

報 告
15-3-1

23KV Y 配電方式 研究 (1)

閔正根* · 嚴仁澤** · 邊勝鳳***

1. 序 論

1次 AID 送配電借款에 依하여 京仁地區(桃花洞地區, 梧柳洞地區, 安養地區)에 23KV Y 配電方式과 釜山嶺地區에 11.4 KV Y 配電方式으로 現代的 特高壓配電設備가 建設되는바 이와같은 配電方式은 우리나라에서 처음으로 建設되는 것으로서 11.4KV Y 配電方式으로는 서울支店管內 抱川 s/s에 1φ 1,000 KVA×3 容量으로 現在 營業運轉中이고 23KV Y 配電方式으로는 역시 서울支店管內 汶山 s/s에 3φ 15,000×3 容量으로 美軍需用과 隣近 民用으로 營業運轉中이고 慶北支店 管內 若木 s/s에 3φ 100KVA×3 容量(이 系統은 1φ 50KVA×3 의 Neutral Bank 를 設置)으로 試驗運轉中이다. 이에 對한 技術的 基礎資料나 工事上의 施工經驗과 運轉經驗이 없다.

따라서 本研究試驗은 上記 特高配電方式에 對한 諸問題中 特히 下記 세 問題에 重點을 두어 基礎的 資料를 求하는데 研究의 目的을 두었다.

1. 高低壓線의 混觸事故時 中性線의 對地電位上昇에 對하여
2. 高壓線의 1線地絡故障時(特히 高抵抗接地) 地絡抵抗의 變化와 接地事故檢出方法에 對하여
3. 隣接한 通信線의 誘導障害에 對하여 研究한다

2. 研究試驗의 概要

1. 우리나라에는 交流計算盤이나 模擬配電盤施設이 없어서 새로운 配電方式에 對한 模擬計算이나 試驗을 할 수 없으므로 實系統을 선정하여 電力供給上의 支障이 最少限度로 억제하면서 人工故障을 일으켜 그結果를 實測하여 比較計算할 수 밖에 없었다.

試驗系統으로는 23 KV Y 多重接地方式으로 된 慶北支店 若木 s/s~구미間 約 8km의 線路를 선정하였다. 本試驗線路는 元來 若木 s/s에서 구미 s/s, 善山 s/s 22KV 尙州 s/s까지의 22KV 送電線인데, 若木 s/s에서 約 8km 地點인 158 號柱까지는 安東 22 KV 線과 並行하고 있으므로 이 並行區間을 系統에서 分離하여 多重接地中性線을 架設하여 送電線 연변에 있는 임음동, 사곡동, 광평동 및 상모동 등에 電力을 供給하고 있다(그림 1 若木

s/s~구미間 現配電系統圖 參照).

이 試驗線路에서 中性線의 多重接地抵抗值를 여러가지로 變更試驗할 수 있도록(km 當 平均 5.0Ω, 10Ω, 20Ω 等) 全接地個所의 接地抵抗值를 調整하고 變電所로부터 試驗機器運搬이 容易한 約 1km, 4km, 7km 地點에서 各 多重合成抵抗值에 對하여 高低壓混觸故障을 일으켜 中性線의 電位上昇值를 電磁 oscillograph 로 實測하였다.

2. 1線地絡故障時 地絡抵抗의 變化狀態를 若木 s/s 試驗(1φ 100KVA×3), 抱川 s/s 試驗(1φ 1,000KVA×2×3) 이리 s/s 試驗(3φ 20,000 KVA)을 통하여 相電壓과의 關係, 地絡點狀態와의 關係 및 故障時間과의 關係等을 實測하였다.

3. 通信線에 對한 誘導障害試驗은 桃花洞, 梧柳洞, 安養 및 釜山嶺 管內에서 通信線과 가장 隣接한 配電線路中 並行距離가 가장 긴 安養 s/s 地區의 配電線路를 試驗線路로 選擇하였다. 本試驗에서는 昇壓變更된 3相 4線式 配電線路의 1線의 地絡故障있을 때의 誘導障害試驗을 해야 할 것이나 現在로써는 配電線路를 昇壓變更시킬 수 없으므로 現配電線路(3.3 KV 非接地式)에 大地歸路 單相電流를 흘려 隣接通信線에 誘起되는 誘導電壓을 測定하였다. 實測한 通信線의 V/A 를 利用하여 23KVY 單一接地配電線의 豫想故障電流에 對한 豫想誘導電壓을 求하였으며 中性線이 通信線誘導電壓에 미치는 低減效果에 對하여 歸路電流에 依한 效果와 遮蔽效果를 計算하였다. 同時에 中性線에 依하여 低減된 通信線의 誘導電壓을 計算으로 算出하였으며 計算値와 實測値를 比較檢討키 위하여 若木 s/s 22 KV Y 配電線路에서 試驗하였다.

試驗線路는 表 1 과 같다.

