

自家用需用 設備에서의

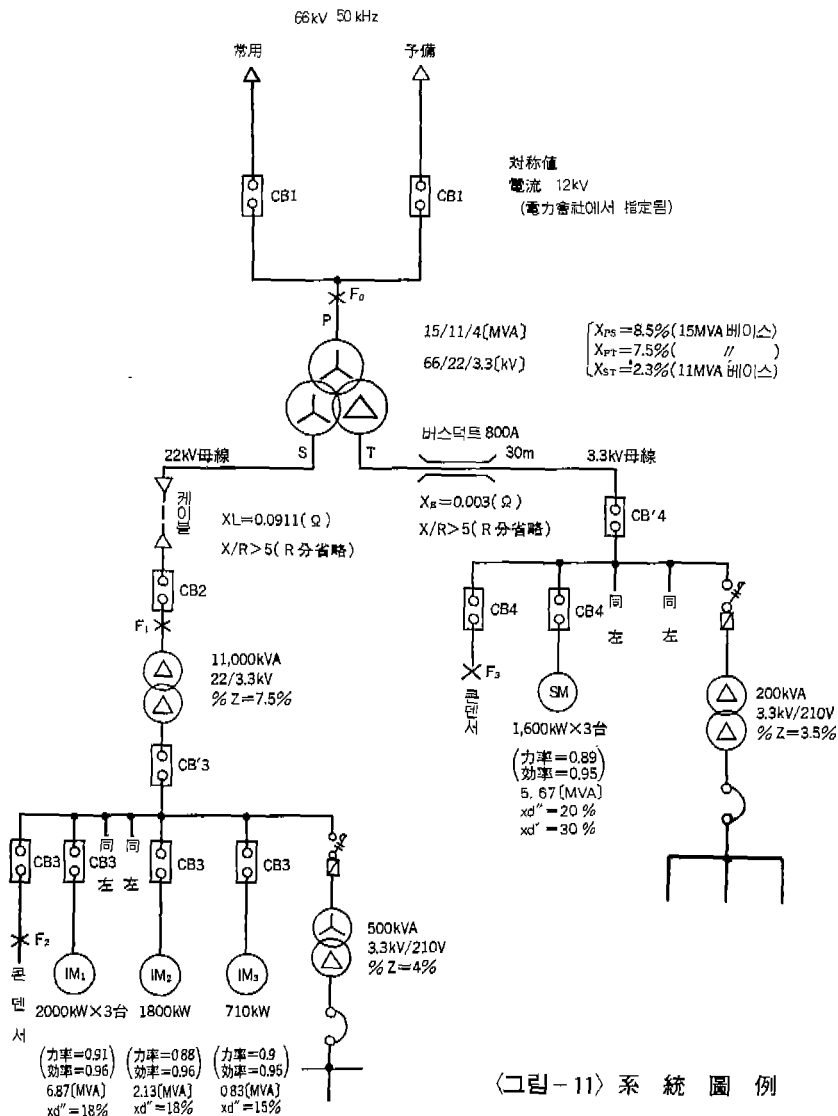
遮斷容量 決定方法 (下)

第5章 短絡電流의 計算

1) 定數의 P·U值 換算

그림11에 計算例의 系統回路를 表示한다.

故障點은 $F_0 \sim F_3$ 로 하고 定數變換의 基準 베이



(그림-11) 系統圖例

스는 [10 MVA]를 사용하여 各부의 리액턴스를 P·U 値로 換算한다. 또 換算式은 表 2 를 使用한다. 計算하는데 있어 回轉機의 稼動率은 全台數 使用되는 것으로 하고 計算하나 實際의 系統에 稼動率을 알지 못할 때는 다음式으로 推定하면 된다.

$$\text{最大推定稼動率} = \frac{(\text{變壓器容量}) - (\text{電燈負荷})}{(\text{總動力負荷})} \quad \text{①}$$

