

技師會員을 위한 理論과 實務

● 連 載 ●

電氣技術者를 위한

알기 쉬운 保護繼電器

(6)

〈前承〉

(c) 低壓誘導 電動機의 保護

저압유도전동기의 보호에는 단락, 지락, 과부하 및 구속, 결상, 부족전압보호가 있다.

이들 보호방식 예를 그림55에 보호계전기의 적용 예를 표16에 표시한다. 단락보호 및 지락보호는 전로보호를 포함하여 실시되며 지락보호에 관해서는 종래 필요에 따라 실시되고 있었으나 최근에는 기술기준에 의해 보호계전기의 설치가 의무화되고 있다. 과부하 보호는 대부분이 열동계전기(熱動繼電器)에 의해 실시되고 있다.

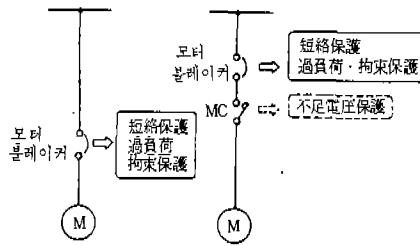
이들 저압전동기의 통상적용되는 보호장치명을 들면 표17과 같다.

(i) 短絡保護

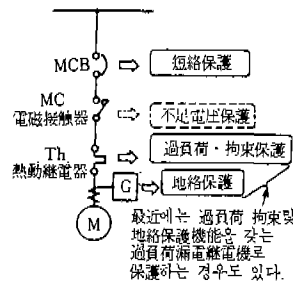
전동기의 단락고장에는 전동기 단자부에 있어서 단락, 주회로배선의 단락, 절연열화에 의한 단락등

〈표-16〉 低壓誘導電動機의 保護斷電器適用例

短絡保護	地絡保護	過負荷保護	欠相保護	不足電壓保護
配線用遮斷器	必要에 따라 過電流地絡繼電器를 설치하거나 漏電계전기를 적용한다.	熱動繼電器	-	電磁開閉器
모터블레이커	同上	모터블레이커	-	同上



(a) 모터블레이커에 의한 保護



(b) 配線用遮斷器에 의한 保護

〈그림-55〉 低壓誘導電動機의 保護方式例

〈표-17〉 電動機의 保護裝置
(電動機의 外部에 設置하는 것)

	名 稱
①	配線用遮繼器
②	熱動繼電器
③	모터블레이커 [熱動形 電磁形]
④	3 E 릴레이 (過負荷·欠相·逆相)
⑤	4 E 릴레이 (過負荷·欠相·逆相·漏電檢出)
⑥	電動機퓨즈

이 있다. 단락이 발생하면 기기의 소손, 배선의 소손에서 화재로 진전하는 염려가 있어 신속히 제거할 필요가 있다.

저압유도전동기의 단락보호는 배선용차단기, 모터블레이커에 의해 실시된다. 이들 기구는 단독으로 또는 전자접촉기 MC, 열동계전기 Th와 조합하여 사용된다.

(ii) 過負荷拘束保護

전동기가 구동하는 각종 기계축의 과부하로 부하가 증대하면 전류는 정격전류를 넘어 전동기 각부의 온도가 상승한다. 이것이 장시간 계속하면 과열 소손 고장이 된다.

전동기가 구속상태가 되면 고정자권선(固定子 捲線)에 정격전류의 6~8배의 전류가 흘러 당연히 전동기는 회전하지 않으므로 통풍효과가 없으며 전동기는 소손하게 된다. 이와같은 과부하구속에 대해 일반적으로 과전류계전기 혹은 열동계전기를 사용하여 전동기의 입력전류에서 권선의 온도 상승을 간접적으로 검출한다. 이 때문에 적용하는 계전기의 동작특성은 전동기의 열특성과 합치되고 있는 것이 필요하다.

(iii) 不足電壓保護

전동기 회로의 전압이 저하하면 전류가 증가하여 전동기는 온도상승하며, 과열하거나 부하축 기기의 조작 안전확보를 위한 부족전압보호는 고압전동기의 경우와 동일하다. 이 보호에 부족전압계전기를 적용하는 경우는 전동기의 종류에도 관계되거나 정격전압의 75~80%로 정정(整定)하여 순시정전일 때는 동작하지 않도록 반한시특성(反限時特性)을 갖

는 계전기를 사용한다.

