

技 術 解 說

# 電動機의 燒損防止를 위한 保護

元 鍾 洙\*

目 次

- 1. 序 論
- 2. 電動機의 保護方式
- 3. 各種保護裝置의 選定과 保護
- 4. 保護裝置의 協調
- 5. 附 錄

## 1. 序 論

電動機는 産業設備의 動力源으로 널리 使用되고 있으며, 그 運轉의 信賴性은 設備의 稼働率에 큰 影響을 미친다. 따라서 電動機의 運轉信賴性을 높이려면 豫想할 수 있는 故障原因에 대하여 여러가지 保護對策이 必要하다. 電動機의 故障原因중 卷線의 燒損, 劣化는 全體故障原因의 50~60%를 占하고 있어 이에 대한 保護에 各별한 配慮가 있어야 한다.

電動機의 燒損保護는 卷線溫度가 燒損事故에 이르기 전에 回路로부터 電動機를 回路로부터 分離하는데 있으며, 卷線溫度를 直接 檢出하는 保護方式이 理想的인 方法이라 할 수 있다. 그러나 經濟性, 取捨性 등의 面에서 燒損原因에 起因하는 電氣의 現象의 變化(主로 電流)를 監視하여 間接的으로 保護하는 方式도 많이 使用되고 있다.

여기서는 低壓三相誘導電動機를 위주로 하여 故障의 原因과 그 保護裝置 및 保護方式에 關해서 記述코자한다.

## 2. 電動機의 保護方式

電動機의 起動 또는 運轉過程에서 電動機 自身の 事故 또는 電源系統의 事故에 逢着하는 수가 흔히 있다. 이러한 事故를 未然에 防止하기 위해서 또는 事故가 일어났을 때에 他電氣機器에의 波及을 最小限으로 줄이고, 事故擴大를 防止할 目的으로 保護裝置(電動機保護裝置, 保護繼電器, 回路開閉裝置 등)를 設置한다.

保護方式 및 機器의 選定은 負荷의 使用條件, 安全性, 經濟性 등을 綜合的으로 檢討하여 決定하여야 할

것이나, 여기서는 代表的인 電動機의 保護方式에 대하여 다루기로 한다. 電動機의 保護方式을 檢討함에 있어 먼저 基本的事項인 電動機事故의 種類를 列舉하여 본다.

### (1) 卷線의 燒損事故를 이끄는 原因

- ① 始動遲延, 高頻度始動, 過負荷
- ② 卷線絕緣劣化
- ③ 單(缺)相運轉(三相電動機인 경우)

相間電壓不平衡, 電源電壓變動 등 電源供給系統에서 오는 要因

- ④ 冷却效果의 減少, 높은 周圍溫度
- ⑤ 軸受 燒損 등의 機械의 事故

### (2) 軸受燒損事故의 原因

- ① 潤滑油의 不澄
- ② 異常振動 過大한 負荷 トラ스트(Thrust) 荷重 또는 래디알(Radial) 荷重 등 機械의 要因

### ③ 使用場所, 雰圍氣

### ④ 卷線의 異常溫度上昇

이러한 使用의 保護로서는 電動機의 卷線保護, 電源供給系統의 保護, 電動機 베어링의 保護로 나눌 수 있다.

### (3) 電動機의 卷線保護

電動機의 壽命을 左右하는 要素는 여러가지 있으나 가장 큰 것으로는 絕緣物의 劣化를 들 수 있으며 劣化의 要因으로는 濕氣, 곰지, 過電流나 過電壓, 機械의 또는 熱的疲勞를 들 수 있다. 特히 熱疲勞에 依한 絕緣物의 劣化는 電動機의 壽命을 決定한다고 볼 수 있다

一般的으로 壽命은 絕緣物의 溫度가 8[°C] 上昇하드르서 半感한다는 說이 있어, 卷線의 溫度上昇值는 使用 絕緣物의 絕緣種別<sup>①</sup>에 따라 規定되어 있는 溫度上昇限度以下로 維持함이 重要하다.

卷線溫度의 檢出方法으로는 다음과 같은 경우 들 수 있다.

### ① 電動機의 溫度檢出

小容量機이던 마이메탈을 固定子프레임에 固定, 電源供給系統에 接續하고 電動機의 溫度上昇 및 過電流를 檢出하여 電動機電流를 遮斷하는 保護方式(Selfcut)

\*正會員 : 서울대工大電氣工學科副教授(當學會編修委員)

이 있다. 또 바이메탈을 코일端部에 埋込하고, 電源供給系統에 接續하여 위 方法과 같은 要領으로 保護할 수도 있다.

② 卷線溫度的 檢出

中·大容量機에서는 바이메탈이나 더어모스탈트의接點을 直接 電源供給系統에 挿入할 수 없으므로 電動機 卷線內에 서어치 코일 또는 더어모스탈트나 바이메탈을 埋込하여 이를 檢出部로하여 시이켄스에 따라 卷線 燒損事故를 未然에 防止토록 構成한다.

③ 電動機에 흐르는 過電流의 檢出

電動機의 負荷電流를 檢出하고 電動機의 熱特性에 適合한 保護特性을 具備한 保護裝置를 電源供給系統에 使用하는 수도 있다. 小容量機에서는 電源供給回路에 퓨우즈나 配線用遮斷器를 挿入하되, 中·大容量機에서는 바이메탈을 利用한 더어말릴레이(熱動型過負荷繼電器)나 反限時特性을 갖인 誘導圓板型過電流繼電器의 接點을 回路開閉器의 操作回路에 接續하여 保護한다.

이러한 더어말릴레이, 誘導圓板型過電流繼電器, 퓨우즈, 配線用遮斷器에서는 電源供給系統의 不足電壓이나 缺相運轉이 保護는 되지 않는 缺點이 있으므로, 이러한 保護가 必要한 分野에서는 2E릴레이, 2E더어말릴레이(過負荷 및 缺相保護), 3E릴레이(過負荷, 缺相 및 逆相保護)등을 利用한다.

(4) 電源供給系統의 保護

電源供給系統의 事故, 故障의 大小를 決定하는 要素로서는 故障場所, 電源供給系統의 임피던스, 接地方式등 많은 要素를 들 수 있으나 保護裝置로서는 電動機의 正常始動變流나 運轉電流에서는 動作하는 일이없고 故障電流만을 正確히 檢出하여 保護動作케함을 必要로 한다.

이러한 事故電流의 大小를 決定하는 要素를 整理해 보면 다음과 같다.

- ① 電源供給系統容量 및 負荷의 種類
- ② 電源供給系統의 임피던스
- ③ 接地方式
- ④ 電動機의 임피던스
- ⑤ 故障의 種類

事故, 故障電流를 遮斷하는 回路의 開閉器에는 電源供給系統의 容量 및 임피던스에 依하여 決定되는 遮斷容量을 갖인 것을 使用할 必要가 있다.