表 1 試驗 線 路

起誘導配電線	安養 s/s~軍浦線 119號	安養 s/s~삼정지선 23하38	若木 s/s~22KV Y 配電線 136號
測定 通信線	鐵道廳線 (安養驛~ 軍浦驛)	鐵道廳線 (安養驛~ 始興驛)	鐵道廳驛 (若木驛~ 구미역)
	遞信部線 (安養郵遞局~ 軍浦郵遞局)	遞信部線 (安養郵遞局 ~種蓄場)	

* , ** , *** 韓電電氣試驗所 第一研究室 · 正會員

表 2

接地補充工事後 單獨 및 合成接地抵抗值

(工事日時 1965年 10月 29日~11月 9日)

區分 區間	電柱 番號	地 形	接 地 工 事 方 法	接 地 抵 抗			接地抵抗의 合成值			備 考
				工事前	工事後	合 成	5 Ω	10 Ω	20 Ω	
1	2	언덕, 마른논	접지추 2, 접지선 10m	없 음	16 Ω	6.5 Ω	(6.5)	(10)	(19.5)	
	5	//	×	180 Ω	180 //		○	○	○	
	11	언 덕	접지추 3, 접지선 15m	380 //	20 //		○	×	×	
	15	道 路 옆, 논	// //	180 //	24 //		○	○	○	
	18	//	// //	30 //	25 //		○	×	×	
20	//		접지추 4, 접지선 16m	없 음	18 //	○	×	×		
2	24	平 地, 논	접지추 2, 접지선 6m	42 Ω	15 Ω	5.0 Ω	(5.0)	(11)	(20)	
	27	//	// //	82 //	36 //		○	×	×	
	28	//	// //	56 //	20 //		○	○	×	
	29	//	// //	43 //	20 //		○	○	○	
	31	//	// //	36 //	7 //		○	×	×	
	32	//	// //	50 //	20 //		○	×	×	
3	36	平 地, 논	접 지 선 17m	17 Ω	17 Ω	9.0 Ω	(9.0)	(13)	(20)	
	38	//	// 15m	없 음	20 //		○	○	○	
	46	모 래 언 덕	// 12m	83 Ω	38 //		○	×	×	
	51	//	// 12m	180 //	72 //		○	×	×	
4	57	모 래 언 덕	접 지 선 17m	없 음	72 Ω	7.0 Ω	(7.0)	(12)	(20)	
	62	//	// 11m	68 Ω	12 //		○	○	×	
	68	//	// 15m	없 음	19 //		○	×	○	
	74	언 덕 숲	// 14m	35 Ω	17 //		○	×	×	
5	80	논	// 12m	7.7 Ω	4.8 Ω	4.5 Ω	(4.5)	(13)	(13)	
	86	언 덕 밭	// 9m	21 //	13 //		○	○	○	
	92	언 덕 논	// 12m	16 //	13 //		○	×	×	
6	98	언 덕 논	// 9m	40 Ω	20 Ω	9.0 Ω	(9.0)	(9.0)	(20)	
	104	언 덕 숲	// 12m	40 //	26 //		○	○	×	
	111	언 덕 밭	// 9m	없 음	18 //		○	○	×	
7	116	언 덕 밭	// 10m	50 Ω	12 Ω	4.0 Ω	(4.0)	(10)	(22)	
	119	언 덕 논 두렁	// 10m	없 음	55 //		○	×	○	
	124	논	// 10m	//	31 //		○	○	○	
	130	언 덕 밭	// 14m	//	15 //		○	○	×	
8	136	논	접 지 선 11m	7.4 Ω	3.4 Ω	5.0 Ω	(5.0)	(10.5)	(30)	
	144	//	// 8m	없 음	30 //		○	○	○	
	153	//	// 9m	9.5 Ω	5.5 //		○	×	×	
	157	//	// 9m	13.5 //	12 //		○	○	×	
	158	//	// 9m	15.5 //	13 //		○	×	×	

3. 多重接地工事

高低壓混觸時 中性線의 對地電位上昇은 中性線의 多重接地抵抗值에 크게 左右되므로 任意的 合成抵抗值 即

km當 平均 5 Ω, 10 Ω, 20 Ω로 調整할 수 있도록 全區間的 接地抵抗에 對하여 補充工事を 하여 測家한結果 接地抵抗의 單獨 및 合成值를 얻을 수 있었다. 이는 表 2와 같다.

4. 試驗系統의 構成

A. 若木 s/s~구미間 23 KV Y 多重接地方式

現配電線路

- 1) 23 KV Y 系統을 獨立시키기 爲하여 3.3 KV 母線에서 3.3/22 KV 1φ 150KVA×3 대로 다시 昇壓 시켰음.
- 2) 中性點을 얻기 위하여 1φ 50 K×3 대를 Y-△ 結線하여 使用하고 있음.

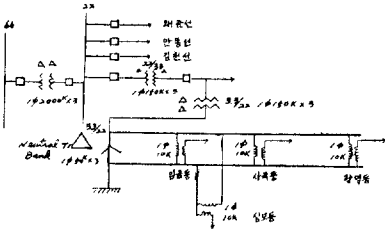


그림 1 若木 s/s~구미間 現配電系統圖

B. 23 KV Y 配電方式 試驗系統

22 KV 金泉線에서 22/3.3 KV(1φ 50 KVA×3) 變化器를 Y-△ 結線하여 線間 3.3/√3 KV의 電壓을 얻고 다시 3.3/22 KV(1φ 150 KVA×3) 變化器를 △-Y로 昇壓 結線하여 線間 22 KV의 中性點을 얻는다.