전동기 개폐용의 전자접촉기 자신으로 '부족전압 보호(개방)하는 경우는 전자접촉기의 개방전압에 의하여 규격에서는 이 값이 75% 이하가 되고 있다 그리고 이 경우 특히 중요한 보기전동기(補機電動機)에서는 콘덴서의 충전전하에 의한 단시간의 보지나 재투입회로를 설치하는 등의 순시전압 강하대책이 취해지는 경우가 있다.

(iv) 低壓電動機用 保護繼電器

저압전동기의 보호계전기로서는 열동계전기가 가장 많이 사용되고 있다. 이 열동계전기의 주요특성으로서는

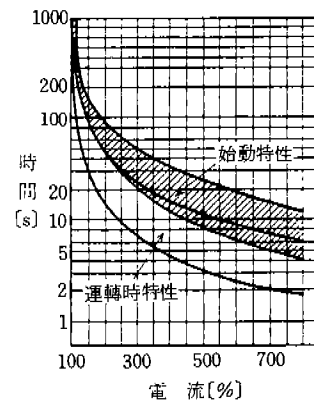
(7) 과부하 보호를 목적으로 전부하전류 통전후 온도가 일정하게 된 후 전류치의 200%를 통전하여 4분이내에 동작할 것

(L) 구속보호를 목적으로 전부하전류의 500%에서 45초이내에 동작할 것

(C) 전부하전류의 100%에서 동작하지 않고 온도가 일정하게된 후 전류를 서서히 증가시켜 전부하전류의 125%에서 동작할 것

특히 (C)은 전원전압이 강하했을 경우를 고려하여 넣어 전압이 10% 강하해도 열동계전기는 동작하지 않도록 정해 놓고 있다.

이 열동계전기를 3상전동기의 과부하 및 구속보호로서 사용할 경우는 계전기를 임의의 2상에 접속한다. 이 계전기의 동작특성은 그림56과 같이 전동기의 열특성에 맞추어 시동특성(始動特性: Cold 特性), 운전시특성(Hot 特性)의 두가지로 표시된다.두



〈그림-56〉 熱動繼電器의 動作特性

가지의 특성으로 표시하는 이유는 열동계전기가 보통 바이메탈식을 채용하고 있으므로 전동기의 운전 중 또는 재시동 후에 과부하가 될 경우는 열동계전기는 약간의 열을 띠고 있으며(이것을 Hot特性) 열동계전기가 통과전류에 의한 열의 영향을 받고 있지 않은 상태(이것을 Cold特性)가 있는데 이것은 상태에 따라 동작특성이 변화하기 때문이다.

열동계전기의 선정에는 첫째로 전동기의 열특성 둘째로 부하의 시동특성을 고려할 필요가 있다. 이들의 일반적인 특성은 다음과 같다.

전동기의 시동시에 있어서의 열특성은 전동기 축단(軸端)의 부하인 GD^2 즉 축세륜(縮勢輪) 효과의 허용치에 있어서 상온(常溫)에서 시동-정지를 2회 운전상태에서 정지-재시동을 1회 실시할 수 있으며, 전동기의 과부하와 시간의 관계는 본체의 열시정수(熱時定數)로 정한다.

전동기의 시동전류는 전동기의 형식과 극수등에 의해 달라진다. 통상 저압 3상 유도 전동기의 시동전류는 6~8배이다.

또 시동시간은 전동기 축단에 있어서의 부하와 전동기의 GD^2 에 의해 달라지는 것이나 다음 계산식으로 구할 수 있다.

$$t = \frac{GD^2 \times N}{375 \times T_a} [s]$$

GD^2 : 전동기 축단에 있어서의 부하 및 전동기의 GD^2 (합계 축세륜효과)

N : 전동기의 회전수 [rpm]

T_a : 가속토크 [kg·m]

이 식에서 축세륜효과 또는 회전수가 크며, 가속토크가 작으면 시동시간이 길어진다는 것을 알 수 있다.

그리고 일반적 열동형계전기는 이러한 것들을 고려하여 전동기의 정격전류에 의해 선정하여 정정하고 있는 일이 많다.

(4) 整流裝置의 保護릴레이 시스템

직류전력변환장치는 실리콘정류기와 사이리스터 정류기가 많이 사용되고 있다. 일반산업에 있어서 이들 정류장치는 직류의 전원장치로서 비철금속의 정련(精練)과 식염수의 전해(電解) 및 플랜트의 직류 전동기의 구동용으로서 널리 사용되고 있다.

