

# 電氣設備의 故障診斷

## 13. 遮斷器의 故障診斷要領

### 1. 머리말

遮斷器는 차단하는 電壓과 電流의 크기 및 사용 목적에 따라 여러 가지의 형태가 있는데 接觸子가 움직이는 부분에 넣어져 있으며 接觸子間에 발생하는 아크를 처리한다(消弧作用). 물질, 즉 消弧媒體에 따라 油入遮斷器(OCB), 空氣遮斷器(ABB), 磁氣遮斷器(MBB), 가스遮斷器(GCB), 眞空遮斷器(VCB) 등으로 분류되는데 여기서는 오래전부터 일반적으로 사용되고 있는 OCB, ABB, MBB의 고장진단을 목적으로 한 현장에서의 점검, 보수에 대하여 설명하기로 한다.

### 2. 遮斷器의 구조

#### (1) 油入遮斷器

유입차단기는 電路의 遮斷이 절연유속에서 실시되며 開路 후의 兩電極間의 절연은 절연유에 의하여, 大地에 대한 절연은 支持絶緣率, 絶緣油에 의하여 유지된다. 유입차단기에는 탱크形과 碍子形의 系列이 있다.

#### (2) 空氣遮斷器

공기차단기는 電路遮斷時에 축적된 압축공기를 접촉자가 開離될 때 발생하는 아크에 작용시켜 電力의 차단을 하는 것으로 開路 후의 極間絶緣은 主遮斷部 자체에 의한 것과 별도의 직렬

단로부에 의한 것이 있고 大地에 대한 절연은 지지절연물, 압축공기 등에 의하여 유지된다. 그림 1에 空氣遮斷器의 斷面說明圖를 들었다.

