

# 誘導調整을 위한 各種 制限 값

● 技術資料

梁 培 德\*

## — 차 례 —

- 1. 緒 論
- 2. CCITT의 권고안
- 3. 外國에 있어서 誘導制限 電壓
- 4. 우리 나라에 있어서 각종 적용 값
- 5. 結 論

### 1. 緒 論

송전선에 지락 사고가 일어났을 때 통신선에 생긴 전자유도 전압으로 부터 인체 및 통신용 기기를 보호하기 위하여 전자유도 전압을 제한하거나 감소시키는 것은 중요한 문제이다.

실제로 전력선과 통신선이 서로 접근하는 경우에는 전자유도로 인하여 잡음 장애등이 생긴다. 따라서 유도전압을 적절한 한계, 즉 어떤 제한값을 넘지 않도록 대책을 강구하게 된다.

그러나 이 제한값을 어떠한 조건, 어느 정도의 크기로 정하는 것이 기술적, 경제적으로 타당한가는 대단히 어려운 문제이다.

이 제한 전압에 대해서 CCITT에서 권장한 값이 있지만 각국은 이 값을 그대로 적용하기 보다는 전력측과 통신측 쌍방이 협의하여 자기 나라의 실정에 맞추어 제한치를 정하고 이 값을 기준으로 하여 유도 대책을 실시하고 있는 실정이다.

우리 나라의 경우는 지금까지 막연히 일본의 경우에 따르거나 그렇지 않으면 항시 전력, 통신 쌍방이 논쟁하는 실정에 있었다.

금번 본 연구소에서 이 문제에 대하여 검토하였던바 그 결과를 여기에 간략히 소개하고자 한다.

### 2. CCITT의 권고안

유도에 관한 가장 새로운 권고는 1960년 12월 뉴델리 총회에서 심의 결정되었던 것으로 지시서(Directives)<sup>1)</sup>로 부터 제한치에 관한 사항의 주된 것을 발췌해

보면 다음과 같다.

(1) 전력선이 정상적으로 운전되고 있을 때 인근 통신선에 유기된 증가 전력이 60 volt를 넘으면 인체에 위험을 줄 수 있다.

(2) 경험에 의하면 전력선의 고장시에 있어서 인체 혹은 통신 시설에 대한 위험의 가능성은 본 지시서의 규칙에 의해서 계산한 통신선에 유기된 종방향전력이 다음의 값을 초과하지 않는다면 그 위험은 크지 않다.

(가) 보통의 기술적 규정에 의해서 건설된 보통의 설비를 갖고 도 표준의 보수를 하고 있는 전력선의 경우에는.....430 volt

(나) 고안정 전력선의 경우에는.....650 volt

(3) 금속피복을 갖는 cable의 심선에 대해서는, 선로측 권선이 피복으로부터 절연되어 있는 변압기에 접속되어 있고 이들의 심선과 대지 사이에 피뢰기가 없는 경우 혹은 변압기 선로측 권선의 종단이 cable의 일단에서 낮은 저항으로 항상 피복에 접속되어 있는 때는, 중요한 위험은 cable이나 부속설비(loading coil, balancing condenser, cable termination etc.)가 유도전압에 의해서 절연 파괴되는 것으로 본다.

(가) cable의 포설 및 완성후 절연 내압 시험을 한 cable에 대하여 교류로 시험하였을 경우에는 시험시 인가전압의 60% r.m.s. 치.

(나) 상기의 시험을 하지 않았을 경우에는 포설 및 접속작업에서 절연내압이 저하할 이유가 없다면, 심선과 피복간의 절연내압 및 부속 설비의 도체와 cable의 피복 혹은 대지 사이의 절연내압의 공장시험에 사용한 최저 전압의 60% r.m.s. 치.

