

배전선로가 초고속통신망에 미치는 유도장해 요소 분석

임용훈, 현덕화
한국전력공사 전력연구원

A Review of Methods for Calculation of Induced Voltage to a Communication Line from Distribution Power Line

Yong-Hun Lim, Duck-Hwa Hyun
KEPRI, KEPCO

2. 본 론

Abstract - This paper reviews the calculation of induced voltage to a communication line from Power Transmission Line. Power lines, both overhead and underground, often run parallel to weak current lines, such as telecommunication, signal or data transmission systems or protection circuits. The coexistence of both systems in parallel over long lengths is accompanied by the possible induction of significant longitudinal voltage in the weak current line. In order to evaluate a precise induced voltage, this paper indicated problem about coefficient and numerical formula and present some induced voltage production technology standard application.

1. 서 론

전력선에 의한 유도장해 기술은 송배전 선로가 통신선로에 영향을 주는 전자기 장애에 대한 대책 기술로 인명의 안전과 통신시설 보호에 그 목적이 있다. 그동안 우리나라에서는 전자과 장애(EML/EMC/EMS) 연구가 주로 전자기기 및 장비의 불요전자파 발생억제와 감응에 대한 내성연구에 치중하여 왔으나 최근 정보화 사회에 따른 초고속통신망(xDSL)의 확산으로 전력 전송로에 의한 유도장해 연구 또한 시급한 문제로 대두되고 있다.

전력 공급을 목적으로 하는 송배전선로는 높은 전기적 에너지를 갖게 되며 도체의 고전압은 그 주위에 전계를 형성하고, 전계 중에 놓여있는 다른 모든 도체에 대해서 전위를 형성하여 유도전류를 만들게 된다. 또한 큰 전류는 그 주위에 자계를 만들어 내고 이 자계 영역 안에 존재하는 다른 도체에는 자계에 반하는 방향으로 유도기전력을 생성하게 된다.

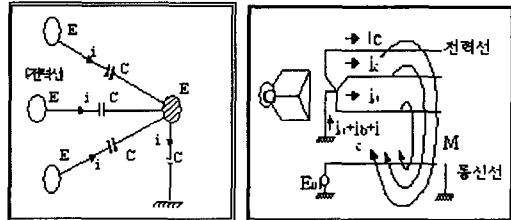
이처럼 주위 도체에 전류를 유기하는 상호 간섭문제로서 유도장해(inductive interference)라는 현상이 취급되어 왔으나 강전계가 가지는 큰 에너지가 계통에 이상이 발생했을 때 일어나는 위험전압에 따른 유도장해분야가 중시되어 왔으나 최근의 통신선의 잡음현상은 이상시의 위험전압 현상보다도 평상시 발생하는 잡음특성 등이 더욱 중요시 되게 되었다.

이에 본 논문에서는 전력선에 의한 유도장해의 발생 원인과 종류, 측정방법에 대한 기술 및 통신선의 잡음 현상을 이해하고 정통부 기술고시인 전력유도의 구체적 방법 기술기준에 대한 소고를 통해 초고속통신망에 미치는 장해 현상을 분석하였다.

2.1 유도장해

유도장해에 대한 문제는 1960년대 비접지계통에서 접지계통으로 전환하면서 제기되기 시작했으며 전기자기학의 발생원인 별로 볼 때 "정전유도(Electric induction)"나 "전자유도(Magnetic induction)로 분류할 수 있다. 대지 유도전압의 백터 차가 선간 유기전압이 되기 때문에 대지 유도전압이 선간 유도전압보다 일반적으로 크다 이때 대지 유도전압은 위험전압이라고 하며, 선간 유도전압을 잡음전압이라고 한다.

또한, 전력계통이 정상운전 될때 지속적으로 나타나는 상시유도와 지락사고 시 순간적으로 나타나는 유도 등 발생형태별 유도장해로도 분류할 수 있다.



