

# 전력 유도 발생 시 케이블 쉬스 접지 여부에 따른 유도 잡음 전압 영향 분석

## Analysis on the Effects of the Induced Noise Voltage with the Grounded or Non-grounded Cable Sheath in the Power Inducting Situation

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

**Abstract :** This article presents the change characteristics of induced noise whether the sheath layer of the cable is grounded or not. As what affects the induced noise, there are power influence or longitudinal transverse voltages and its weighted filtered voltage. The sheath ground is basically predicted to have the effects of alleviation on the power influence. But practically the effects may not happen in the case of common cable's sheath layer. Rather there are cases that the ground of sheath affects so that the noise level could increase. So we need to scrutinize the effects of the sheath ground in the measures for the protection against electromagnetic induction by powerline or traction line system. And the evaluation of using the designated shielding purpose cable is needed.

**Keywords:** power induction, cable sheath grounding, induced noise voltage,

### 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 최근 케이블 쉬스(sheath)의 기능에 대한 논란이 많은 바, 통신케이블의 쉬스(sheath)에 대한 접지 여부가 유도원으로부터 피유도원에서의 유도 잡음 전압 레

벨에 미치는 영향을 집중 분석하였다. 전력 유도 장애 발생 가정 하에 통신 선로 케이블의 쉬스를 접지하였을 경우와 접지하지 않았을 경우에 통신케이블의 선간 잡음 전압(NOISE) 및 선대지간 잡음 전압(PIF) 레벨의 변화를 비교하여 통신케이블의 쉬스가 전력 유도 장애 발생에 대하여 어떠한 기능을 하는지 알아보았다.

### II. 측정 실험 방식의 적용

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 표 1과 같이 지역 특성을 고려한 임의의 지역을 선별하여 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 따라서 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 케이블 쉬스의 접지 여부에 따른 선간 잡음 전압(NOISE) 및 선대지간 잡음 전압(PIF)의 변화를 분석하였다. 또한 측정에 사용된 장비 및 지원 시설은 표 2와 같다.

표 1. 측정 지역 및 지역별 특성.

Table 1. Measurement Area and its Characteristics.

| 지역 | 유도원     | 지역특성 | 쉬스접지저항크기(Ω) |      |
|----|---------|------|-------------|------|
|    |         |      | 측정단         | 종단   |
| 금산 | 한전 송배전선 | 교외지역 | 150         | 97   |
| 파주 | "       | "    | 150         | 90   |
| 서울 | "       | 도심지역 | 12.8        | 11.6 |
| 대전 | 고속철도시설  | "    | 98.8        | 5.9  |

\* 책임저자(Corresponding Author)

