

345KV 送電線路의 設計概要

● 技術報告

李 鍾 權*

— 차 례 —

- 1. 序 言
- 2. 超高壓送電線의 基本設計
- 3. 施工設計
- 4. 結 言

1. 序 言

1960年代의 活潑한 電源開發計劃事業遂行과 各種 經濟開發計劃事業의 遂行에 隨伴한 急激한 電力需要의 增大는 電力輸送手段인 送電網의 相對的인 弱화를 招來하게 되고 이의 大幅的인 補強을 不可避하게 하였다.

이에 對備하여 韓電에서는 既히 送電網의 根幹을 이

루고 있는 154KV 送電보다 次上位인 超高壓送電의 必要性을 豫見하고 이의 妥當性을 檢討토록 1968年初에 美國의 Commonwealth社(以下 CA1로 指稱함)와 技術用役契約을 締結하였으며 1年半餘에 걸친 CA1의 檢討結果로 使用電壓, 電線, 施設規模 및 其他技術仕様等을 推薦받은 後 自體의 檢討를 거쳐 表1과 같은 1次 超高壓送電網의 系統構成을 確定하였다.

表 1. 1次 超高壓 送電線 計劃

區 間	電 壓	電 線	回 線 數	亘 長	設備完了年度	備 考
蔚山—大田	345KV	ACSR 954MCM × 2導體	2	212km	1975. 10. 31	2回線中 于先
麗水—大田	"	"	2	199km	1975. 10. 31	1回線先 架線
大田—서울	"	"	2	147km	1976. 12. 31	

한편 위와 같은 設備建設에 必要한 資材는 西獨 Siemens를 通하여 英國 Balfour Beatty社로 부터 借款으로 確保하고 鐵塔을 비롯한 一部 送電線의 設計를 Siemens에 用役하여 基本的인 設計를 確定하였으며 現在 一部區間의 施工設計를 完了하여 建設工事着工을 目前에 두고 있는 바 여기에 그간에 이루어진 超高壓送電線의 基本設計와 施工設計內容을 概括的으로 紹介하고자 한다.

2. 超高壓送電線의 基本設計

2-1. 系統電壓

前述한 바와 같이 韓國의 超高壓設備施設妥當性檢討를 用役한 CA1는 系統電壓의 決定을 爲하여 1971~1981年間의 中, 長期系統에 對한 몇가지 可能한 類似計劃을 樹立하고 이를 比較檢討한 結果 系統公稱電壓 345KV를 採擇토록 推薦하였으며 韓電은 이를 確定하였다.

2-2. 絕緣階級

超高壓送電線의 絕緣은 開閉 卮지, 雷擊等 異常電壓과 碍子汚損時의 商用周波電壓에 對한 絕緣耐力를 檢討하여 設計한 結果, 淸靜地區는 254mm 標準懸垂碍子 1連 20個, 一部海岸地區는 21個를 取付토록 決定하고 이와 協助된 Horn-Gap은 2340mm를 採擇하여 BIL 1367KV가 되는 바 이는 變電所의 遮斷器 BIL 1300KV 變壓器 1050KV에 比하여 適正한 Level이라고 看做된다.

2-3. 支持物

345KV 送電線의 支持物은 剛鐵塔(Self-Supporting Tower)의 四角鐵塔으로서 2回線乘, 垂直配列型이며 다음의 8가지 카테고리로 設計되었다.

- 直線, 懸垂連鐵塔
- 輕角度, 懸垂連鐵塔
- 小角度鐵塔
- 中角度, 耐張兼用鐵塔
- 重角度鐵塔
- 引留鐵塔

* 正會員: 韓電 超高壓建設事務所長

燕架鐵塔
特殊鐵塔

또한 使用鋼材로서는 KSD-3503의 SB41級 山型鋼 外에 BS-4360의 50B 및 55C의 超高強度 山型鋼을 使用하고 Bolt類 또한 KSD-3503의 SB50級인 5T의 것 을 使用한다.