電力會社 系統의 리액턴스 XS [P·U], 三相短絡容量 = $\sqrt{3} \times 66 \text{ kV} \times 12 \text{ kV} \approx 1,372 \text{ [MVA]}$ XS = $\frac{\text{基準容量}}{\text{三相短絡容量}} = \frac{10 \text{ [MVA]}}{1,372 \text{ [MVA]}} = 7.3 \times 10^{-3} \text{ [P·U]}$

$$\text{② 主變壓器(三卷線)의 리액턴스 } X_{Ps} = \frac{8.5\%}{15 \text{ [MVA]}}$$

$$\times 10 \text{ [MVA]} \times 10^{-2} = 5.67 \times 10^{-2} \text{ [P·U]}, \quad X_{Pr} =$$

$$\frac{7.5\%}{15 \text{ [MVA]}} \times 10 \text{ [MVA]} \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-2} \text{ [P·U]}, \quad X_{Sr}$$

$$= \frac{2.3\%}{11 \text{ [MVA]}} \times 10 \text{ [MVA]} \times 10^{-2} = 2.09 \times 10^{-2} \text{ [P·U]},$$

$$Y \text{ 變換한 等價리액턴스, } X_p = \frac{1}{2} (5.67 + 5 - 2.09)$$

$$\times 10^{-2} \approx 4.29 \times 10^{-2} \text{ [P·U]}, \quad X_s = \frac{1}{2} (5.67 + 2.09 - 5)$$

$$\times 10^{-2} \approx 1.38 \times 10^{-2} \text{ [P·U]}, \quad X_r = \frac{1}{2} (5 + 2.09 -$$

$$5.67) \times 10^{-2} \approx 0.71 \times 10^{-2} \text{ [P·U]}, \quad \text{③ } 11,000 \text{ [kVA]}$$

$$\text{變壓器의 리액턴스 } X_{T1}, X_{T1} = \frac{7.5\%}{11 \text{ [MVA]}} \times 10 \text{ [MVA]}$$

$$\times 10^{-2} \approx 6.89 \times 10^{-2} \text{ [P·U]}, \quad \text{④ } 22 \text{ kV 母線케이블의}$$

$$\text{리액턴스 } X_L, X_L = \frac{0.0911 \text{ [\Omega]}}{22 \text{ [kV]}^2} \times 10 \text{ [MVA]} = 1.88 \times$$

$$10^{-3} \text{ [P·U]} \quad \text{⑤ } 3.3 \text{ kV 母線버스닥트의 리액턴스}$$

$$X_B, X_B = \frac{0.003 \text{ [\Omega]}}{3.3 \text{ [kV]}^2} \times 10 \text{ [MVA]} \approx 2.75 \times 10^{-3} \text{ [P·U]}$$

$$\text{⑥ 誘導電動機 } 2,000 \text{ [kW]} \times 3 \text{ 台의 리액턴스 } X_{M1} (X_d'' = 18\%), X_{M1} = \frac{18\% \times 10 \text{ [MVA]}}{6.87 \text{ [MVA]}} \times 10^{-2}$$

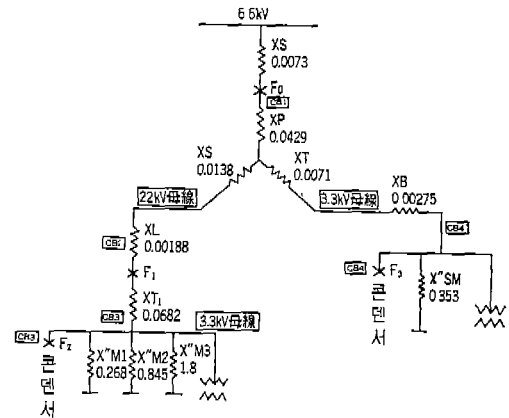
$$= 2.67 \times 10^{-1} \text{ [P·U]} \quad \text{⑦ 誘導電動機 } 1,800 \text{ [kW]의 리액턴스 } X_{M2} (X_d'' = 18\%), X_{M2} = \frac{18\% \times 10 \text{ [MVA]}}{2.13 \text{ [MVA]}}$$

$$\times 10^{-2} = 8.45 \times 10^{-1} \text{ [P·U]} \quad \text{⑧ 誘導電動機 } [710 \text{ kW}]의 리액턴스 } X_{M3} (X_d'' = 15\%), X_{M3} = \frac{15\% \times 10 \text{ [MVA]}}{0.83 \text{ [MVA]}}$$

