

自家用 構内에서의 短絡 電流의 計算과 事故例

1. 序言

自家用 構内에 있어서의 電氣設備은 多種 多樣化의 傾向에 있으며 各種 설비의 電氣에 대한 依存度는 점차 높아지고 있다. 따라서 供給의 安定, 信賴性이 더욱 요구되고 있다.

受, 配電설비에 있어서의 電氣事故가 일어났을 경우 設備에 대한 피해를 최소한으로 줄이기 爲해 충분한 保護장치를 설치하지 않으면 안된다.

여기에서는 小容量의 自家用設備 構内에서의 過電流 事故가운데 短絡事故를 들어 그 現象을 기술하는 동시에 過電流 遮斷器의 遮斷용량에 대해 생각, 低壓回路에 있어서의 一般의인 計算법을 具體의인 例를 들어 기술하겠다.

自家用설비의 受電點에 있어서의 遮斷器에 필요한 遮斷容量은 電力會社에서 遮斷容量計算書를 작성하여 제공해 주기 때문에 이 計算値를 사용하고 있다. 通常 高壓設備(6 kV系)遮斷器의 遮斷용량은 기름 또는 眞空遮斷器에 있어서는 150MVA(12.5 kA), 高壓電力 퓨우즈는 500MVA(40kA)이다. 따라서 構内에서의 高壓수배전 설비의 遮斷전류는 특히 고려하지 않아도 되나, 低壓회로에 한한다.

2. 電氣設備에 關한 技術基準에 의 한 過電流保護

短絡電流는 전기설비 계통내에서 발생된 短絡事故에 의해 생기는 過電流이며 定格電流의 數10배에 도 달하기 때문에 短絡時에는 系統内の 電線로나 機器에 있어 熱的(주울에 의한 熱) 및 機械的(電磁力에 의한) 손상을 가져오게 된다.

전기설비에 관한 技術基準令(以下 電技)에서 低壓回路의 屋內 幹線의 보호와 分岐回路의 보호에 대해 各各 過電流遮斷器의 定格전류를 결정하는 方法을 규정하고 있으나 特別히 퓨우즈 및 配線用 遮斷器에 대해 規定하는 한편, 低壓回路의 過電流遮斷器는 「電路에 시설하는 장소를 통과하는 短絡電流를 遮斷하는 能力을 갖지 않으면 안된다」고 했으며 또 最大 短絡電流가 10 kA를 초과할 경우의 카스케이드保護에 대해서도 규정하고 있다.

小容量의 自家用설비에 있어서의 過電流 遮斷器로서는 高壓回路에 있어 過電流계전기와 함께 組立한 油遮斷器(OCB)와 眞空遮斷器(VCB), 그리고 高壓限流 퓨우즈(PF) 등이 사용되며, 低壓回路에서는 氣中遮斷器(ACB), 配線用 차단기(MCCB), 低壓퓨우즈(F) 등이 사용되고 있다.

表1에서는 低壓回路에 있어서 일반적으로 많이 사용되고 있는 커버나이프스위치, 올커버스위치 筒型퓨우즈 및 配線用 차단기의 定格전류와 차단용량을 표시했다.

3. 交流短絡電流

短絡에는 三相短絡, 二線間短絡(二相短絡) 및 一線接地的 短絡이 있으나 일반적으로 短絡전류의 계산은 가장 큰 電流가 흐르는 三相短絡에 對해 생각되고 있다. (線間 短絡電流는, 三相短絡電流의 $\sqrt{3}/2$ 배, 一線 接地的 短絡전류는, 많은 경우 1 배 이하가 된다) 따라서 本稿에 있어서는 短絡電流의 計算방법은 三相短絡의 경우에 대해서 기술하게 된다.

短絡電流는 短絡點에서 본 電源側의 인피던스와 電源電壓에 의해 定해진다.

〈表-1〉開閉器의 定格電流와 過電流遮斷器의 遮斷容量等

1. 커버나이프스위치

種 類			定 格		
單投, 雙投의 別	極 數	퓨즈의 有無	電壓 [V]	電流 (A)	遮斷電流 I [A]
單 投	2, 3	有, 無	250	15	1500
				30	1500, 2500
				60, 100	2500
雙 投	2, 3	無	250	15, 30	—
				60, 100	

注 (1) 퓨즈의 遮斷容量을 표시

2. 올커버 스위치

(1) A種 (主閉閉器, 分岐閉閉器 또는 電燈, 電熱等의 閉閉器用)

極 數	定格電壓 (A)	定格電流 (A)	定格遮斷電流 I [A]
2 또는 3	250 (220)	15	1500
		30	1500, 2500
		60, 100	2500

注 (1) 퓨즈부착 스위치에 對해서만 適用 (다음표도 同一)

備考: 括弧內의 數値는 A種, B種에 共用할때의 경우에 쓰인다.