(4) 잡음에 대해서는 잡음기전력이 1.0mV를 넘지

\* 정회원 : 한국과학기술연구소 전기기기 연구실 연구원

Table 1. INDEX TABLE

Index table for the design of plans for co-existence between telecommunication lines and power lines to simplify the use of the Directives, this index table and the reference table following summarize, for each of the main cases that may arise, the references to the text applicable, the formula to be used and the limits to be met. It is nevertheless essential, in each case, to refer to the detailed text of the "Directives"

Type of power line		A.C. transmission and distribution lines										Traction lines		
		Overhead section					Cable section					A.C.	D.C.	
		Earthed neutral		Isolated neutral or fitted with arcsuppression coils		Earthed neutral	Isolated neutral or fitted with arcsuppression coils							
Type of telecommunication line and kind of risk envisaged	Ordinary	High reliability	Ordinary	High reliability	Ordinary		High reliability	Ordinary	High reliability	Ordinary	High reliability	Ordinary	High reliability	
	Telephone lines	Open-wire lines	Danger	1	2	3	0/1/4	0						5,9 6/7/8
		Disturbance	20,22 0/23	20,22 0/23	20,22 0/21/24	0							25,26	27,28
		Signalling interference				36,37,38								37,38
Single-wire telegraph lines	Cables	Danger	11/13	12/13	0/11/13/14	0/15	0/15	0/15	0/14/15				16/17 18	19
		Disturbance	23	23	24	0	0						26	28
		Signalling interference				37,38								
Open-wire lines	Cables	Danger	1	2	3	0/1/4	0						5,9 6/7/8	10
		Disturbance	29 0/30/31	29 0/30/31	29,32 0/33	0	0						34,35	39
		Danger	11	12	0/11/14	0/15	0/15	0/14/15					16/17 18	19
		Disturbance	0/31	0/31	0/33	0	0					35	39	

**Note 1:** The numbers in the above table are the reference numbers given in the left-hand column of the table on the next page, where against each number will be found a reference to the appropriate passage in the Directives. In the above table, when the numbers are separated by an oblique stroke, one or other of the Directives referred to may be applicable. The cipher "O" indicates that no calculation is required; however, when this cipher is associated with reference numbers, there is a choice between different alternatives. For example, 0/1/4 means that depending on the case concerned, either there is no calculation required, or the Directive referred to against No. 1 should be applied, or the Directive referred to against No.4 should be applied. When, in the table above, the reference numbers are separated by a comma, all the Directives referred to should be applied.

**Note 2:** In the case of aerial cables having no earthed sheath or metal screen, besides the Directives shown in the table, it is necessary to apply those referring to aerial lines concerning the elimination of danger and disturbance from electrostatic induction (taking account, where necessary, of the indications in No. 7 of Chapter V).

REFERENCE TABLE

Reference numbers in index table	Harmful effects	Induction effect	Condition of the electric line	Directive to be applied		Remarks	
				Limits			
1	Danger (Overhead wires)	Magnetic	Fault between one phase and earth (ordinary)	r.m.s. values			
2		Magnetic					430V
3		Electric					650V
4		Magnetic					15mA
5		Electric					430V
6		Magnetic					15mA
7		Magnetic					60V
8		Magnetic					150V
9		Magnetic					See 6 and 7
10		Magnetic					430V
				1000V (peak value)			
11	Danger (Cables)	Magnetic	Fault between one phase and earth	r.m.s. value			
12		Magnetic					650V
13		Magnetic					60% of test voltage
14		Magnetic					See 11 and 13
15		Magnetic					See 11 and 13
16		Magnetic					Sec 6 and 7
17		Magnetic					Sec 6 and 7
18		Magnetic					See 6 and 7
19		Magnetic					See 11 and 13
				1000V (peak value)			
20	Disturbance (Overhead wires and cables)	Electric	Normal working	psophometric e.m.f.			
21		Electric					1mV
22		Magnetic					1mV
23		Magnetic					1mV
24		Magnetic					1mV
25		Electric					1mV
26		Magnetic					1mV
27		Electric					1mV
28		Magnetic					1mV
29		Electric					0.1×I telegr.
30		Magnetic					0.1×I telegr.
31		Electric					0.1×I telegr.
32		Magnetic					0.1×I telegr. or 0.1×U telegr.
33		Electric					0.1×I telegr.
34		Electric					0.1×U telegr.
35		Magnetic					0.1×U telegr.
36		Signalling interference (Overhead wires and cables)					Electric
37	Magnetic						
38	Resistive coupling						
39	No data to hand						