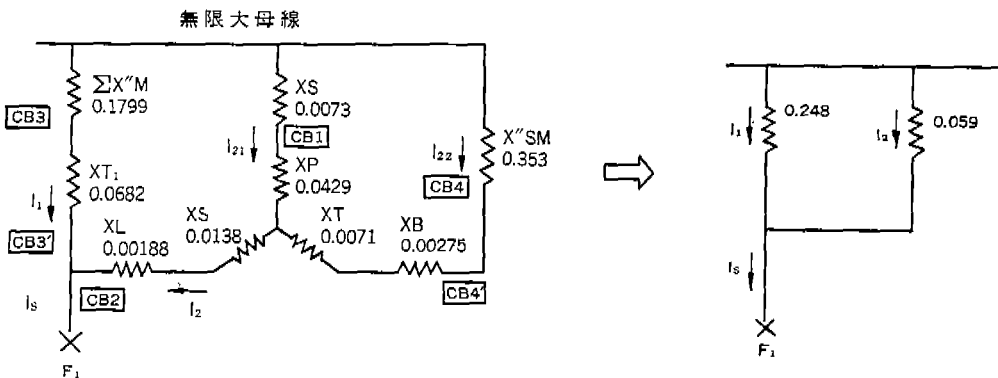
$$\times 10^{-2} = 1.8 \text{ [P·U]} \quad \text{⑨ 同期機 } 1,600 \text{ [kW]} \times 3 \text{ 台의 리액턴스 } X''_{SM}, X'_{SM} \text{ 初期過渡리액턴스 } X_d'' =$$

$$20\%, X''_{SM} = \frac{20\% \times 10 \text{ [MVA]}}{5.67 \text{ [MVA]}} \times 10^{-2} \approx 0.353 \text{ [P·U]},$$

$$\text{過渡리액턴스 } X_d' = 30\%.$$



〈그림-12〉 配電系統 리액턴스圖



〈그림12-1〉 F1 點 短絡等價回路

$$X'_{SM} = \frac{30(\%) \times 10(\text{MVA})}{5.67(\text{MVA})} \times 10^{-2} \approx 0.529(\text{P}\cdot\text{U})$$

2) 短絡瞬時的 對稱電流計算

2-1) 故障點 F₁에서 短絡하였을 때의 各 遮斷器(CB)를 흐르는 短絡瞬時 對稱電流值의 計算

① 22kV 系統의 $\boxed{\text{CB}_2}$ 를 흐르는 電流 I₂, I₂ (P·U) = $\frac{1}{0.059} \approx 17(\text{P}\cdot\text{U})$, I₂ = $\frac{10(\text{MVA})}{\sqrt{3} \times 22(\text{kV})} \times 17 \approx 4.5(\text{kA})$

② 11,000kVA 變壓器 二次側 3.3kV 系統 $\boxed{\text{CB}'_3}$ 를 흐르는 電流 I₁, I₁ (P·U) = $\frac{1}{0.248} = 4.03(\text{P}\cdot\text{U})$, I₁ = $\frac{10(\text{MVA})}{\sqrt{3} \times 3.3(\text{kV})} \times 4.03 \approx 7.1(\text{kA})$

③ 主變壓器 三次側 3.3kV 系統 $\boxed{\text{CB}'_4}$ 을 흐르는 電流 I₂₂, I₂₂ (P·U) = I₂ (P·U) × $\frac{0.0502}{0.3628 + 0.0502} = 17 \times 0.121 \approx 2.06(\text{P}\cdot\text{U})$, I₂₂ = $\frac{10(\text{MVA})}{\sqrt{3} \times 3.3(\text{kV})} \times 2.06 = 3.6(\text{kA})$,

④ 受電側 66kV 系統 $\boxed{\text{CB}_1}$ 을 흐르는

電流 I₂₁, I₂₁ (P·U) = I₂ (P·U) × $\frac{0.3628}{0.3628 + 0.0502} = 17 \times 0.878 = 14.92(\text{P}\cdot\text{U})$, I₂₁ = $\frac{10(\text{MVA})}{\sqrt{2} \times 66(\text{kV})} \times 14.92 \approx 1.3(\text{kV})$