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

이상무, 최문환, 조평동 : 한국전자통신연구원

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

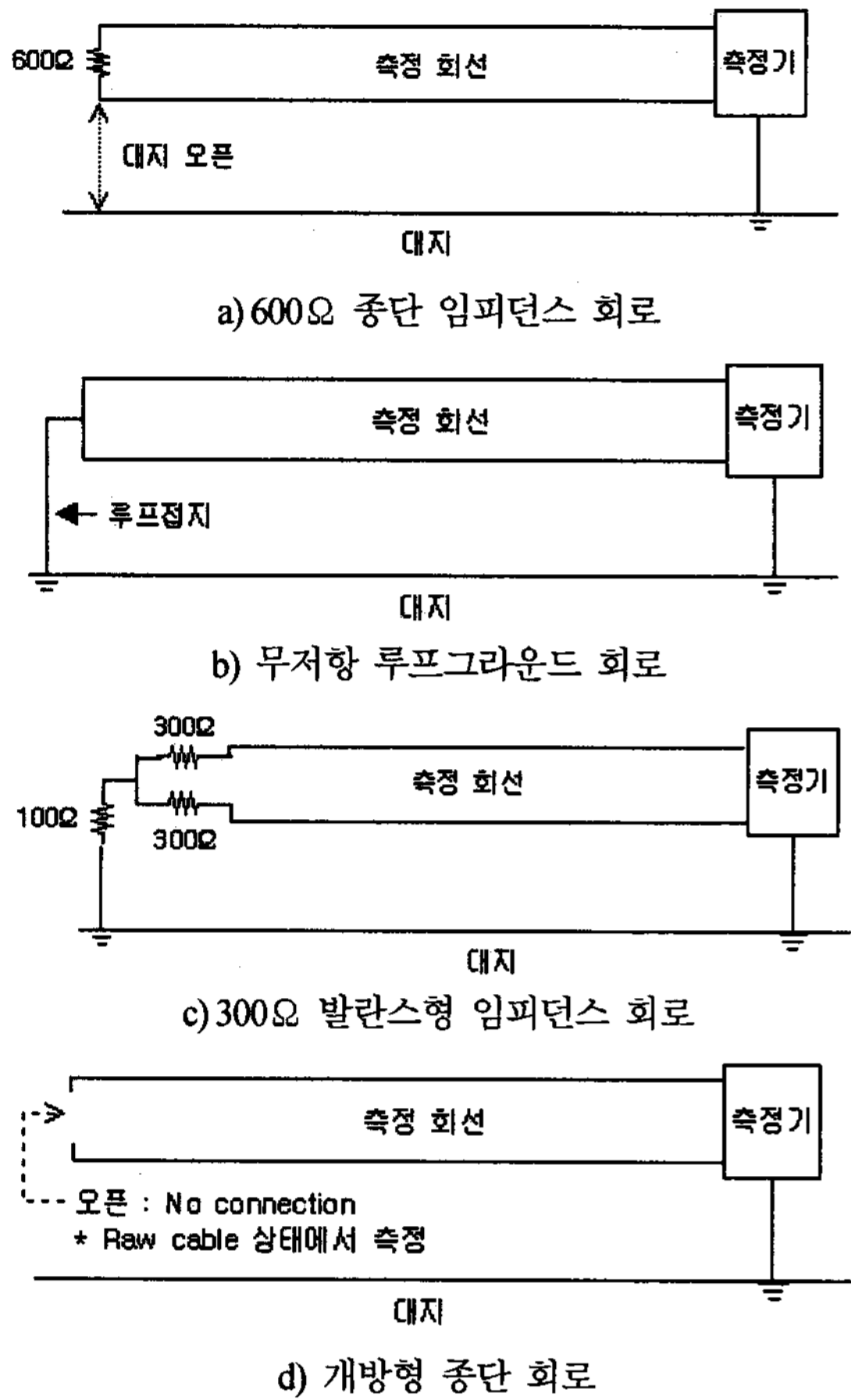


그림 1. 측정 케이블 종단 회로 구성.  
Fig. 1. Types of the terminal circuit.

표 2. 측정 기자재.

Table 2. 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   |                        |
| 열수축관    | 62형 폴리에틸렌 수지      | 5EA   | 케이블 접속개소 구축            |
| 케이블 접속기 | 25P 코넥터           | 1EA   |                        |

|       |  |  |
|-------|--|--|
| 및 단자반 |  |  |
|-------|--|--|

### III. 지역별 측정 실험 내역

쉬스 접지의 영향을 분석하기 위하여 본 논문에서는 금산, 파주, 서울 그리고 대전 지역에서 측정 실험을 실시하였으며 그 결과를 아래와 같이 표로 나타내었다.

표의 백분율 수치는 쉬스 접지를 하지 않았을 때와 쉬스 접지를 하였을 경우에 대한 각 수치를 기록하고 쉬스 접지를 하지 않았을 경우에 대하여 쉬스 접지를 하였을 때 얼마만큼의 증감효과를 보이는지를 나타낸다. 또한 표에서 open은 개방형 종단회로를 말하며, L/G는 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 회선을 제외한 모든 회선을 측정하였으며, 경우에 따라서 선간 잡음전압 레벨이 'Low' 인 경우는 일괄적으로 분석대산에서 배제하였다.

유도원이 한전의 송배전 시설인 경우, 측정 기간 동안 여러 환경 조건을 구성하여 다수 측정된 결과의 평균값으로 분석하였으며, 고속철도시설의 경우에도 고속전철이 측정지역을 지나가는 시간 동안 변화하는 각 수치를 기록하고 측정 기간 다수의 측정을 통하여 얻어진 결과의 평균값으로 분석을 행하였다.

또한 지역에 따라서 다양한 환경 변수를 고려할 목적으로 가입자 측에서 측정을 실시한 측정단 측정과 양단의 구성을 바꾸어 측정을 실시한 종단 측정으로 구분하여 측정하였다.

#### 1. 금산 지역

선대지잡음전압에 있어서는 앞의 1절에서 종전압에 대한 영향 분석에서와 마찬가지로 쉬스에 의한 효과로 모두 평균 57% 감소하였으나 선간에 있어서는 오히려 평균 0.15mV 증가하였다.