표 2. 外國에 있어서의 現況

분	란	서	독	일	스	웨	멘	양	국	미	국	이	리	매	만	일	본
誘導電壓 制 限 值	誘導電壓에 대해 서 CCITT의 勸 告를 엄격히 적 용	EDF의 電力線은 전부 中性點接地 方式을 取하고 있 어서 Danger만 을 考慮하고 있 으며 雜音問題는 없다	電力線의 種類에 따라 다르나 Tr- ans로서 終端되 지않은 통신선 (German Post office)에서는 30 0V 적용. 단, 제산시 지락저항 은 직접 접지계에 서 0Ω를 적용하 고 起誘導電流에 0.7을 곱함.	裸線 430V Cable 1200V (60%)	繼電壓에 대해서 CCITT의 勸告 를 따름.	制限値는 設定되 지 않음. 送電線 을 建設하는 때 事전에 Illinois Commerce Co- mmission에 "Rules for Co- nstruction of Electric Power and Communi- cation lines"라 는 것을 提出하 여 認可를 받음.	100KV 以上(中 性點 直接接地 性點에 있어서 19 69년에 協定하여 基濟價는 線電 壓, 雜音電壓 고 두 CCITT의 勸 告를 따름.	直放接地 送電線 에 있어서 電力 側에서는 650V 통신측에서는 43 0V를 주장, 協 定이 되어 있지 않음. 고장 접지 항을 7.5Ω로 一 括適用하려고 協 定하려는 狀態 임.	전력선 사고시 430V(고안정선) 300V(일반선) 전력선 평상시 60V 유도 잡음 전압 케이블의 경우 0.5mV 나선 SD. Wire 1.0mV (단 회선의 평형 도는 케이블의 경우에 40dB가 유지되는 경우 임)	ENEL 에네리 電力公社 (1970. 10. 14)	Common Wea- th Edison Co. (1970. 8. 27) Public Service Electric gas Co (1970. 9. 12)	일본 NTT 조사 (1972. 8)	일본 NTT 조사 (1972. 9)				
情報入手處	EDF 불란서 電力公社 (1970. 11. 13)	Dr. H. A Riedel (1972. 8. 28)	日本 誘導調整委 員會報告 (1963. 6)	Electric Council (1970. 9. 24)	Electric Council (1970. 9. 24)	Common Wea- th Edison Co. (1970. 8. 27) Public Service Electric gas Co (1970. 9. 12)	ENEL 에네리 電力公社 (1970. 10. 14)	일본 NTT 조사 (1972. 8)	일본 NTT 조사 (1972. 9)								

參考: ... 誘導調整委員會報告書 1963. 6 日本電氣學會  
... 送電線에 의한 通信線에의 誘導電壓에 關한 調査結果로서 1970. 12 日本海外電力調査會  
... Dr. H. A Riedel로 부터 私信 1972. 3 NTT

않아야 한다고 단순하게 규정하고 있으며 특히 이때 통신선의 평형도는 300~600Hz에 있어서 40dB 이상 반드시 되어야 하고, 600~3400Hz에 있어서는 46dB가 되어야 한다.

(5) 고안정도 전력선은 다음 조건을 갖추어야 한다.

가. 기계적 전기적 특성

① 도체 지지물 애자 부속물 및 기타 구조물 등의 진수 및 성능은 선로가 갖일 수 있는 가장 가혹한 조건에서, 특히 바람, 눈, 서리 및 온도의 영향에서도 충분한 안정도를 갖으며 절연과피를 일으키지 않아야 할 것.

② 도체의 대지 절연간격은 예상되는 가장 가혹한 주위 조건에서 상규전압 및 어떠한 내부 이상전압에 대해서도 섭락을 일으키지 않을 것.

③ 애자는 발생할 가능성이 큰 모든 기상조건하에서 사용중에 받는 최대 기계적 하중 및 최고 전압에 적합할 것.

