

전력선 유도장해 예측계산법과 대책

Calculation of Electro-Magnetic Interference and Countermeasures

황중선, 김영민, 이경욱*, 김재준*

담양대학교 초고속정보통신공학부, 한국전력공사 전자통신처*

Jong-Sun Hwang, Yeong-Min Kim, Kyoung-Wook Lee*, Jae-Joon Kim*

Provincial College of Damyang, Communication System & Network Dept. of KEPCO

Abstract

우리나라는 1968년 이후에 154kV급 송전 계통망을 비접지 방식에서 직접 접지방식으로 변경함에 따라, 전력선의 1선 지락고장시 송전선으로부터 지락전류 즉, 고장전류가 크게 되어 이 결과 송전선 주변에 있는 통신선에 유도문제가 발생하게 되었다. 본 논문에서는 전력선에 의한 통신선측의 유도전압 예측계산식을 제시하고, 유도예측 계산치가 일정 기준을 초과할 경우, 통신선측과 전력선측에서 강구할 수 있는 대책방안에 대해 소개하고자 한다.

Key Words : Telecommunication, Telephone Influence Factor, Electro-Magnetic Interference

1. 서 론

유도장해라 함은 전기공작물(주로 전력선 및 전기철도)의 전압에 의한 정전유도 작용이나, 전류에 의한 전자유도 작용에 의하여 인근 유선통신 시설에 미치는 영향이 어느 한계를 초과할 경우 통신설비의 소손 및 운용방해를 유발하고 직접 간접으로 인체에 위협을 초래할 수 있는 현상을 말한다.

우리나라에서는 1968년 이후 154kV 송전계통을 기존 리액터(Petersen Coil) 접지방식으로부터 직접접지방식으로 전환하면서 전력선의 일선지락 고장시 기존 리액터 접지방식에 비하여 고장전류가 크게되었고 그 결과 통신선에의 유도문제가 심각하게 되었으며, 또한 산업선을 전철화함에 따라 유도잡음에 대한 문제가 대두되었다.

경제발전으로 전력수요의 증가에 따라 원활한 전력공급을 위해 전력계통의 송압 확장과 함께 통신망도 확장되면서 유도장해 문제는 더욱 복잡하고 대책 규모도 커지고 있다. 최근 초고속 데이터 통신서비스 등 정보통신의 급속한 발전으로 고도

의 통신품질이 필요하게 되어 관련 통신기관의 관심도 더욱 커지게 되었다.

전자유도에 의하여 통신선에 발생하는 유도전압을 분류하면 송배전선의 이상시 유도전압과 정상운전시의 유도전압으로 나눌수 있으며 정상시는 다시 상시 유도중전압과 상시 유도잡음전압으로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 유도장해 관련법규에 따라 전자유도현상에 의한 유도전압 종류별 예측계산법과 통신시설과 전력선에 대한 다각적인 유도장해 대책방안에 대해 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 유도장해 관련법규

- 전기설비기술기준 제79조, 119조, 155조 등
- 전기통신설비기술기준에 관한규칙 제19조
- 정보통신부고시 제1997-118호
- 초고압송전선에 따른 유도방지 대책공사 협

정서('75.9.1 국방부, 내무부, 체신부, 철도청, 한국전력)

2.2 전력유도의 구체적 산출 방법

전력선에 의한 전자유도현상은 다음 그림과 같으며 유도전압 예측은 다음 각호의 계산식에 의한 다.

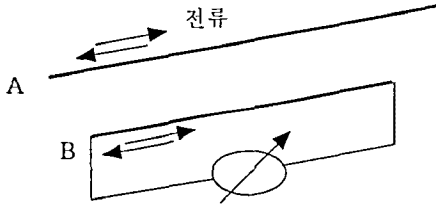


그림 1. 전자유도 현상

Fig. 1. Electro-Magnetic Interference

2.2.1 가공송전선에 의한 이상시 유도위험전압

$$V_f = \sum (j \omega \cdot M \cdot \ell \cdot I_g \cdot K_{11} \cdot K_{12} \cdot K_3 \cdot K_7)$$

주) V_f : 지락고장시 유도위험전압(V)

ω : 60Hz에 대한 각속도

M : 60Hz에 대한 전력선과 전기통신선의 상호인덕턴스(H/km)