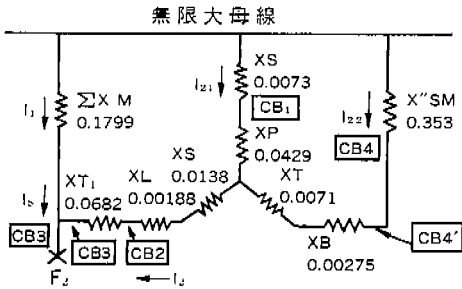
2-2) 故障點 F₂에서 短絡하였을 때 (P·U) 值 電流 分布 計算은 省略함

① 22kV 系統의 $\boxed{\text{CB}_2}$ 에 흐르는 電流 I₂, I₂ = $\frac{10(\text{MVA})}{\sqrt{3} \times 22(\text{kV})} \times 7.8(\text{P}\cdot\text{U}) \approx 2.04(\text{kA})$

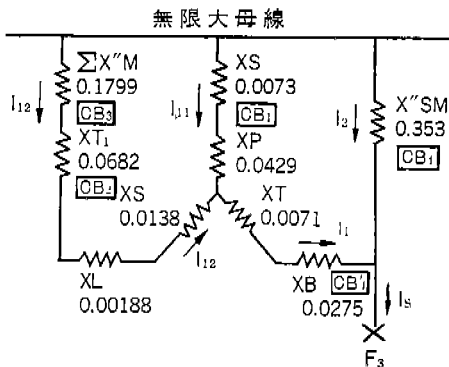
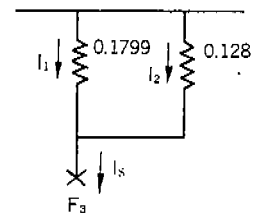
② 11,000(kVA) 變壓器 二次側 3.3(kV) 系統 $\boxed{\text{CB}'_3}$ 를 흐르는 電流 I'₂, I'₂ = $\frac{10(\text{MVA})}{\sqrt{3} \times 3.3(\text{kV})} \times 7.8(\text{P}\cdot\text{U}) \approx 13.64(\text{kA})$

③ 主變壓器 三次側 3.3(kV) 系統 $\boxed{\text{CB}'_4}$ 에 흐르는 電流 I₂₂, I₂₂ = $\frac{10(\text{MVA})}{\sqrt{3} \times [66(\text{kV})]} \times 6.85(\text{P}\cdot\text{U}) = 0.6(\text{kA})$

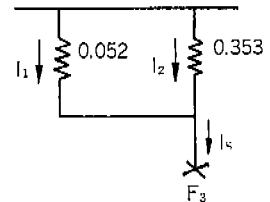
④ 受電側 66kV 系統 $\boxed{\text{CB}_1}$ 에 흐르는 電流 I₂,



〈그림12-2〉 F₂ 點 短絡等價回路



〈그림12-3〉 F₃ 點 短絡等價回路



$$I_{21} = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 66[\text{kV}]} \times 6.85[\text{P} \cdot \text{U}] = 0.6[\text{kA}]$$

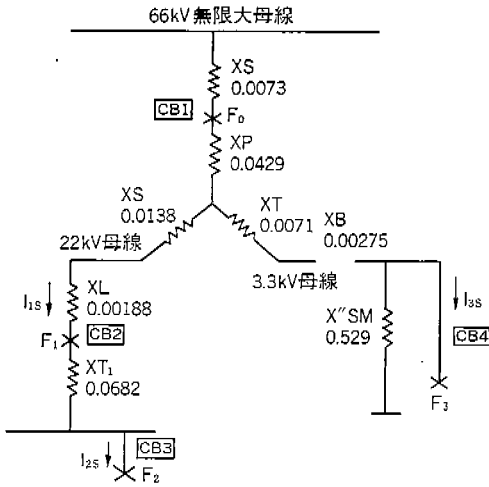
⑤ 11,000[kVA] 變壓器 二次側 3.3[kV] 系統 회더 CB_3 에 흐르는 電流 I_s , $I_s = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 3.3[\text{kV}]} \times 13.4[\text{P} \cdot \text{U}] = 23.4[\text{kA}]$