잡음평형도에 있어서는 잡음 증가의 영향으로 평균 11.4dB 감소하였다.

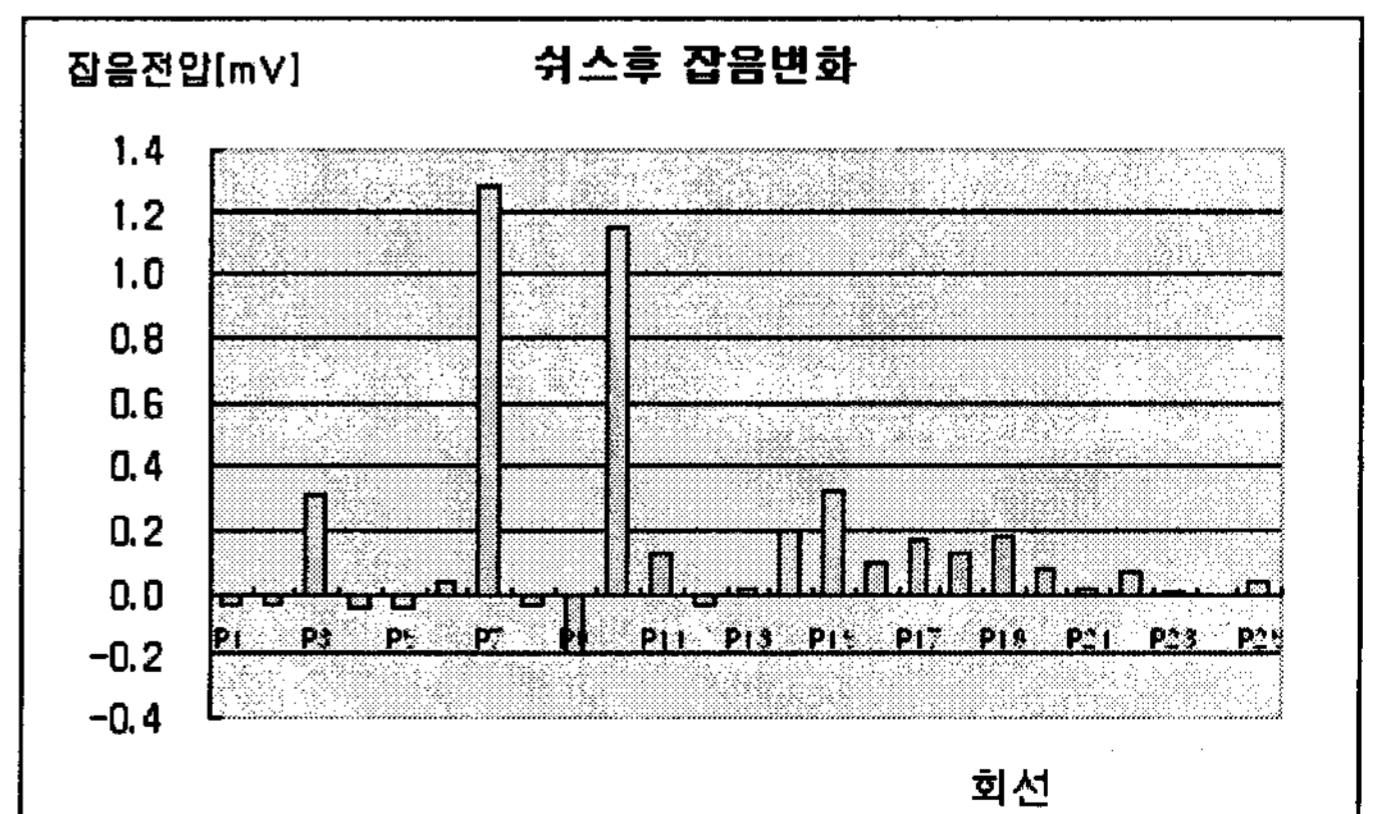


그림 2. 쉬스접지에 따른 잡음변화

Fig. 2. The noise changes after sheath ground

이 때에 있어서도 오히려 쉬스가 되어있지 않은 상태에서 잡음전압이 낮게 나타남으로 Δ(나선-쉬스)의 값이 '↓' 값으로 표시된다. 쉬스를 안했을 때 잡음전압이 쉬스접지를 하였을 때보다도 평균 0.11mV 낮아진다. 그러나 종잡음전압에 있어서는 쉬스접지를 하지 않았을 때 모두 높아져 평균 15%의 차폐율을 나타내었다.