(2) B種 (주로 電動機 回路의 閉閉器에 使用되는 것)

極 數	定格電壓 (V)	定格容量 I ² [kW]	定格遮斷電流 I [A]
2	100	0.2, 0.4, 0.75	1500, 2500
	220	0.2, 0.4, 0.75, 1.5	
3	220	0.2, 0.4, 0.75, 1.5	1500, 2500
		2.2, 37	

注 (2) 定格容量은 直入始動의 경우 最高適用 · 電動機의 定格出力으로 表示

3. 筒形퓨즈의 級別과 定格遮斷容量

級 別	定格遮斷容量 (kA)	級 別	定格遮斷容量 (kA)
AC 2	2.5	ACL 35	35
AC 5	5	ACL 50	50
AC 10	10	ACL 100	100
AC 20	20		

4. 配線用遮斷機

플랭크크기 (A)	定格電流 (A)									
	30	50	100	225	400	600	800	1000	1200	1600
定格電流 (A)	15	15	15, 20	10, 125	225					
	20	20	30, 40	150, 175	250	400	600	800	1000	1200
	30	30	50, 60	200	300	500				1400
	40	40	75, 100	225	350	600	800	1000	1200	1600
	50			400						

(2) 定格遮斷電流의 區分 (短絡發生後 1/2사이클에 있어서의 交流分實効值)

(A) 2500, 5000, 7500, 10000, 14000, 18000, 22000, 25000, 30000, 35000, 42000, 50000, 65000, 85000, 100000

$$I_s = \frac{E}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad [A]$$

但 I_s : 三相短絡電流 [A]

E : 電源電壓 (線間) [V]

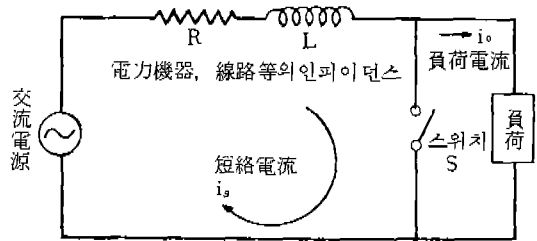
Z : 電源側의 인피이던스 [Ω]

로 表示된다. 이 인피이던스는 實際로는 短絡點의 인피이던스도 包含되나 計算에서는 完全短絡을 생각하여 短絡點의 인피이던스는 考慮하지 않는다. 또 後述하는 計算에 있어서는 다시 簡略하게 한 인피이던스를 사용한다.

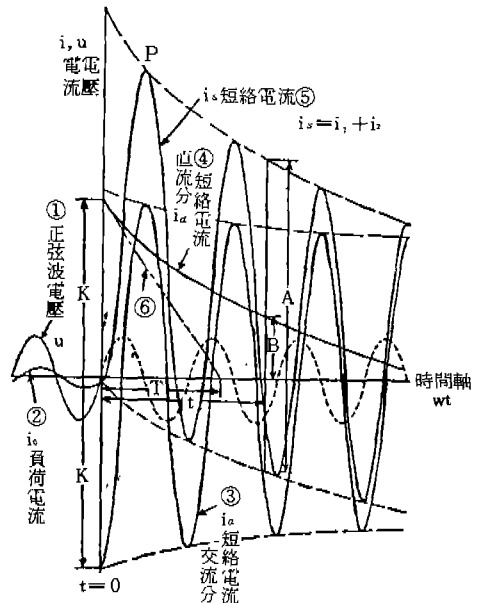
일반적으로 短絡回路는 그림 1에 표시하는 것같이 電源과 低抗 인덕턴스로 이루어지는 RL 直列回路 (靜電용량은 無視한다)로서 생각, 短絡電流는 스위치 S를 投入한후 t秒 후에 흐르는 電流이다.

그림 2, 3은 이러한 때의 短絡電流 · 波形을 表示한 것이다. 또 次式①은 過渡現象으로서 表示된 短絡電流式이며 參考로 말해둔다.