나. 지리적 조건

선로가 뇌가 많은 지역, 오염이나 눈이 많은 지역 등 사고 발생 확률이 큰 지역을 통과하는 때는 사고를 감소시킬 장치를 갖출 것.

다. 접지 사고의 제거

① 선로는 접지 고장전류 계속 시간은 가능한한 짧게 대부분의 경우 0.2초 이내에, 어떠한 경우에도 0.5초를 넘는 일이 없도록 보호장치 및 차단기를 장비하여야 한다.

② 이들 보호 장치의 기능은 양호하게 유지되어야 한다.

(6) 이상의 CCITT의 권고치를 총괄하여 보면 표 1 Index와 같다.

3. 外國에 있어서 誘導制限 電壓

외국에 있어서 유도전압 제한치에 대하여 조사한 바를 간추려 보면 다음 표 2와 같다.

4. 우리 나라에 있어서 各種 적용값

직접접지 송전계통의 유도 협조를 위하여 아래와 같이 권고하였다.

4-1. 송전선 사고시 제한전압

고안정 전력선에 의한 유도중전압 제한값은 650volt, 단, 고안정전력선이 갖추어야 할 조건은 전술한 바와 같다. 이와 같이 사고시 유도제한 전압을 650V를 권고하였던 이유는 첫째, 상기에 기술한 고안정도 조건은 이미 154KV 또는 345KV 송전선 건설시 설계 지침으

로 되어 있으며 또 현재 154KV 송전계통에 취부된 차단기 차단속도를 보면 최장 시간이 4.08cycle 최단시간이 1.32cycle로 평균 2.243cycle로 되어 있다<sup>2)</sup>. 여기에 계전기 동작 시간을 1~2cycle를 합하더라도 6~7 cycle내에 완전히 고장선로를 제거하게 된다.

둘째, 제한전압은 무엇보다 인명 및 기기의 보호를 위하여 그 한계가 중요하다. 인명에 대한 전격의 영향은 한국과학기술연구소에서 시험하여 볼 기회를 갖지 못하였으나, 이미 일본 등지에서 많은 연구를 하여 결론을 얻고 있는데, 여러 가지 동물 실험결과 650volt, 0.1sec의 전격이 300volt 1sec 전격의 영향보다 결코 가혹하지 않다고 말하고 있으며<sup>3)</sup> 1971년 6월의 CCITT의 Study Group V 회피에서는 이 650volt를 더욱 높이려고 검토하고 있는 실정이다.

셋째, 일어날 수 있는 유도 전압에 대하여 통신기기 및 cable의 절연내력이 문제되나 일반적으로 전화기, bell coil, 절연변압기 등에 대하여 충격전압시험 결과 V-t 곡선을 보면 통신기기의 내전압의 하한치는 대략 2KV 정도로 알려져 있다.<sup>4)</sup>

또 cable에 있어서는 국내제품에 대하여 시험하여 본 바 650V 0.5sec 절연내압에는 충분한 것으로 판단되었다<sup>5)</sup>.

4-2. 정상시 제한전압

송전선 정상 운전시에 있어서 통신선에 유도되는 중전압에 대해서는 60V를 제한값으로 권장하였다. 단, 통신선에 있어서 대지위로 방식의 기기를 사용하고 있는 경우에는 그 기기가 오동작하지 않는 범위에서 개별로 협의하여 정할 필요가 있다.

실제로 사용기기가 결정되면 오동작 범위는 기기마다 정하여져 있을 것이므로 이는 별로 문제점이 되지 않을 것이다. 참고적으로 다음 표 3은 일본에 있어서 기기별 상시유도전압의 허용치를 표시한다.

4-3. 정상시 유도잡음전압과 통신선의 평형도

정상시에 있어서 유도잡음기전력의 허용치로서는 다음의 값을 권장하였다.

1) 통신회선이 cable로서 평행도(註) 40dB 이상의 회선에서는 1mV(평균잡음) 이하.

2) 기타의 경우는 상기값에 준하여 평형도에 따라 계산한 값으로 한다.