이상의 결과로 판단할 때 쉬스접지 효과가 종전압에 대하여는 적정 비율로 영향을 미치나 선간잡음전압에 대하여는 차폐의 영향이 나타나지 않는다(오히려 잡음을 평균적으로 증가시키는 현상이 나타남).

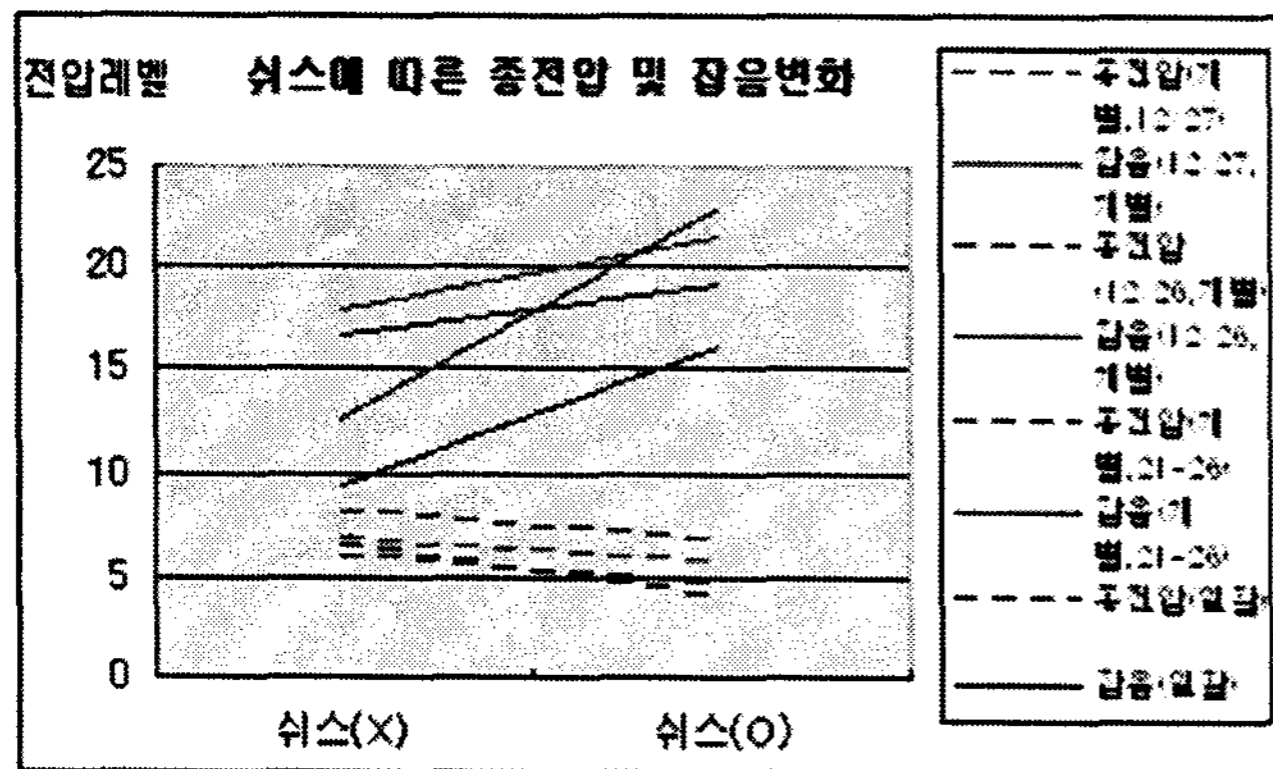


그림 3. 쉬스접지와 종전압 및 잡음전압의 변화  
Fig. 3. The total changes of induced voltages after sheath

2. 파주 지역

표 3. 파주지역 측정 결과.

Table 3. Result of measurement in Paju area

| 회로   | 방법 | 측정단측정  |       | 종단측정   |       |
|------|----|--------|-------|--------|-------|
|      |    | NOISE  | PIF   | NOISE  | PIF   |
| open |    | 202.8% | -1.1% | 176.8% | 13.7% |
| L/G  |    | 113.5% | 0.1%  | 20.5%  | 0.2%  |
| 600  |    | 165.7% | -1.2% | 33.7%  | 13.8% |
| 300  |    | 58.5%  | 0.1%  | 13.4%  | 0.1%  |