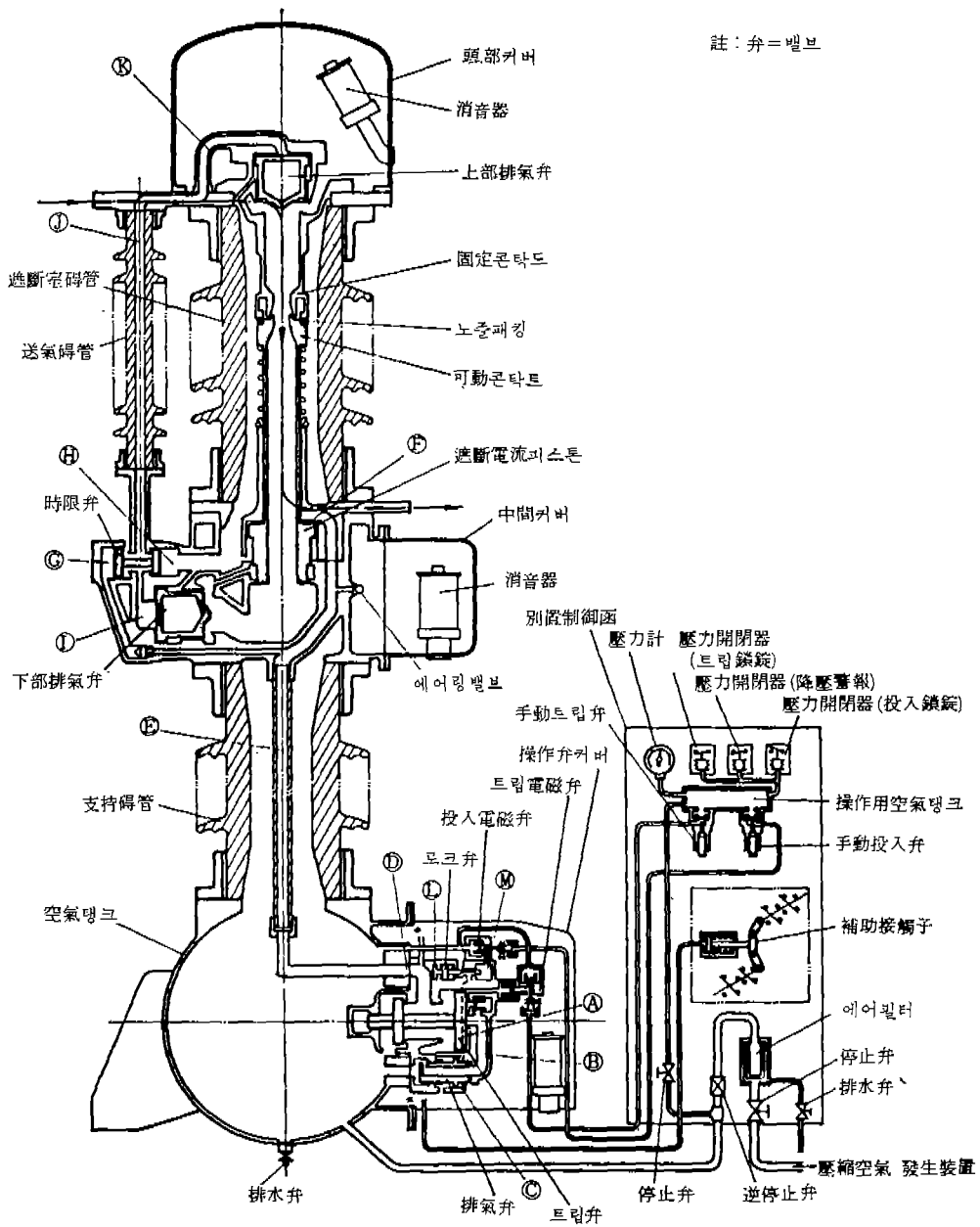
#### (3) 磁氣遮斷器

磁氣遮斷器는 電路遮斷時에 차단전류에 의한 자계를 접촉자가 開離할 때 발생하는 아크에 작용시켜 아크를 아크슈트와 같은 소호장치내에 구동시켜 차단하는 것으로 大地에 대한 절연은 지지절연물에 의하여 유지된다. 그림 8에 磁氣遮斷器의 설명도를 들었다.

### 3. 遮斷器의 보수

차단기는 점검, 보수에 의하여 성능의 유지를 도모하는 동시에 불량한 장소를 조기에 발견하여 사고를 미연에 방지하고 있다. 점검, 보수에 있어서는 遮斷器의 구조 및 성능을 숙지하는 동시에 그 차단기에 적절한 보수방법을 파악하여 구체적인 계획에 의거하여 완전한 점검, 보수를 해야 된다. 또한 불량한 장소를 발견한 경우, 또는 사고가 발생했을 때에는 그 원인을 충분히 검토하여 적극적으로 차단기의 개량과 성능의 유지를 도모해야 된다.

구체적인 방법으로서 遮斷器의 擘圖설명서, 調整法, 시험기록 등을 정비하여 각 차단기마다 경력표를 만들고 점검, 수리한 요점, 및 고장의



<그림 1> 空氣遮斷器 설명도

상황 등을 거기에 기입해 놓고 그 차단기의 보수 및 개량의 재료로 삼아야 된다.

遮斷器의 보수는 일반적으로 巡時點檢, 定期點檢(보통, 세밀) 임시점검으로 분류된다.

(a) 巡視點檢 차단기를 사용상태에서 외부

에서의 이상 유무를 감시한다.

(b) 普通點檢 차단기의 운전을 정지시켜 機能의 확인과 유지를 목적으로 하여 주로 외부에서 실시하는 점검, 보수

(c) 細密點檢 차단기의 운전을 정지하고

<표 1> 遮斷器의 고장발생장소와 發見動機

| 機種<br>故障場所<br>發見動機 | OCB |     |     |      |    | ICB   |     |    |    |      | ABB |     |     |    |    | MBB  |    |     |     |    |    |      |    |     |
|--------------------|-----|-----|-----|------|----|-------|-----|----|----|------|-----|-----|-----|----|----|------|----|-----|-----|----|----|------|----|-----|
|                    | 遮斷部 | 外部  | 부싱  | 操作機構 | 기타 | 計     | 遮斷部 | 外部 | 碍管 | 操作機構 | 기타  | 計   | 遮斷部 | 外部 | 碍管 | 操作機構 | 기타 | 計   | 遮斷部 | 外部 | 부싱 | 操作機構 | 기타 | 計   |
| 巡視・監視              | 26  | 62  | 86  | 92   | 26 | 292   | 4   | 15 | 15 | 8    | 8   | 50  | 17  | 3  | 14 | 123  | 5  | 162 | 9   | 0  | 6  | 8    | 1  | 24  |
| 點檢                 | 197 | 33  | 47  | 202  | 27 | 506   | 35  | 17 | 5  | 42   | 1   | 100 | 57  | 5  | 15 | 78   | 1  | 156 | 42  | 1  | 1  | 45   | 3  | 92  |
| 操作                 | 9   | 7   | 2   | 283  | 8  | 309   | 5   | 1  | 1  | 81   | 3   | 91  | 12  | 0  | 1  | 54   | 0  | 67  | 3   | 2  | 1  | 35   | 1  | 42  |
| 릴레이動作              | 18  | 7   | 22  | 80   | 27 | 154   | 0   | 0  | 0  | 16   | 0   | 16  | 2   | 0  | 8  | 8    | 2  | 20  | 4   | 0  | 0  | 16   | 2  | 22  |
| 기타                 | 7   | 4   | 6   | 24   | 4  | 45    | 1   | 0  | 2  | 2    | 2   | 7   | 5   | 1  | 1  | 18   | 1  | 26  | 0   | 0  | 0  | 5    | 1  | 6   |
| 계                  | 257 | 113 | 163 | 681  | 92 | 1,306 | 45  | 33 | 23 | 149  | 14  | 264 | 93  | 9  | 39 | 281  | 9  | 431 | 58  | 3  | 8  | 109  | 8  | 186 |