2-4. 誘導 및 電波障害

(가) 靜電誘導

(1) 電線地上高

電氣設備技術基準 第118條에 依하면 345KV 送電線의 電線最低地上高는 8.52m(山地等은 7.52m)이나 靜電誘導의 面을 考慮하여 9m로 取했다.

即, 地上高 6m 인 154KV 送電線下地上 1m에서의 靜電誘導電壓이 7.6KV로 計算되나(垂直配列 1回線) 345KV 逆相順 2回線下的 地上 1m에서의 誘導電壓이 地上高 9m 인 때 6KV로 計算되며 따라서 345KV 送電線의 地上高는 9m 以上으로 取함이 妥當한 것으로 看做된 것이다.

(2) 通信線에 對한 靜電誘導

345KV 送電線의 靜電誘導作用에 依한 通信線障害를 最小限으로 하기 爲하여 相互離隔距離가 可能한 限 크도록 Route를 選定했으나 電氣設備技術基準 第113條에 依하여 計算한 結果 誘導電流規定值 3 μ A(通信線亘長 40km當)를 超過하는 個所가 있으며 이에 對하여는 通信部處와 協議하여 適切한 對策을 講究함으로써 解決 可能하다.

(가) 電磁誘導

超高壓送電線의 地絡故障時, 故障電流에 依하여 誘起되는 通信線에의 電磁誘導電壓이 機器나 人體에 危害를 주지 않도록 送電線 Route 選定에 慎重을 期하였으나 韓國科學技術研究所에 用役하여 檢討한 結果에 依하면 暫定規定值 650V를 超過하는 個所가 몇군데 있는 것으로 判定되었다. 이에 對하여는 各通信部處와의 協助에 依한 適切한 保護裝置施設等에 依하여 解決이 可能할 것으로 豫想된다.

(나) 電波障害

345KV 送電線 Route 選定時 Radio나 TV障害를 주지 않기 爲하여 都市나 各種 送受信所 隣近을 避하였으나 送電線經過地에 近接한 一部 聚落에서의 Radio 雜音障害는 不可避할 것으로 豫想되며 이는 運轉開始後 實情을 調査하여 別途對策을 講究하도록 해야할 것이다.

3. 施工設計

3-1. 建設計劃

前述한 바와 같이 一次로 系統構成을 確定하여 現在

建設이 推進되고 있는 超高壓送電線의 施工計劃은 表 2 와 같다.

表 2. 送電設備建設計劃

線路名	工區	着工(豫)	竣工(豫)	亘長(km)	鐵塔基數(基)	備考
蔚山—大田 T/L	1	74. 3	74. 12	56.9	142	
	2	74. 7	75. 3	53.7	135	
	3	74. 9	75. 6	55.0	145	
	4	75. 1	75. 10	46.4	117	
	計			212	541	
麗水—大田 T/L	1	74. 5	75. 1	43.2	105	
	2	74. 7	75. 8	52.7	142	
	3	74. 9	75. 6	50.0	127	
	4	75. 1	75. 10	53.1	130	
	計			199	514	
大田—서울 T/L	1	75. 4	75. 12	41.8	102	
	2	75. 9	76. 6	50.5	122	
	3	76. 1	76. 12	54.7	131	
	計			147	355	
原子力 T/L		75. 3	75. 10	23	63	
				581	1,473	

3-2. 氣象條件

超高壓送電線은 地形的으로 보아 慶南 東萊郡의 古里에 所在하는 原子力 1號發電所를 起點으로 하여 新蔚山變電所와 慶北, 忠南北, 新大田變電所 및 京畿道를 거쳐 西서울變電所에 이르는 古里—新蔚山—新大田—西서울 Route와 麗水發電所로 부터 全南北, 忠南에 걸쳐 新大田變電所에 이르는 麗水—新大田 Route로서 大部分이 山岳地를 通過하고 있다.