(a) 整流裝置의 故障內容

정류장치의 고장은 정류기 본체의 고장과 정류기의 외부고장 즉 부하측인 직류회로의 사고로 나누어진다. 표18에 반도체정류장치에 있어서의 고장의 종류를 표시한다.

정류장치 본체의 고장은 내부의 상간과 아암의 단락, 온도상승, 소자파손등의 고장이 있으며 이것들은 절연열화, 이물 접촉과 과부하, 과전류 및 서어지등의 요인에 의하는 것이다. 이들 반도체정류기의 고장 특징은 정류소자의 과전류와 과전압에 대한 내량(耐量)이 일반에 비해 낮은데 있으며 소자의 고장이 장치전체의 고장으로 확대하는 수도 있다.

〈丑-18〉 整流裝置의 故障과 原因

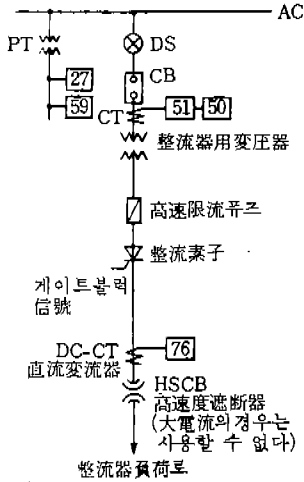
現象	發生場所	原因
過電流	交流電源側	電源電壓上昇
	直流負荷側	負荷의變化(過負荷) 電流不平衡, 並列器의停止
	內 部	素子破壞, 失弧, 通弧
短 絡	直流負荷側	絶緣劣化
	內部相間	異物接觸
	內部아암	素子破壞
地 絡	直流負荷側	絶緣物劣化
	內 部	異物接觸
溫度上昇	-	過電流 周圍溫度上昇 冷却器停止 冷却媒体의溫度上昇

(b) 整流裝置의 保護方式

정류장치의 보호릴레이 시스템은 표18의 고장내용에 대응하여 보호장치를 설치한다. 대표적인 보호장치의 예를 그림57에 표시한다.

(i) 過電流保護

정류장치의 과전류의 원인은 대별하면 외부요인에 의한 것과 내부요인에 의하는 것이 있다. 내부요인에 의하는 것은 정류기내부의 상태가 좋지 않은 것으로서 주로 소자파괴에 기인한다. 소자파괴에 대한 보호는 정류소자에 직렬로 접속한 고속한류(高速限流) 퓨즈에 의해 행하여진다. 이 고속한



(注)

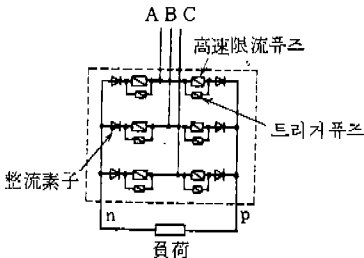
- 27: 電源不足電圧繼電器
- 50: 過電流繼電器
- 59: 電源過電圧繼電器
- 76: 直流通過電流繼電器(短絡・過負荷)

〈그림-57〉 整流裝置의 保護릴레이시스템

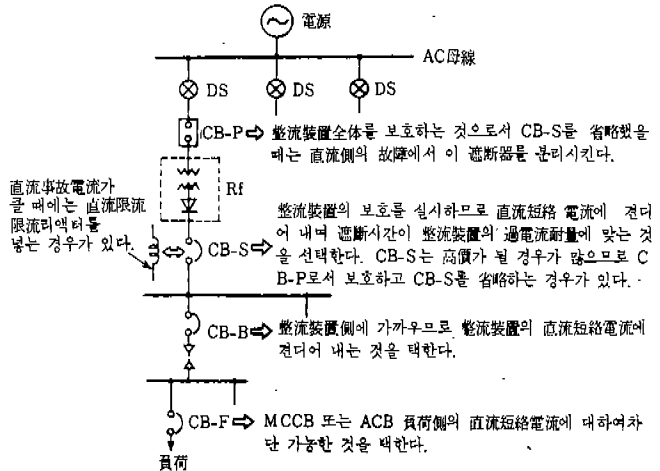
류퓨즈는 단시간 영역에서 용단하는데 차단이 빠르며 차단시에 발생하는 서어지전압이 작다. 그림58에 고속한류퓨즈의 접속을 표시한다. 트리거퓨즈는 용단경보를 실시하기 위해 고속한류퓨즈와 병렬로 접속하여 그 접점에서 표시경보를 행한다.