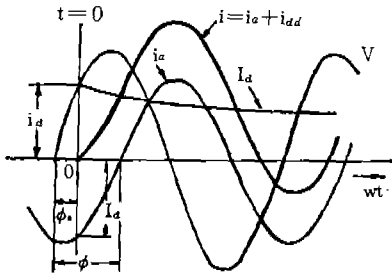
$$\text{短絡電流 } i_s = \frac{\sqrt{2}V}{Z} [\sin(\omega t + \phi_0 - \phi) - e^{-\frac{R}{L}t}]$$



〈그림-1〉



〈그림-2〉 交流短絡現象의 오실로그래프



〈그림-3〉 交流短絡電流波形

$$\sin(\phi_0 - \phi) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

但, 電源電壓 $V = v \sin(\omega t + \phi_0)$

$$Z : \sqrt{R^2 + X^2} \quad X : \omega L$$

$$\phi : \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

ϕ_0 : V의 瞬時值 v의 初位相角

短絡電流는 式①의 第一項으로 表示되는 短絡전류 交流分の 對稱波 ia (그림 2에 있어서 ③)과 第2項으로 表示되는 것과 같이 指數關數的으로 減衰하는 短絡電流 直流分の 非對稱波 (그림 2에 있어서 ④)로 이루어지고 있다.

短絡電流 $i_s = i_a + i_d$

ia : 短絡電流 交流分 (對稱波)

id : 短絡電流 直流分 (非對稱波)

이것은 그림 2에서 알 수 있듯이 短絡電流가 短絡當初는 가장 큰 非對稱波의 電流가 되어 時間的 경과와 함께 점차 減衰하여 數사이클後 (2~3 사이클)에는 第1項의 短絡電流 交流分만이 된다. 이 減衰의 정도는 短絡回路에 있어서 抵抗과 리액턴스의 크기나 比率에 따라서 定해져 抵抗이 커지며 또한 리액턴스에 對한 比率이 높게 될수록 減衰도 빨라진다. 따라서 受·配電設備의 電源가까이에서 發生한 短絡보다 配電線 末端에서의 短絡이 減衰가 빨라진다. 또 短絡電流 直流分の 數가 사이클에 의해 減衰해짐으로써 過電流繼電器와 組合한 高壓차단기의 경우 차단完了까지 數사이클을 必要로 하기때문에 短絡電流 交流分 (「對稱短絡電流」라고 함)만을 생각하면 되나 限流 퓨우즈나 配線用차단기와 같이 短絡事故時의 차단시간이 極히 빠른 (0.04~0.05 Sec 程度)것은 이 短絡電流 直流分을 合算한 短絡電流 (「非對稱 短絡電流」라고 함)를 생각하지 않으면 안된다. 後述하는 計算에 있어서는 이 非對稱 短絡電流는 對稱 短絡電流에 非對稱 係數 (後述한다)를

乘하여 求한다.

또 이 短絡電流는 그림 3에 表示하는 것과 같이 交流電源電壓의 $t=0$ 의 初期位相 ϕ_0 의 值 如何에 따라서도 크기가 달라진다. 例로 短絡回路에 있어서는

$$\phi_0 = \phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

인 때는 式①의 第2項 (短絡電流 直流分)은 零이 되기 때문에 短絡電流는 第1項 (短絡電流 交流分)만으로 되어 最小의 值가 된다.

또 短絡回路에 있어서는

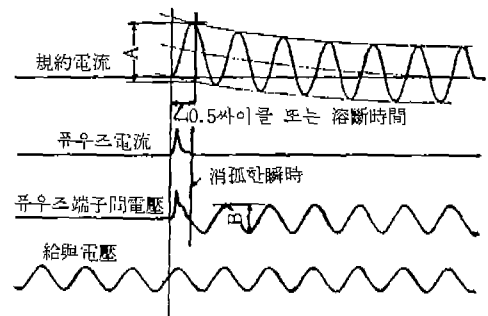
$$\phi_0 = \phi + \frac{\pi}{2} = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} + \frac{\pi}{2}$$

인 때는 逆으로 第2項 (短絡電流 交流分)은 最大가 되기때문에 短絡電流도 또한 最大가 된다.

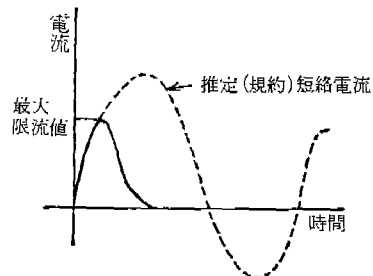
4. 非對稱係數

非對稱係數는 前述한 바와 같이 限流퓨우즈나 配線用차단기 等の 차단 完了시간이 1/2사이클 前後를 問題로 하고있는 過電流차단기의 非對稱 短絡電流를 計算할 때에 사용된다.