이와같은 開閉器를 使用한 시스템은 全容量遮斷方式 이라하며 대단히 큰 遮斷容量을 갖인 開閉器의 使用은 設備費가 高價하므로 短絡保護는 퓨우즈나 配線用遮斷器로 行하고, 過電流保護를 開閉器로 하는 시스템이 많이 使用되고 있다.

電源供給系統의 事故 및 保護에는, 電動機에서 發生한 事故가 他機器로 波及하는 것을 防止하는 것(短絡事故保護, 接地事故保護 등)과 電源供給系統에서 發生한 事故가 電動機로 波及하는 것을 防止하는것(不足電壓保護, 缺相運轉保護등)이 있다.

① 短絡事故의 保護

電動機事故로부터 發生한 短絡事故의 保護는 電源供給系統에 施設한 開閉器를 열어줄 必要가 있다. 開閉器 自身이 事故電流로 因하여 回路를 開路하는 特性을 갖인 方式(예를 들면 퓨우즈, 配線用遮斷器)를 使用하던가, 또는 電源供給回路에 施設한 過電流繼電器의 接點에 依해서 開閉器를 開路하는 方式등이 있다.

② 接地事故의 保護

電動機 接地事故의 保護는 電源供給系統의 接地方式에 따라 決定된다. 接地系統인 경우는 零相變流器를 回路에 施設하고 零相電流를 檢出하여 保護를 한다.

非接地系統인 경우는 零相變流器와 接地型計器用變壓器를 使用하여 零相電流 및 電壓을 檢出하여 保護한다. 이 方式은 主로 高壓系統에 使用되고 있다.

電動機內部에 異常이 생긴 경우에는 電動機에 流入하는 電流와 流出하는 電流 사이에는 差異가 생긴다. 따라서 電動機 內部卷線의 1次側, 2次側리이드선을 外部로 뽑고 差動繼電器를 接續하고 電流差를 檢出하여 電動機를 保護하는 方式이 大形電動機에서 利用되고 있다.

③ 不足電壓 및 缺相保護

電源供給系統이 事故로 因한 不足電壓 및 缺相運轉의 保護에는 各各 繼電器를 使用하는 것이 原則이지만 過電流와 缺相保護를 兼한 2E 릴레이가 있다. 2E 릴레이에는 熱電型, 誘導型 및 트랜지스터를 利用한 靜止型 등이 있다.

(5) 電動機 베어링의 保護

電動機의 베어링에는 輻射熱 荷重, 드라스트 荷重外에 振動 등의 機械의 要因이 걸리어서 베어링燒損事故를 發生한다. 이로 因해서 電動機를 破損하는 수가 있으므로 이에 대한 保護를 必要로 한다.

表 1. 베어링 事故의 保護裝置

檢 出 要 素	檢 出 裝 置
溫 度	더 어 모 갖 플
	測溫抵抗體
油量的 適切與否	레벨 게이지
潤活油의 壓力	壓力스위치
油 量	斷流스위치
振 動	振動計

베어링의 事故를 防止, 檢出하는데 쓰이는 保護裝置를 例示하던 表 1과 같다.

2-1 過負荷保護와 保護器具

電動機를 過負荷狀態로 運轉하면 入力電流가 定格値를 超過하여 固定子卷線뿐만 아니라 各部의 溫度가 上昇한다. 또한 起動 또는 運轉中에 어떠한 原因으로 回轉子가 停止하여 所謂 拘束狀態에 이르면 電動機는 2次卷線을 短絡한 變壓器와 같고, 固定子卷線에는 定格電流의 4~10倍의 電流가 흐르며, 回轉子의 回轉으로 因한 通風效果가 減후므로 電動機의 溫度는 急激히 上昇한다.

이 溫度上昇은 그림 1에서와 같이 卷線絶緣物의 劣

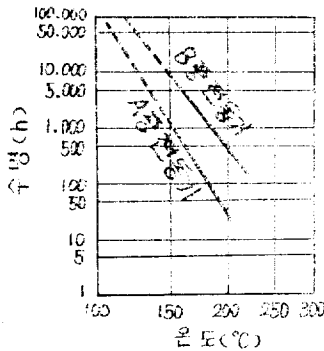


그림 1 卷線의 耐熱壽命

化로 因하여 壽命短縮을 招來하며 심하면 卷線을 燒損한다. 이와 같은 電動機의 過負荷, 拘束狀態에서의 過熱을 保護하려면 誘導型過電流繼電器 또는 熱動繼電器에 依하여, 入力電流로부터 卷線溫度上昇을 間接적으로 檢出하는 方法과 더어미스터나 바이메탈에 依해서 卷線溫度를 直接 檢出하는 方法이 있다. 低壓電動機의 保護에는 小型輕量이고 값이 싼 熱動繼電器가 많이 使用된다.

(1) 熱動繼電器

電動機保護用過電流繼電器의 動作特性은 電磁開閉器의 경우 다음과 같다.

① 電動機의 全負荷電流值의 500%의 電流를 通하였을 때 45秒 以內에 動作할 것.

② 電動機의 全負荷電流值를 通하여 一定溫度가 된 後 그 電流值의 200%의 電流를 흘릴 때 4分 以內에 動作할 것

③ 電動機의 全負荷電流值의 110%의 電流를 흘리어도 動作하지 않고 溫度가 一定하여 後 電流를 漸增하였을 때 全負荷電流值의 125% 以下에서 動作할 것  
이러한 것은 一般 汎用電動機의 熱特性을 考慮한 것

으로서 ①은 拘束深謀를 對象으로 한 것이고, ②는 過負荷保護를 위한 것이고, ③은 電源電壓이 降下한 경우를 考慮한 것이다. 電動機는 電壓의 10% 降下하여도 어느 時間동안 定格出力을 期待할 수 있으므로 트오크 一定의 負荷에서는 電流가 10% 增加한다.

이때 繼電器가 動作하지 않도록 規定한 것이다.

熱動繼電器는 通電電流에 依한 熱動作要素의 發熱을 바이메탈의 變形으로 바꾸어 動作케한 것으로서, 三相 電動機의 過負荷 및 拘束保護에는 任意의 2相에 插入한다. 그림 2는 熱動繼電器의 動作特性의 一例를 表示한 것으로 始動時特性(Cold特性)과 運轉特性(Hot特性)으로 表示한다.