표 3은 파주 지역에서의 측정 실험 결과를 보여준다. 표 3에서 알 수 있듯이, 측정단 측정의 경우 300옴 발란스형 임피던스 회로로 종단하였을 때 쉬스 접지를 하였을 경우 58.5%의 선간 잡음전압이 증가하였으며, 개방형 종단회로의 경우는 쉬스 접지를 하였을 때가 쉬스 접지를 하지 않았을 때보다 202.8%의 증가로 2배 이상의 선간 잡음전압이 증가했음을 알 수 있다. 종단 측정의 경우에도 마찬가지로 선간 잡음전압에 있어서 300옴 발란스형 임피던스 회로의 경우 13.4%의 증가현상을 보이고 있으며, 개방형 종단회로의 경우 176.8%의 증가현상을 보여 개방형 종단회로가 쉬스의 접지 여부에 가장 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 선대지간 잡음전압의 경우에는 쉬스 접지 여부에 따른 변화의 크기가 선간 잡음전압의 변화보다 작게 나타나고 있

으며, 각 종단 회로 별로 측정단 측정의 경우 600옴 종단 임피던스 회로에서 -1.2%, 개방형 종단회로와 300옴 발란스형 임피던스회로에서 0.1%를 보여 쉬스 접지 여부의 영향이 미미했음을 알 수 있었으며, 종단 측정의 경우에는 300옴 발란스형 임피던스 회로와 루프그라운드 회로에서 각각 0.1%와 0.2%의 증가가, 개방형 종단회로와 600옴 종단 임피던스 회로에서 각각 12.7%와 13.8%의 증가를 보여 종단회로별 변화의 차이가 크게 나타나고 있음을 볼 수 있었고, 쉬스 접지 여부의 영향이 선대지간 잡음전압에 미치는 영향은 종단회로의 접지 여부와 어떤 관계가 있음을 예상 할 수가 있다.

3. 서울 지역

표 4. 서울지역 측정 결과.

Table 4. Result of measurement in Seoul area

| 회로   | 방법 | 측정단측정  |       | 종단측정   |       |
|------|----|--------|-------|--------|-------|
|      |    | NOISE  | PIF   | NOISE  | PIF   |
| open |    | -22.1% | -7.6% | -5.6%  | 0.1%  |
| L/G  |    | -12.1% | -2.0% | 706.0% | -2.5% |
| 300  |    | 10.1%  | -2.8% | 189.3% | 0.5%  |
| 600  |    | -30.3% | -7.3% | 14.0%  | -0.5% |

표 4는 서울 중랑구의 도심에 위치한 지역에서 측정한 실험 결과를 보여주고 있다. 파주지역과 마찬가지로 4개의 종단회로를 이용하여 측정하였으며, 종단측정의 경우 루프그라운드 회로를 이용한 선간 잡음전압레벨의 변화가 매우 높게 나타난 것은 회선에 따라 MITIGATOR로 계측된 선간 잡음전압 레벨이 'Low'로 나타나 분석대상에서 제외되고 정상적으로 계측된 값을 선별하여 분석한 것이기 때문이며 이는 동일 조건에서 계측된 모든 경우에 대해 일괄적으로 적용하였다.

표 4에서 알 수 있듯이 측정단에서 측정한 경우, 300옴 발란스 임피던스형 종단회로의 선간 잡음 전압의 쉬스 접지 효과(10.1%상승)를 제외한 모든 경우에서 선간 잡음전압과 선대지간 잡음전압 레벨이 최소 -30.3%에서 최대 -2.0%의 변화를 보여 케이블 쉬스를 접지하였을 경우 선간 및 선대지간 잡음레벨이 모두 감소했음을 알 수가 있다.

종단에서 측정한 결과를 보면 선간 잡음전압 레벨에 대한 쉬스 접지 효과는 개방형 종단회로의 경우에서만 -5.6%로 약간 감소하였으며 다른 종단회로의 경우 14.0%에서 706.0%까지 증가했음을 보였다. 선대지간 잡음전압레벨에 대한 쉬스 접지의 효과는 각 종단회로에 대해 최소 -2.5%에서 최대 0.5%까지의 나타나 그 효과가 미미함을 알 수가 있다.

4. 대전 지역

표 5. 대전지역 측정 결과.