그림 4 및 5에 限流 퓨우즈의 限流特性을 表示



〈그림-4〉 限流퓨우즈의 限流特性



〈그림-5〉 限流퓨우즈의 限流特性

한다. 여기에서 알 수 있듯이 차단시간이 극히 빠르기 때문에 非對稱 電流을 생각하게 되는 것이다.

短絡電流의 對稱 短絡電流(i_a)와 非對稱 短絡電流(i_a)와의 사이에는 리액턴스와 抵抗의 比 (L/R)에 의해 定해지는 (式-②)의 關係가 있다.

$$I_a = K I_a \dots\dots\dots ②$$

$$\text{但 非對稱係數 } K = \sqrt{1 + e^{-\frac{2\pi R}{X}}}$$

非對稱 係數는 K_1 과 K_2 로 區分되어 K_1 은 氣中 차단기, 配線用 차단기 等과 같이 三相 차단하는 過電流 차단기에 適用하여 K_2 는 電力푸우즈의 차단전류와 같이 各相이 나누어져 있는 것에 適用된다.

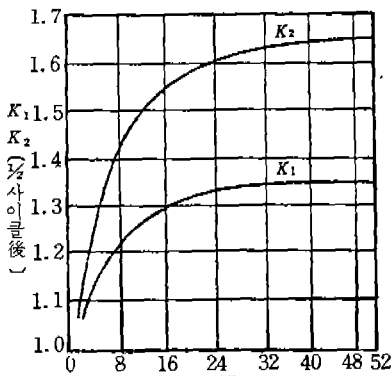
일반적으로 短絡回路의 리액턴스/抵抗值가 不明한 경우가 많기 때문에 計算을 하는데 있어서는 實用上 다음과 같은 值를 사용한다.

- ① 變壓器 2次側 等과 같이 電源에 가까운 部分
 $K_1 = 1.25$
 $K_2 = 1.6$
- ② 電源에서 떨어져 있는 負荷端
 $K_1 = 1.1$
 $K_2 = 1.4$

但 K_1 = 三相平均非對稱係數
 K_2 = 最大非對稱係數

또, 短絡回路의 리액턴스/抵抗值가 既知의 경우는 表 2에서 K_1, K_2 를 구한다.

〈表- 2〉 1/2사이클에 있어서의 非對稱係數



K_1 : 三相平均非對稱係數
 K_2 : 最大非對稱係數
 K_1 : 三相平均非對稱係數
 K_2 : 最大非對稱係數

5. 短絡電流計算法

短絡電流의 算出에는 畝法(Ω), 퍼어센트 인피던스法(%Z, 以下 T%Z法)라고 한다), 퍼어유니트法(pu) 등이 있으나 基本的으로는 畝의 法則에 依하는 것이다. 그 가운데도 %Z法이 가장 넓게 使用되고 있으며 本稿도 또한 %Z法을 使用하고 있다. 그러면 各 算出法의 概要를 簡單하게 記述 하기로 한다.

① 畝法

이 方法은 短絡點에서 본 電源側의 各 인피던스를 基準으로 하는 電壓(例로 事故點의 電壓)의 인피던스로 換算하여 短絡電壓을 算定한다. 단 複雜한 短絡回路에 있어서는 電壓의 다른 個所 인피던스를 電壓比의 2乘으로 換算하기 위해 計算이 複雜하게 되는 것이 欠點이다.

② 퍼어센트 인피던스法

이 方法은 短絡點에서 본 電源側의 인피던스를 基準容量(低壓側의 경우는 1,000kVA로 하는 것이 一般的이다)에 對한 %Z로 表示하기 위해 電壓이 달라도 그대로 合成하여 短絡電流를 算定할 수 있는 利點이 있다. 이 %Z는 回路나 機器에 있어서 定格電流가 흘렀을때 여기에서 생기는 인피던스 降下와 그 回路의 定格電壓의 比率로 表示한 것이다.

③ 퍼어유니트法

이 方法은 퍼어센트 인피던스法과 同一하나 單位로서 %Z의 1/100을 使用한다.

6. 短絡回路의 %Z

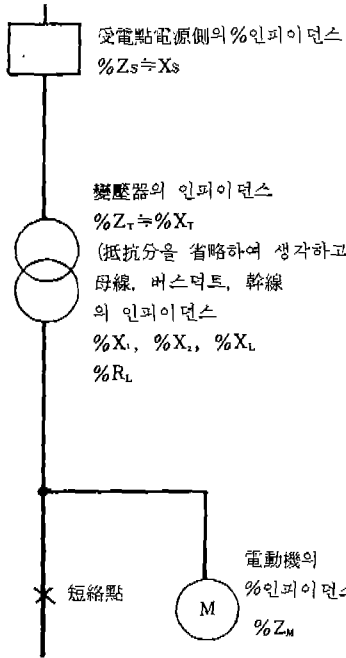
短絡電流의 計算에 옮기기 前에 短絡回路의 各 部分의 %Z에 對해 記述하고 [3]에서 記述한 것처럼 短電流의 概算值를 簡易하게 알고자하는 趣旨에서 %인피던스值를 結果的으로는 大差가 생기지 않으리라고 생각되는 것에 對해서는 簡略化 했다.