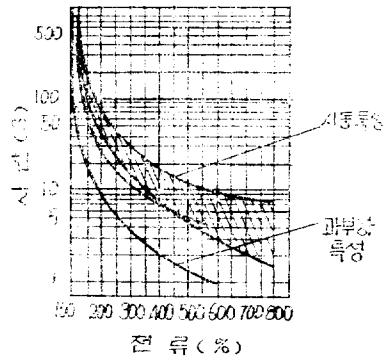


그림 2 熱動繼電器의 特性

2-2. 短絡保護와 保護器具

(1) 퓨우즈

퓨우즈는 값이 싸고, 構造가 簡單하기 때문에 低壓 回路의 過電流保護用으로 많이 使用되어 왔다. 퓨우즈 規格에는 電力 퓨우즈(300V 以上의 電路에 使用하는 것) 配線용 퓨우즈, 限流퓨우즈에 關한 것들이 있다. 여기서는 短絡容量의 增大對策으로 開發된 限流퓨우즈에 대해서 다룬다.

① 限流型 퓨우즈

交流回路에서 短絡事故가 發生하여, 그 回路에 그림 3의 點線으로 表示한 것과 같은 短絡電流가 흐르면 母線이나 機器의 溫度가 過渡하게 上昇하거나 큰 電磁力이 作用하게 된다. 이에 대하여 機器나 母線이 充分히 견딜수 있는 短時間通電容量을 具備하고 있을 必要가 있다. 遮斷器로 이 短絡電流를 遮斷해준다 할지라도 遮斷完了까지의 몇 사이클 동안은 이와같은 큰電流가 母線과 機器에 흐른다.

遮斷器 代身에 限流型퓨우즈를 使用하면 그림 3의(A)까지 電流가 흘렀을 때 퓨우즈의 可溶體가 溶斷하고야 아크로된 後도 電流는 ③點까지 若干 上昇하지만 그이

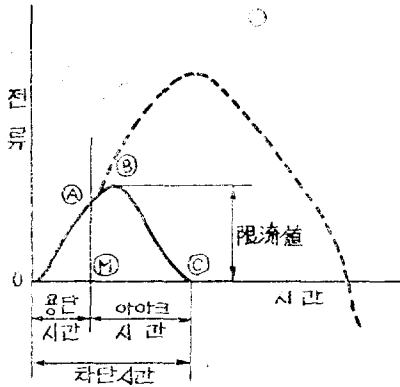


그림 3. 限流퓨우즈의 溶斷原理

後는 電流가 減少하여 0이 되고 아아크는 消滅한다 放置하던 點線으로 表示한 것과 같이 흐르게될 故障電流를 ㉠點의 크기로 制限해 주는 것을 限流라 한다.

이 限流作用때문에 短絡電流가 흐르는 時間은 0-㉠間으로 制限된다. 따라서 母線이나 機器에는 0-㉠-㉡-㉢-㉣-0로 表示되는 範圍에 該當하는 에너지만이 걸리므로 短時間通電容量이 적은 經濟的인 母線이나 機器를 選定할 수 있으며 또한 短絡事故가 일어났을 때도 被害를 받지 않게 된다. 電流-時間特性(溶斷特性)은 電流와 溶斷時間의 關係를 表示한 것으로서, 限流퓨우즈의 特性을 例示하던 表 2와 같다. 그림 4는 限流퓨우즈의 溶斷特性의 一例를 든 것이다.

表 2 限流퓨우즈의 溶斷特性

퓨우즈의 種別 및 特 性	定格의 160%		定格의 200%
	A種	B種	
	定格의 135%	定格의 35~175%間의 記銘值	A 및 B種 定格의 200%
퓨우즈의 定格電流 (A)			
1~30	60分以內		2分 以內
31~60	"		4分 "
61~100	120分 以內		6分 "
101~200	"		8分 "
201~400	"		10分 "
401~600	"		12分 "
601~1000	180分 以內		20分 "

(2) 選線用遮斷器

配線用遮斷器는 開閉機構 및 自動트립裝置를 絕緣物 容器內에 組立한 것으로서, 트립機構는 過負荷保護用으로 熱動式 또는 電磁式 時延트립裝置를 使用한다. 그리

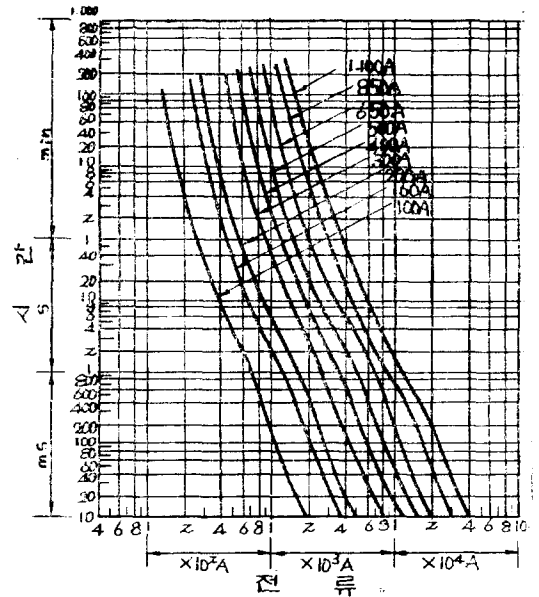


그림 4. 限流퓨우즈의 溶斷特性例

고 短絡保護用으로는 電磁式 트립裝置가 使用되고 있다.

配線用遮斷器에는 一般用配線用遮斷器, 電動機用配線用遮斷器가 있다. 近來에 의서는 設備容量의 大形化 때문에 系統의 短絡容量도 增大하고 있어 設備費의 上昇을 招來하고 있다. 接續電線의 一部를 限流線으로바꿈으로써, 小形이면서 價格이 低廉한 配線用遮斷器와 組合하여 큰 遮斷容量을 갖추도록한 것에 限流線이 달린 配線用 遮斷器가 있다.

① 一般配線用遮斷器는 力率이 1에 가까운 負荷에서 많이 使用되는 關係上 電動機負荷와 같은 큰 起動電流는 흐르지 않는다. 따라서 이 回路의 短絡 및 過負荷保護에 使用하는 配線用遮斷器의 定格電流는 負荷電流에 大略 가까운 것을 使用한다.

② 電動機用配線用遮斷器는 그 回路의 電動機나 電線을 短絡 및 過負荷로부터 保護함과 同時に 電動機의 起動電流에 依해서 動作하지 않는 特性을 갖고 있다. 그림 5는 一般用配線用遮斷器의 動作特性曲線을 그림 6은 電動機用配線用遮斷器의 動作特性曲線을 表示한다.