따라서 超高壓送電線은 南韓의 全地域에 建設되는 것으로 보아야 하며 이의 設計에 考慮된 氣象條件은 다음과 같다.

(가) 氣溫

過去 約 30年間 Route 隣近都市의 記錄에 依하여

最高 40°C (1942. 8. 大邱)

最低 -20°C (1970. 1. 서울)

平均 15°C를 基準하였다.

(나) 風速

經過地隣近의 測候所記錄에 依하면 瞬間最大風速이 秋風嶺 및 麗水에서 25m 內外로 記錄되었으나 地形的인 條件에 따라 送電線이 狹谷을 通過時는 風力이 이 狹谷으로 集中될 것이므로 이런 點을 勘案하여 技術基準上的 規定風壓을 取하고 地上 60m 以上の 物體에 對하여는 20%의 遞增을 考慮하였다.

(다) 積雪

經過地附近의 測候所 記錄에 依하면 秋風嶺의 37mm 가 最深積雪量이 되며 Route上의 最高積雪深度 또한 40mm內外가 될 것으로 豫想하였다.

(㉔) 雷害

1968年以來 韓電技術開發研究所에서 調査한 全國 平均 IKL 資料에 依하면 經過地의 一部는 IKL 25 程度의 地域을 通過하고 其他地域은 大部分 20 以下이나 本 送電線設計에서는 IKL 30을 基準하여 絕緣設計를 行 하였음.

3-3. 地形條件

(㉑) 標高

全經過地中 가장 높은 곳은 蔚山-大田 區間으로서 慶北 淸道郡 文福山麓의 830m이며 標高 700m 以上の 箇所는 蔚山-大田 T/L의 忠北 牛頭嶺 通過地와 麗水-大田 T/L의 全北 神武山麓 通過地의 두 군데가 있고 其他 經過地는 大部分이 600m 以下이며 特히 大田-서울 間은 忠北과 京畿道 境界의 通過地 標高 420m가 가장 높으며 餘地는 大部分이 300m 未滿의 標高를 보이고 있다.

(㉒) 徑間長

最大, 最小, 平均, 標準徑間長은 表3과 같다.

表 3.

最大徑間長	830m	蔚山-大田 No.101~102
最小徑間長	144m	大田-서울 No.144~145
平均徑間長	395m	
標準徑間長	400m	

(㉓) 地質

超高壓送電線經過地의 鐵塔位置地點은 一部 農耕地를 除外하고는 大部分이 山岳地로서 地表는 普通의 土砂, 地下는 軟岩 또는 腐蝕岩으로 이루어지고 있고 大地固有抵抗은 大部分 1000Ω-M 以下로서 埋設地線을 施設하여 每基當 接地抵抗目標值 20Ω 以下로 施設可能 할 것으로 豫想된다.

3-4. 電線選定

(㉑) 線種

超高壓送電線의 電線種類는 表 4와 같다.

表 4.

區 分	電 線	架 空 地 線
線 種	ACSR 483mm ² ×2 도체	ACSR 63mm ² ×2조
構 成		
Aluminum	45/3.7mm	12/2.59mm
Steel	7/2.47mm	7/2.59mm
斷 面 積		
Aluminum	483.42mm ²	63.228mm ²
Steel	33.42mm ²	36.883mm ²
重 量	1,606kg/km	463kg/km
外 徑	29.61mm	13mm
引張強度	11.531kg	5270kg
電氣抵抗 (20°C)	0.05991Ω/km	0.4539Ω/km

(㉒) 電線張力

電線張力設計는 電線支持點에 있어서의 張力이 安全率 2.5를 갖도록 設計함.

表 5.