ℓ : 전력선과 전기통신선의 병행거리(km)

I_g : 전력선 지락고장시 고장전류(A)

K_{11} : 송전선 가공지선의 차폐계수

K_{12} : 송전선 가공지선의 분류계수

K_3 : 전기통신선의 차폐계수

K_7 : 통신케이블 조수에 의한 유도저감계수

2.2.2 가공배전선에 의한 유도전압 예측계산식

2.2.2.1 지락고장시 유도위험전압

$$V_f = \sum (j \omega \cdot M \cdot \ell \cdot I_g \cdot K_{21} \cdot K_{22} \cdot K_3 \cdot K_7)$$

주) K_{21} : 배전선 중성선의 차폐계수

K_{22} : 배전선 중성선의 분류계수

2.2.2.2 상시유도 종전압

$$V_L = \sum (j \omega \cdot M \cdot \ell \cdot I_n \cdot K_{21} \cdot K_3 \cdot K_7) [V]$$

주) I_n : 배전선 중성선에 흐르는 불평형전류(A)

2.2.2.3 유도잡음전압

$$V_n = \sum (V_L \cdot \eta \cdot \alpha) \times 10^3 [mV]$$

주) V_n : 배전선 정상운전시 유도잡음전압(mV)

η : 평가잡음합유율

α : 유도잡음경감계수

2.2.3 지중 송·배전선에 의한 유도전압

2.2.3.1 지락고장시 유도위험전압

$$V_f = \sum (j \omega \cdot M \cdot \ell \cdot I_g \cdot K_{31} \cdot K_{32} \cdot K_3 \cdot K_7)$$

주) K_{31} : 지중송배전선의 차폐계수

K_{32} : 지중송배전선 외피의 분류계수

2.2.3.2 상시유도 종전압

$$V_L = \sqrt{(V_\ell^2 \cdot V_s^2 \cdot V_o^2)} (V)$$

주)

V_ℓ : 정상운전시 부하전류에 의한 유도종전압(V)

V_s : 정상운전시 대지귀로 외피전류에 의한 유도종전압(V)

V_o : 정상운전시 영상전류에 의한 유도종전압(V)

2.2.3.2.1 정상운전시 부하전류에 의한 유도종전압

$$V_{en} = \sum (j \omega (M_a + a^2 M_b + a M_c) \cdot \ell \cdot I_e \cdot K_{31} \cdot K_3 \cdot K_7) [V]$$

주) M_a, M_b, M_c : 60Hz에서 지중전력선의 각 심선과 전기통신선간의 상호인덕턴스(H/km)

I_e : 지중전력선의 상전류

2.2.3.2.2 정상운전시 대지귀로 외피전류에 의한 유도종전압

$$V_s = \sum (j \omega \cdot M \cdot \ell \cdot I_s \cdot K_3 \cdot K_7) [V]$$

주) I_s : 대지귀로 외피전류(A)

2.2.3.2.3 정상운전시 영상전류에 의한 유도종전압

$$V_o = \sum (j \omega \cdot M \cdot \ell \cdot I_o \cdot K_{30} \cdot K_3 \cdot K_7) [V]$$

주) I_o : 정상운전시 영상전류(A)

K_{30} : 60Hz에서의 영상전류에 대한 지중전력선의 차폐계수

2.2.3.3 유도잡음전압

$$V_n = \sqrt{V_{en}^2 \cdot V_{sn}^2 \cdot V_{on}^2} \text{ [mV]}$$

주) V_n : 합성유도잡음전압(mV)

V_{en} : 정상운전시 부하전류에 의한 유도잡음전압(mV)

V_{sn} : 정상운전시 대지귀로 외피전류에 의한 유도잡음전압(mV)

V_{on} : 정상운전시 영상전류에 의한 유도잡음전압(mV)

2.2.3.3.1 정상운전시 부하전류에 의한 유도잡음전압

$$V_{en} = \sum j \omega_n (M_{an} + a^2 M_{bn} + a M_{cn}) \cdot \ell \cdot I_{en} \cdot K_{1n} \cdot K_{3n} \cdot \lambda \times 10^3 \text{ [mV]}$$

주) M_{an}, M_{bn}, M_{cn} : 800Hz에서 지중전력선의 각 심선과 전기통신선간의 상호인덕턴스(H/km)