2-3. 缺相保護

(1) 電流檢出方式에 依한 缺相保護

三相誘導電動機의 缺相은 電源側의 퓨우즈 1相 溶斷일 때 또는 單極斷路器의 誤動作일 때 일어난다. 電流檢出에 依하여 電動機의 缺相燒損保護를 하려면 電動

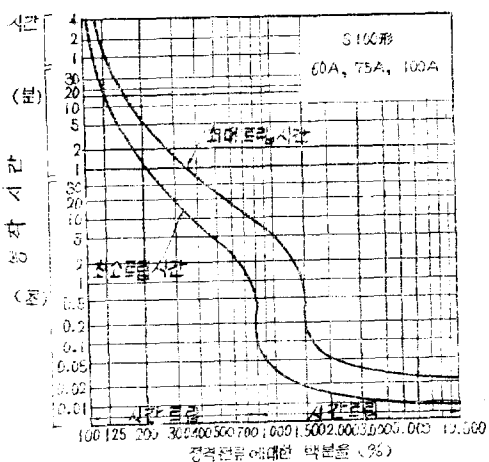


그림 5. 一般用配線用遮斷器의 動作特性曲線

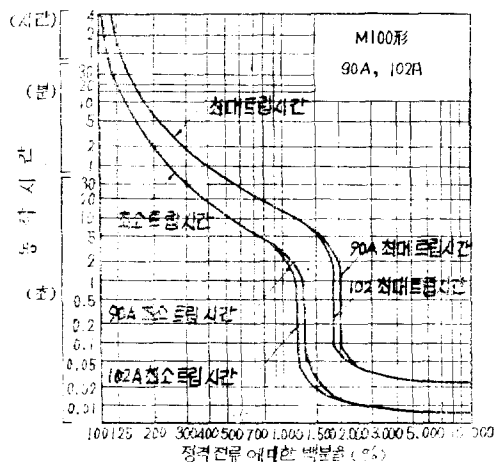


그림 6. 電動機用配線用遮斷器의 動作特性曲線

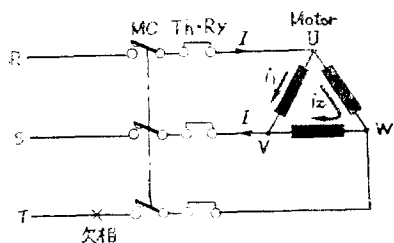


그림 7. △結線固定子の 電動機와 電源과의 接續

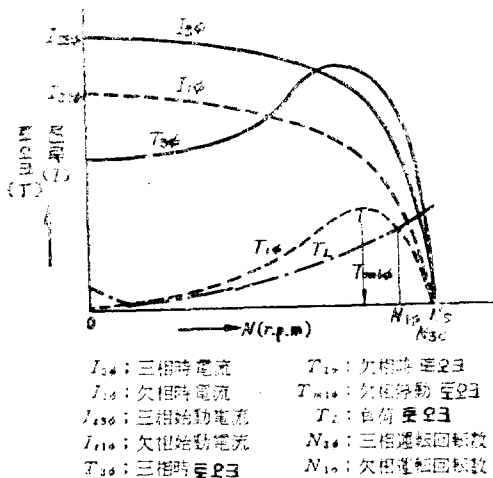


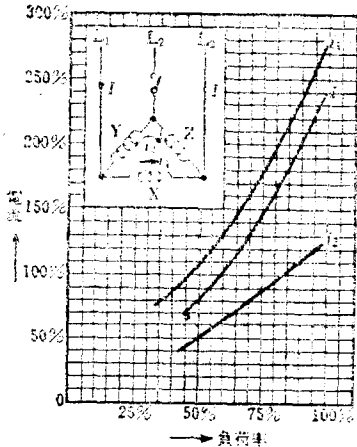
그림 8. 三相時 및 缺相時의 電流 토크-회轉數特性

機를 缺相運轉하였을 때 흐르는 電流와 溫度特性을 基礎로하여 그 保護特性을 決定하여야 한다.

그림 7과같이 固定子가 △結線된 電動機의 缺相燒損 保護를 過負荷, 拘束保護를 目的으로 한 動作特性을 갖 인 熱動繼電器로 하는 경우의 問題點을 살펴보기로 한다. 그림 8은 缺相 및 三相運轉時의 電動機特性을 例示한 것이다. 電源의 T相이 缺相된 狀態에서 電動機를 起動하였다면 電動機는 起動토크를 發生하지 않으므로 加速하지 못하고 停止狀態를 維持한다. 한편 R,S相 에는 이때 三相運轉時 흐르는 起動電流  $I_{3\phi}$ 의 約 80%에 該當하는  $I_{1\phi}$ 인 缺相起動電流가 흐른다. 이 線電流는 電動機卷線에  $i_1 : i_2 \approx 2 : 1$ 의 比로 分流하므로, 이 因하여 各卷線은 過熱되지만 熱動繼電器는 이 線電流를 檢出하여 電動機를 回路로부터 分離하는 指令을 發한다.

電動機를 三相電壓으로 運轉中에 퓨즈의 溶斷 등으로 T相이 缺相하였을 때는 缺相時의 토크  $T_{1\phi}$ 와 負荷토크  $T_L$ 에 따라 電動機는 失速하여 停止하든가 또는 回轉을 維持하는 수가 있다.  $T_L$ 이 缺相時의 最大 토크  $T_{m1\phi}$  보다 큰 경우에는 負荷토크에 의하여 制動이 걸리므로 電動機는 失速하여 停止하게 되고 缺相 始動과 같은 現象이 일어난다.

$T_{m1\phi} > T_L$ 일 때는 缺相時의 電動機토크와 負荷토크가 같은 回轉數  $N_{1\phi}$ 에서 運轉을 繼續한다. 따라서 이때 缺相運轉電流는 一般的으로 三相運轉電流 보다 커진다. 그 一例를 들면 그림 9와 같다. 그림 9는 線電流 및 相電流의 變化를 各各 3相定格電流에 對한 比로



縱軸은 定格電流, 相電流을 각각 100%로 한다

그림 9. 缺相運轉時的 電流變化

表 3. 熱動繼電器의 動作特性規格值

規格	三相動作限界		過負荷時動作 (Hot起動)	拘束時의動作 (Cold起動)
	不動作	動作 (Hot기동)		
JIS (C8325)	100% $I_N$	125% $I_N$	200% $I_N$	500% $I_N$ (45秒以內)
JEM (1095)		(2時間以內)	(4分以內)	600% $I_N$ (2~30秒)
VDE (0660)	105% $I_N$	120% $I_N$	150% $I_N$	600% $I_N$ (2秒以上)
IEC (292-1)		(2時間以內)	(2分以內)	

表示한 것이다. 熱動繼電器의 動作特性은 規格上 表 3과 같이 規定되어 있어 負荷率이 60~65%를 넘으면 熱動繼電器의 動作限界電流值를 超過하므로 缺相檢出이 可能하나 이보다 작은 負荷率로 運轉한다면 熱動繼電器는 缺相檢出이 어렵다. 한편 負荷率이 約 45%以上이 되면 相電流는 定格電流를 超過하고 있으므로 負荷率 45~65% 程度로 運轉되고 있는 電動機는 熱動繼電器로는 缺相運轉過程에서 卷線이 過熱할 危險性이 있다. 이 점을 검토해보면 缺相運轉에서는 그림 9에서와 같이 不平衡電流가 흘러 各卷線은 이 電流로 因하여 過熱된다. 그리고 構造上 各相卷線은 密接하여 配置되어 있는 關係로 卷線間의 熱移動때문에 平均化된다. 그러나 缺相電流는 서로 크기가 같은 正相分과 逆相分 對稱電流로 分解할 수 있어, 正相電流에 依한 發熱모우드는