고속한류퓨즈의 용단시간은 수ms~반사이클 이내에 사고를 제거하므로 이 경우 보호계전기는 동작하지 않는다. 소자파괴 이외의 과전류사고에 대해서는 과전류계전기가 동작하여 차단기를 개방한다.

그림57에 있어서 과전류계전기51은 정류기용 변압기의 보호를 목적으로 하고 있다. 정류장치의 내부고장을 순시에 검출하는 경우는 고속의 과전류계전기50을 사용한다.



〈그림-58〉 高速限流퓨즈의 接續例



〈그림-59〉 直流通系統의 遮斷器의 選擇방법

(ii) 短絡保護

직류회로의 사고전류는 극성(極性)이 변화하지 않으므로 교류와 같이 반사이클 마다 영점(零點)을 통하지 않는다. 이 때문에 아크단락에서도 사고전류가 지속하여 자연소거 하는 일은 적다. 따라서 사고를 확대하지 않으므로 사고회선을 속히 절리(切離)할 필요가 있다.

직류전류가 비교적 작아(5 KA이하) 직류고속도 차단기를 사용하는 경우는 그림57과 같이 직류측에 설치된 직류과 전류과전류 계전기76에 의해 직류측의 단락·과부하를 보호한다.

이 계전기는 고속한류퓨즈가 용단하기 전에 직류측의 차단기를 차단하도록 정정한다.

직류회로에 배선용차단기 MCCB나 기중차단기 ACB를 사용하는 경우의 차단기의 선택방법을 그림 59에 표시한다.

(iii) 冷却裝置의 保護

반도체소자를 사용한 정류장치에서는 규정이상으로 온도상승하면 소자의 상태가 좋지 않게 되므로 냉각장치 운전이 중요하게 된다. 냉각장치에는 풍냉식, 액냉식이 쓰여진다. 냉각계통에는 필요한 곳에 단류계전기 온도계전기를 설치 냉각계통의 운전과 단류, 온도상승등을 감시한다.

(c) 整流裝置의 保護

정류장치의 단락보호는 고속도 동작이 필요하

로 핀지형의 과전류계전기가 과전류계전기의 순시요소를 적용한다. 과전류보호는 과전류계전기의 반한시요소로서 실시한다. 이들의 보호계전기의 구조와 특성은 통상의 과전류계전기와 동일한 것이다.

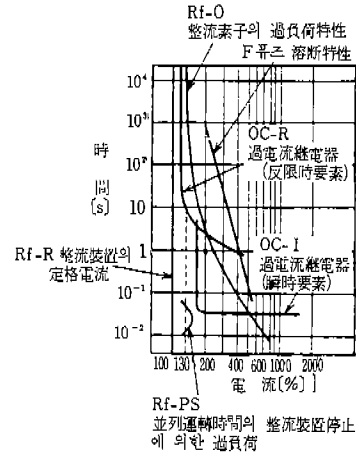
(d) 整流裝置用 保護裝置의 整定

정류장치용 보호장치의 정정예를 그림60에 표시한다. 그림에 표시된 것은 정류장치의 보호협조곡선으로서 정류기가 과부하·단락에 대하여 어떻게 보호되고 있는지를 표시한다.

이 곡선에서 정정에 관한 기본적인 포인트를 들면 다음과 같이 된다.

(i) 整流素子를 과전류에서 보호하는 데는 과전류계전기의 특성곡선OC는 정류소자의 과부하 특성곡선 Rf-O의 좌측에 있으며 정류기의 정격전류를 표시하는 곡선 Rf-R보다 오른쪽에 있어야 한다.

(ii) 과전류계전기는 반한시요소와 순시요소를 갖는 것을 준비하여 한개의 계전기로서 그림과 같은 특성을 얻을 수 없을 경우는 2개 종류의 것을 준비



〈그림 - 60〉 整流裝置의 保護協調曲線

한다.

(iii) 고속한류퓨즈의 특성F는 소자의 과부하특성곡선Rf-O의 우측에 있을 것. 이것은 1 소자과파괴시, 다른 건전한 소자를 지키기 위해서다.