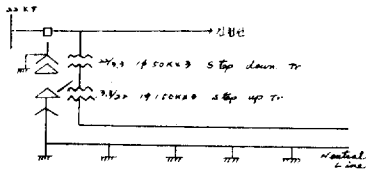


그림 2 23 KV Y 配電方式

C. 11.4 KV Y 配電方式 系統

3.3 KV 市內配電線에서 3.3/210 V 1φ 50 KVA 柱上變壓 6 器臺를 △-△, △-Y 結線하여 線間 11.4 KV 電壓을 얻는다.

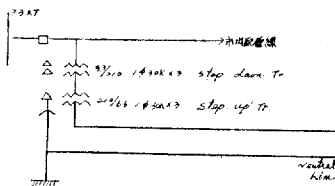


그림 3 11.4 KV Y 配電方式

D. 高低壓混線觸試驗 測定結線圖

備考 I_m : Main Tr. 의 neutral current.

I_g : Main Tr. 의 ground return current.

I_n : Neutral line 으로의 return current.

I_c : C 相 current(fault current)

$I'g$: 故障點에서의 Ground current.

I_f : 故障點에서의 Fault Current.

V_a : A 相電壓

V_c : C 相電壓

V_0 : 故障點에서의 中性線 對地電位.

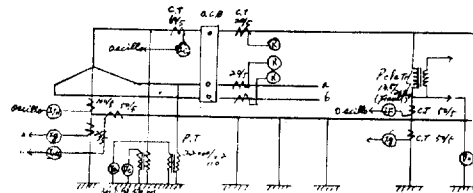


그림 4 高低壓混線觸試驗測定結線圖

E. 高抵抗接地故障試驗 測定結線圖

變電所側의 結線은 E 項과 同一함.

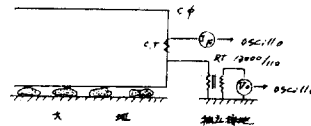


그림 5 高抵抗 接地故障試驗 測定結線圖

F. 隣接通信線의 電磁誘導電壓 測定結線圖

1) 安養 s/s 管內



그림 6 測定結線圖

2) 若木 s/s 管內

a) 中性點 多重接地時

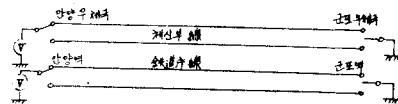


그림 7 測定結線圖

b) 中性點非接地時(또는 中性線 單一接地時)

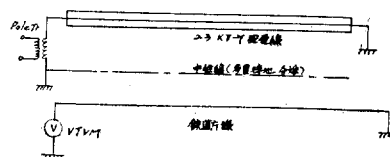


그림 8 測定結線圖

5. 試驗順序

實際로 人工故障을 이르고 또 여러 現象을 正確히 測定하기란 그리 쉬운 일이 아니며 특히 故障點에서의 測定이 매우 곤란하다. 即 故障現場에는 電源이 없으므로 發電機를 運搬해야 했다. 그리고 試驗線路가 經過한 地域은 大部分 논, 밭이나 山岳地帶이고로 試驗機器의 運搬이 可能한 몇個 地點에서만 測定하여 D.C. Computer 에 依하여 간략하게 計算한 結果値와 比較하였다.

A. 23 KV Y 配電方式試驗

1) 高低壓混觸試驗

變電所로부터 1 km 地點에서 多重接地抵抗 5 Ω/km, 10 Ω/km, 20 Ω/km 時의 試驗.

變電所로부터 4 km 地點에서 多重接地抵抗 5 Ω/km, 10 Ω/km, 20 Ω/km 時의 試驗.

變電所로부터 7 km 地點에서 多重接地抵抗 5 Ω/km, 10 Ω/km, 20 Ω/km 時의 試驗.

2) 高抵抗接地故障試驗

中性線의 多重接地抵抗을 5.0 Ω/km 로 固定하고 故障抵抗을 10 kΩ~1.500 kΩ 로 했을 경우 地絡抵抗이 어떻게 變化하는가에 對하여 測定하였다.

B. 11.4 KV Y 配電方式試驗

1) 高低壓混觸試驗

變電所로 부터 1 km 地點에서 多重接地抵抗 5 Ω/km, 10 Ω/km, 20 Ω/km 로 하고 高低壓混觸試驗을 하였다.

2) 高抵抗接地故障試驗 1)項과 同

C. 補充試驗

高抵抗接地故障時 地絡抵抗의 變化를 더욱 多樣한 條件下에서 測定하기 위하여 포천 s/s(相電壓 6.6 KV, 容量 1,000 KVA×2×3), 이리 s/s(相電壓 11 KV, 容量 20,000 KVA)에서 再試驗하였다.

D. 誘導障害試驗

28 KV Y 配電方式을 채택할 예정地區인 安養 s/s 管內 配電線路中 安養 s/s~軍浦支線 118 號間 및 安養 s/s~種畜場 間을 試驗線路로 選定하여 隣接通信線에 誘起되는 電磁誘導電壓을 測定하였다. 이 誘導電壓은 낮은 電源電壓과 單相 大地의 路電流에 依하여 誘起되는 것으로 昇壓變更된 後에 豫相되는 誘導電壓은 故障電流를 求하여 計算한다.

中性線多重接地 配電系統에서 統信線에 誘起되는 電磁誘導電壓에 對한 中性線이 갖는 減少量은 理論的 計算으로 求하고 若木 s/s 管內的 22 KV Y 配電線을 使用하여 確認하였다.