短絡回路의 임피던스는 그림 6에 表示하는 것과 같이

- ① 受電點에서 본 電源側의 %인피던스(%Zs)
- ② 變壓器의 %인피던스(Zv%)
- ③ 電動機의 %인피던스(%ZM)
- ④ 母線의 버스팩트 및 配線의 %인피던스(%ZB, 및 %B, %ZL로 한다)로 나누어진다.

① 受電點 電源側의 %인피던스(%Zs)

이것은 [1]에서도 記述했듯이 電力會社에서 三



〈그림 - 6〉 短絡回路의 %인피이던스

〈表 - 3〉 遮斷容量計算書의 一部

種 別	記號	配電系統	抵 抗	리액턴스			
一次變電所	Zc	-	0.09	1,559			
二次變電所	Zr	10,000kVA×1	-	5,260			
地 中 線	ZL	길이mm, 互長km	'km'當	% r	'km'當	% x	
		500 ²	0.456	1.1	0.501	1.2	0.547
		325 ²		1.2		1.4	
		250 ²	0.509	1.6	0.814	1.5	0.763
		150 ²	0.045	2.7	0.121	1.6	0.072
		100 ²		4.2		1.7	
		60 ²	0.208	6.9	1.435	1.8	0.374
		50 ²		8.2		1.9	
		22 ²		18.6		2.1	
		14 ²		29.6		2.3	
架 空 線	ZL	150 ²		2.8		7.5	
		100 ²		4.1		7.5	
		60 ²		7.0		7.9	
		5φ		20.8		8.8	
遮 斷 容 量 (KVA)		遮斷容量 = $\frac{1,000,000}{Z_s}$ = 110,241	%R計	2.961	%X計	8.575	
			%R ²	8.767			
			%X ²	73.530			
			%Z _s ²	82.297			
			%Z _s	9.071			
標準定格遮斷容量	定格電壓	6.9kV	容 量	150MVA			

相차단용량으로서 提示되어 系統 變壓器 容量이나 配電線의 充長 等에 의해 差異는 있으나 計算의 便

宜上 1000MVA를 使用한다.

表 3 은 電力會社가 發行한 차단용량계산서의 部이다. 이를 보아도 알 수 있듯이 受電點에 있어서는 %Z_s ≃ 리액턴스 (%X_s)로 생각해도 無妨하다. 그래서 受電點 電源側의 10,000kVA를 基準量으로 한 %Z_s를 1,000kVA基準容量의 %Z_{s'}……%X_s로 換算하면

$$P_s = P \times \frac{100}{\%Z_s} \quad \%Z_s = \frac{P \times 100}{P_s}$$

따라서

$$\%Z_s' \div \%X_s = \frac{1,000 (kVA) \times 10^5}{100 (MVA) \times 10^5} = 1.0\%$$

가 된다.

〈表 - 4〉 變壓器의 %인피이던스

定格容量 (kVA)	인피이던스 (%)	抵 抗 (R%)	리액턴스 (x%)	x/R
3 φ 50	2.64	1.867	1.867	1.0
" 75	2.84	2.008	2.008	1.0
" 100	2.95	1.984	2.183	1.1
" 150	3.08	1.878	2.441	1.3
" 200	3.09	1.714	2.571	1.5
" 300	3.39	1.259	3.148	2.5
" 500	4.50	1.131	4.356	3.85
" 750	5.32	0.968	5.230	5.40
" 1000	5.32	0.927	5.237	5.65
" 1500	5.32	0.8604	5.249	6.1
" 2000	5.32	0.7968	5.259	6.6
1 φ 10	2.6	2.23	1.34	0.6
" 20	2.5	1.77	1.77	1.0
" 30	2.4	1.61	1.77	1.1
" 50	2.3	1.47	1.77	1.2
" 75	2.8	1.71	2.22	1.3
" 100	2.9	1.61	2.41	1.5
" 150	3.1	1.39	2.77	2.0
" 200	3.2	1.19	2.97	2.5
" 300	3.2	1.19	2.97	2.5
" 500	3.5	1.3	3.25	2.5
" 750	4.3	1.36	4.08	3.0

② 變壓器의 %인피이던스(以下 %Z_T)로 한다

變壓器의 %인피이던스는 銘板에 記載되어 있는 것을 使用하나 各 메이커에 있어 그다지 差異가 없으므로 表 4의 值를 사용해도 計算에 있어서는 大 差가 생기지 않는다.

