

技術이 革新되는 “遮斷器”

— 眞空遮斷器, 가스遮斷器의 動向 —

약 100년 전에 현재의 油入遮斷器의 原形이 實用化된 이래로 空氣遮斷器, 磁氣遮斷器, SF₆ 가스遮斷器, 眞空遮斷器 등 차례로 새로운 機種이 개발되고 있으며 重電機器로서는 차단기가 가장 변천이 심한 것의 하나라고 할 수 있다. 각 기종의 遮斷性能의 개량도 있었고 기술혁신이 격심한 機種이다.

최근 10년간의 기술혁신은 '이전보다도 더 급격했으며 특히 파퍼식 SF₆ 가스遮斷器(GCB) 및 眞空遮斷器(VCB)의 발달은 눈부신 바가 있다. GCB는 1970년대초에 72KV급으로 개발되었는데 오늘날에 와서는 300KV도 개발되고 있다. VCB도 近年에 眞空技術의 발달과 함께 급속히 발달해왔는데 최근에는 200KA 차단도 가능해지는 동시에 電壓적으로는 1點으로 84KV~120KV도 개발되고 있다. 더구나 GCB는 우수한 高電壓特性에 의하여 高壓遮斷器의 주류가 되고 있다. 또한 VCB는 小形輕量이라는 것과 아크損失이 적고 多數回遮斷이 가능하다는 등의 우수한 특성 때문에 中低壓遮斷器의 主流가 되어가고 있다. 따라서 이 2機種의 차단기의 동향은 차단기 전체의 동향을 아는데 중요하므로 다음에 설명한다.

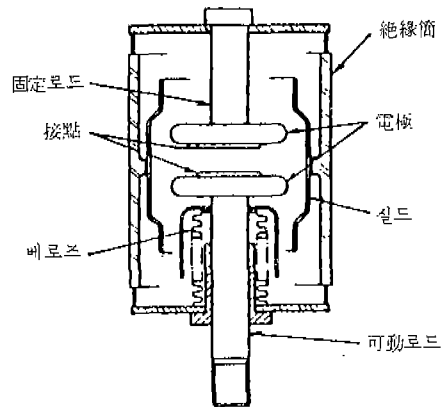
1. 眞空遮斷器

(1) 遮斷技術의 動向

VCB밸브의 내부는 그림 1과 같은 비교적 단순한 구조로 약 10⁻⁷Torr의 眞空絶緣容器 속에 한쌍의 접점을 보유한 것이다. 接點 開離 후에는 접점간에 급속증기 아크를 발생한다. 電流 제로點에서 金屬蒸氣의 발생이 정지되고 더구나 갭간의 증기는 擴散되어 가기 때문에 원래의 진공상태가 회복되어 차단이 된다. 차단성능은 아크特性에 의하여 좌우되는 수가 많고 이 특성을 좌우하는 接點材料 및 電極構造의 연구가 주로 실시되어 왔다.

(1) 電極構造

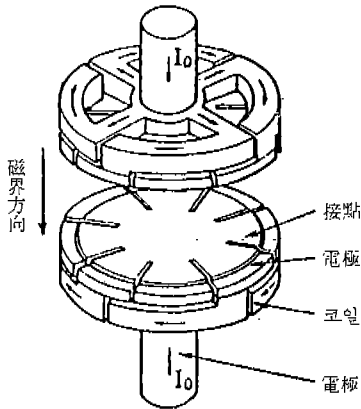
眞空아크는 약 7KA 이하에서는 陰極點이 電極面上에 分散되어 있다. 이른바 擴散모드가 되는데 電流가 커짐에 따라 이른바 集中모드로 移行하여 陽極點이 발생하여 밝은 아크柱가 구성된다. 集中모



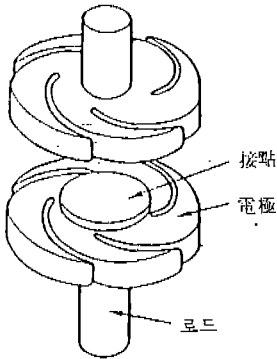
〈그림-1〉 眞空遮斷器의 構造

드에서는 접점의 용융이 심해지므로 電流 제로 후에도 金屬蒸氣의 방출이 용이하게 발생하며 절연의 회복이 지연된다. 이것을 방지하기 위해 여러가지의 電極構造가 연구되었는데 크게는 두가지 방식으로 분류된다.