機能의 확인과 회복을 목적으로 주로 분해하여 실시하는 점검, 보수로서 동시에 기준에 의거한 部品の 교환을 한다.

(d) 臨時點檢 차단전류를 規定回數 차단하거나 부하전류를 規定回數 개폐하거나 기타 이상이 발견되었을 때에 임시로 점검, 보수한다.

#### 4. 遮斷器의 故障傾向

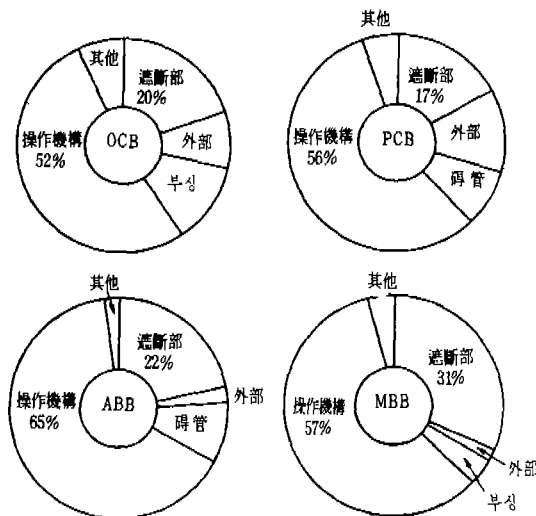
표 1은 3년에 걸쳐 조사한 차단기의 고장을 機種別 고장 장소별, 발견 동기별로 집계한 것이다. 그림 2에 機種別로 고장장소의 비율을 들었고 그림 3에 발견동기의 비율을 그래프로 들

었다. 차단기의 機種別 고장경향은 다음과 같다.

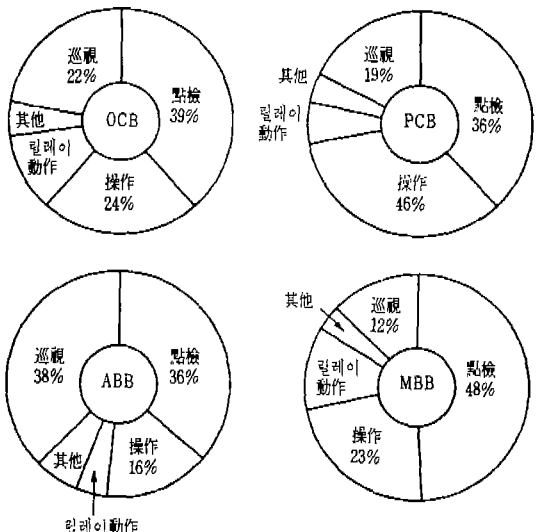
(a) 탱크形 油入遮斷器 탱크형 유입차단기는 그 設備臺數가 가장 많으며 歷史的 배경상으로도 그 적용범위, 메이커數, 多岐에 걸쳐 있는 機種 등 매우 폭 넓게 제작되고 있는 차단기이다. 즉 차단기를 대표하는 機種이며 고장현상은 다른 차단기와 공통적인 면이 매우 많다.

故障場所는 조작기구가 압도적으로 많으며 다음으로는 차단부가 있고 있다.

조작기구의 고장을 가장 많이 발견하고 있는 것은 “操作”이며 다음이 “點檢”으로 되어 있다.



<그림 2> 故障의 발견장소



<그림 3> 故障의 發見動機

차단부의 고장을 가장 많이 발견한 것은 “點檢”이다.

“巡視”, “監視”에 의하여 발견되는 주요 고장 장소는 外部, 부상, 碍管 및 造作機構이다.

“操作”에 의하여 발견되는 주요 고장장소는 조작 기구이다.

