 발란스형 임피던스 회로를 사용한 경우, 유도원로부터

피유도원인 통신 선로 케이블의 접지체 설비간 이격거리가 증가할 때 선간 잡음 레벨은 -18.9%의 확연한 감소추세를 보이지만, 선대지간 잡음 레벨에 대해서는 -0.1%의 감소효과만을 보여 유도원과 접지체간 이격거리에 의한 영향이 거의 없음을 알 수 있다.

표 4. 측정 변수.

Table 4. Measurement parameters.

측정단	종단		이격거리	
	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후
120.5 Ω	90.8 Ω	9.08 Ω	인접	약 70m

이상의 분석 결과만을 봤을 때, 유도원으로부터 피유도원인 통신 선로 케이블의 종단 접지체간의 이격거리를 증가시키면 통신 선로 케이블에 미치는 유도 잡음 레벨 즉, 선간 잡음 레벨의 확연한 감소효과와 미미하지만 선대지간 잡음 레벨의 감소효과를 얻을 수 있었다. 하지만, 표 4에서 보는 것과 같이 통신 케이블의 접지체의 위치가 유도원에 인접한 경우의 임피던스는 90.8옴이고 케이블의 접지체 위치가 유도원으로부터 약 70여 미터 이격된 후 임피던스는 9.08옴으로 측정되었다. 이는 통신 선로 케이블 양단의 접지체 임피던스의 크기의 변화가 유도 잡음 레벨에 미치는 영향을 분석한 다른 측정 결과에서 접지체 임피던스가 작아지면(수 십~수 백 옴) 통신 케이블에 미치는 선간 잡음 레벨 또한 감소한다는 결론으로 보아 유도원과 피유도원의 접지체간 이격거리에 의한 유도 잡음 레벨의 변화의 관계를 정확하게 정의 내리기 어렵다 하겠다. 즉, 본 논문에서 접지체의 위치를 변경한 후 선간 잡음 레벨 및 선대지간 잡음 레벨이 감소한 것은 유도원으로부터 피유도원의 접지체간의 이격거리에 의한 것이 아닌 접지체 위치의 변경 전후 동반하여 변화된 접지체 임피던스의 감소로 인한 것이라 유추할 수 있다.

IV. 결론

전력선이나 고속철도설비와 같은 유도원에 의한 전력 유도 장애 발생 시 이와 병행하는 통신 선로상에 유도 잡음 전압이 발생하게 되는데 본 논문에서는 고속철도설비를 유도원으로써 하는 대 전역 인근 지역에서 유도원과 병행하여 2Km의 케이블을 포설하고 전력 유도 장애 조건 하에서 통신 선로 케이블의 종단 접지체 설비와 유도원간의 이격거리의 변화가 통신 선로 케이블에 미치는 유도 잡음, 즉 선간 유도 잡음 및 선대지간 유도 잡음 레벨에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 실험을 수행하였다. 이를 위해 유도원과 병행하여 포설된 통신 선로 케이블 종단의 접지체 설비를 유도원과 인접하여 설치하고 전력 유도 장애 발생시 통신 케이블에 미치는 유도 잡음을 측정 한 후 통신 선로 케이블 종단의 접지체 설비를 유도원로부터 약 70여 미터 떨어진 위치(접지 임피던스 감소)에 설치한 다음 통신 케이블에 미치는 유도 잡음을 측정하여 위치 변경 전후 이격거리의 변화에 대하여 유도 잡음의 변화를 측정 분석하였다.

케이블 종단 회로로는 600옴 종단 임피던스 회로와 300옴 발란스형 임피던스 회로를 사용하였다. 측정 분석 결과 600옴

중단 임피던스 회로를 사용한 경우, 통신 케이블 접지체를 유도원과 인접하여 설치한 경우 선간 잡음 레벨이 평균 22.7dBmc였으나 통신 케이블 접지체를 유도원으로부터 약 70여 미터 이격하여 설치한 후에는 평균 20.5dBmc로 -9.4%의 감소효과를 얻을 수 있었으나, 선대지간 잡음 레벨의 경우 통신 케이블 접지체를 유도원과 인접하여 설치한 경우 평균 104.2dBmc, 통신 케이블 접지체를 유도원으로부터 약 70여 미터 이격하여 설치한 후에는 평균 104.0dBmc가 되어 -0.2%의 미미한 감소효과를 얻을 수 있었다. 또한 300옴 발란스형 임피던스 회로를 사용한 경우에는, 통신 케이블 접지체를 유도원과 인접하여 설치한 경우 선간 잡음 레벨이 평균 26.9dBmc였지만 통신 케이블 접지체를 유도원으로부터 약 70여 미터 이격하여 설치한 후에는 평균 21.5dBmc로 나타나 -18.9%의 상당한 감소효과를 얻을 수 있었다. 하지만 600옴 중단 임피던스 회로를 사용한 경우와 마찬가지로 선대지간 잡음 레벨의 경우 통신 케이블 접지체를 유도원과 인접하여 설치한 경우 평균 104.4dBmc였지만 통신 케이블 접지체를 유도원으로부터 약 70여 미터 이격하여 설치한 후에는 평균 104.2dBmc가 되어 -0.1%의 미미한 감소효과만을 얻을 수 있었다.

하지만, 표 4에서 알 수 있듯이 유도원으로부터 피유도원의 접지체까지의 이격거리의 증가를 위한 접지체 위치를 옮기는 과정에서 통신 케이블 접지체의 임피던스 또한 감소하였다. 이는 통신 선로 케이블 양단의 접지체 임피던스의 크기의 변화가 유도 잡음 레벨에 미치는 영향을 분석한 다른 측정 결과에서 접지체 임피던스가 작아지면(수 십~수 백 옴) 통신 케이블에 미치는 선간 잡음 레벨 또한 감소한다는 결론으로 미루어 선간 잡음 레벨의 감소효과 및 미미하지만 선대지간 잡음 레벨의 감소효과는 유도원으로부터 피유도원의 접지체까지의 이격거리에 의한 효과라 볼 수 없으며 접지체 위치의 변경으로 인한 임피던스의 감소에 의한 영향으로 유추할 수 있겠다.

본 논문은 전력유도 현상을 위한 적용 기술기준 요소의 타당성을 검토하고 구체적인 산출 방법 계산을 위한 측정 실험의 일환으로 유도원으로부터 피유도원의 접지체까지의 이격거리의 변화가 통신 케이블의 유도 잡음 레벨에 미치는 영향을 분석하기 위한 것으로 향후 합리적인 전력 유도 대책 수립을 위한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

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~현

재 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.