Table 5. Result of measurement in Daejeon area

| 회로  | 방법 | NOISE  | PIF   |
|-----|----|--------|-------|
|     |    | open   | 3.8%  |
| 600 |    | -18.1% | -0.5% |

표 6. 전체 측정 지역 평균.

| 지역별   | 회로   | Noise |         |        | PIF |         |        |
|-------|------|-------|---------|--------|-----|---------|--------|
|       |      | 증감    | 평균변화[%] | 지역평균   | 증감  | 평균변화[%] | 지역평균   |
| 금산    | 300  | 증     | 46.9%   | 46.9%  | 감   | -57.0%  | -57.0% |
| 파주    | open | 증     | 189.8%  | 98.1%  | 증   | 6.3%    | 3.2%   |
|       | 600  | 증     | 99.7%   |        | 증   | 6.3%    |        |
|       | 300  | 증     | 36.0%   |        | 증   | 0.1%    |        |
|       | L/G  | 증     | 67.0%   |        | 증   | 0.1%    |        |
| 서울    | open | 감     | -13.9%  | 106.2% | 감   | -3.8%   | -2.8%  |
|       | 600  | 감     | -8.2%   |        | 감   | -3.9%   |        |
|       | L/G  | 감     | 347.0%  |        | 감   | -2.3%   |        |
|       | 300  | 증     | 99.7%   |        | 감   | -1.2%   |        |
| 대전    | open | 증     | 3.8%    | -      | 감   | -1.0%   | -0.7%  |
|       | 600  | 감     | -18.1%  | 7.1%   | 감   | -0.5%   |        |
| 전체 평균 |      |       | 77.2%   | 61.0%  |     | -5.2%   | -14.3% |

Table 6. Total average result

표 5는 대전지역의 측정 결과를 보이고 있다. 금산, 파주, 서울 지역은 유도원이 한전 송배선 설비인 반면 대전지역은 유도원이 고속철도설비인 대전 역 인근에서 측정을 실시하였다.

복잡하고 위험한 고속전철시설지역에서의 측정이란 환경적 제약과 고속전철이 지나가는 순간에서 측정을 실시해야만 하는 시간적 제약으로 인하여 종단회로로는 개방형 종단회로와 600옴 종단 임피던스형 회로의 경우에만 케이블 쉬스 접지 여부에 따른 선간 잡음전압과 선대지간 잡음전압 레벨의 변화 추이를 보였다. 또한 대전지역에서는 환경적 제약으로 인하여 측정단과 종단의 위치를 바꿔 측정하는 실험은 배제되었다.

선간 잡음전압의 경우 개방형 종단회로인 경우 3.8%로 케이블 쉬스의 접지 효과가 약간 증가하였지만, 600옴 종단 임피던스 회로에서는 -18.1%로 감소하고 있음을 보였고, 선대지간 잡음전압의 경우 두 회로 모두 -0.5%와 -1.0%로 케이블 쉬스의 접지 효과가 미미하게 나타나고 있음을 알 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 통신 케이블의 쉬스에 대한 접지 효과가 이러한 유도 잡음 전압 즉, 선간 잡음전압

이나 선대지간 잡음전압 레벨 등에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 실험을 수행하였다.

표 6은 이런 목적으로 측정 시험을 시행한 금산, 파주, 서울 그리고 대전 지역에 대한 전체 지역 평균 및 전체 평균을 보여주고 있다. 금산과 파주, 서울 지역의 경우 쉬스 접지를 하였을 때 선간 잡음전압 레벨이 각각 46.9%와 98.1%, 106.2%로 크게 증가하는 것으로 나타났으나, 대전 지역에서는 -7.1%로 선간 잡음전압 레벨의 감소 효과를 보이는 것을 알 수 있다. 선대지간 잡음전압 레벨에 대하여는 파주 지역에서만 쉬스 접지에 대한 효과가 3.2% 증가하였고 금산 -57.0%, 서울 -2.8% 그리고 대전 -0.7%로 감소하고 있음을 보여주고 있다. 측정 수행을 실시한 4개 지역 전체적으로 보면 케이블 쉬스를 접지 하였을 경우와 쉬스를 접지하지 않았을 경우를 비교하여 평균 61.0%의 선간 잡음전압 레벨의 증가 효과를 가져왔으며, 선대지간 잡음전압 레벨은 평균 -14.3%의 감소를 보이는 것으로 나타났다.

참고문헌

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

이상무

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

최 문 환

2002년 군산대학교 정보통신공학과 졸업. 2004년 군산대학교 전자정보공학부 정보통신전파공학 석사. 2006년 군산대학교 전자정보공학부 정보통신전파공학 박사 수료. 2007.3~현재 한국전자통신연구원 연구원.

조 평 동

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