第 3 篇 低壓系統에 있어서의 保護릴레이 시스템

최근에는 빌딩과 공장설비의 규모증대와 더불어 전압이 대용량화하여 400V 급의 배전이 보급되어 일 반화 되고 있다.

한편 저압회로에서는 설비의 운전보수원과 일반 사람들이 접근하는 기회가 많으므로 감전 방지등에 대해서 충분한 배려가 필요하다. 여기서는 저압계통의 사고현상의 특징과 이들 계통에 사용되는 보호장치에 대해서 해설한다.

[1] 低壓系統의 短絡事故

(1) 低壓系統의 電壓

저압전압은 100V 200V 급이, 일반적으로 빌딩 등에는 400V 급 배전이 실시되고 있다.

400V 급 전압의 채용 이점은

(a) 회로전압이 200V에 비해서 2배가 되며 동일용량에 대해 전류치(電流值)가 작아 전로의 소요동량이 적으며 전압강하·전력손실도 경감할 수 있다.

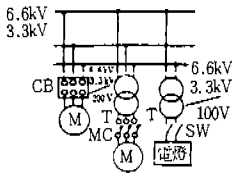
(b) 동력과 전등의 변압기를 공용할 수 있다.

(c) 고압전동기 보다 값싼 400V 전동기를 사용할 수 있다.

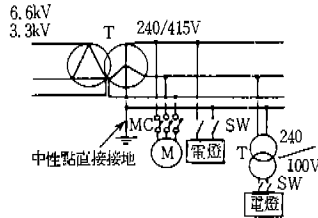
동 종합적으로 경제적이다 할 수 있다. 그림61에 종래의 배전방식과 400V 배전방식의 개념도를 표시한다.

(2) 低壓系統의 短絡事故

종래 저압계통의 단락사고는 변압기 용량도 작으며 단락전류도 작았었다. 그러나 최근에는 400V 배전의 실시와 함께 변압기 용량도 증대하여 단락전



(a) 6.6kV/100V
3.3kV/200V



(b) 240/415V 三相 4 線式配電

三相 3 線式配電

〈그림-61〉 100/200V配電과 400V配電의 比較

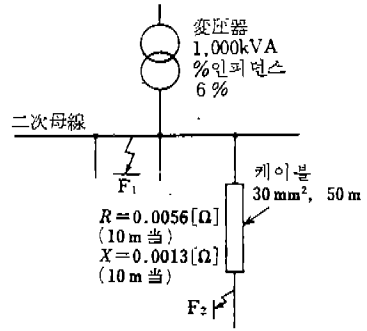
류도 40~50KA를 넘도록 되어 있다.

이와같은 단락전류의 증대는 저압계통의 단락사고에 대하여 기술적으로 한층 엄격하게 하고 있다. 한편 여기에 대응하는 보호장치는 기술적으로 가능하나 값이 비싸게될 경우가 많으며 따라서 보다 경제적인 계통설계가 필요로 하게 된다.

저압계통의 단락사고는 보통 수전측 보다 부하측에 많으며 그 사고는 일반적으로 도전성물체(導電性物体)의 접촉과 절연물의 흡습(吸濕)과 오염열화등에서 발생한다.

(a) 完全短絡

단락전류는 사고의 양상에 따라 크기에 상당의 폭이 있으므로 단락사고의 계산에는 사고전류가 최대가 되는 완전단락 즉 사고점 저항0으로서 취급한다. 그러나 실제의 사고에서는 저항이 0 이라는 것은 드물며 사고점의 저항과 사고시의 아크저항등



(注) 1. 短絡電流는 (低壓系統의 경우)

$$I_s = I_B \times \frac{100}{\%Z}, \quad I_B = \frac{\text{基準 kVA}}{\sqrt{3} \times V}$$

故로

$$I_s = \frac{\text{基準 kVA} \times 100}{\sqrt{3} \times V \times \%Z} \quad \text{.....㉑}$$

여기에 V: 線間電壓(kV), %Z: 合成인피던스[%]이므로, 1/電壓에 比例

2. 線路인피던스는

$$\%Z = \frac{Z \times \text{基準 kVA}}{(kV)^2 \times 10} \quad [\%] \quad \text{.....㉒}$$

여기에 Z: 케이블의 인피던스[Ω] 이므로, 1/(電壓)²에 比例

〈그림-62〉 인피던스의 說明

에 의해 사고전류는 완전단락의 때보다 작은 것이 보통이다.