(b) 碍子形 油入遮斷器 거의 탱크형 油入遮斷器와 같은 경향을 가지고 있으며 漏油 및 投入不良이 가장 많이 조작기구에 집중되고 있다. 발견동기 중 “操作”에 의하여 발견되는 고장건수가 탱크形 油入遮斷器와 비교할 때 상당히 많다는 것과 巡視, “監視”에서 조작기구의 발견이 매우 적다는 것이 다르다.

(c) 空氣遮斷器 消弧媒質 및 조작기구에 압축 공기를 사용하고 있으므로 고장에서는 漏氣가 많고 조작기구의 동작 불량률이 이를 갖고 있다.

고장장소는 조작기구가 압도적으로 많고 이어 遮斷部이다. 이 경향은 油入遮斷器와 마찬가지로 지인데 조작기구의 고장을 가장 많이 발견한 것은 “순시, 감시”라는 것이 다른 機種과는 다르다. 이어 “점검”인데 이것은 漏氣가 고장의 대부분을 점하고 있다는데 기인된다.

차단기의 고장을 가장 많이 발견한 것은 “點檢”이다.

발견동기의 관점에서 보면 “점검”에 의하여 발견되는 주요 고장장소는 조작기구 및 차단부이다.

“巡視, 監視”에 의하여 발견되는 주요 고장장소는 조작기구이다.

(d) 磁氣遮斷器 기름이 없는 交流遮斷器로서 보급되고 있으며 火災의 염려가 적고 보수, 점검이 용이하며 油入차단기에 비하여 점검주기를 길게 할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

고장 장소는 조작기구와 遮斷器가 많은 것은 다른 機種과 마찬가지로이다.

조작기구의 발견동기는 “點檢”이 많고 다음은 “操作”으로 되어 있다.

차단부의 발견동기는 “點檢”이 가장 많다.

## 5. 日常點檢의 포인트

차단기는 운전중의 순시점검이나 정기적으로 실시되는 점검, 보수중에 고장이 발견되는 경우가 많은 것은 그림 3에서와 같이 명백하다. 특히 눈점검에 의한 일상점검에는 세심한 주의를 한다.

### (1) 外部點檢

순시점검 및 운전감시를 할 때에는 다음 사항을 체크한다.

(a) 碍子類 오손, 冠雪의 상태를 조사한다. 오손에 의한 코로나의 발생, 플래시오우버 사고는 이슬비, 濃霧, 눈이 녹을 때에 많으므로 주의할 요한다. 파손, 균열이 발견되는 경우에는 손상의 정도를 조사하고 계속 사용의 可否를 결정한다.

(b) 接觸部 이상과열의 유무를 조사한다. 이상과열인 경우에는 변색 또는 異臭를 발생하는 경우가 많다.

(c) 開閉表示燈 電球의 斷線, 表示燈 글라스의 破損에 주의한다.

(d) 油面計 유면의 위치, 기름의 색을 본다. 유면의 위치가 정표포시보다 현저하게 낮을 때에는 停電하고 기름을 보충한다. 기름의 색이 현저하게 黒化 또는 변색되어 있을 때에는 細密點檢을 한다.

(e) 壓力計 압력계의 지시는 소정의 값을 표시하고 있는지, 不良한 경우에는 원인이 減壓 弁에 있는지 압력계에 있는지 조사한다.

(f) 操作器函 雨水의 浸入 유무, 진애의 부착상태, 코일의 發熱 등의 이상 유무를 조사한다.

(g) 油漏洩 표 2에 흔히 누설이 되는 장소와 원인을 들었다.

(h) 空氣漏洩 표 3에 흔히 누설이 되는 장소와 원인을 들었다.

### (2) 破 損

차단기의 구성부품은 재질, 강도면에서 충분

<표 2> 漏油發生場所와 原因

| 發 生 場 所        | 推 定 要 因                            |
|----------------|------------------------------------|
| 油入탱크 용접부       | 용접부의 핀 홀홀 등 미소한 결함에서 장시간 경과 후에 발생  |
| 配管, 커플링, 시일摺動部 | 작업불비, 진동, 패킹의 열화                   |
| 밸브類의 접속부, 밸브자리 | 나사, 플랜지의 시일 불충분 손상, 마모, 異物의 침입     |
| 油 面 計          | 패킹의 經年劣化, 글라스類의 耐候性 不足             |
| 油탱크의 맨홀올부      | 패킹의 經年劣化                           |
| 플랜지部           | 패킹의 劣化, 애자의 파손, 시멘팅部의 클래크          |
| 오일대시모트         | 經年的 마모에 의한 클리어랜스의 증대<br>油切 構造物의 파손 |