I_{en} : 부하전류의 등가방해전류(A)

K_{1n} : 800Hz에서의 지중전력선 차폐계수

K_{3n} : 800Hz에서의 전기통신선 차폐계수

λ : 전기통신회선의 평형도

2.2.3.3.2 정상운전시 대지귀로 외피전류에 의한 유도잡음전압

$$V_{sn} = \sum (j \omega_n \cdot M_n \cdot \ell \cdot I_{sn} \cdot K_{3n} \cdot \lambda) \times 10^3 \text{ [mV]}$$

주) I_{sn} : 대지귀로 외피전류의 등가방해전류(A)

2.2.3.3.3 정상운전시 영상전류에 의한 유도잡음전압

$$V_{on} = \sum j \omega_n \cdot M_n \cdot \ell \cdot I_{on} \cdot K_{on} \cdot K_{3n} \cdot \lambda \times 10^3 \text{ [mV]}$$

주) I_{on} : 영상전류의 등가방해전류(A)

K_{on} : 800Hz에서의 영상전류에 대한 지중전력선의 차폐계수

2.3 유도장해 대책방안

전력선 지락고장시 통신회로의 선조와 대지사이 에 유기된 종방향 유기기전력이 큰 경우에는 통신 용기기 및 cable 등을 소손하거나 통신 작업원에 위험을 초래하거나 통화자에도 위험을 줄 수 있다. 정상적인 전력공급의 경우에는 CCITT(국제전신전

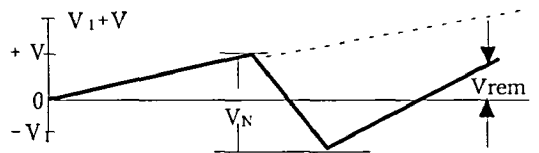
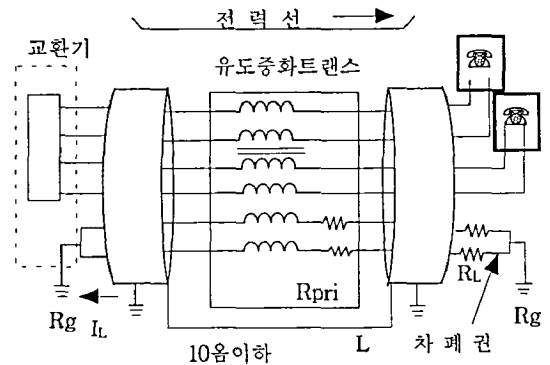
화 자문위원회, International Telegraph and Telephone Consultative Committee) 권장치 및 세계각국의 실정과 국내외의 장래동향과 신기술의 도입에 의한 전력, 통신설비의 근대화를 충분히 고려하는 것이 필요하다. 따라서 유도장해의 피해가 발생하지 않도록 하기 위하여 특별한 대책이 필요 한 것이다.

2.3.1 통신시설에 대한 대책

2.3.1.1 유도중화트랜스 시설

유도중화트랜스란 통신회선에 유도전압(V_p)이 발생할 경우, 코아에 회선과 1:1로 감겨진 차폐권선 에는 반대방향의 유도기전력(V_L)이 유기되고, 그 결과 통신회선에 유도된 전압이 상쇄($V_p - V_L$)된다. 유도전압으로 인해 보호수단인 3극피뢰기가 동작 하면서 신호가 이탈하는 현상과는 달리 PCM신호 에 아무런 장애요소 없이 유도전압을 저감시키는 대책방법이다.

○ 동작원리도



I_L : 유도전류

R_g : 접지저항

R_L : 유도회선의 루프저항

R_{pri} : 트랜스의 자체 루프저항

V_1, V_2 : 피유도회선에 걸리는 종전압

V_N : I_L 로 인해 트랜스에 나타난 총 전압

Vrem : 트랜스 동작후의 유도전압

L : 유도전압의 중간점

그림 2. 유도중화트랜스

Fig. 2. Induction Neutralizing Transformer

시설방법은 유도전압계산서를 참고하여 유도전압이 1/2되는 지점에 유도중화트랜스를 설치하며, 케이블에 사용할 수 있도록 제작되었다. 전화 송수선에 쓰이는 3.4kHz 이하 대역에서는 0.5dB 정도(200kHz에서 약 3.5dB) 손실이 발생하는 단점이 있으나 써지성 전기적 쇼크에는 성능이 우수하며 반송케이블에도 사용이 가능하다. 구조상으로 통화코일과 차폐코일의 비가 1:1로 유도저감율은 90% 이상이다.