는 3相運轉일 때와 같으나 逆相電流에 依한 發熱모우드는 回轉子電流의 周波數가  $(2-S) \cdot f$  ( $f$ : 電源周波數  $S$ : 슬립)로 되기때문에 電源周波數의 約 2倍가 되어 特殊籠型構造로 된 中·大容量電動機에서는 回轉子導體의 表皮效果에 依한 損失增加로 固定子卷線의 溫度를 上昇시킨다. 또한 固定子卷線間의 熱平衡의 程度도 電動機容量이 커지면 不均衡하게 될 傾向이 있다. 그림 10은 위에서 다른 것을 各種構造·容量의 電動機에 대해서 缺相運轉時的 線電流를 三相定格電流와 같게 하고 固定子卷線溫度의 最高值를 測定한 것이다. 缺相時的 卷線溫度上昇은 損失이 電流의 2乘에 比例하는 것으로 보고 各相의 卷線溫度가 平均化하여 電動機內의 總損失로 定하여지는 것으로 假定하면 그림 9에서 線電流가 100%일 때 各相電流는  $i_1=125%$ ,  $i_2=60%$  程度이므로 三相定格運轉時의 溫度上昇比는

$$\frac{0.6^2 + 0.6^2 + 1.25^2}{1^2 + 1^2 + 1^2} \approx 0.16$$

이 된다. 이 比는 固定子が 星形結線에서도 같다. 그림 10에서 小容量領域에서는 大略 이 값을 나타내고있

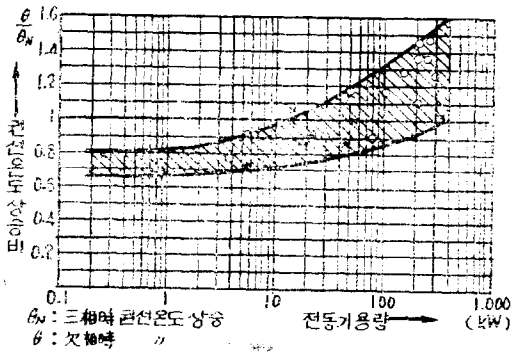


그림 10. 缺相運轉時的 溫度上昇

으나 大容量이 되면 위에서 다른 原因으로 缺相일 때의 溫度上昇은 높아지고 있다. 이로부터 熱動繼電機로 缺相保護를 하려면 缺相時的 動作限界電流를 電動機容量이 커질수록 낮게 잡아야 한다. 熱動繼電器에 依한 缺相燒損保護의 限界容量은 大略 2.2KW 以下로 보고 있으며, 이 보다 큰 容量의 電動機는 3相運轉時보다 낮은 動作限界電流特性을 가지는 保護機器로 保護하여야 한다고 본다.

(2) 缺相保護機能을 갖춘 熱動過負荷繼電器

過負荷 및 缺相을 保護하는 繼電器에는 過負荷 및 缺相의 두 檢出要素를 갖춘 2E 릴레이 있으며, 이것은 다시 電磁誘導型, 熱動型, 靜止型으로 나눌 수 있다. 이중 熱動型과 靜止型이 많이 使用되고 있다.

缺相保護機能을 갖춘 熱動繼電器는 各相마다 히터 및 바이메탈을 各各 具備하고 있으며 過負荷時에는 3 筒의 바이메탈이 同時에 變形을 일으키어 接點을 動作케 한다. 缺相時에는 바이메탈중 1筒의 變形이 작으므로 바이메탈 2筒의 變形差를 機構의 構造로 擴大하여, 過負荷일 때에 比해 작은 變形으로 接點이 動作토록 되어 있다.

그림 11에 依해서 動作의 概略을 살펴보기로 한다.

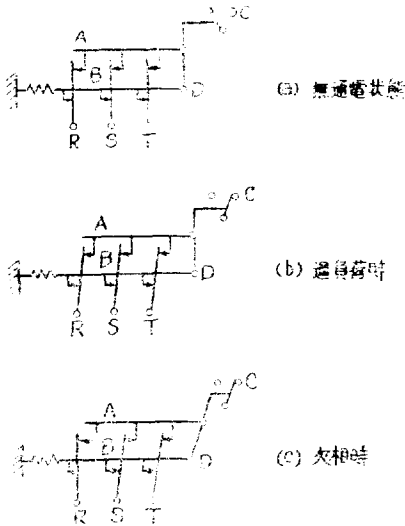
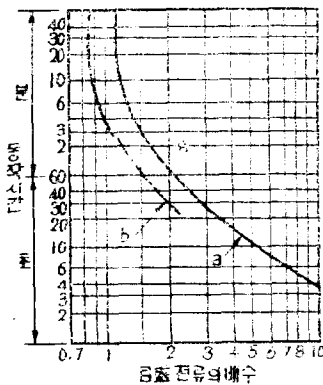


그림 11. 缺相保護를 갖춘 熱動繼電器說明圖



a : 三相運轉에서의 脫磁 특성  
b : 欠相運轉

그림 12. 缺相保護機能을 갖춘 熱動繼電器의 動作特性例  
그림 (a)는 無通電狀態이며, 이때 바이메탈의 變形은 없 고 레버 A와 B는 正常位置에 있어, 接點 C는 動作하

지 않는다. 그림 (b)는 過負荷狀態이고 바이메탈은 모 두 變形한다. 따라서 레버 A와 B는 다 함께 右側으로 移動하여 接點 C를 動作케 한다. 그림 (c)는 R相이 缺相狀態일 때를 表示한 것이고, 레버 B는 R相의 바이메탈이 變形하지 않으므로 正常位置에 있으나, S相, T相의 바이메탈 變形에 依한 레버 A의 變位는 擴大되어 接點 C를 動作케 한다. 即 缺相이 되면 過負荷일 때보다 작은 電流로 繼電器는 動作하게 된다. 그림 12는 缺相保護機能을 갖춘 熱動繼電器의 動作特性의 例를 表示한 것이다.

2-4. 高頻度運轉에 따른 燒損保護

(1) 熱動繼電器에 依한 保護와 그 限界

熱動繼電器는 適用電動機가 一定 負荷에서 連續運轉하고 있는 경우이던 設定電流를 負荷電流와 같도록 整定하여 過負荷, 拘束保護를 한다. 그러나 工作機械驅動用電動機와 같이 始動·停止를 反復하는 高頻度運轉인 경우에는 熱動繼電器의 熱時定數가 電動機의 熱時定數보다 普通은 작기 때문에(電動機의 熱時定數는 數十分, 熱動繼電器의 熱時定數는 數分程度임). 電動機의 溫度는 運轉의 等價實 效電流에 比例하여 上昇하는데 對하여 熱動繼電器의 溫度는 運轉電流의 變化에 追從하여 變化하기 때문에, 負荷電流에 맞추어 整定한 경우는 誤動作하는 수가 있다. 따라서 誤動作을 防止하려면 熱動繼電器의 溫度變化의 最大値는 그 動作限界溫度 以下가 되도록 電流值를 整定하여야 한다.