6. 測定值

表 3

23 KV Y 配電方式 高低壓混觸試驗測定值

試驗條件		I_{ln}	I_{nl}	I_c	V_a	V_c	I_f	$I'g$	V_0	備考
故障位置 (km)	接地抵抗 (Ω/km)	變壓器中性點電流 (A)	中性線電流 (A)	故障相電流 (A)	健全相電壓 (V)	故障相電壓 (V)	故障點電流 (A)	接地線電流 (A)	故障點電壓 (V)	
1	5	31.5	28	33.6	13,500→11,500	13,500→0	29.7	0.57	12	
1	10	31	29	33.6	×	1,300→0	30.25	0.66	15.2	
1	20	32	29.7	33.6	×	1,300→0	30.25		17.4	
4	5	34	24.8	33.6	×	13,500→0	30.3	×	24	
4	10	34	25.3	33.6	×	//	29.7	×	39.2	
4	20	34	24.8	33.6	×	//	29.7	×	43.6	
7	5	33.5	24	32.4		13,500→0	30.3	×	56.6	
7	10	33	23.4	32.4		//	30.3	×	65.4	

表 4

11.4 KV Y 配電方式 高低壓混觸試驗測定值

試驗條件		I_{ln}	I_{nl}	I_c	V_a	V_c	I_f	$I'g$	V_0	備考
故障位置 (km)	接地抵抗 (Ω/km)	變壓器中性點電流 (A)	中性線電流 (A)	故障相電流 (A)	健全相電壓 (V)	故障相電壓 (V)	故障點電流 (A)	接地線電流 (A)	故障點電壓 (V)	
1	5	100	82.2	104	×	6,800→2,700	98	×	37	
1	10	98.5	83.3	106	×	×	100	×	48	
1	20	102	84	104	×	6,800→2,720	96	×	66	

表 5

23 KV Y 配電方式 高抵抗接地試驗測定值

試驗條件		I_{tn}	I_{nl}	I_c	V_a	V_c	I_f	I'_g	V_0	...
故障位置 (km)	接地抵抗 (k Ω)	變壓器中性 點電流(A)	中性線電流 (A)	故障相電流 (A)	健全相電壓 (V)	故障相電壓 (V)	故障點電流 (A)	接地線電流 (A)	故障點電壓 (V)	...
1	55	26	20.1	25.5	13,500 →10,500	×	22.2	×	5,200	
1	9.3 1,500 以上	28	20.9	27	×	13,500 →4,500	23.6	×	4,500	
1	1,500 以上	26	20	25.5	13,500 →11,000	×	21.3	×	5,210	

表 6

11.4 KV Y 配電方式 高抵抗接地試驗測定值

試驗條件		I_{tn}	I_{nl}	I_c	V_a	V_c	I_f	I'_g	V_0	備考
故障位置 (km)	接地抵抗 (k Ω)	變壓器中性 點電流(A)	中性線電流 (A)	故障相電流 (A)	健全相電壓 (V)	故障相電壓 (V)	故障點電流 (A)	接地線電流 (A)	故障點電壓 (V)	備考
1	1,500 以上	0	0	0	×	×	0	×	6,300	
1	1,500	24	17.6	×	6,800 →5,450	×	20.9	×	6,300 →5,400	
1	20	24	17.6	×	×	×	20.5	×	6,300 →5,300	

表 7

高抵抗接地補充試驗測定值

11.4 KV Y 配電方式(포천 s/s 試驗) (1)

試驗番號	地絡狀態	地絡線거리(m)	時間	電壓(V)	電流(A)	等價抵抗(Ω)
		H.D.C.C(7/26m/m)				
1	非포장人道위	6		6,260	92.5	67.8
2	아스팔트포장위	6	0초	6,390	0	
			30//	//	30	213
			40//	//	30	213
			50//	//	30	213
			60//	//	35	182
3	非포장人道위	12		6,130	170	36.1
4	//	25		5,880	200	29.4
5	아스팔트포장위	25	0//	6,260	0	
			15//	//	20	313
			30//	//	50	125
			60//	//	55	114
6	콩크리트 Block 위	25	30cycle	5,880	210	26
7	//	//	12//	//	195	30.2
8	//	//	86//	//	205	28.7
9	마른잔디언덕	//	순시	//	67.5	87.2
10	마른잔디小路	//	//	6,000	50	120
11	小路(굳고, 물끼가 축축함)	//	//	//	75	80
12	논 (물끼 많음)	//	//	5,880	95	62
13	小路(굳고, 물끼가 축축함)	//	//	6,000	117.5	51.1
14	보리밭	//	//	6,200	57.5	108
15	學校運動場(마른땅)	//	//	6,260	35	177
16	마른잔디언덕	//	//	//	30	207
17	雜木(참나무) 위	6	//	//	0	207
18	雜木(소나무) 위	//	//	//	0	207
19	바위 위	//	//	//	0	207