예, 교환기를 포함한 평형도 32dB인 경우

$$20 \log 10x = 40\text{dB} - 32\text{dB} = 8\text{dB}$$

$$\log 10x = 0.40 \therefore x = 2.5 \text{ 따라서 } 2.5\text{mV 이하}$$

통신회로에서 잡음 평형도가 더욱 중요한 역할을 하므로 통신측에서는 이 평형도를 높은 값으로 유지하도록 노력하고 있다. 특히 통신회선이 국제간에 연결되

(註) 교환대를 포함한 회선평형도

표 3. 日本에 있어서 常時誘導電壓의 許容值 1例

回線種類	方式別, 機器別	許用值(V)	備 考	
加入者線等	磁 器, 共 電	15		
	自 動	$A \cdot H \cdot C_n \cdot C_{12}$	15	
		$C_{21} \quad C_{22}$	15	
		$C_{31} \quad C_{47}$	(10)15	交 換 後 의 一 部 回 路 變 更
		$C_{23} \quad C_{450} \quad C_{400}$ 註(2)	(5)15	
世 界 線	地 集 試 驗 線	(3)15	試 驗 裝 置 의 一 部 回 路 變 更	
	磁 石 局 의 地 集 局 線	(10)15	리 別 調 整	
	地 內 回 線	個 別 呼 出 · 秘 話	(2)15	電 話 機 의 一 部 回 路 變 更
		個 別 呼 出	(10)15	
市 外 線	手 動	15		
	自 動	H	10	
		$A \cdot C_{11} \quad C_{22} \quad C_{31} \quad C_{41}$	15	
		註 <sup>3)</sup> $C_{400}$ $C_{460}$ $C_{23}$ } $\left\{ \begin{array}{l} A \cdot H \\ C_{11} \quad C_{32} \end{array} \right.$	10	
	註 <sup>3)</sup> $C_{400}$ $C_{460}$ $C_{23}$ } $\left\{ \begin{array}{l} C_{400} \\ C_{460} \\ C_{23} \end{array} \right.$	34		
	$C_6 \quad C_1$	(10)15	交 換 機 의 回 線 變 更 等	
	$C \times D \cdot C \times M$	常 時 誘 導 電 壓 25	直 流 地 電 位 差 $\leq 1$ 50	
直 流 電 信	加 入 電 信	30		
	註 <sup>4)</sup>	印 刷 差 動 2 重 3mA (7.5)60	複 線 回 路 變 更	
		印 刷 單 向 4mA (10)60		
其 他	5mA (12.5)60			
模 寫 電 信	V F 形	(5)15	端 末 機 器 到 filter 設 置	

註: (1) ( ) 內의 數值는 機器等에 對策을 하기 前의 許容值 이다.  
 (2) 仕樣書改定에 의해 既히 對策을 한 機器가 導入되어 있는 局도 있다.  
 (2), (3) CES에 收容된 回線의 許容值는 C 400에 準한다.  
 (4) 通信電流 20±3mA, 送信電壓 30V, 回線抵抗 2500Ω 로 한 妨害電壓의 規格值이다.  
 備考: 上表에 記載되지 않은 回線의 許容值는 60V(常時誘導 危險電壓)로 한다.

Book Vol, 1, X, Recommendation K10, Unbalance of Telecommunication installations 中에는

".....the minimum permissible value for the balance of telecommunication should be 40dB [from 300 to 600Hz] and 46dB [from 600 to 3400 Hz]."

이와 같이 말하고 있으나 우리의 통신선 평형도는 철도선의 경우 1000Hz 평형도 25dB 이내가 90% 이상으로 매우 낮은 실정이다<sup>6)</sup>.

제신부의 경우는 내규상으로 30dB를 유지하도록 규정하고 있으므로 이를 준수하는 것이 타당하지만 장애발전과 향상될 것을 고려하여 40dB를 기준으로 하였다.

따라서 40dB 보다 낮은 평형도를 갖는 선로에 대해서는 전술한 권고치를 기준으로 하여 계산하면 그 평형도에 있어서 제한치가 결정될 것이며 잡음 발생원인도 분명하여 질 것이다.