電 線	引張荷重	最大使用張力		支持點張力		備 考
		(水平) kg	安全率	kg	安全率	
電力線	11,531kg	4140	2.79	4610	2.5	
架空地線	5,270kg	1885	2.80	2100	2.5	

3-5. 碼子選定

超高壓送電線의 碼子는

(㉑) 既設 154KV級 以下 送電線碼子와의 互換性

(㉒) 建設 및 補修上의 取扱習性과 取扱容易

(㉓) 豫備資材 確保의 容易

(㉔) 重汚損地域의 全無

等을 考慮하여 254×146mm 불, 소켓형 표준현수에자를 採擇하였으며 強度는 安全率 3以上을 取하여 荷重이 작은 一部 懸垂碼子連에는 25,000LBS (M & E Strength), 耐張連 및 荷重이 큰 懸垂連에는 36,000LBS 를 使用토록 設計하였다.

3-6. 絕緣設計

超高壓送電線의 絕緣設計는

(㉑) 開閉 せ-지에 對하여는 充分한 絕緣強度를 維持하고

(㉒) 電擊에 對하여는 適切한 強度를 가지며

(㉓) 汚損地域은 商用周波電壓에 對한 充分한 沿面 放電距離를 갖는 것을 基準으로 設計한 結果 送電線의 大部分을 占하는 淸靜地域建設分은 254mm 標準懸垂碼子 20個를 1連으로 함이 適正하며 이와 協同된 Horn-Gap은 2340mm가 妥當하다는 結論을 얻었다.

一部 海岸地方의 鹽汚損地域은 21個의 碼子連 採擇이 妥當한 것으로 나타났다. 以上 記述한 絕緣設計結果는 汚損地域의 것을 除外하고는 全部 耐雷設計 結果

表 6. 所要碍子數 및 Horn Gap 算定

區 分	碍 子 數			備 考
	18個	19個	20個	
Horn 間隔 (mm)	2,100	2,220	2,340	Horn 能率 80%
Horn 閃絡電壓(KV) ($1 \times 40 \mu s$) $V = 0.55l + 80KV$ ($4 \times 5 \mu s$ 波換算値) $V = V \times 1.18 \times 1.25$	$0.55 \times 2,100 + 80 = 1,235$ $1,235 \times 1.18 \times 1.25 = 1,822$	$0.55 \times 2,220 + 80 = 1,300$ $1,300 \times 1.18 \times 1.25 = 1,919$	$0.55 \times 2,340 + 80 = 1,367$ $1,367 \times 1.18 \times 1.25 = 2,017$	波頭 1.18 波尾 1.25
鐵塔逆閃絡電流(KA) $\frac{V/\alpha\beta - E\sqrt{2}/\sqrt{3}}{(1-K)Z}$	$\frac{1822/1.1 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}}{(1-0.3) \times 20} = 87.5$	$\frac{1919/1.21 - 345\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}}{(1-0.3) \times 20} = 93.2$	$\frac{2019/1.21 - 345\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}}{(1-0.3) \times 20} = 98.96$	$\alpha =$ 氣象補正係數 $\beta =$ 安全係數
推 定 事 故 率 ($\text{次}/100\text{km}/\text{年}$)	1.20	1.04	0.88	事故率은閃絡發生率임