23 KV Y 配電方式(裸里 s/s 試驗) (2)

試驗番號	地絡狀態	地絡線거리(m)	時間 (cycle)	電壓(V)	電流(A)	等價抵抗(Ω)
1	아스팔트포장위	H.C.C.C(7/26m/m) 25	0	1.130	69.6	164
			10	//	105.5	107.5
			20	//	117.5	96
			30	//	129.5	87.2
			40	//	134.2	84
			50	//	134.2	84
			60	//	139	81.3
			70	//	144	78.5
			80	//	185	61
2	아스팔트포장위	25	90	//	230	49.1
			0	11.300	144	78.5
			100	//	202	56
			200	//	220	51.4
			300	//	223	50.6
3	콘크리트 block 위	28	400	//	247	45.7
			0	11.350	0	
4	진흙밭	28	90	↓ 10.720	372	30.5
			0	↓ 10.720	540	19.9
5	나무위	2	10~500	11.250	440	25.6
			0	11.350	269	42.1
6	자갈밭	25	120	11.400	小	大
			130	11.500	223	51.6
			150	//	331	34.8
7	非포장道路위	25	0	11.500	348	29
			0	11.350	177	64.1
			0	//	372	30.5
8	//	25	0	11.350	177	64.1
			0	//	501	22.6

表 8 電機誘導電壓測定值

安養 s/s 管内 (1)

가) 種蓄場線路(삼성지線 23 과 38 접지)

配電線印加電壓 (V)	0	203	404	640	880	平均
大地歸路電流 (A)	0	4.8	9.5	14.7	21	
체신부線誘導電壓 (V)	0.75	9.8	19.5	32	44.5	
// (V/A)		2.02	2.05	2.17	2.11	2.09
철도청線誘導電壓 (V)	3.5~5.0	7.9	8.5	10.5	12.9	
// (V/A)		1.64	0.895	0.75	0.615	0.966

나) 軍浦線路測定(軍浦線 119號 接地)

配電線印加電壓 (V)	0	198	384	610	860	平均
大地歸路電流 (A)	0	10.5	20	32	45	
체신부線誘導電壓 (V)	0.85	18	36	56	78.5	
// (V/A)		1.711	1.8	1.75	1.75	1.75
철도청線誘導電壓 (V)	1.85	16.5	32	54	77	
// (V/A)		1.57	1.6	1.69	1.71	1.64

若木 s/s 管 內 (2)

가) 中性線多重接地時

측정항목 \ 시험 No	1	2	3	4	5	평 균	비 고
전력선인가전압	220.5V	465V	675V	870V	0		
기 유 도 전 류 A_0	$0.4 \times 50/5$ =4A	0.82×10 =8.2A	1.25×10 =12.5A	1.75×10 =17.5A	0		
중성선커로전류 A_N	$0.255 \times 50/5$ =2.55A	0.52×10 =5.2A	0.78×10 =7.8A	1.1×10 =11A	0		
접지커로전류 A_G	$0.145 \times 50/5$ =1.45A	0.283×10 =2.83A	0.418×10 =4.18A	0.60×10 =6.0A	0		
136호 전류 A_1	0.25×4 =1.0A	0.5×4 =2.0	0.775×4 =3.1A	1.1×4 =4.4A	0		
116호 전류 A_2	0.35×4 =1.4A	3.0A	4.55A	6.2A	0		
통신선유도전압 V_1	3.9V	7.0V	11.7V	14.5V	1.2		
V_1/A_0	0.975	0.855	0.935	0.83		0.899	
$\alpha = A_1/A_0$	0.25	0.244	0.248	0.251		0.248	
$\beta = A_N/A_0$	0.638	0.635	0.625	0.63		0.632	

나) 中性線接地分離時(또는 單一接地時)

측정항목 \ 시험 No	1	2	3	4	5	평 균	비 고
전력선인가전압	220V	450V	660V	870V	0		
기 유 도 전 류 A_0	0.377×10 =3.77A	0.75×10 =7.5A	1.115×10 =11.15A	1.56×10 =15.6A			
통신선 유도전압 V_1	5.5V	11.3V	16.5V	21.8V	1.4V	6V	
V_1/A_0	1.46	1.51	1.48	1.40		1.46	

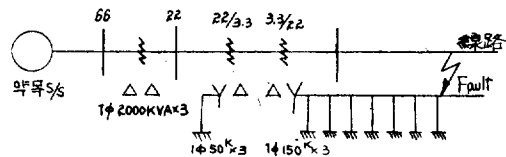
7. 試驗 結果 檢討

系統 Impedance 計算 (100 MVA base)

A. 若木 s/s 高低壓線 混觸事故時 低壓線電位上昇

1) 23 KV Y 配電方式

4節의 試驗系統圖와 같이 23 KV Y 配電方式으로 系統을 構成했을 경우 混觸故障電流와 中性線(低壓線)의 電位上昇을 計算한다.



양목 s/s 66 KV 까지	66/22 Tr.	22/3.3 Tr.	3.3/22 Tr.	線 路
Max ; 79.2%	5.4%/6 MVA base	4.97% / $\frac{150}{\sqrt{3}}$ KVA	4.45%/4.50 KVA	×
Min ; 92.6%	90%/100 MVA base	8140%/100 MVA base	990%/100 MVA base	245%/ //

故障點에서의 to tall Impedance

$$Z_1 = Z_2 = 79.2 + 90 + 8140 + 990 + 245 = 9544.2(\%)$$

$$Z_0 = 245 \times 3 + 990 = 172.5(\%)$$

$$\therefore \text{故障 MVA} = \frac{100 \times 100}{9544.2 \times 2 + 1725} = \frac{100 \times 100}{29813.4} = 0.48(\text{MVA})$$

따라서 故障電流는

$$I_f = I_0 (= I_1 = I_2) \times 3 = 0.48 \times \frac{1000}{\sqrt{3} \times 23} \times 3 = 36.15(\text{A})$$

단; 위의 計算에서 高低抗混觸抵抗, 大地抵抗 및 中性線의 合成抵抗 등은 省略하였음.