이 整定電流值는 電動機의 運轉메턴이 周期的이면 計算에 依하여 求할 수 있다. 그러나 運轉메턴이 非周期的이면 熱動繼電器의 適用은 不可能하다. 따라서 다음에 다루는 卷線溫度를 直接 檢出하는 保護方式을 使用하여야 한다. 또한 이 整定電流值가 電動機의 連續定格電流值를 넘는 경우도 完全한 拘束保護는 期待하기 어려우므로 卷線溫度를 直接 檢出하는 保護方式을 使用하여야 한다.

(2) 卷線溫度를 直接 檢出하는 保護方式

이 保護方式은 缺相이나 高頻度運轉에서 오는 燒損에 대한 保護뿐만 아니라 電流緩化로서 나타나지 않는 燒損原因, 例를 들면 周圍溫度의 上昇이나 冷却系統의 故障에서 오는 溫度上昇에 對하여도 保護가 可能하다. 卷線溫度를 直接 檢出하는 感熱素子로서는 熱時定數가 可及的 작은 것이 바람직하며, 從來 使用되어온 바이메탈이나, 서어치 코일 代身에 近來에 와서는 小形이고 또한 높은 溫度應答特性을 갖는 PTC더미스터를 使用한 保護方式이 普及되고 있다.

① PTC 더미스터의 특성과 構造

PTC 더미스터는 치탄酸바리움을 基材로한 半導體感熱素子이며, 큰 正의 抵抗溫度係數를 갖고 있다. 溫度-抵抗特性은 特定溫度(轉移溫度  $T_r$ 라 함) 以下에서는 抵抗値가 거의 變化하지 않으나 이 溫度를 넘으면 微小溫度變化에서도 抵抗値는  $10^2 \sim 10^3$ 倍로 急増하는 性質이 있다. 電動機의 過熱保護用 PTC 더미스터는 電動機의 絕緣種別에 따라 檢出溫度를 달리하므로 轉移溫度를 달리하는 各種이 製作되고 있다. 그 特性例를 紹介하면 그림 13과 같다. 3相電動機의 各相卷線溫度를 檢出하려면 3素子 또는 6素子(極數變換電動機와 같이 各相에 그 卷線이 使用될 때)를 直列 接續

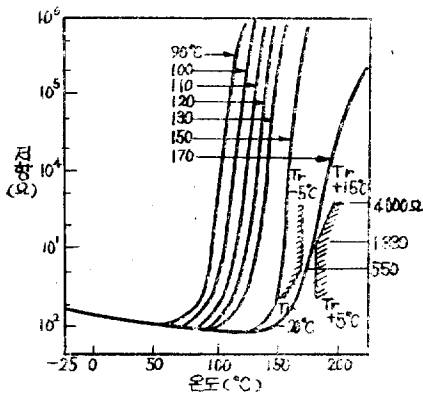


그림 13. 電動機保護用 PTC 더미스터의 特性例

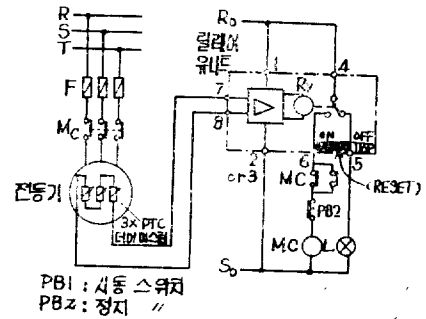
하여 릴레이 유닛트에 接續하였을 때 所定의 動作精度를 維持한다.

② PTC 더미스터에 의한 電動機過熱保護裝置의 構成과 動作

이 裝置는 電動機卷線內에 埋設하여 卷線의 溫度를 抵抗變化로 檢出하는 PTC 더미스터와 그 抵抗値가 一定値를 넘을 때 出力信號를 내는 릴레이 유닛트로서 構成되어 있다. 그 基本接續圖은 그림 14와 같다. 電源이나 PTC 더미스터중 어느 한쪽이라도 斷線하면 出力은 트립狀態이고, 電動機는 始動할 수 없다. 또한 電動機가 過熱하여 트립하였을 때는 事故原因을 체크하고 다시 始動命을 주지 않으면 始動할 수 없는 回路構成으로 되어 있다.

③ PTC 더미스터의 運定과 卷線許容溫度

電動機卷線에 埋設하는 PTC 더미스터의 動作溫度는 卷線의 絕緣種別, 電動機의 構造, 冷却方式, 埋設位置에 따라 定하여지나 普通은 表 4의 값이 推奨되



자동복귀식 조작 스위치를 사용한 접속예

그림 14. PTC 더미스터를 사용한 電動機過熱保護裝置의 基本接續例

表 4. PTC 더미스터의 適用基準

絕緣種別	E	B	F
電動機構造			
全閉型	130°C	140°C	160°C
開放型	120°C	130°C	150°C

表 5. 拘束保護時의 許容溫度

絕緣種別	E	B	F
最大許容溫度	200	210	235

고 있다. 그리고 電動機卷線의 溫度는 릴레이 動作瞬間에 있어 表 5의 許容値를 넘지 않을 것이 保證되고 있다.

④ PTC 더미스터의 埋設

可及의 卷線溫度를 正確히 포착하기 위해서 卷線作業段階에서 固定子卷線內에 埋設함을 原則으로 한다. 埋設位置는 運轉할 때 各相卷線端部의 最高溫度部를 選定한다. 中·小容量機에서는 卷線間에 그베로 埋設하지만 大容量機에서는 卷線成形時의 外力에 의한 더미스터의 破損, 特性變化를 防止하기 위해서 保護管등에 넣어 埋設하는 수가 있다.

2-5. 不足電壓保護

電動機의 不足電壓保護의 目的은 主로 負荷側의 機械 및 操作上의 安全確保에 있으며, 普通은 電源停電時에 電動機回路의 電磁接觸器를 開路하므로써 停電이 回復하였을 때 電動機가 自動的으로 再始動하는 것을 防止하는 形式을 取하고 있다. 여기서 問題가 되는 것은



瞬間적인 電壓降下에 대한 對策이라 瞬間적인 停電이나 電壓降下가 일어났을 때 電磁接觸器의 開路에 의한 電動機의 停止하는 것의 防止 對策으로는

- ① 接觸器를 直流勵磁로 하고 制御電源으로서 蓄電池를 使用한다.
  - ② 콘덴서의 充電負荷에依해서 短時間 接觸器를 保持한다.
  - ③ 再投入回路를 設置하여 瞬時停電일 때는 自動再投入한다.
- 등이 있으나 經濟性 등의 理由에서 ③의 自動再投入方式이 많이 採用되고 있다.