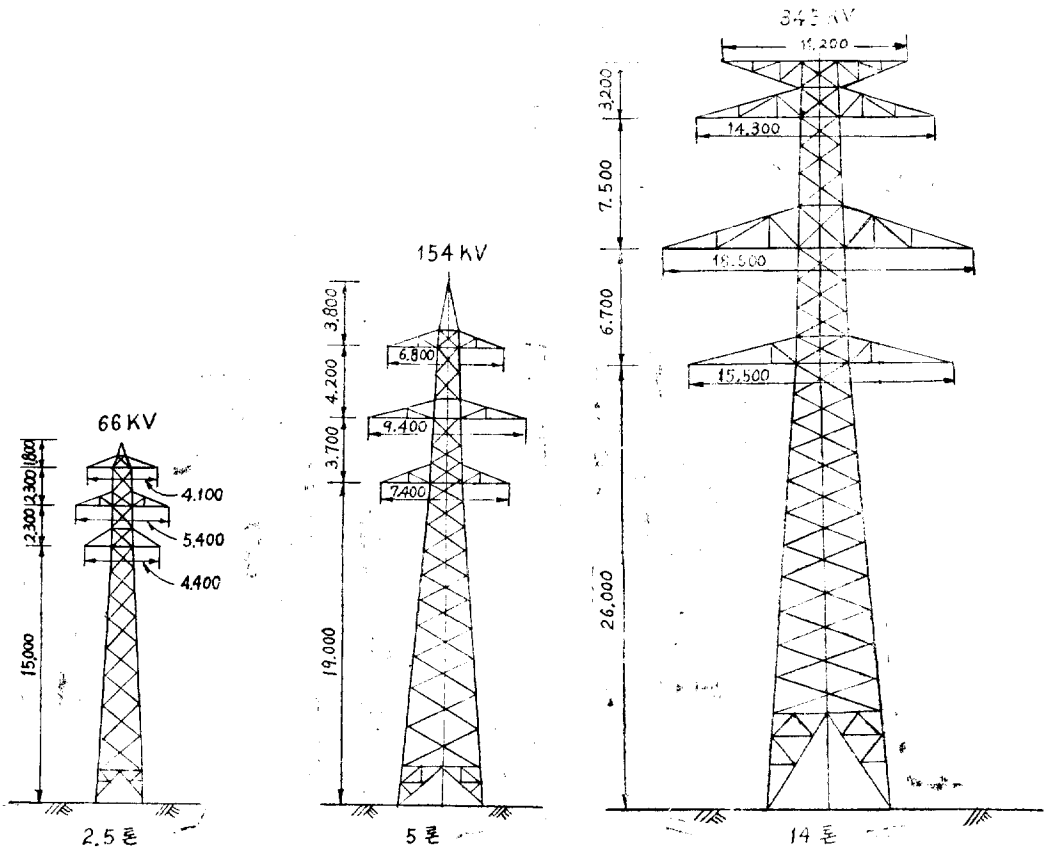


그림 1. 電壓別 鐵塔概略 比較圖

에 따른 것인 바 耐雷設計 概括은 다음의 表6과 같다.

3-7. 支持物設計

超高壓送電線 支持物은 架涉線의 斷面積이 클 뿐 아니라 多導體이기 때문에 大端히 큰 荷重을 받게 되고 또한 超高壓임으로 充電部의 對地 Clearance가 커지는 바 結果의으로 아래의 概略圖와 그림 1과 같이 154KV 級 以下 送電線鐵塔에 比하여 巨大하고도 무거운 鐵塔의 使用이 不可避하게 되었다.

鐵塔基礎는 “逆T型” 콘크리트 基礎를 使用토록 設計하였다. 以下 鐵塔設計概要를 略記하면 다음과 같다.

(a) 鐵塔裝柱

- 最小垂直線間距離 6.3M
- 음셋트 1.5~2.1M
- 懸垂碍子建橫振 常時 0~37°42'
- 最大 64°48'~72°36'
- 對地最小絕緣間隙 2.2M

(b) 設計荷重

超高壓 送電線鐵塔設計에 適用한 設計荷重條件은 表

7과 같다.

表 7. 鐵塔設計荷重條件

구 분	고온제 (15°C)	저온제 (-5°C)	비고
종 첩 탑 체 전 선 가공지선 압 애 자	220kg/m ²	110kg/m ²	저온계 불려
	76 "	38 "	
	84 "	42 "	
빙 설 가 설 첩 첩 탑 체	—	0.5+0.01dkg/m	—
	—	—	
이상시 조건	현수형 1조단선 60%장력, 각도 및 내장형 2조단선		
내 장 조 건	전가설설 장력의 1/3 이상시 불 평균 장력으로 작용		
荷 重 徑 間	風壓荷重徑間	400M	
	垂直荷重徑間	200M~800M	

(c) 使用鋼材

表 8.