또 %Z_T를 1,000kVA 基準의 %인피이던스(以下 Z_T로 한다)로 換算한다.

$$\%Z_T = \frac{1,000(kVA) \times Z(\%)}{\text{變壓器容量}}$$

또 이 %Z_T는 變壓器容量이 큰 것은 %Z_T=%X_T로 하여 생각해도 무방하다.

③ 電動機의 %인피이던스(以下 %Z_M로 한다)

小容量의 自家用設備의 電動機로서는 一般의 三相誘導電動機가 많이 使用되고 있으나 運轉時 短絡事故가 發生하면 電動機 自身과 여기에 直結된 負荷의 慣性에 의해 回轉에너지나 電氣에너지로 變換되어 發電機로서 作用하여 短絡事故點에 短絡電流로 供給한다. 이 現象은 過渡的인 것으로 事故發生點數 사이를 속히 減衰한다.

따라서 限流퓨즈나 配線用 차단기에 있어서는 이 誘導電動기의 發電작용은 計算上 고려하지 않으면 안되나 合計 容量이 적은 (500kW以下) 電動機 群에 있어서는 特히 생각하지 않아도 무방하다. 以下는 參考로 記述해 둔다.

誘導電動機의 %Z_M이 不明 일때는 表 5의 值를 使用한다.

가) 電動機의 等價 kVA는 다음의 式으로 表示된다.

$$\text{電動機의 等價 [kVA]} = \frac{\text{電動機의 合計 [kW]} \times 1.5}{\text{力率} \times \text{効率}}$$

$$= \text{電動機의 合計 [kW]} \times 1.5$$

(表-5) 誘導電動機의 Z(%)

	2極	4~6極	8~12極
600V以上	15	18	19
600V未滿	20		

나) 電動機의 kW가 不明인 경우의 電動機의 等價 kVA는 表 6의 值를 使用한다.

電動機의 等價 [kVA] = 變壓器容量 × 表 6의 數值
다음에 Z_M(%)를 1,000kVA 基準의 %인피이던스 %Z_M로 換算하면

(表-6) 等價電動機의 比率

用 途	變壓器容量에 對한 等價電動機容量의 比率
電 燈	0%
空調, 衛生, 動力 (除外한 冷凍機)	70~80%
空調, 衛生, 動力, 電燈 (포함한 冷凍機)	70~80%
空調, 衛生, 動力, 電燈 除外한 冷凍機)	50~70%

$$\%Z_M = \frac{1,000 \times Z_M(\%)}{\text{電動機의 合計 [kW]} \times 1.5 \times d \times 10^{-3}}$$

但 d: 電動機의 稼動率로 한다.

④ 母線 버스덕트 및 配線의 %인피이던스(%Z_B, %Z_L)

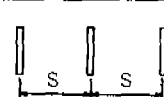
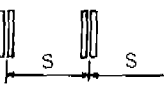
變電室의 低壓 母線이나 配線에 使用하는 버스덕트의 %Z_B, %Z_L는 함께 抵抗分을 無視해도 計算上 無妨하기 때문에 各各 리액턴스만으로 되어 %인피이던스는 各各 %X₁, %X₂로 간주된다. 또 配線의 電線에 있어서는 抵抗分과 리액턴스分이 있으며 %인피이던스 %R_L과 %X_L이 된다.

母線用 銅帶의 리액턴스는 表 7. 알루미늄 導體 絕緣버스덕트의 抵抗, 리액턴스는 表 8, 또는 電線의 抵抗, 리액턴스는 表 9의 值를 各各 使用한다.

다음에 이것들의 值를 1,000kVA 基準의 %리액턴스(%X_B) 및 %抵抗(%R_B)을 換算하는에는 다음 式을 使用한다.

$$\%X_B = \frac{1,000 \times X \times 10^3}{V^2} \times \text{길이 [m]}$$

(表-7) 母線用銅帶의 리액턴스 (50Hz)

銅 帶	···相의 길이當 1m의 리액턴스(Ω)
6×50 1枚 	0.00015 ※
6×100 1枚 S=150	
6×50 2枚 	
6×100 2枚 S=200	

나 (1) ※단은 6×50보다 작은 銅帶를 使用하는 경우는 0.00022Ω 또한 6×100 2枚보다 큰 銅帶를 使用하는 경우는 0.00011Ω로 한다.