그 하나는 그림 2와 같은 縱磁界形 電極이다. 이 방식은 점점의 배후에 코일을 넣고 아크電流 자체를 코일에 흘러 아크와 병행의 磁界를 電極 表面에 발생시킨다. 이 磁力線의 틀레에 아크플라즈마가 포착되기 때문에 大電流領域에서도 擴散모드 狀態를 유지할 수 있다. 이 방식은 구조가 약간 복잡해지는데 大電流 차단에는 극히 효과적이며 200KA의 차단에 성공하고 있다.



(그림-2) 縱磁界形 電極의 構造



(그림-3) 스파이럴형 電極의 構造

다른 하나는 스파이럴형이나 콘트레이트브형으로 대표되는 것으로는 그림 3에 그 일례로서 스파이럴형을 들었다. 이 방법에서는 集中아크가 발생해도 아크電流가 電極을 흐를 때에 발생하는 驅動磁界에 의하여 電極面上을 이동한다. 따라서 電極의 용융을 방지할 수가 있다.

(2) 接點材料

接點은 절연, 차단특성에 우수한 외에 耐溶着性 機械的 強度, 通電特性的 우수성이 요구된다. 이들 모든 것을 만족시키는 것은 아직 발견되지 않고 있

으며 적용하는 조건에 따라 區分, 使用되고 있다.

(1) 純金屬

일반적으로 용착이 용이하다는 것이 문제인데 遮斷性能은 우수하다. 텅스텐 등 일부 용착되지 않는 것도 있는데 용착되지 않는 것의 대부분은 熱電子 放出作用이 있어 電流遮斷能力이 약하다.

(2) 合金

銅이 가진 낮은 耐溶着性, 기계적 강도 및 높은 截斷電流 등을 개선하기 위해 여러 가지의 合金이 만들어지고 있다.

Cu-Bi는 그 대표적인 예이다. 5% 이상의 Bi를 混入하면 截斷電流值가 내려가는데 기계적 강도 耐電壓特性이 저하된다. 한편 1% 이하의 Bi를 混入하면 耐溶着性이 개선되어 耐電壓特性도 허용범위가 된다.

기계적으로 약하다는 2元素 合金의 결점을 보충하기 위해 3元素 合金도 만들어지고 있다.

(3) 耐火性 金屬+良導體

Cr-Cu, W-Cu나 Mo-Cu 등은 燃結된 크롬 텅스텐 또는 몰리브덴에 銅을 溶浸시킨 것이다. 비교적 截斷電流가 작고 耐溶着性이 높다는 특징이 있다.

(4) 非耐火性 金屬+良導體

(3)의 재료의 電流遮斷特性을 개량한 것이다. 용융온도 1500°C 이상이고 沸點 3400°C 이하의 금속 Fe, V, Co, Ni 등에 銅을 溶浸시킨 것이다.

(2) 適用例

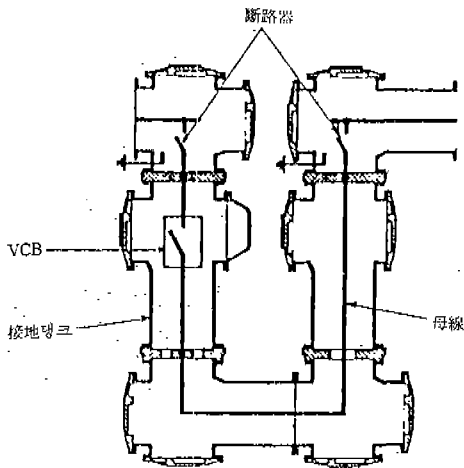
(1) 大容量化

前述한 바와 같이 縱磁界形 電極에서는 200KA까지의 차단이 보고되고 있는데 實用化된 것으로서는 12.5KV-100KA가 최대이다. 한편 電壓的 으로는 145KV 2點切 遮斷器도 실용화되고 있는데 1點切로는 84KV~120KV급이 최대이다.

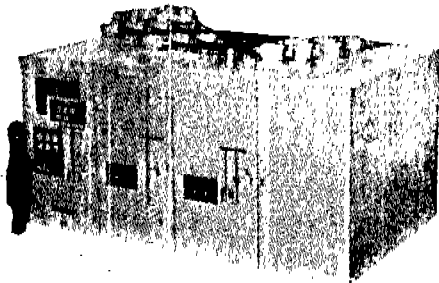
(2) 特殊한 適用例

VCB밸브의 外部 絶緣은 절연용기의 氣中沿面으로 좌우되기 때문에 내부의 眞空絶緣보다 耐電壓이 낮다. 이것을 개량하기 위해 0.5~1.0bar의 SF₆가스 중에 밀봉하는 방식이 실용화되고 있다.