[그림 1] (a) 정전유도 (b) 전자유도

2.1.1 정전유도(Electric Induction)

전력선의 높은 전압은 인근 도체계에 정전유도현상을 일으킨다. 그림1.(a)와 같이 피유도 도체내에서 전하의 이동으로 전류가 흐르거나 대지와 절연된 도체가 전위를 갖게 되어 장애를 일으킨다. 전압이 높을수록 유도현상이 심해지며 피유도체간 이격거리가 멀어짐에 따라 유도현상이 감소한다. 전력선이 3상인 경우 가상 대지전압의 합이 영(0)이므로 각상과 통신선의 이격거리가 같다면 정전유도현상은 발생하지 않는다. 또한 통신케이블의 금속 외피를 접지하면 유도장해를 해소할 수 있는데, 근래의 모든 통신선은 케이블로 되어 있어 정전유도장해가 거의 발생하지 않는다. 우리나라는 정전유도에 대한 제한치 기준은 마련되어 있지 않다

2.1.2 전자유도(Magnetic induction)

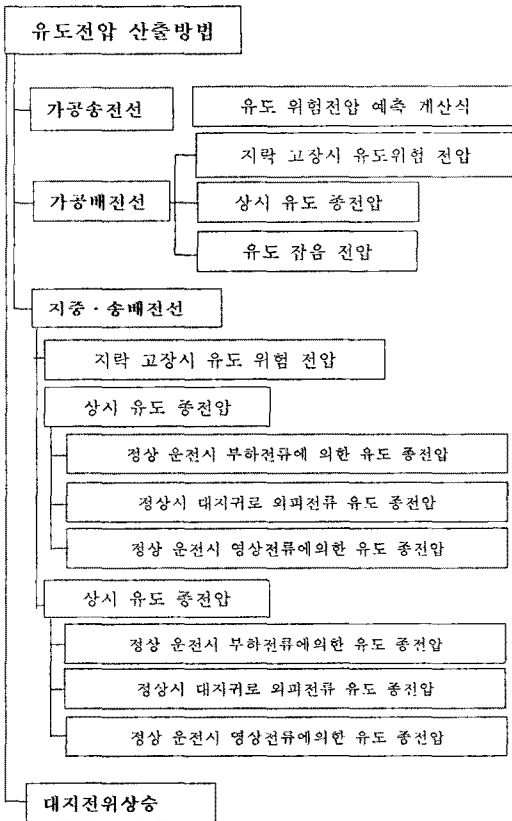
전력선에 흐르는 고전류에 의하여 전력선 주변에 분포되는 마그네틱 플럭스(Magnetic Flux)에 의한 전자유도

작용으로 인근 도체(통신선)에 기전력이 유기되는데 이 기전력의 전압을 전자유도전압이라 하며, 이로 인한 통신시설의 파괴(절연파괴)와 운전방해 등을 전자유도장해라 한다. 정전유도와 달리 지중케이블에도 발생하며 대책방법 또한 쉽지 않고 복잡하다. 전력유도에 대한 제한치는 기술고시 제2001-101호에 그 기준치가 명시 되어 있다.

- * 이상시 유도위험전압 : 650V
- * 상시 유도위험중전압 : 60V
- * 기기 오동작 유도중전압 : 15V
- * 잡음전압 : 1mV

2.2 유도전압 산출 방법

2.2.1 전력유도 산출 기술고시 분석



[그림 2] 전력유도 기술기준

전력선에 의한 유도전압계산은 관련법규인 정보통신부 고시 제 2001-99호 3조에 전력유도의 구체적 산출방법에 대한 기술기준을 따르고 있다. 상용주파수(60Hz)에 대한 전력선 유도전압 산출은 크게 <그림2>와 같이 가공송전선, 배전선 그리고 지중·송배전선으로 크게 세 가지 전력선의 전력방식에 따라 분류되어 있다. 송전선로의 경우 부하전류는 각상 전류의 크기에 차이가 있더라도 각상전류의 합이 영(0)이므로 통신선측에서 볼 때 송전선로에 전류가 흐르지 않는 것과 같아 영향을 받지 않으며, 단락고장의 경우도 각상에서 발생하는 자속이 상쇄되어 양

의 합이 영(0)이 되기 때문에 유도장해 문제가 발생하지 않는다. 그러나 지락사고의 경우 전원측으로 돌아가는 전류(대지귀로전류, 영상전류)는 대지도전율이 높고 낮음에 따라 통신선 유도전압에 영향을 미친다. 배전선로도 지락사고의 경우 송전선로와 같지만 정상 운전 시에도 부하특성상 3상4선, 1상2선식으로 연결되어 불평형에 의한 영상전류가 중성선과 대지를 흐르기 때문에 발생하는 상시유도장해를 검토하여야 한다.