<표 3> 漏氣發生場所와 原因

| 發 生 場 所        | 推 定 要 因                  |
|----------------|--------------------------|
| 밸브類의 접속부, 밸브자리 | 나사 시일部的 시일 不充分, 패킹의 經年劣化 |
| 플랜지面           | 패킹劣化                     |
| 逆止 밸브, 電磁 밸브   | 밸브자리의 劣化, 드레인에 의한 固澱     |
| 空氣配管 커플링       | 작업불비, 端面變形, 진동에 의한 이완    |
| 配 管 類          | 쇠임 부족, 진동에 의한 이완         |

히 검토된 후에 실용되고 있는 것이며 통상 그 파손은 생각할 수 없는데 經年劣化, 재질의 불균일, 제조관리상의 문제로 간혹 파손에 이르는 것이 있다. 눈으로 체크가 가능한 것을 들면 다음과 같다.

- (i) 기계부의 핀, 割핀, 止論 등의 절손, 탈락
- (ii) 각종 스프링의 變形 절손
- (iii) 碍管類의 파손, 균열발생
- (iv) 보조 개폐기의 절연물이나 구성부품의 클래크의 파손
- (v) 링크 기구의 레버, 링크類의 變形 파손
- (vi) 鑄鍛造品의 클래크 발생, 파손

- (vii) 弁 및 弁 시트面의 變形 클래크 발생
- (viii) 차단부의 절연물 구성품의 파손, 절연 길트의 절손
- (ix) 消弧室, 콘덕트의 클래크 발생, 파손

### 6. 定期點檢, 보수

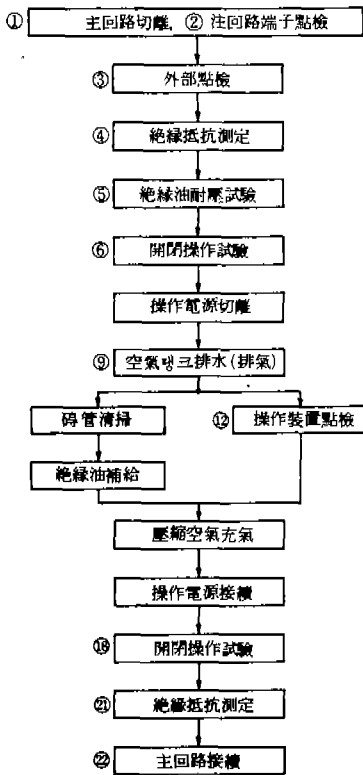
遮斷器의 보통점검, 세밀점검 등의 정기점검과 보수는 차단기의 고장을 발견하는 절호의 기회라는 것은 그림 3에서도 알 수 있다.

定期點檢은 차단기를 정지하고 실시하는 점검이므로 특히 안전면에 주의하여 작업할 필요가 있다. 그림 4에 공기조작성 油入遮斷器의 보

<표 4> 油入遮斷器의 보수, 점검작업 管理基準

| No. | 作 業 名         | 作 業 內 容                    | 管 理 基 準                                    | 使用器材 |
|-----|---------------|----------------------------|--|------|
| 1   | 主 回 路 切 離     | 차단기물 주회로에서 切離하여 양쪽끝을 접지한다. |  |      |
| 2   | 主 回 路 端 子 點 檢 | 主回路端子的 點檢                  | (1) 부식, 균열 등 외관에 이상이 없을 것<br>(2) 단자쇠임상태 확인 |      |





<그림 4>

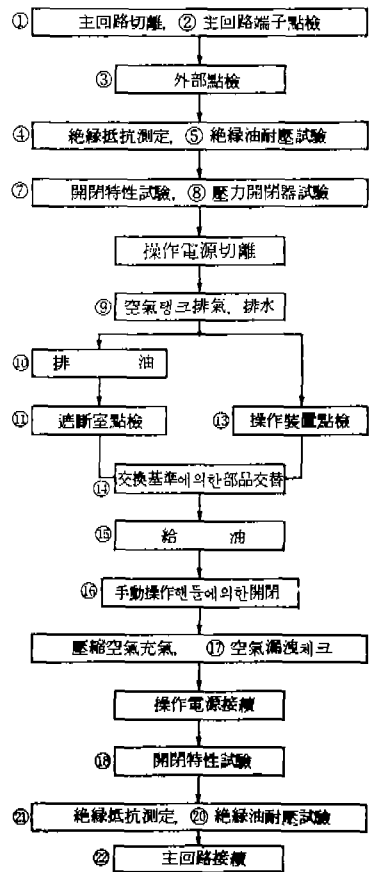
통점점 작업순서를 들었고 그림 5에 세밀점점 작업순서의 예를 들었다. 표 4는 보수, 점점의 작업관리기준이다.