이것은 그림 15와 같이 接觸器制御回路에 再投入繼電器를 插入하여, 停電時에는 接觸器가 한번은 開路되지만, 再投入繼電器의 保持時間(內藏콘덴서의 放電時間)內에 電壓이 回復한 경우에는 繼電器接點 C에依하여 接觸器를 再投入하게 한다. 停電時間이 繼電器保持時間을 넘으면 接點 C는 開路하고, 再投入은 일어나지 않는다.

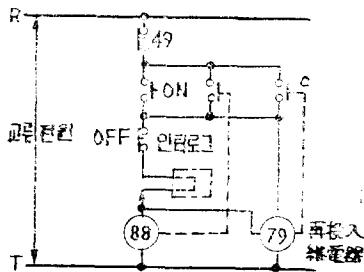


그림 15. 瞬時再始動 시어켄스

①~③ 方法중 어느 것을 採用할지라도 停電이 回復되면 電動機는 일제히 再始動하게 되므로 始動電流에依한 電路의 電壓降下 및 過電流트립에 대하여 일단은 留意할 必要가 있다.

### 3. 各種保護裝置의 選定과 應用

#### 3-1. 保護器適用의 原則

保護器를 適用할 때 考慮되어야 할 一般의 原則을 들어보면 다음과 같다.

- ① 回路는 危險한 過電流에 對하여 保護되어야 한다. 負荷가 가지는 特殊한 過渡特性이나 運轉條件때문에 保護裝置에 特別한 整定이나 要求가 없는 限 保護는 導體의 許容電流, 負荷機器의 定格電流에 따라 하여야 한다. 그리고 短絡強度가 問題되는 大系統이면 電磁的 機械力도 같이 檢討하여야 한다.
- ② 回路는 보다 큰 電流容量을 가지는 回路로부터 給

電되는 地點에서 保護되어야 한다. 給電되고 있는 導體는 電源과 連結되는 地點에서 導體의 크기는 작은 것에서 큰 것으로 변하고 또한 電流容量도 달라지기 때문에 保護할 必要가 있다. 단 上位保護器가 容量이 작은 回路保護를 兼하는 경우는 例外이다.

③ 給配電線 또는 負荷機器마다 保護하여야 한다. 複數의 回路를 一括하여 保護하던 最低故障電流보다 훨씬 큰 整定을 하게 되므로 必要로 하는 保護를 缺하는 수가 있다. 따라서 過電流의 一括 保護는 原則적으로 할 수 없다.

④ 中性相 또는 接地線을 開路하는 保護裝置를 設置하여서 아니된다. 但 모든 回路를 同時에 開路하거나 末端機器保護의 경우는 他機器에의 영향이 없으므로 使用할 수 있다.

#### 3-2. 過負荷保護

##### (1) 熱動繼電器

一般적인 保護에서는 그림 16과 같이 電動機의 熱特性과 熱動繼電器의 動作特性을 중첩시키었을 때 電動機의 始動特性 및 運轉特性이 繼電器의 保護範圍內에

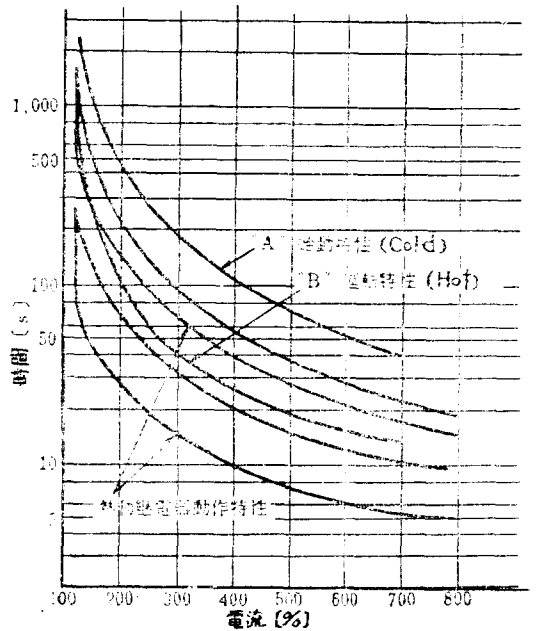


그림 16. 熱動繼電器의 適用例

있으면 된다. 즉 繼電器의 特性線이 電動機의 熱特性曲線의 밑에 오고 또한 交叉하지 않으면 된다. 위 原則에 따라 熱動繼電器의 運定, 整定을 할 때 特別히 注意가 必要한 것은 다음의 경우이다.

① 大形 팬 등을 負荷로하는 始動時間이 긴 電動機에 대해서는 遲動特性的 熱動繼電器를 適用토록 한다.

② 冷凍機用 電動機나 水中 電動機 등 回轉에 따라 흐르는 冷却煤體에 依하여 冷却이 이루어지는 電動機는 拘束狀態가 되던 冷媒의 순환이 減少 또는 멈추는 關係상 冷却性能이 低下하여 溫度가 急上昇한다. 이와같은 電動機의 拘束保護에는 遲動特性的 熱動繼電器를 必要로 한다.

③ 크레인 電動機 등 高頻度 運轉의 電動機는 加減速 過程에서도 損失을 發生하지만 回轉수가 늦는 關係로 充分한 冷却이 않된다. 이와 같은 電動機는 使用條件에 依한 溫度上昇을 算定하여 이에 適合한 整定을 하든가 熱動繼電器以外的 繼電器를 選定한다.

3-3. 短絡保護

(1) 電動機保護用 퓨우즈의 選定  
電動機回路的 短絡保護를 할 때는

- ① 電動機와의 協調
- ② 電磁接觸器의 過負荷範圍와의 協調
- ③ 其他 下位側機器의 過電流耐量과의 協調

등에 對하여 注意하여야 한다.

電動機의 保護는 短絡保護用 限流퓨우즈와 過負荷保護用 電磁開閉器를 組合해서 하고 있는 것이 一般의이다. 퓨우즈의 定格電流의 選定은 다음 基準에 따라 選定한다.

① 電動機의 始動電流는 퓨우즈의 短時間許容電流曲線의 값보다 낮아야 한다.

② 퓨우즈의 遮斷時間-電流特性曲線과 接觸器를 動作케 하는 繼電器動作特性曲線의 交點이 퓨우즈의 最小遮斷電流를 上回하는 퓨우즈이어야 한다.

③ 퓨우즈의 最大遮斷  $I^2t$  및 限流值가 回路, 機器의 短絡強度以下가 되는 定格電流이어야 한다.