2.2.2 유도계산식 국제기술 비교

전자 유도전압 산출 일반식은 ohm의 법칙을 기본으로 하고 있어 전력선과 통신선간의 유도전압은 저항 성분인 선간 상호인덕턴스(M)와 병행거리(l) 그리고 각 나라 별로 전송로 환경에 맞는 계수류(K)를 적용하고 기유도전류(I_j)의 곱으로 이루어졌다.

국가	전압	저항	계수류	기유도전류
국내	$V_j = \sum$	$juM l$		$I_{(s)}$
ITU	$E_1 = \sum$	$Z_i l_i$		$I_{\alpha(d)}$
일본	$V_{(s)}$	$M_{(s)} l$		$A_{(s)}$
프랑스	$E =$	$wM L K$		I_C

[표 1] 유도전압 공통산식 국제기술 비교
국내의 경우는 기술기준에 전력선 유도계산 적용 계수 ()를 크게 차폐계수와 저감계수 그리고 경감계수로 나누고 있다(표2).

계수분류	계수	계수명	특성/해설
차폐계수		통신선차폐계수	통신선차폐차폐
		영상전류차폐계수	800Hz영상전류지중차폐
		송전선가공지선	
		지중선차폐계수	800Hz
		중성선차폐계수	배전선의 중성선
		지중송배전차폐	
		800Hz진기통신선	
		영상선류차폐계수	60Hz영상전류지중차폐
저감계수		유도저감계수	통신케이블조수저감계수
		가공송전선분류계수	
		가공배전선분류계수	
경감계수		지중송배전선분류	
	α	유도잡음경감계수	가공배전선의유도잡음경감

[표 2] 계수분석

이 계수들은 산식에 의해서 계산되어지거나 고정값을 취하는데 계수의 적용은 합리적이고 보편화된 과학적 산출치, 실측치, 또는 실험치를 적용하기도 한다. 이 밖에도

가공 배전선로 적용계수는 평가잡음 함유계수(η)나 전기통신회선의 평형도(dB)와 같은 비 계량형 감쇠계수를 적용한다. <표3>은 기술기준 고시의 유형별 계산식이다. 유도잡음전압은 부하 각각에 의한 유도전압을 산출하여 이들을 벡터합성하고 상시 유도중전압의 경우에는 산술합성하는 것을 보여주고 있다.

유형		산식
가공송전선		
가공 배전선로	지락고장	
	상시유도중전압	
지중 송배전선	유도잡음전압	$V_n = \sum(\eta \alpha V_L)10^3$
	지락고장	
	상시유도중전압	$V_L = \sqrt{V_l^2 + V_s^2 + V_o^2}$
	· 부하전류	
	· 외피전류	
	· 영상전류	
	유도잡음전압	$V_n = \sqrt{V_{en}^2 + V_{sn}^2 + V_{on}^2}$
	· 부하전류	
	· 외피전류) 10^3
	· 영상전류) 10^3

[표 3] 유도전력 유형별 계산식

2.3 유도전압 산출식 개선방안

2.3.1 계산식 적용계수에 대한 보완

기술고시의 적용계수는 크게 정량적 계수와 산술적 계수로 나누어져 있다. 가공송전선의 적용계수인 가공지선의 차폐계수()와 분류계수() 그리고 지중전력선의 분류계수()를 제외하고는 모두 고유한 계수를 적용하고 있다. 그 중 통신선 차폐계수()는 통신선 자체에 의한 차폐를 말하는데 통신선을 보호하기 위한 강대 외장(armour)케이블은 강대 외장의 자성체에 의하여 자기 및 상호 임피던스를 증가시켜 차폐효과를 좋게 한다. 그러나 최근 EMC 기술기준이 강화되고 전력선 및 통신선의 전자파내성 기술 발달로 차폐특성이 향상되었으나 계수 적용기준이 불분명하여 실제 측정치와 계산식이 차이가 나는 요인으로 지적되었다. ITU-T Directives Vol. II 4.3.6항의 금속시즈(metal sheath)에 의한 차폐효과 적용 방안에 대한 연구로 기술고시의 계수 정립이 필요하다 할 수 있다.