그림 4는 VCB밸브, 斷路器 등을 각각 탱크내에 보유하고 이들의 합성으로 變電設備를 구성하는 것으로 電壓은 30KV급이다. 3相의 변전설비 모두를



〈그림-4〉 가스絶緣形 VCB의 구조



〈그림-5〉 큐비클形 가스絶緣開閉裝置의 外視

탱크 속에 보유한 3相一括탱크形의 것도 實用化되고 있다. 또한 VCB밸브만 탱크에 수납한 이른바 탱크形의 것도 屋外用으로서 實用化되고 있다.

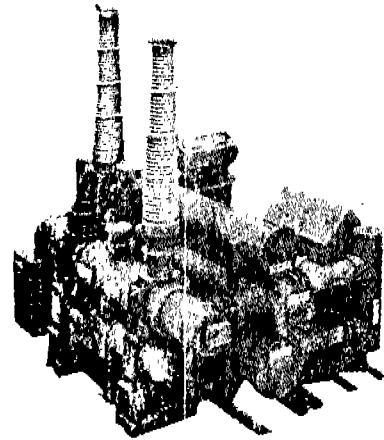
72KV급에서는 機器를 角形 容器에 일괄 수납하는 이른바 큐비클形 가스絶緣 開閉裝置가 개발되고 있다. 그림 5에 그 外視를 들었다.

VCB가 우수한 高周波 遮斷性能을 이용함으로써 逆電流를 유입시켜 강제적으로 電流零點을 만드는 直流遮斷器가 있다. VCB를 사용함으로써 逆電流의 周波數를 높게 하는 것이 가능하며 逆電流發生設備를 작게 할 수가 있다. 그림 6은 250V-10KA 直流遮斷器의 예이다.

또한 VCB의 多數回 遮斷能力도 살린 核融合 실험장치용의 직류차단기도 발표되고 있는데 25KV-92KA를 數千回 차단할 수 있다.

(3) 解析技術

眞空아크에 관한 연구는 많이 발표되고 있다. 아크컬럼의 에너지밸런스, 眞空아크 特有的 陰極點의



〈그림-6〉 高電壓直流遮斷器의 外視

메카니즘, 電極材料와 아크電壓 또는 截斷電流의 관계, 大電流아크에 발생하는 陽極點의 메카니즘 등으로 大別할 수 있다. 어떤 연구도 물리적으로 매우 깊이 검토되고 있는데 어떤 테마도 일반적 합의에 도달하지는 못하고 있다.

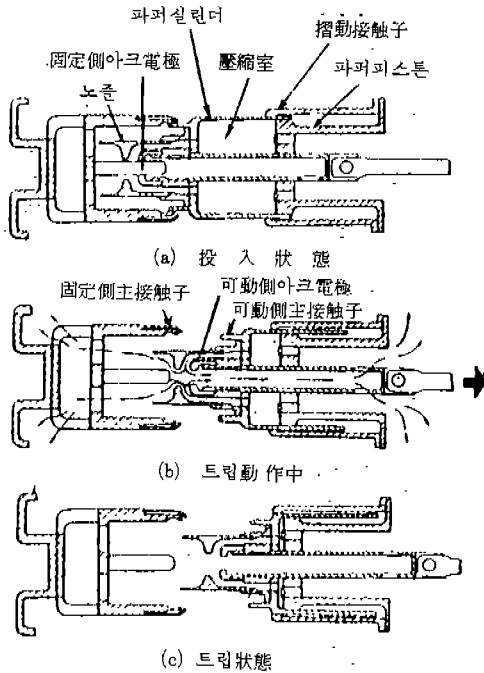
2. 파퍼式 SF₆ 가스遮斷器

(1) 遮斷技術의 動向

VCB의 消弧室은 기본적으로는 그림 7과 같은 形狀이다. 不動側 接點과 파퍼실린더는 모두 驅動力에 연결된 조작 로드에서 固定되어 接點의 개폐와 동시에 실린더도 驅動된다. 파퍼실린더에는 파퍼피스톤이 軸동삽입되어 있으며 양쪽의 相對運動으로 壓縮가스를 만든다. 압축 가스는 可動아크接點可動과 固定된 接點間에 점점 자체 또는 절연물로 구성되는 노즐을 통하여 吐出하여 高速가스가 되어 아크를 냉각하여 消弧한다.