以上的 故障電流計算值을 其礎로 本試驗點線路의 中性線(5.0 m/m 單線)과 多重接地抵抗의 合成抵抗을 D.C.

表 9

23 KV Y 高低壓混觸時 故障電流 및 中性線의 電位上昇計算

中性線의 多重接地抵抗	故障點 變壓器 中性點 抵抗	故障點 位置 區分	1 km	2 km	3 km	4 km	5 km	6 km	7 km	8 km	備考
			5 Ω/km	1Ω { If V ₀	38.1 A 18.15 V	37.7 A 25.6 V	37.6 A 32.6 V	37.3 A 28.6 V	36.8 A 38.46 V	36.6 A 46.2 V	
5 Ω/km	2Ω { If V ₀	38 A 14.5 V	37.8 A 22.4 V	37.4 A 30.87 V	37.1 A 27.72 V	36.8 A 38.6 V	36.5 A 45.2 V	36.2 A 65.05 V	35.9 A 91 V		
		3Ω { If V ₀	38 A 12.97 V	37.7 A 20.83 V	37.5 A 28.7 V	37.1 A 26.5 V	36.8 A 37.36 V	36.5 A 44.85 V	36.2 A 64 V	35.9 A 92.1 V	
	5Ω { If V ₀	38 A 10.87 V	37.7 A 19.14 V	37.5 A 26.5 V	37.1 A 26.28 V	36.8 A 37.2 V	36.5 A 43.55 V	36.2 A 60.3 V	35.9 A 95.49 V		
		10 Ω/km	2Ω { If V ₀	38 A 16.16 V	37.7 A 36.51 V	37.5 A 36.5 V	37.1 A 36.33 V	36.8 A 46.7 V	36.5 A 59.69 V	36.2 A 83.7 V	×
	10 Ω/km	3Ω { If V ₀	38 A 14.58 V	37.7 A 37.14 V	37.5 A 35.4 V	37.1 A 35.68 V	36.8 A 43.6 V	36.5 A 58.24 V	36.2 A 77.5 V	×	
			5Ω { If V ₀	38 A 73.1 V	37.7 A 30.35 V	37.4 A 32.25 V	37.2 A 33.16 V	36.8 A 42.75 V	36.5 A 53.23 V	36.1 A 77.1 V	×
20 Ω/km	2Ω { If V ₀	38 A 21.84 V	37.7 A 40.95 V	37.4 A 50.07 V	37.1 A 65.22 V	36.8 A 72.83 V	36.4 A 95.58 V	36.1 A 131.1 V	×		
		3Ω { If V ₀	38 A 19.7 V	37.7 A 34.67 V	37.4 A 47.45 V	37.1 A 62.11 V	36.7 A 67.17 V	36.4 A 91.42 V	36 A 120 V	×	
	5Ω { If V ₀	38 A 15.8 V	37.7 A 31.24 V	37.4 A 42.47 V	37.1 A 55.21 V	36.7 A 64.78 V	36.4 A 85.68 V	36 A 117.2 V	×		

表 10

實則值와 計算值 對照

區 分	故障地點 多重 接地抵抗	1 km 地 點			4 km 地 點			7 km 地 點	
		5 Ω	10 Ω	20 Ω	5 Ω	10 Ω	20 Ω	5 Ω	10 Ω
		電位 上昇 實測值	12 V	15.2 V	17.4 V	24 V	39.2 V	43.5 V	56.6 V
〃 計算值	12.97 V	14.58 V	19.7 V	26.5 V	35.68 V	62.11 V	64 V	77.5 V	
實測值를 100으로 했을 때의 計算值比率	108%	96%	113%	110%	96%	142%	113%	118%	

※ 計算值는 變壓器의 中性點接地抵抗은 3Ω라고 가정할 때임

Board에 依하여 計算하여 各地點(每 km當)에서 混觸 故障을 이르켜 故障電流와 中性線의 電位上昇을 計算하면 表 9 및 그림 9와 같다.

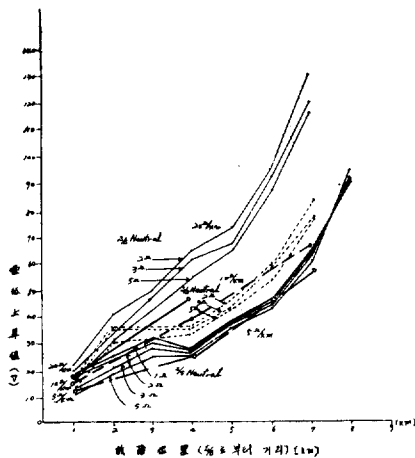


그림 9 23 KV Y 高低壓混觸時 電位上昇

上記 兩圖表의 實測測值와 計算值를 對照하면 表 10와 같다.

表 10와 같이 計算值와 實測值가 大體로 一致하나 計算值가 約 10~20% 높다. 이 原因은 計算式에서 Impedance를 絕對值를 取한 點과 大地抵抗 等を 除外한 영향으로 생각한다.