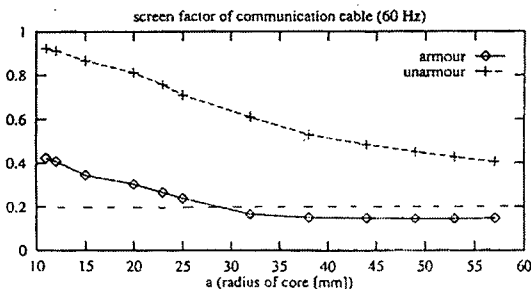


그림 3 F/S 불연필류미선 원단필의 대외장케이블의 60Hz 차폐계수

2.3.2 도시 배전선로에 대한 도시차폐계수(K_x) 효과

인구의 도시 집중화 현상은 도시에 각종 금속구조물을 건설하게 되었고 이 금속도체에 전력유도 현상 또한 발생하여 통신선에는 차폐 효과와 같은 현상이 발생한다. 하지만 지역마다의 특성 때문에 ITU Directive에서도 밝혀지지 않은 접지된 금속 구조물에 의한 차폐효과에 대해 지역별로 그 값을 제시하고 적용할 것을 권고하고 있으나 계산이 불가능하여 측정치에 의해서만 결정될 수 있는 것으로 규정하고 있다. 아래 <표4>는 주요 기관 및 나라의 도시차폐계수에 대한 견해이다.

	내용	비고
CCITT	도심0.1~0.2 주변0.4~0.6 시골0.8~1.0	경험상
CISPR	도심0.1~0.2 주변0.4~0.6 시골0.8~1.0	IEC
일본	실측에 의한 값	전기학회
스페인	적용하고 있지 않음	PTT

[표 4] 도시차폐계수 적용 권고

도시차폐계수가 전체 유도전압 감쇄효과에 있어서 주요한 부분이 될 수 있으나 아직까지 그에 대한 이론적 근거가 미약하고 실측에 의해서만 결정될 수 있어 우리나라의 경우 그에 대한 연구가 활성화 되어야 한다.

3. 결론

지금까지 유도장해에 대한 일반적인 장해 원인별 분류와 관련 법규에 따른 유도장해 현상 및 적용방법에 대하여 논의하고 유도전압 산출식의 보완점을 서술하였다. 유도장해에 대한 문제는 여타 EMI문제와 마찬가지로 여러 복합적인 문제로서 그 해결을 위해서는 체계적이며 광범위한 연구를 필요로 한다. 연 5~6%에 이르는 전력수요의 성장률을 감안할 때 초고속통신망이 EMI적 영향이 없는 광케이블로 교체될 2015년까지는 지금의 2배의 전력설비가 필요로 하게 된다. 좁은 국토의 효율적 운용이나 불필요한 설비투자비를 경감하기 위해서라도 전력유도에 대한 보다 적극적인 연구가 필요하다 하겠다. 향후 전력연구원에서는 배전선로 지락에 의한 지전위 상승 시험 및 불평형 전류에 의한 전력선 유도장해 현상을 보다 적극적으로 이해하고 검증하기 위해 실증시험 할 예정이며 아울러 도시차폐계수에 대한 연구를 통해 보다 실질적인 전력선 환경 영향을 평가 할 예정이다.

(참고 문헌)

- [1] 이상무, "전력유도전압 산출방법과 관련된 기술기준 보완 연구", 한국전자통신 연구원, 2002
- [2] 명노훈, "유도장해에 의한 통신 및 방송의 EMI 대책 연구", 한국통신학회, 1994
- [3] 한국전력공사, "유도장해실무", 1994
- [4] 정보통신부, "유도장해 관련 법규", 2001
- [5] 한국통신사업자연합회, "전기통신설비 기술기준관련 워크샵", 2002