“操作”時에 발견되는 동작불량의 원인추구 작업도 대부분은 이 세밀점점 작업순서에 따라 조작장치점점, 개폐특성시험을 主體로 추진하면 된다.

또한 장기간에 걸쳐 사용되고 있는 遮斷器에 대해서는 그 수명을 감안하여 정기점점에 특별한 배려가 필요하다. 일반적으로 차단기의 壽命은 定期補修를 하면서 20년 정도가 기준으로 되어 있다.

## 7. 動作不良

차단기는 구조상 機械連結系가 많고 조작기구도 비교적 큰 구동력과 스트로크를 필요로 하는 것이 많다. 또한 電氣的, 機械的 트립 자유



<그림 5>

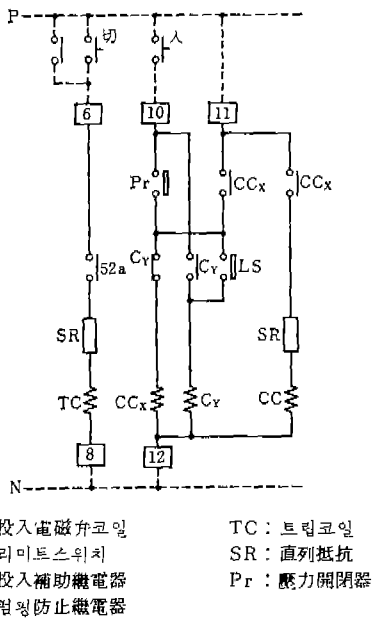
기구의 방식에 따라 구조가 복잡하게 되어 있다.

차단기의 고장은 그림 2와 같이 그 대부분이 조작기구에 집중되어 있으며 그 주요한 것이 動作不良이다. 동작불량에는 投入不能, 欠相投入, 開放不能, 欠相開放, 開閉不良 등의 고장양상이 있다.

### (1) 投入不動作

투입지령을 부여해도 전혀 동작하지 않는 경우가 있다. 이것은 그림 6과 같은 조작회로의 고장의 경우가 많다. 그 원인으로서 표 5와 같은 것을 들 수 있다.

### (2) 投入不良



<그림 6> 공기조작장치 結線圖

CC : 投入電磁弁코일  
 LS : 리미트스위치  
 CCx : 投入補助繼電器  
 Cr : 饋電防止繼電器  
 TC : 트립코일  
 SR : 直列抵抗  
 Pr : 壓力開閉器

<표 5> 遮斷器 不動作의 原因

| 체크장소                    | 推定要因                    |
|-------------------------|-------------------------|
| 壓力開閉器                   | 整定不良으로 인한 접점개, 접점의 접촉불량 |
| 補助開閉器<br>리미트스위치<br>릴레이類 | 접점의 접촉불량, 동작불량          |
| 코일類                     | 斷線 또는 연속여자에 의한 소손       |
| 制御回路配線端子                | 配線연결단자의 이완              |

차단기가 투입동작을 해도 완전히 투입동작을 완료하지 않고 투입동작의 중간위치에 정지하든지 차단위치로 돌아오는 不完全動作을 하는 경우가 있다. 그 원인으로는 표 6 과 같은 것이 있다.

(3) 開放不能

트립 지령을 부여해도 전혀 동작하지 않는 경우가 있다. 이것은 그림 6 과 같은 조작회로의 고장으로 인한 것이거나 표 7 의 원인에 의한 것이다. 조작회로에 대해서는 投入不良과 마찬가지로

지로 표 5 에 의거하여 체크한다.

(4) 開閉特性試驗

개폐특성시험은 차단기의 세밀점검시에 점검까지의 기간 또는 점검작업의 전후에 특성에 변화가 없는지 비교, 검토하기 위한 것이다.

따라서 動作不良의 원인 규명을 할 때 이것을 실시하면 보다 효과적이다. 특성의 변화에는 여러가지 요인이 관련되어 명확히 말할 수는 없는데 주요 推定要因에 대하여 설명하기로 한다.

(a) 投入時間 可動部の 기동까지 시간이 걸리는 것은 전기적 또는 공기적인 제어계의 불량, 可動時間이 긴 것은 운동계의 마찰에 의한 負荷增加.