(b) 인피던스 效果

저압전로의 큰 특징으로서 선로의 인피던스 효과 가 있다. 이것은 변압기 용량이 크며 단락전류가 큰 경우에서도 말단의 단락전류는 선로의 인피던스 효과에 의해 저감되는 것으로서 차단기의 차단용량이

〈표-19〉 線路인피던스에 의한 短絡電流의 制御效果例 (그림 62의 場合)

電 壓	케이블 %Z (50m)	短 絡 電 流 [A]		短絡電流比較[%]
		變壓器二次母線 (F ₁)	케이블端末 (F ₂)	케이블端末[A] 變壓器二次母線[A]
200V	71.25 %	48,113	3,737	7.7 %
400V	17.8%	24,056	6,064	25.2%

↑ R, X의 값보다 ②식으로 계산한다.
↑ ①식에 의해 계산한다.
↑ 全体的 %Z를 算出하여 ①식에 의해 計算한다.

(注) 1. 變壓器 2 次母線에서의 短絡電流는 200V와 400V는 電壓의 逆比로 결정되므로 400V의 경우가 작다.

2. 케이블端末에서의 短絡電流는 線路인피던스가 (電壓)²에 反比例 하므로 200V 쪽이 電流의 減少가 크다.

작아도 사고시의 차단이 가능하게 된다. 이 예를 그림62에 그림에 표시된 계통의 단락전류를 표19에 표시한다.

그림과 같이 선로임피던스는 $1/(\text{전압})^2$ 에 비례하며 단락전류는 $1/(\text{發壓})$ 에 비례하므로 계통전압이 낮은 쪽이 전류의 감소가 크다. 모선사고의 경우는 이 효과가 없게 되며, 단락전류는 변압기 인피던스로 결정된다.

(c) 短絡保護裝置의 決定

저압계통의 단락보호장치의 결정에 있어서 특히 이해해 두어야할 사항을 들면 다음과 같다.

(i) 선로의 인피던스, 사고점 저항의 값에 비하여 계통전압이 낮으므로 단락전류는 전원단은 크나 말단이 될수록 작게 된다.

(ii) 일반적으로 보호장치는 한시특성을 갖고 있으

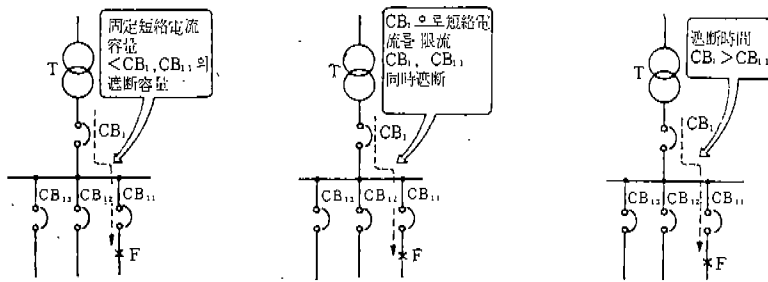
므로 사고전류의 크기로 보호장치의 차단시간이 변한다.

(iii) 보호장치의 시간-전류특성은 일반적으로 가변특성이 아니며 정격전류로 결정된다. 따라서 계통의 증설과 부하를 변경했을 때는 회로의 전류에 맞추어 보호장치를 교환하거나 특성을 변경한다.

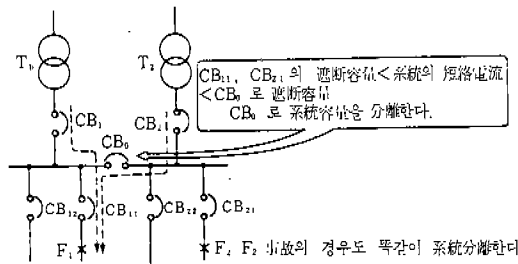
(3) 低壓系統의 短絡遮斷方式

저압계통의 보호장치(기중차단기, 배선용차단기)를 사용한 보호차단방식에는 그림63에 표시하는 각 방식이 있다.

그림63(a)와 같이 차단기 설치점의 추정단락전류를 산출하고 그 단락전류이상의 차단용량을 가진 차단기를 설치한다. 이 때문에 보호장치로서 가장 신뢰할 수 있는 방식이다.



(a) 全遮斷方式 (b) 後備遮斷方式 (c) 選擇遮斷方式 (가스케이드遮斷方式)



(d) 系統分離方式

(그림-63) 短絡遮斷方式