以上에서 使用한 D.C. Board에 依한 中性線의 合成 Impedance 計算은 다음과 같다.

試驗線路를 5Ω/km로 했을 때에 對하여 檢討한다.

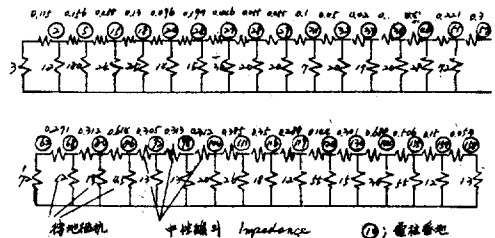


그림 10 中性線 및 接地抵抗

가) 中性線 및 接地抵抗

中性線은 5.0 m/m 경동선이므로 km 당 $Z_S=0.905+0.5 \Omega/\text{km}$ 로 본다.

나) impedance 를 간략하게 合成하고 100 MVA base로 하여 % Impedance 로 換算하면 아래와 같다.

100 MVA base 換算式

$$Z(\%) = Z(\text{in } \Omega) \times \frac{100 \times 100}{10 \times (23)^2} \times 3 = Z \times 18.9 \times 3$$

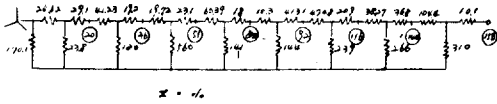


그림 11 % Impedance

다) 故障電流의 分布

20 號柱에서 故障時의 電流分布

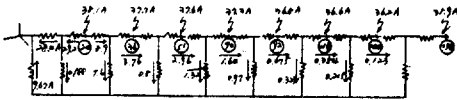


그림 12 故障電流 分布

라) 故障電流는 變電所에 近接할수록 크고 電位上昇

은 末端故障時에 가장 높다. 또한 電位上昇分布는 分布圖에서 보는 바와 같이 故障點에서 가장 높으며 故障點前後에서 차차로 下降하여 變電所에 가까워 질수록 一段 大地와 等電位가 되었다가 다시 逆으로 大地電位보다 上昇하여 變壓器中性點의 對地電位值를 이룬다. 本試驗系統에서는 23.4 V 까지 上昇하였다.

마) 若木 s/s bus에서 直接 23 KV Y 配電用 Tr. 를 設置할때의 電位上昇을 比例的으로 計算한다.

變壓器容量 2000 KVA × 3 대

電壓 66 KV/13.8 KV

% Imp.=5.4%(self KVA Base)

即 現用的 主變壓器를 그대로 電壓만 變造한다고 가정함.

$$Z_1 = Z_1 = 79.2 + 90 + 245 = 414.3(\%)$$

$$Z_0 = 90 + 245 \times 3 = 825(\%)$$

$$\begin{aligned} \text{따라서 故障 MVA} &= \frac{100 \times 100}{414.2 \times 2 + 825} = \frac{100 \times 100}{828.4 + 825} \\ &= \frac{100 \times 100}{1650.5} = 6.16(\text{MVA}) \end{aligned}$$

$$\text{故障電流} = 6.16 \times \frac{1000}{\sqrt{3} \times 33} \times 3 = 465(\text{A})$$

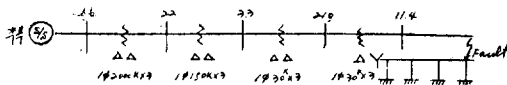
以上的 計算電流와 實測한 故障電流를 比較하여 豫想 電位上昇을 計算하면 表 11 과 같다.

表 11 豫想 電位 上昇

電位 上昇	故障地點 多重 接地 抵抗	1 km			4 km			7 km	
		5 Ω	10 Ω	20 Ω	5 Ω	10 Ω	20 Ω	5 Ω	10 Ω
低壓線 電位 上昇		164 V	208 V	238 V	328 V	532 V	595 V	773 V	893 V

2) 11.4 KV Y 配電方式

試驗線路를 11.4 KV Y 配電方式으로 構成하였을 경우 高低壓混觸故障電流와 中性線의 電位上昇을 計算한다.



$$\frac{100 \times 100}{14818.4} = 0.675(\text{MVA})$$

$$\therefore \text{故障電流} = I_f = I_0 (=I_1 = I_2) \times 3 = 0.675 \times$$

$$\frac{1000}{\sqrt{3} \times 11.4} \times 3 = 103.6(\text{A})$$

위의 같이 故障電流의 計算値는 102.6(A)인데 實測値는 約 100(A)로써 近似하다.

以上的 故障電流를 基礎로 하고 23 KV Y 配電方式計算에서 D.C Board 에 依하여 計算한 中性線合成 Impedance 와 故障電流로 中性線의 電位上昇을 計算하면 表 12 와 같다.

以上的 故障電流와 人工故障時에 實測한 中性線의 電位上昇値를 比較하면 다음 表 13 과 같다.

약목 s/s 66 KV 까지 66/22 Tr. 22/3.3 Tr.