파퍼式은 종래의 空氣式 遮斷器의 복잡한 구조를 피하기 위해 고안되었고 그후 性能向上을 위해 급속한 技術革新을 이룩하여 현재 高壓遮斷器의 主流가 되고 있는 것은 앞에서 설명한 바와 같다. 파퍼式은 기본적으로 壓縮가스 제조를 위한 여분의 驅動力이 필요하다는 결점이 있다. 최근에는 이 구동력을 극력 작게 하기 위한 기술의 개발이 추진되고 있다.

(1) 驅動力의 最適化



〈그림-7〉 파퍼식가스遮斷器의 消弧室形狀

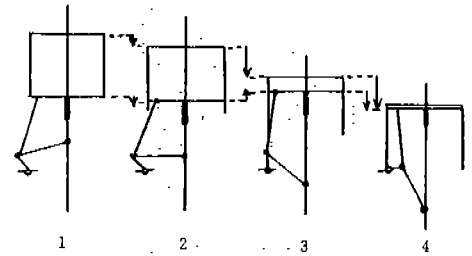
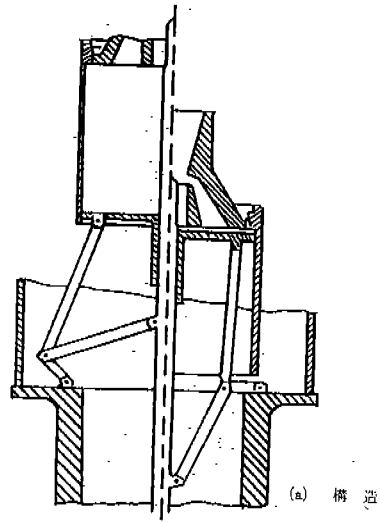
파퍼에 의하여 압축된 가스는 開極과 전후하여 일부가 吐出을 시작한다. 그러나 차단 후의 回復電壓에 견디기 위해서는 충분한 갭 길이가 필요하다. 여기서 電流零點까지의 스프레이가스를 보다 유효하게 사용할 수 있도록 하는 기술이 검토되어 왔다.

그 하나는 파퍼실린더와 파퍼피스톤의 兩者를 驅動하여 양쪽의 상대운동이 最適이 되도록 하는 것이다. 그림 8은 그 일례이다. 파퍼피스톤은 링크의 움직임으로 開極動作中에 왕복동작을 한다. 즉 開極 直後에는 피스톤과 실린더를 同一方向으로 動作시켜 가스를 압축하지 않고 충분한 갭으로 되었을 때 피스톤을 逆方向으로 움직여 일거에 압축하는 것이다. 이밖에 開極 개시부터 양쪽을 동시에 움직여 급격히 가스를 압축하여 아크時間의 단축을 기하는 예도 보고되고 있다.

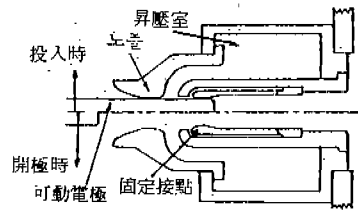
(2) 아크에너지의 利用

아크에 의하여 노즐의 出口가 막히면 壓縮效率이 높아진다. 閉塞가 심한 경우에는 壓縮效率이 상승할 뿐만 아니라 아크에너지의 일부가 파퍼실린더내에 逆流하여 가스溫度가 올라가 압력이 다시 上昇한다.

아크에너지를 보다 効果的으로 사용하기 위해 그



〈그림-8〉 2重動作方式의 GCB



〈그림-9〉 自己昇壓式 GCB의 構造

림 9와 같은 自己昇壓形의 차단기도 보고되고 있다. 이 방식에서는 아크에너지로 昇壓한 昇壓室의 가스가 電流零點에서는 逆으로 아크에 스프레이되어 冷却되는 것을 이용한다. 파퍼裝置를 구비하지 않아도 72KV-40KA의 차단에 성공했다고 보고되고 있다. 電流가 작으면 昇壓이 效果적으로 되지 않으므로 小電流의 차단이 반대로 곤란해질 것으로 예상되나 파퍼裝置가 필요하지 않으므로 驅動力을 대폭적으로 低減시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다.