2.3.1.2 차폐케이블 시설

구간별 유도전압계산서를 참고하여 유도전압이 높은 구간에 필요한 만큼 차폐케이블(15% 또는 50%)차폐케이블을 교체한다. 차폐층은 도전성이 좋고 케이블의 심선과 근접해야 상호인덕턴스가 증대되어 차폐효과가 커진다. 알미늄차폐케이블에 강대의장을 하면 기계적으로 견고할 뿐만 아니라 강대의피가 강자성체이므로 자력선의 좋은 통로가 된다. 따라서 외부 자력선은 자기저항이 적은 강대 쪽으로 흐르게 되므로 케이블 심선에 쇠교하는 양이 적어 유도전압도 적어진다. 강대는 도자율, 알미늄 차폐층은 도전성에 의해 경감되므로 이를 조합한 것을 복합 차폐케이블이라 한다.

차폐케이블에 유기되는 유도전압(V/km) 차폐효과는 양단의 접지저항에 따라 변화하므로 차폐화 유도대책공사의 접지공사는 매우 중요하다

2.3.1.3 광케이블 시설

차폐케이블이나 유도중화트랜스로 대책하기 어려울 경우 다른 마땅한 유도대책 방법이 없을 때 광케이블을 시설하여 유도장해를 대책하는 방법이다. 최근 전화국간 기간 통신케이블 뿐 아니라 시내 가입자 통신선로도 광가입자전송장치(FLC : Fiber Loop Carrier)라는 기기를 설치하고 광케이블을 연결함으로써 대책하는 방법이 있다.

광통신의 특성은 전기와는 전송매체가 다른 빛의 신호를 이용함으로써 전기적 쇼크에 의한 영향을 받지 않아 유도장해와는 무관하며 향후 인터넷의 확산과 가정에서도 데이터 자료전송이 많아지

므로 보편화될 전망에 있다.

2.3.1.4 통신관로내 차폐선 시설

지하 통신케이블 관로내 또는 케이블 옆에 도전성이 좋은 구리선이나 전선 등을 통신선과 함께 포설하면 상시 유도전압 등이 약 30%정도 저감된다.

2.3.1.5 전원공급점 분리

통신용 중계기(보통 1.8km마다 1개소)의 전원공급내역을 파악하여 양쪽 전화국에서 급전가능 여부를 확인, 급전선 중간을 분리하여 유도전압의 양분으로 제한치 미만이 되도록 한다. 시외통신용 반송전화 케이블에서는 케이블 심선의 유도전압보다 중계기 전원공급선에 높은전압이 유도되어 중계기를 소손시킬 우려가 있으므로 전원공급선을 분리하여 유도전압을 양분시키므로서 좋은 효과를 얻을 수 있다.

2.3.1.6 기타

○ Arrester 설치

다른 대책방법에 비해 경제적이고 피뢰용으로 겸할 수 있으나 상시유도에는 효과가 없으며, 케이블 전회선에 취부해야 한다.

○ 유도역압선류 설치

전력선 등으로부터 유도에 의한 통신케이블에 생기는 기전력(중전압)은 통신회선의 평형도에 의하여 그 회선에 잡음을 발생하게 된다. 이 방법은 통신회선의 L1, L2와 같은 방향에 각각 동종의 임피던스를 삽입하여 평형도를 개선하고 잡음전압을 경감시키는 것이다.

○ 절연중계선류 설치

통신회선에 권선비 1:1의 절연트랜스를 삽입해서 유도전압을 나누어 위험성이 없을 정도로 약화시키는 방법이다. 이 방법은 구조가 간단하고 안전하지만 자동 및 공전방식 가입자선 등과 같이 직류를 중첩하는 회선에 있어서는 구간이 분할되어 사용할 수 없다. 자석식 교환방식에서는 20Hz 신호 손실이 있으며 직류시험이 불가능하고 선로의 중간에 시설할 때는 선류보호용 Arrester를 필요로 한다.