그림 17로부터 퓨우즈의 溶斷特性曲線과 熱動繼電器

特性的 交點 X에서 右側으로 가장 가까운 퓨우즈 B를 選定한다. 퓨우즈 A를 選定하던 反復起動을 할 때 熱動繼電器가 動作하여 電磁接觸器로 保護할 수 있는 範圍일지라도 퓨우즈가 溶斷한다. 또 퓨우즈 C는 適用上은 支障이 없으나 不經濟的이다.

(2) 配線用遮斷器

配線用遮斷器를 使用하는 경우는 電動機 및 그 回路의 短絡 및 過負荷로부터 保護할 수 있고, 또한 電動機의 始動電流에 依하여 動作하지 않도록 할 必要가 있다.

適用에 있어 考慮되어야 할 事項을 列舉하면 다음과 같다.

① 一般回路用配線用遮斷器의 適用

一般回路用配線用遮斷器를 適用하는 경우에는 過負荷保護를 할 수 있도록 定格電流를 選定한다면 起動電流가 흐를 때 動作하므로 電動機의 全負荷電流  $I_m$ 의 2倍 以上의 定格電流를 갖는 것을 選定한다. 따라서 過負荷保護는 電磁開閉器에 內藏하고 있는 熱動繼電器로 保護한다. 熱動繼電器의 溶斷, 破損은 그 定格電流의 10倍 前後로 되어 있으므로 電動機全負荷電流의 3~6倍 以下의 電流는 熱動繼電器로 保護하고, 그 以上의 過負荷 및 事故電流는 配線用遮斷器로 保護할 수 있어 이 方式은 完全한 保護協調로 볼 수 있다.

② 電動機用配線用遮斷器를 適用하는 경우

이 경우 電動機用配線用遮斷器는 過負荷保護를 할 수 있는 同時에 電動機의 起動電流에 依하여 動作치 않는 トリップ特性을 갖도록 製作한다. 따라서 電磁開閉器에는 熱動繼電器를 組合할 必要가 없다. 定格電流는 電動機의 全負荷電流와 大略 같도록 選定한다.

③ 電磁トリップ(瞬時)만의 配線用遮斷器를 適用하는 경우

瞬時トリップ要素만을 갖춘 配線用遮斷器를 適用하는 경우를 過負荷保護는 熱動繼電器가 擔當하고 있는 配線用遮斷器는 短絡保護만을 擔當토록 한다. 이때 配線用遮斷器의 瞬時要素電流의 設定은 電動機全負荷電流의 10倍 以上으로 하여야 한다.

電動機의 過渡突入電流는 電壓波形, 磁氣飽和의 영향, 直流分의 含有 등으로 因하여 1/2 사이클以下에서는 10倍를 넘는 수도 있다고 한다. 한편 配線用遮斷器의 瞬時要素는 1/2 사이클에서 動作하므로 電動機의 特性을 充分히 調査하여 設定토록함이 바람직하다.

이때 留意할 點은 電磁接觸器 및 熱動繼電器의 融着 融斷電流는 定格電流의 10倍程度로 보고 있으므로 配線用遮斷器의 設定을 電動機全負荷電流의 13~15倍로 하면 10~15倍까지의 事故電流가 흘렀을 때 保護할 수

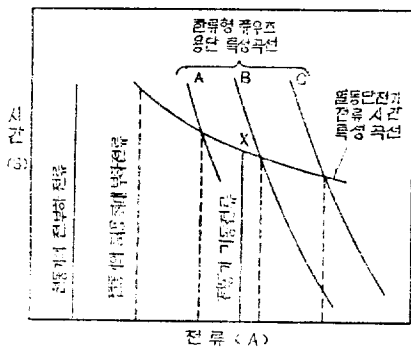


그림 17. 限流퓨우즈保護協調曲線

없는點이다.

即 瞬時要素의 設定을 너무 높게하면 電動機端子 등에서 短絡事故가 發生하면 熱動繼電器의 熔斷, 電磁接觸器의 熔着事故등이 일어나므로 協調에 特別 注意하여야 한다.

#### 4. 保護裝置의 協調

保護目的에 따라 設定된 順序로 保護器가 正常動作 하려면 電流—時間特性을 適切에 整定하여야 하며 一般의 原則은 다음과 같다.

(1) 負荷의 過渡特性을 包含하여 通常電流에서 動作하여서 아니된다. 電動機의 起動電流는 定格電流의 數倍에 到達하지만 곧 正常電流로 되는 過渡的인 것이다. 따라서 이러한 負荷電流를 잘 研究하여 整定하여야 한다.

(2) 直列로 되어 있는 保護器의 時間—電流特性이 중첩한다든지 交叉되는 일이 있어서 아니된다. 다만縱續遮斷方式을 採用하는 경우는 原則적으로 下位保護器를 保護하기 위해서 下位에 있는 保護器遮斷容量의 80% 以下の 電流值에서 可及的 빨리 上位保護器가 遮斷하도록 한다.

#### 5. 결맺음

以上 電動機保護에 關하여 一般적으로 널리 普及되고 있는 保護方式을 主로 說明하였다. 近來에 往서는 特殊負荷의 增大과든지 使用場所의 擴大 등으로 保護方式을 限定하기가 점점 어려워지고 있다. 그러나 本紹介가 保護方式의 理解와 計劃 등에 있어 續者 여러 분에게 多少라도 參考가 된다면 筆者로서는 多幸하게 生覺하는 바이다.

#### 參 考 文 獻

1. 工場配電專門委員會：工場配電 1972. 電氣協會
2. 佐枝史郎·菱沼正勝：電動機保護—ケンス의 働きと續み方電氣計算 Vol. 42, No. 10, 1974. pp. 93~99.
3. 菱沼正勝：缺相と燒損は防げるか電氣計算 Vol. 44 No. 14, pp. 31~35.
4. 倉員伸幸：電動機燒損防止のための保護, 電設工業. Vol. 23, No. 11. 1977. pp. 73~85.

### 當學會와 日本電氣學會와의 相互協約 체결 內容

#### LETTER OF AGREEMENTS

The President of Korean Institute of Electrical Engineers and the President of the Institute of Electrical Engineers of Japan, recognizing the need of mutual exchanges of respective members and technical information between both institutes, have reached the following agreements:

1. Both institutes aforesaid will exchange each other the periodical and non-periodical publications, technical reports or information, etc., issued or collected by the respective institutes.
2. Both institutes aforesaid will prepare and execute appropriate programs for member exchanges, including conference participation, visits to educational or research institutions and industries, etc.
3. One of both institutes aforesaid will, alternately, prepare or sponsor regularly the Korean—Japanes joint conference or meetings on the mutually agreed fields of electrical engineering.

IN WITNESS WHEREOF, the parties hereto have executed this Letter of Agreements the 1 day of September 1978.