(2) 60Hz의 경우는 리액턴스의 數值를 1.2倍한다.

〈表- 8〉 알루미늄導體絶緣버스덕트 (50Hz)

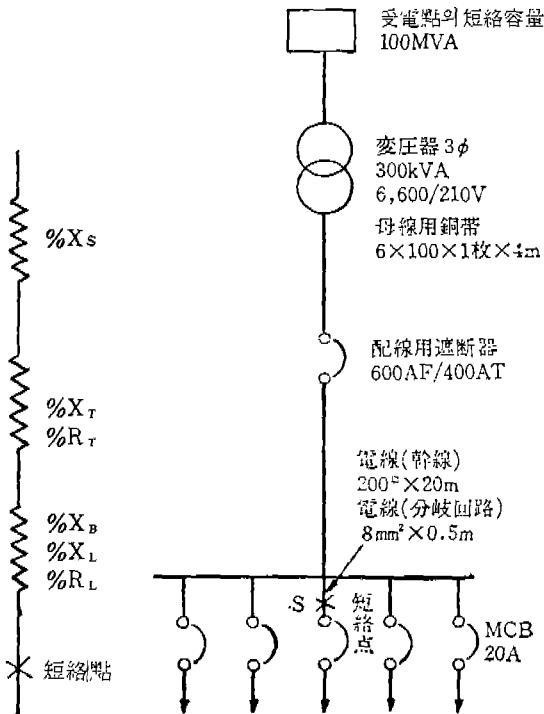
定格電流 (A)	버스버어싸이즈 (mm)	1 m當의抵抗 (Ω)	1 m當의 리액턴스
400	6 × 40 × 1	0.0001580	0.0000389
500	6 × 50 × 1	0.0001270	0.0000326
800	6 × 75 × 1	0.0000851	0.0000237
1,000	6 × 100 × 1	0.0000646	0.0000180
1,200	6 × 125 × 1	0.0000525	0.0000144
1,500	6 × 165 × 1	0.0000406	0.0000115
2,000	10 × 175 × 1	0.0000249	0.0000142
2,500	10 × 225 × 1	0.0000199	0.0000134
3,000	10 × 280 × 1	0.0000167	0.0000107
3,500	10 × 170 × 2	0.0000141	0.0000056
4,000	10 × 200 × 2	0.0000120	0.0000070
5,000	10 × 280 × 2	0.0000091	0.0000037

(注) 1) 60Hz의 경우는 리액턴스의 數値를 1.2倍로 한다.

〈表- 9〉 電線의 抵抗리액턴스 (50Hz)

사 이 즈	銅製의 管 또는 덕트에 取納한 絶緣 電線 또는 케이블	
	1 m當의抵抗 (Ω)	1 m當의 리액턴스 (Ω)
1.6mm	0.0087	0.0002
2.0 "	0.0055	"
2 mm ²	0.00943	"
3.5 "	0.00528	"
5.5 "	0.0032	"
8 "	0.0023	"
14 "	0.0013	0.00015
22 "	0.00081	"
30 "	0.00061	"
38 "	0.00048	"
50 "	0.00003	0.00013
60 "	0.0003	"
80 "	0.00023	"
100 "	0.00018	"
125 "	0.00014	"
150 "	0.00012	"
200 "	0.00009	"
250 "	0.00007	"
325 "	0.000055	"

(注) (1) 60Hz의 경우는 리액턴스의 數値를 1.2倍로 한다.



〈그림- 7〉 인피이던스 머프

〈그림- 8〉 事故例

$$\%r_p = \frac{1,000 \times r \times 10^3}{V_2^2} \times \text{길이 [m]}$$

但 V₂는 變壓器 二次 定格 電壓 (V) 이다.

7. 計算의 順序

그림 7에 있어서 短絡電流의 計算順序를 記述한다.

- ① 인피이던스머프를 作成한다 (그림 7)
- ② 短絡回路의 인피이던스를 [6]에 記述했으니 1,000kVA 基準의 %인피이던스에 各各 換算한다.
- ③ 各 1,000kVA 基準의 %인피이던스를 合成하여 %Z_s로 한다.
- ④ 短絡電流 I_s를 計算한다.

$$I_s = \frac{1,000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times V_2 \times \%Z_s} \quad (A)$$