(b) 開極時間 개극시간이 연장되는 것은 트립 機構係合部の 마모, 변형에 의한 動作力의

<표 6> 遮斷器 投入不能의 原因

| 체크장소    | 推定要因  |
|---------|---|
| 트립機構係合部 | 고속동작이기 때문에 微小係合部の 조정을 함으로써 슬립이나 마모변형에 의하여 係合이 不安定해 진다. 또한 投入時의 진동에 의한 슬립이나 이완 |
| 링크機構    | 각 부품의 發錆, 진애로 인한 기구의 固澁, 多數回 조작으로 인한 變形, 마모                                   |
| 投入機構    | 실린더, 피스톤, 피스톤링 등 습동면의 상저나 發錆에 의한 固澁   |
| 空氣操作系   | 電磁弁, 제어弁 등 공기공급 루우드에서 弁, 弁座의 劣化, 材質劣化에 따른 동작불량, 피스톤類의 固澁                      |
| 電氣操作系   | 投入 마그네트의 軟鍊적과 가이드의 固澁   |
| 緩衝裝置    | 오일메시포트의 과킹의 劣化, 緩衝材(고무 등)의 劣化   |

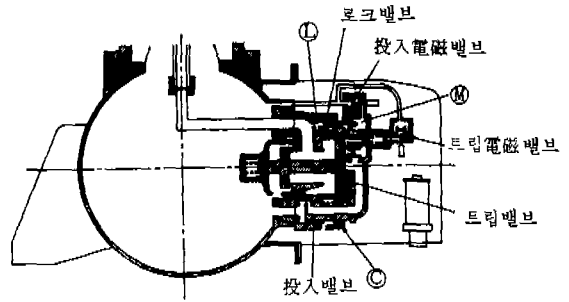
<표 7> 遮斷器 開放不能의 原因

| 체크장소    | 推定要因  |
|---------|---|
| 트립機構係合部 | 고속동작이므로 미세계합부의 조정을 함으로써 經年變化로 인한 마모, 변형때문에 係合部의 동작력이 증대된다. 또한 장시간 不動作으로 인한 係合部의 發錆이나 固澁 |
| 遮斷스프링   | 스프링類의 變形, 折損 등  |
| 링크機構    | 링크機構의 변형, 연결핀의 發錆, 破損   |



<표 8> ABB의 空氣漏洩 原因

| 체크 장소          | 推 定 要 因                                  |
|----------------|--|
| 碍子端面           | 패킹의 劣化                                   |
| 플랜지面           | 패킹의 劣化                                   |
| 常時加壓되는 피스톤 실린더 | 摺動面の 클리어런스 증대                            |
| 고속동작하는 접촉부 鑄造品 | 실, 패킹類의 손상<br>채질 또는 加工不良으로 인한 巢, 수염, 클래크 |



<그림 7> 空氣遮斷器 조작번

증가, 가동시간이 연장되는 것은 스프링이나 링크 기구의 변형.

(c) 最低動作壓力, 電壓 측정치가 높은 것은 可動部에 마찰에 의한 부하가 증가되었거나 제어변류에 누설이 있기 때문이다.

(d) 空氣消費量測定 소비량이 많으면 可動系에 변화가 있는지 辯類에 누설이 있기 때문이다.

### 8. 空氣遮斷器의 故障

공기차단기가 일반적인 차단기와 다른 것은 공기 누설이 많고 이와 관련된 동작불량이 많다는 점이다.

#### (1) 空氣漏洩

공기차단기의 조작기구 및 消弧媒體가 압축공기를 사용하고 있기 때문에 空氣系가 많다는 것이 본질적으로 공기누설이 많게 되어 있다. 공기누설의 원인으로서는 표 8 과 같은 요인을 들 수 있다.