部 材 種 類	材 質	機 械 的 強 度		
		降 伏 點	引 張 強 度	許 容 張 力
一 般 部 材 (山型鋼 및 鐵板)	KSD-3503 SB41	25kg/mm ²	41~52kg/mm ²	16kg/mm ²
大 型 部 材 (山 型 鋼)	BS-4360--50B	34.5~35.5kg/mm ²	50~63kg/mm ²	24kg/mm ²
	" 55C	43~45kg/mm ²	56~70kg/mm ²	30kg/mm ²
볼 트	KSD-3503-SB50(5T)	28kg/mm ²	50kg/mm ²	15kg/mm ²

3-8. 設計의 電算化

送電線 基礎保護設備은 從來의 石築工事を 止揚하고 보다 硬固하고 半永久的인 翁벽으로 土留工事を 採擇 하였으며 特記할 만한 것은 翁벽 工事に 所要되는 모든 物量 即 土壤掘鑿量, 시멘트, 콘크리트骨材量 等 計算을 電子計算機에 依하여 資料處理함으로서 設計時間을 大幅 短縮하였으며 우리 나라 送電線 設計電算化의 門을 열게 되었다고 생각한다.

3-9. 施工法

앞서 建設計劃紹介에서 記述한 바와 같이 一次 計劃分 超高壓送電設備 581km는 12個의 單位工事區間으로 分割하여 施工할 計劃이며 따라서 1個工區는 大概 50km 內外의 互長이 된다.

資材의 運搬은 工區當 2~3個所의 資材集結所를 設置하여 所要되는 機資材를 여기에 集結하고 分類한 後 各 現場道路邊까지 自動車로 運搬하고 道路邊에서 各 作業場까지는 人力으로 運搬한다.

콘크리트용 骨材는 現場隣近河川에서 採取하여 現場

道路邊까지 車輛, 作業場까지는 人力으로 運搬한다.

鐵塔基礎打設, 鐵塔組立 및 架線等 設置作業은 經過地가 大部分 險峻한 山岳地이므로 大型裝備를 動員한 機械化施工은 困難하며 小規模의 工具를 가지고 人力爲主로 施工한 從來의 154KV 級 以下 送電線建設工法과 大同小異한 作業方法의 採擇이 不可避하나 表9에 比較, 示된 바와 같이 物量이 超大型化하고 工事規模가 巨大해져 될가 改良된 作業方法과 그 法이 要請됨을 勘察하여 다음에 列記하는 몇가지를 새로이 初期施工段階에서 試驗의으로 施行할 計劃으로 推進하고 있다.

(a) 鐵塔基礎 콘크리트 打設은 人力삽 비비기를 止揚하고 小型 믹사를 利用한 機械비법을 行한다.

(b) 電線架線은 Puller와 Tensioner를 使用하여 延線時 電線이 땅에 닿지 않도록 施工한다. 이는 電線損傷에서 發生될 “코르나” 등의 異常現象 防止上, 必要한 工法이다.

(c) 蔚山一大田間 送電線中 洛東江 橫斷經間에 對

表 9. 送電線建設物量比較

區 分	154KV 送電線	345KV 送電線	備 考
鐵 塔 高(頂點高M)	28	44	154KV 送電線은 ACSR 477MCM 2回線 垂直配列을 基準함.
鐵 塔 重 量 (t/km)	17	37	
電 線 斷 面 積 (mm ²)	240	483×2	
電 線 重 量 (kg/m)	1,110	1,600×2	
一 連 碍 子 數 (個)	9~10	20~21	
基 礎 掘 量 鑿 (M ³ /km)	110	238	
基 礎 骨 材 量 (M ³ /km)	42	120	
基 礎 콘크리트 量 (M ³ /km)	30	89	
總 物 量 (t/km)	102	284	

하여 Helicopter 延線을 試驗的으로 施行한다.