#### 4-4. 지락저항

송전전압 154KV 이상계통 기유도 전류의 계산에서 필요한 지락저항으로는 발·변전소 구내에서는 2Ω, 선로에서는 8Ω의 값을 권고하였다.

일반적으로 지락임피던스 중 reactance는 무시하고 저항분만을 생각하는데 그 크기는, 경우에 따라 모두 다른 값을 가지므로 통계적으로 구할 수밖에 없다. 우리 나라의 경우 아직 이에 대한 통계자료가 없어 어느 정도의 크기인지 알 수 없으므로 Gilkeson<sup>7)</sup> 등이 조사한 미국의 통계를 참고하였다.

이 자료중에서 90%의 안전도를 생각하고 전력선과 통신선의 신뢰도가 낮은 것을 감안하여 발변전소 구내에서는 2Ω, 선로에서는 8Ω의 값을 추천하였다.

외국의 경우 미국에서는 유도 협조시에 상기 문헌의 결론인 5Ω, 20Ω을 사용하며 CCITT는 0Ω, 15Ω, 대만에서는 7.5Ω을 일률적으로 사용하려 하고 있고, 일본에서는 지락전류 크기의 연속성을 위하여 0Ω, 5Ω 사이에 곡선을 만들어 사용한다.

앞으로는 전력계통과 통신계통의 시설이 점차 현대화되고 개선될 것이므로 안전도 때문에 지락저항을 낮게 취할 필요는 없을 것이다.

가장 이상적인 방법은 국내의 통계자료가 충분히 얻어지는 대로 이에 따라 적당한 지락저항의 값을 정하는 것이다.

#### 5. 結 論

이상으로 전력측과 통신측에 있어서 가장 논쟁의 대상이 되었던 네가지 제한 값에 대하여 현재의 국내 실정을 감안한 적절한 값을 권장하였었다.

는 것이고 보니 국제적으로 상호 잡음에 대해서는 엄격히 규제하게 된다.

1971년6월에 개최된 SGV의 집회에 있어서 WHITE-

이 값들은 절대적일 수 없지만 유도 협조를 위하여 전력통신 쌍방이 서로 신뢰를 갖고 지켜나간다면 전력선에 의한 유도는 그렇게 심각한 문제가 아니며 쉽게 해결될 수 있을 것이다. 그러나 금반 권장한 제한치가 결코 절대적이랄수는 없다. 변천하는 사회환경과 기술 그리고 경제적인 면에서 변경되어질 수도 있다. 특히 접지사고시의 고장점 저항은 국내에서 얻어지는 data가 정리되면 곧 재검토되어야 할 것이다. 하지만 이러한 제한치는 전력, 통신 양측에 있어서 상호 협조의 수단으로 이용되어야 할 것이며 결코 논쟁의 대상으로 해서는 아니될 것이다.

參 考 文 獻

(1) CCITT; "Directives Concerning the Protection of Telecommunication Lines Against Harmful Effects from Electricity Lines: The International Telecommunication Union, Geneva(1963)

(2) 유영철, 정창호 : "154KV 발변전소 차단기 특성시험", 한국전력 전기시험소보 5호, pp.116~123 (1971. 9)

(3) (4) 日本전기학회 : "전자유도전압의 위험도" 일본 유도 조정위원회 보고서 제4장 (1963. 9)

(5) 현경호외 7인 : "직접접지 송전선로에 따른 통신선로 유도장애방지를 위한 항구대책 수립에 관한 연구", pp.246~255 한국 과학기술연구소 (1973. 2)

(6) 이종수, 김우배 : "평형도를 중심으로 한 철도통신 회선의 유도방해조사"(제1보) 철도 기술, Vol. 2, No. 1, pp.20~26 (1964. 5)

(7) Gilkeson, C.L., Jeanne, P.A., and Davenport, J.C., Jr; "Power System Faults to Ground", Electrical Engineering, 56, 4. pp.421~433 and 474 (1937. 4)

(1) CCITT; "Directives Concerning the Protection of Telecommunication Lines Against Harmful Effects from Electricity Lines: The