2-3) 故障點 F_3 에서 短絡하였을 때

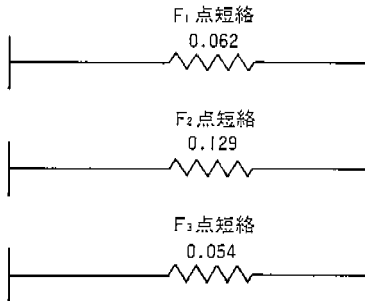
① 22kV 系統의 CB_2 에 흐르는 電流 I_{12} , $I_{12} = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 22[\text{kV}]} \times 3.1[\text{P} \cdot \text{U}] \approx 0.82[\text{kA}]$

② 11,000[kVA] 變壓器 二次側 3.3[kV] 系統 CB'_3 를 흐르는 電流 I'_{12} , $I'_{12} = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 3.3[\text{kV}]} \times 3.1[\text{P} \cdot \text{U}] \approx 5.4[\text{kA}]$

③ 主變壓器 三次側 3.3[kV] 系統 CB'_4 에 흐르는 電流 I_1 , $I_1 = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 3.3[\text{kV}]} \times 19.23[\text{P} \cdot \text{U}] \approx 33.64[\text{kA}]$



〈그림-13〉 配電系統 리액턴스圖



〈그림13-1〉 等價回路

〈表-10〉 短絡瞬時對稱值(實効值) [kA]

故障點	CB_1	CB_2	CB_3	CB_4	CB'_3	CB'_4
F_0	12kA	—	—	—	—	—
F_1	1.3kA	4.5kA	7.1kA	—	3.6kA	—
F_2	0.6kA	2.0kA	13.6kA	23.4kA	1.7kA	—
F_3	1.4kA	0.8kA	5.4kA	—	33.6kA	38.5kA
備考	獨立系統	獨立系統	同一系統故CB의 非對稱性考慮 $\text{CB}'_3 = \text{CB}_3$		同一系統故CB의 非對稱性考慮 $\text{CB}'_4 = \text{CB}_4$	

④ 受電側 66kV 系統 CB_1 에 흐르는 電流 I_{11} , $I_{11} = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 66[\text{kV}]} \times 16.2[\text{P} \cdot \text{U}] \approx 1.42[\text{kA}]$

⑤ 主變壓器 三次側 3.3kV 系統 회더 CB_4 에 흐르는 電流 I_s , $I_s = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 3.3[\text{kV}]} \times 22[\text{P} \cdot \text{U}] \approx 38.5[\text{kA}]$

3) 遮斷電流 計算用 리액턴스圖

短絡하고 數사이클後에 遮斷器는 動作하고 故障回線은 除去되나 이 時點에서는 誘導電動機의 發電作用은 없고 周期機의 過渡리액턴스에 의한 電流와 受電側(電力會社 系統)에서의 電流가 遮斷發孤瞬時에는 흐른다. 따라서 等價回路로서는 誘導電動機는 除去되는 것이 된다.

① CB_2 電流 $I_{1s} = \frac{10[\text{MVA}]}{\sqrt{3} \times 22[\text{kV}]} \times 16.12[\text{P} \cdot \text{U}] = 4.2[\text{kA}]$

〈表-11〉 短絡瞬時非對稱值(最大值) [kA]

	CB_1	CB_2	CB_3	CB_4
投入電流	30kA	11.2kA	58.5kA	95.25kA

〈表-12〉 遮斷電流(實効值) [kA]

	CB_1	CB_2	CB_3	CB_4
對稱值	12kA	4.2kA	13.6kA	32.3kA
非對稱值	12kA	4.5kA	14.5kA	34.5kA

〈表-13〉遮斷器定格의 標準值(JEC-181)