(2) 適用例

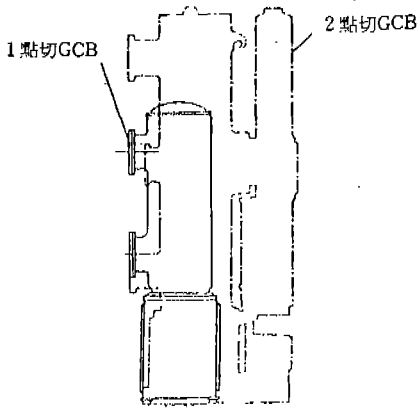
(1) 大容量化

가스絶緣開閉裝置(GIS)가 高電壓領域으로 보급됨에 따라 GCB의 接點數를 적게 하고 極間피치를 작게 하여 GIS 전체를 축소화하는 것이 진행되고 있다. 그 결과 종래에는 각각 2點切 및 4點切이었던 300KV 및 550KV급이 각각 1點切 및 2點切로 되어 있다. 또한 362KV 1點切도 발표되고 있다.

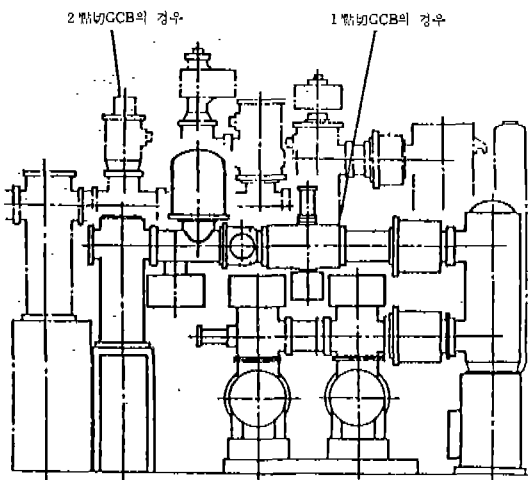
그림 10에 300KV-50KA 1點切 GCB와 2點切 GCB의 비교를 들었다. 또한 1點切 GCB를 사용하면 2點切 GCB를 사용한 경우에 비하여 GIS가 대폭적으로 축소화되는 것을 그림 11에 들었다.

(2) 特殊한 適用例

GIS가 가진 여러 가지의 특징을 살리기 위해 특



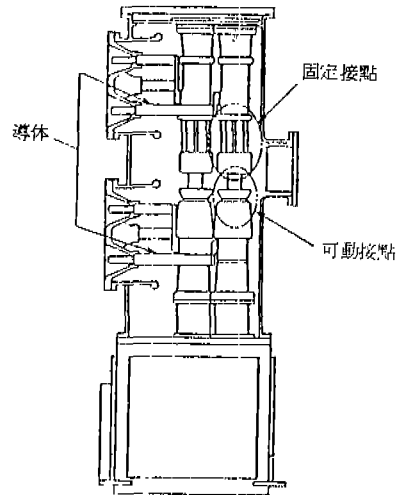
〈그림-10〉 1點切 GCB와 2點切 GCB의 比較



〈그림-11〉 1點切 GCB採用에 의한 GIS의 縮小化

수한 形狀의 탱크形 GCB가 많이 발표되고 있다.

3相一括 탱크形 GCB는 그림 12와 같이 3相의 차단부를 하나의 탱크 내에 수납하여 縮小化를 더욱 발전시킨 것이다. 현재는 168KV까지의 것이 많다. 245KV이상의 것도 기술적으로는 가능한데 單相損作을 필요로 하는 것이 많고 조작기 구분의 1覽화가 되지 않으므로 縮小化를 위한 검토가 앞으로 필요할 것이다.



〈그림-12〉 3相一括 탱크形 가스遮斷器의 구조

3相一括 탱크形 GCB를 다시 발전시켜 變流器나 斷路器까지 同一 탱크 내에 수납한 GCB가 123KV~145KV급으로 발표되고 있다.

탱크形 GCB의 부싱부에 遮斷部를 삽입하여 탱크에는 링크 등을 수납하는 방식도 발표되고 있다.

애자형과 마찬가지로 차단부와 容器間의 絶緣檢證이 필요치 않으며 또한 탱크形과 같은 특성을 가지고 있다.

탱크形 GCB에서는 애자형 GCB에 필요한 檢證試驗과는 별도로 課電部와 탱크間의 차단 후의 絶緣回復特性을 검증하는 시험이 필요해진다. 試驗法의 개발도 차단기의 개발과 병행하여 실시되고 있다.

SF₆ 가스는 低溫에서는 液化된다. 따라서 寒冷地에서 사용할 경우에는 낮은 가스壓에서 사용해야 된다. 絶緣性能, 遮斷性能이 대폭적으로 저하되지 않도록 容積比 20~50%의 N₂ 가스를 SF₆에 加한 混合가스를 사용한 차단기가 발표되고 있다.

*