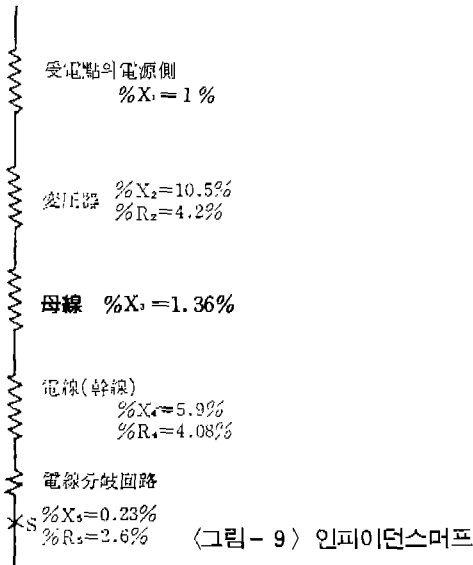
但 V₂: 變壓器의 2次 定格電壓 (V)

어느 自家用 構內의 配電盤內에서 發生한 短絡事

故의 概要를 그림 8에 表示한다.

以下 S點의 短絡電流 I_s 를 計算해 보면

① 인피이던스머프는 그림 9와 같이 된다.



〈그림-9〉 인피이던스머프

② 受電點에서 電源側의 $\%X_1$ 은 [6]의 ①에서

$$\%X_1 = \frac{1,000 \text{ (kVA)} \times 10^3}{100 \text{ (MVA)} \times 10^6} = 1.0\%$$

③ 變壓器의 $\%X_2$ 및 R_2 는 表 4에서

$$\%X_2 = \frac{1,000 \times 3.15}{300} = 10.5\%$$

$$\%R_2 = \frac{1,000 \times 1.26}{300} = 4.2\%$$

④ 母線 6 × 100 × 1 枚 × 4 m의 $\%X_3$ 는 表 7에서

$$\%X_3 = \frac{1,000 \times 0.00015 \times 10^5}{(210)^2} \times 4 = 1.36\%$$

⑤ 電線(幹線) 200mm² × 20m의 $\%X_4$ 및 $\%R_4$ 는 表 9에서

$$\%X_4 = \frac{1,000 \times 0.00013 \times 10^5}{(210)^2} \times 20 = 5.9\%$$

$$\%R_4 = \frac{1,000 \times 0.00009 \times 10^5}{(210)^2} \times 20 = 4.08\%$$

⑥ 分岐回路의 電線 8mm² × 0.5m의 $\%X_5$ 및 $\%R_5$ 는 表 9에서 (3線一括한 것으로 한다)

$$\%X_5 = \frac{1,000 \times 0.0002 \times 10^5 \times 0.5}{(210)^2} = 0.23\%$$

$$\%R_5 = \frac{1,000 \times 0.0023 \times 10^5 \times 0.5}{(210)^2} = 2.6\%$$

⑦ 따라서 合成 $\%Z_s$ 는

$$\begin{aligned} \%Z_s &= \sqrt{(\%R_2 + \%R_4 + \%R_5)^2 + (\%X_1 + \%X_2 + \%X_3 + \%X_4 + \%X_5)^2} \\ &= \sqrt{(4.2 + 4.08 + 2.6)^2 + (1.0 + 10.5 + 1.36 + 5.9 + 0.23)^2} = 21.9\% \end{aligned}$$

⑧ 短絡電流 $I_s = \frac{1,000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 210 \times 21.9} \approx 12,600 \text{ A}$

短絡電流의 計算値는 12,600A를 얻었으나 이 値는 完全短絡을 想定한 結果이다. 實際의 現場에서는 電源側의 配線用차단기(600A 플럼 400A 트립)는 動作하지 않았다. 이 配線用차단기는 30kA의 차단 용량(對象 短絡電流)이 있어 100% 以上の 電流로 瞬時 動作하는 特性을 갖고 있다.

또 事故狀態에서 보아 短絡點에 있어서 短絡이 생긴후 近接한 다른 配線用 차단기에 잇달아 아아크短絡을 일으킨 것으로 推定된다. 따라서 短絡時에 흐른 電流는 4,000A以下, 아아크短絡狀態에서는 다시 작았던 것으로 생각된다. 한편 電源으로부터의 距離는 [4]에서 記述한 ②의 條件에 該當하는 것으로서 非對象短絡電流는 $K_1 = 1.1$ 를 適用하여

$i_d = 1.1 I_s = 1.1 \times 12,600 = 13,900 \text{ A}$ 를 얻을 수 있다.

따라서 이와 같은 事故의 防止 對策으로서는 分岐過電流 차단기로서 충분히 차단 容量이 있는 配線用 차단기를 使用하는 동시에 幹線에서의 分岐點에서 分岐回路用 차단기까지의 配線에 短絡할 염려가 없도록 確實한 工事を 할 필요가 있다.