定格電壓 (kV)	定格遮斷電流 (kA)	定格遮斷時間 (周0目)				定格電流 (A)								定格投入電流 (kA)	(遮斷容量) (MVA)	
		2	3	5	8	500	800	1200	2000	3000	4000	6000	12000			
3.6	16			○	○	○									40	100
	25			○	○	○									63	160
	40			○	○	○			○						100	250
7.2	12.5			○	○	○									31.5	160
	20			○	○	○									50	250
	31.5			○	○	○									80	390
	40			○	○	○									100	500
12	25			○	△	○									63	525
	40			○	△	○									100	830
	50			○	△	○									125	1000
	63			○	△	○									160	1300
	80			○	△	○									200	1700
24	12.5			○	△	○									31.5	520
	20			○	△	○									50	830
	25			○	△	○									63	1000
	40			○	△	○				○					100	1700
	50			○	△	○									125	2100
	63			○	△	○									160	2600
36	12.5			○	△	○									31.5	780
	16			○	△	○									40	1000
	25			○	△	○									63	1600
	31.5			○	△	○									80	2000
	40			○	△	○									100	2600
72	12.5			○		△	○								31.5	1600
	20			○		△	○								50	2500
	25		○	○		△	○								63	3100
	31.5		○	○		△	○								80	3900
11	12.5			○		△	○								31.5	1800
	20			○		△	○								50	2900
	25		○	○		△	○								63	3600
	31.5		○	○		△	○								80	4600

以下 省略한다.

② $[CB_3]$ 電流 $I_{2s} = \frac{10[MVA]}{\sqrt{3} \times 3.3[kV]} \times 7.75[P \cdot U]$
 $= 13.6[kA]$

③ $[CB_4]$ 電流 $I_{3s} = \frac{10[MVA]}{\sqrt{3} \times 3.3[kV]} \times 18.5[P \cdot U]$
 $= 32.3[kA]$

4) 計算結果

以上을 整理하면 表10, 11, 12와 같이 된다.

5) 遮斷器의 選定

遮斷器의 遮斷電流는 對稱值이거나 非對稱值이거나 表13에 表示한다. JEC-181의 規定電流까지 밖에 遮斷하지 못한다.

따라서 遮斷器의 選定에 있어 5사이클 遮斷時에 包含되는 直流分을 考慮한 表12의 遮斷電流非對稱值에 滿足하는 定格遮斷電流의 것을 選定하면 되나 遮斷器의 投入電流를 考慮하였을 때는 投入電流는 遮斷器가 投入되는 回路狀態를 크게 左右하기 때문에 最惡의 條件(故障回路에 投入等)을 想定하여 回路의 短絡電流를 求할 必要가 있다.

〈表-14〉遮斷器 定格의 選定

遮斷器	定格電壓 [kV]	定格遮斷電流 [kA]	定格投入電流 [kA]
CB ₁	72	20 (12)	50 (30)
CB ₂	24	12.5 (4.5)	31.5 (11)
CB ₃	3.6	25 (14.5)	63 (58.5)
CB ₄	3.6	40 (34.5)	100 (96.25)

즉 定格投入電流의 값은 短絡發生 瞬時에서의 遮斷器의 熱的 機械的 耐力를 保證하는 것이니 JEC-181의 定格遮斷電流가 表11의 計算值에 對하여 充分하여도 需用家設備의 回轉機 負荷의 電流 寄與를 考慮한 短絡瞬時的 非對稱分을 包含한 最大值 表11이 그 遮斷器의 定格 短時間電流(投入電流) 以上가 되도록 選定할 必要가 있다.

한편 限流 퓨즈 高速度 遮斷器에서는 發孤時에 얼마만의 直流分이 包含되니까 非對稱值의 遮斷電流를 充分히 檢討할 必要가 있다.

특히 低壓回路에는 1/2사이클 程度가 問題가 된다. 以上을 考慮하여 CB₁~CB₄ 까지의 遮斷器를 表13에서 選定하면 表14에 表示하는 값이 된다.

○ 맺는 말 ○

設備의 大容量化의 傾向에 있는 오늘날 遮斷容量의 決定에 있어 특히 將來의 增設計劃等을 充分히 考慮하여 決定하는 것이 바람직하다고 하겠다.

以上 系統의 短絡電流와 遮斷容量(電流)의 關係를 記述하였으나 關係 諸位의 參考가 되면 多幸으로 生覺된다.