○ ARS(Active Reduction System)

서독에서 개발한 유도전압 저감장치로 실내에 시설이 가능하며 기유도원에서 발생하는 유도전류를 증폭하여 결합트랜스로 역공급하므로써 유도전

압을 상쇄시키는 장치로 주로 케이블에 사용한다. (참고: 기계식교환기(EMD)를 기준으로 설계되어 있으며 우리나라에서는 한국전기통신공사에서 설치 사용한 바 있으나 운전상의 문제점과 효과를 얻기 어려워 사용하지 않고 있다)

○ 음성회선의 반송화

유도전압이 문제가 되는 음성회선 또는 대지귀로방식의 전화회선의 경우에 그 회선을 반송화하면 유도잡음의 영향이 많은 대역을 벗어나게 되어 잡음이 적은 통신회선을 확보할 수 있다.

2.3.2 전력선에 대한 대책

○ 경과지(Route) 변경

통신선과 전력선에 다른 대책방법이 없을 경우 경과지를 변경할 수 있다. 그러나 전력선의 계획된 경과지 변경은 있지만 이미 시설된 경과지 변경은 어렵기 때문에 거의 통신시설에 대한 대책으로 해결하는 경우가 많다.

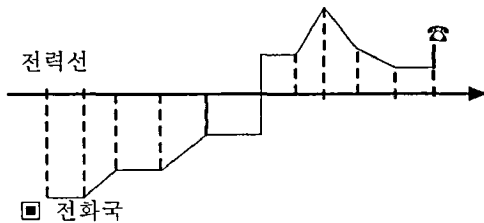


그림 4. 전력선과 통신선의 이격도(예)

Fig. 4. Power Line vs C/A Line

○ 지중케이블 시설

유도대책면에서 전력케이블은 도체를 금속외피로 감싸고 접지하기 때문에 차폐효과가 매우 양호하다. 그러나 막대한 투자비 소요로 유도대책만을 위한 시설은 어려운 실정이며 대도시 일부에 케이블(OF, POF, CAZV, XLPE, CNCV 등)을 시설하고 있다.

○ 가공지선 시설

가공전력선에는 낙뢰피해 보호를 목적으로 철탑과 전주에 가공지선을 시설한다. 가공지선에 도전율이 좋은 전선을 사용하면 낙뢰보호 외에도 유도장해에 대한 차폐효과가 있으며 원리는 앞장의 차폐효과에서 설명한바와 같다. 다중접지 방식인 배전선로의 중성선도 가공지선과 같은 차폐효과를 갖는다. 또한 전력선에 지락사고가 발생했을 경우 철탑과 전주의 접지근처에서 지락전류의 일부가 가공지선에 분류 유입되기 때문에 분류전류에 의

한 유도경감 효과가 있다.

○ 전력의 불평형전류 개선

154kV이상의 송전선은 3상평형 전력공급으로 문제점이 없으나 22.9kV 배전선에서는 불평형전류가 상시유도종전압과 잡음전압을 발생시키므로 불평형전류 개선은 매우 중요하다.

3. 결론

전력선 유도장해는 전력공급방식(154kV이상 가공송전방식, 22.9kV 가공·지중배전방식 등)에 따라 각각 해당하는 예측계산식을 적용해야 하며, 전자유도방지 대책으로는 전력선의 지락고장시 통신선에 제한치 이상의 유도위험전압이 발생하지 않도록 하는 대책과 통신선에 어느 정도(법적 제한치)의 큰 유도전압이 발생하여도 통신용기기 및 작업원(통화자 포함)에게 유도장해로 인한 피해를 경감시키는 대책 등을 고려할 수 있다. 본 논문에서는 통신선에 대한 대책과 전력선에 대한 대책을 다각적으로 접근하였지만 최근 초고속 정보통신서비스의 급속한 발전으로 향후 유도방지대책에 대해서 세계각국의 대책방법을 참고하여 효과적이고 경제적인 대책이 되도록 지속적인 연구가 필요하겠다.

참고 문헌

[1] CCITT manual Directives concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electricity lines, Vol. ix, ITU, Geneva, 1988
 [2] 유도조정위원회 보고서, 일본전기학회, 1963
 [3] 직접접지 송전선로에 따른 통신선로 유도장해 방지를 위한 항구대책수립에 관한 기술용역보고서, 한국과학기술원, 1973
 [4] 정보통신부고시 제1997-118호, 전력유도의 구 체적 산출 방법, 1997