#### (2) 動作不良

공기차단기의 특징으로서는 可動部分의 직접

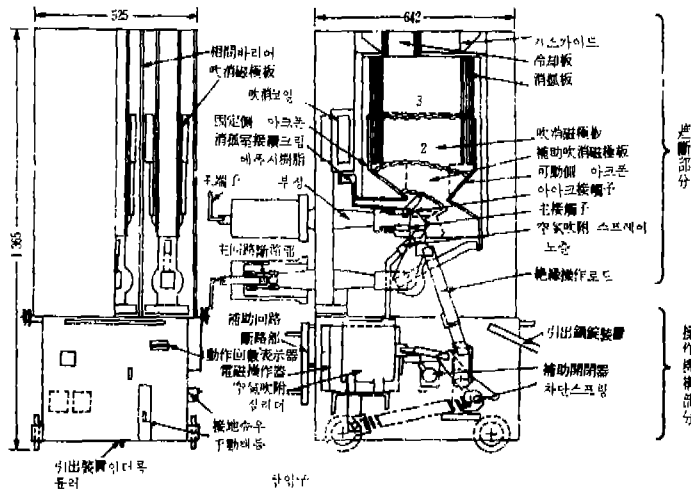
<표 9> ABB의 動作不良 原因

| 체크 장소 | 推 定 要 因   |
|-------|---|
| 制御밸브  | 摺動 실 부분의 傷痕에 의한 氣密不良으로 인한 操動作                       |
| 밸브 體  | 패킹類의 經年劣化에 의한 動作不良 空氣系에의 異物混入에 의한 습동부의 침입으로 인한 동작불량 |
| 小形밸브類 | 드레인에 의한 固澁  |
| 配 管   | 이완에 의한 制御空氣 누설                                      |
| 防濕히터  | 제어불량으로 인한 結露, 發錆                                    |

공기조작방법을 들 수 있다. 동작불량은 공기누설과 밀접한 관계가 있으며 空氣系의 氣密不良, 潤滑不良, 固澁, 드레인 등이 원인이 된다.

공기차단기는 투입 또는 개방의 電氣的 指令을 압축공기 에너지로 전달하기 때문에 다른 차단기에 비하여 弁, 피스톤 등이 많이 사용되고 있다. 그림 7은 공기차단기의 操作弁의 일레이다. 大小 다수의 辯으로 동작이 제어되므로 辯의 불량에 동작불량의 원인이 되는 경우가 많다. 표 9에 공기차단기의 동작불량의 원인을 들었다.

電氣安全은 정리·정돈부터



<그림 8> 磁氣遮斷器 설명도

<표 10> 磁氣遮斷器의 故障과 原因

| 故障의 양상 | 체크 장소 | 推定 要因  |
|--------|-------|--|
| 動作不良   | 操作裝置  | 引出形에 있어서는 충분한 互換性이 없는 경우 베이스의 不良이나 프레임 치수 오차 등이 조작장치의 係合部에 미치는 變位, 비틀림 등에 기인 |
| 絶緣低下   | 절연물   | 經年變化, 습도, 진에부착, 상처 등으로 인한 흡습   |
| 過熱     | 고압접속부 | 개회회수의 증가에 따른 접속부의 마모에 의하여 접촉력이 부족해져 접촉불량에서 과열                                |
| 接觸不良   | 저압제어부 | 接觸部の 發錆, 나사의 이완, 스프링 등의 변형에 기인   |
| 破損     | 절연물   | 기계적 강도가 낮은 절연물에 外力가 加해져 변형에 기인   |
|        | 차단기   | 多數回 차단에 따라 消弧室, 콘택트의 소모, 클라크 피손 등 수명한계에 도달했다.                                |

### 9. 磁氣遮斷器

자기차단기는 일반적인 차단기와 마찬가지로 고장이 조작기구에 집중되고 있는 것은 그림 2에서와 같이 명백하다. 이것은 자기차단기(그림 8)와 油入遮斷器가 구조적으로 유사한 것이 많기 때문이며 동작불량에 대해서는 일반차단기

를 참조하기로 하고 자기차단기 고유의 고장과 원인을 표 10에 들었다.

磁氣遮斷器는 큐비클에 수납하여 사용되는 경우가 많으므로 설치에 주의하는 동시에 高濕時에는 히터를 설비하는 등 운영면의 주의가 필요하다.

### 10. 맺음말

오래전부터 사용되고 있는 OCB, ABB, MBB의 고장의 양상과 그 추정원인에 대하여 일반적으로 공통적인 것의 개략을 해설했는데 차단기는 매우 종류가 많고 遮斷器 固有의 機構도 있으므로 개별적인 고장의 원인, 처치, 수리에 대해서는 그 遮斷器의 구조, 특성을 숙지한 후에 검토해야 된다.

또한 여기서 해설한 차단기는 사용실적이 많으므로 과거의 故障例도 풍부하다. 차단기는 여러 가지 공학의 集積으로 고장해석도 多岐에 걸친 지식을 필요로 하므로 구체적인 고장의 해석은 무엇과도 바꿀 수 없는 노하우이다. 그 자료의 정리, 해석은 메이커에서 적극적으로 연구되고 있으므로 그 전문가의 의견을 듣도록 한다.

☛ 다음 호에 계속