Self Base..... 5.4% 4.45%

100 MVA Base {Max 79.2%..... 90% 990%
Min 92.6%

3.3/20 Tr. 210/11.4 Tr. 線路

2.25% 2.25% 생략

2500% 2500% 생략

$$Z_1 = Z_2 = 79.2 + 90 + 990 + 2500 + 2500 = 61$$

$$59.2(\%) Z_0 = 2500(\%)$$

$$\text{따라서 故障 MVA} = \frac{100 \times 100}{6159.1 \times 2 + 2500} =$$

表 12 11.4 KVY 高低壓混觸時 故障電流 및 中性線의 電位上昇計算

故障點 多重接地抵抗	變壓器 中性點抵 抗	故障點 位置	1 km	2 km	3 km	4 km	5 km	6 km	7 km	8 km
			5 Ω/km	1 Ω { If V ₀ 97.5A 44.1 V 2 Ω { If V ₀ 97.3A 39.3 V 3 Ω { If V ₀ 97.2A 33.2 V 5 Ω { If V ₀ 97.2A 27.75 V	93.7A 65.15V 92.9A 55.05V 92.8A 51.27V 92.8A 47.34V	89.6A 77.6 V 89.3A 74.0 V 89.1A 69.1 V 89.1A 63.2 V	86.4A 66.6 V 86.1A 64.64V 86 A 61.64V 85.7A 60.68V	83.2A 86.9 V 83 A 80 V 82.9A 80 A 82.5A 79.7A	80.1A 100.9 V 80 A 98.7 V 80 A 98.1 V 82.5A 99.5 V	77.4A 137 V 77 A 138.5 V 76.9A 136 V 79.7A 128 V
10 Ω/km	2 Ω { If V ₀ 97.5A 42.8 V 3 Ω { If V ₀ 97.3A 37.32V 5 Ω { If V ₀ 97.3A 33.58V	92.9A 90.1 V 92.8A 81.85V 92.8A 74.77V	89.2A 87.1 V 89 A 84.2 V 89 A 76.8 V	85.8A 84.05V 85.6A 82.5 V 85.4A 82.2V	82.7A 105.34V 82.5A 98.1 V 82.2A 95.76V	79.7A 130.3 V 79.5A 126.82V 79.3A 115.68V	76.6A 174.4 V 76.6A 163.84V 76.4A 163.29V	76.6A 174.4 V 76.6A 163.84V 76.4A 163.29V	76.6A 174.4 V 76.6A 163.84V 76.4A 163.29V	76.6A 174.4 V 76.6A 163.84V 76.4A 163.29V
20 Ω/km	2 Ω { If V ₀ 97.2A 56.25V 3 Ω { If V ₀ 97.1A 50.45V 5 Ω { If V ₀ 97.1A 40.24V	92.5A 100.66V 92.5A 85.15V 92.3A 76.64V	88.9A 119.2 V 88.9A 112.92V 88.5A 100.55V	85 A 149.14V 84.8A 141.83V 84.7A 125.65V	82 A 162.31V 81.8A 149.73V 81.8A 143.79V	78.7A 268.5 V 78.5A 259.43V 78.1A 259.43V	75.5A 284.8 V 75.1A 259.43V 75 A 274.45V	75.5A 284.8 V 75.1A 259.43V 75 A 274.45V	75.5A 284.8 V 75.1A 259.43V 75 A 274.45V	75.5A 284.8 V 75.1A 259.43V 75 A 274.45V

表 13 實測值와 計算值 比較

故障地點 多重接地抵抗	1 km			4 km			7 km	
	5Ω/km	10Ω/km	20Ω/km	5Ω/km	10Ω/km	20Ω/km	5Ω/km	10Ω/km
測定值 (V)	33	66	66					
計算值 (V)	33.2	37.32	50.45	61.64	82.5	141.83	136	259.43
測定值를 100 으로 했을 때의 計算值比率 (%)	100.5	56.5	78.3					

表 13에서 5 Ω/km 일 때에는 實測值와 計算值가 一致하나 10 Ω/km, 20 Ω/km 일 때에는 一致하지 않는다. 이는 測定當時의 어떤 착오로 생각된다.

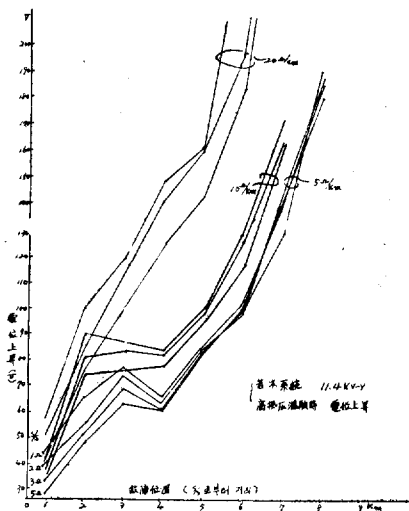


그림 13 11.4 KV Y 高低壓混觸時 中性線의 電位分布

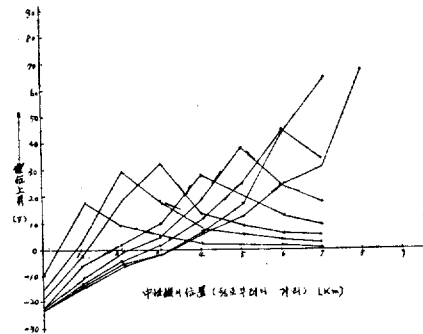


그림 14 23 KV Y 高低壓混觸時 中性線의 電位 分布

(1966年 9月 8日 接受)