(㉑) 大田—麗水間 送電線中 智異山麓의 險峻한 位置에 設置되는 數基의 鐵塔에 對하여 人力小運搬 代身 索道運搬을 試驗的으로 施行한다.

(㉒) 鋼材 거푸집 使用

鐵塔 콘크리트 基礎는 圓錐形으로 變更하고 거푸집을 鋼板 3.2mm, Angle L50×50×6mm로 製作, 組立式으로 하였으며 使用回數 55회를 計上하였음으로 從來의 木材 거푸집 使用時보다 經濟的이고 能率的인 施工法을 採擇하였음. 따라서 建設時間의 短縮은 勿論, 建設費의 節減이 期待되는 바이다.

4. 結 言

以上 極히 簡略히 概括的으로 345KV 送電線의 設計

內容을 紹介했으나 여러 가지 未洽한 部分이 많을 것으로 思料된다. 345KV 送電線은 韓國初有로 試圖된 超高壓送電線建設事業으로서 그 設計와 施工의 推進에 當하여 技術上으로 生疏하고 어려운 點이 많았으며 앞으로 工事執行過程에도 크고 많은 어려운 點이 加로넣어 있을 것으로 豫想된다.

이웃나라 日本의 500KV 送電線建設은 十數年間に 걸쳐 數百名의 關係專門家가 會同하고 檢討研究하여 推進된 것으로 傳聞됨에 비추어 우리의 超高壓送電線推進은 拙速의 愚를 犯하지 않을가 두렵다. 學界와 產業界 여러분의 技術과 其他에 亶한 끊임없는 協助를 받아 벽찬 우리의 超高壓送電線建設에 조그마한 잘못이나 흠도 남기지 않고 完全無缺하며 자랑스런 施設이 우리의 손으로 이루어지기를 바란다.

<p. 31에서 계속>

변화, 누설전류의 증가가 일어나며 유리관에 금이 생겨 파괴에 이르는 수가 있다.

유기 절연재료: 누설전류가 증가하며, 화학적 변화의 결과로서 취약, 연화 및 gas발생등이 일어난다.

무기절연재료: 누설전류가 증가하며 때로는 화학적 변화가 관측된다.

자성재료: 보자력, 잔류자기 및 투자율의 변화

저항체: 누설전류의 증가 및 저항의 감소

반도체: 누설전류의 증가, 전류이득의 감소, 포화전압의 증가

transducer: 누설전류의 증가, 허위 잡신호의 개입 변환정수의 변화 등이 일어난다.

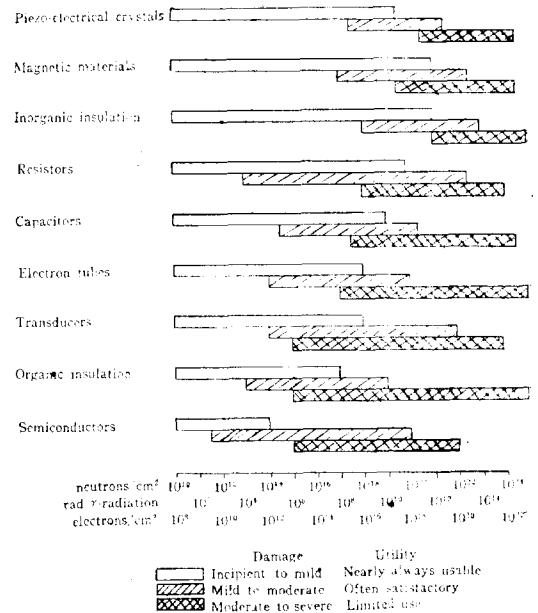


Fig. 4. Sensitivity of electronic components to fast reactor neutron, ⁶⁰Co-gamma, and 3 MeV electron radiation.