

電力用 遮斷器 接点의 開發計劃

金昌培·金南憲·宋在成/機器開發室

I. 電力系統에 있어서 遮斷器의 役割

遮斷器는 일반적으로 正常狀態의 電流를 投入, 通電, 遮斷이 가능하여야 하며 또한 電力系統이 短絡이나 地絡과 같은 異常狀態에 있어서도 投入, 일정시간의 通電 및 遮斷이 가능하도록 설계된 開閉裝置를 말한다.

이러한 技能을 만족시키기 위하여 構造나 動作原理에 따라 많은 종류로 나눌 수 있으나 사용하는 消孤媒質이나 消孤方法에 따라 분류하는 것이 보통이다.

遮斷器가 電力系統에 있어서 갖추어야 할 주요 性能들을 간단히 기술하면 다음과 같다.

1. 電流通電能力

遮斷器는 開路狀態에서 연속적인 定格電流나 사고시의 異常電流를 주어진 許容值內的 溫度上昇 상태에서 通電하여야 한다. 이러한 電流通電能力은 주로 接点의 溫度上昇, 熔着, 接觸面의 劣化나 電磁力에 대한 強度에 의해 좌우되며 電力系統 容量이 커짐에 따라 接点의 중요도는 더 加重되고 있다.

2. 絶緣耐力

遮斷器 각부의 絶緣耐力를 평가하기 위하여 60Hz의 商用周波 耐電壓 試驗과 $1.2\mu s \times 50\mu s$ 波形的 衝擊電壓 試驗 및 $250 \times 2500\mu s$ 의 開閉 surge電壓 試驗을 行한다.

3. 遮斷能力

電力系統에 地絡이나 短絡事故가 발생하면 12,000A ~ 80,000A의 故障電流가 흐르게 된다. 이 경우 사고 구간을 신속히 제거하여 系統을 보호하기 위하여 규정된 시간내에 電流遮斷을 하여야 하며 이때 발생하는 再起電壓에 絶緣破壞가 없도록 설계되어야 한다.

4. 投入能力

電力系統에 영구고장이 있을 때 投入에 의한 短絡電流가 흘러도 電磁力 및 熱的 耐力이 충분하도록 설계되어야 한다. 投入電流의 크기는 최초周波數의 최대치로 표시하며, 定格 遮斷電流 實効值의 2.5배이다.

5. 操作性能

遮断器 開閉에 요하는 시간은 早期 故障區間 除去에 의한 故障의 局限, 系統 定度の 維持, 故障點에 있어서 機器, 線路, 碍子 등의 損傷 減少, 通信線의 電磁誘導 障害의 억제를 위하여 짧은 것이 좋다.

II. 遮断器의 國産化 現況

1. 遮断器의 種類

遮断器의 種類는 사용하는 消孤媒質 및 消孤 方法에 따라 분류되며 주로 사용되는 電圧限界는 다음 <表 1>과 같다.

차단기의 종류	소호 매질	사 용 전 압			
		7.2KV	22KV	154KV	345KV
Oil 차단기	절연유	←	←	←	←
자기 차단기	Arc의 구동	←	←	←	←
공기 차단기	압축공기	←	←	←	←
GAS 차단기	불활성 GAS (SF6)	←	←	←	←
진공 차단기	고진공	←	←	←	←

<表 1> 遮断器의 種類

Oil遮断器가 1893年 개발된 이래 각종 遮断器는 高電圧, 大容量化가 추진되었으며 安全性에 대한 신뢰도는 극히 높아졌다. 특히 축소형 機器의 必要性이 점차 높아짐에 따라 低電壓 系統은 gas形, 眞空形으로, 超高電壓 系統은 gas形으로 사용하는 경향이 많아지고 있다.

2. 遮断器의 製造技術 水準 및 國産化 現況

우리나라는 70年代 후반에 들어와 政府의 강력한 重化學工業 育成政策에 힘입어 비약적인 발전이 있었으며 그동안 많은 부분에서 國産化가 실현되었다. 그러나 先進諸國에 비해 技術蓄積 期間이 짧고 導入技術의 消化 단계로 그치는 경향이 많다. 이것은 組立生産이나 加工生産에 이용할 수 있는 know how傳受에 그치고 技術原理나 基礎現象 研究가 이루어지지 않아 新技術이 도입되더라도 이를 發展 應用할 수 있는 능력이 부족하기 때문이다. 더우기 관련 部品工業의 落後로 素材나 部品の 品質이 粗惡하

여 新製品 開發이 어려운 상태에 있다.

遮断器의 각 분야별 製造技術 水準狀態는 <表 2>와 같으며 대표적인 遮断器의 輸入 및 國産化 狀態는 <表 3>과 같다.

구분	한 국	선진 국
가공 기술	<ul style="list-style-type: none"> 가공정밀도: 5/1,000mm 시설낙후, 가공 및 설계 인력부족 금형의 설계제작 능력 부족 	가공정밀도: 5 / 1,000mm
구조	<ul style="list-style-type: none"> 표면 불균일 내식성 부족 	정전도장
소재	<ul style="list-style-type: none"> 표면 불균일 정밀도 부족 	정밀도금
설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> 기술도입선에서 도면을 구입 Copy에 그침 	자체 설계 능력 보유
시험설비보유	<ul style="list-style-type: none"> 당 연구소 180MVA 차단시험설비 1대보유 	150MVA 이상의 차단시험 설비를 보유한 회사5개사
조립 기술	<ul style="list-style-type: none"> 전용 자동조립공정 설비 없음 대부분 수작업에 의존 	조립공정의 반자동화
기타	<ul style="list-style-type: none"> 소재류(규소강판·합금소재 및 절연지 BUSHING 등)의 미개발 	신제품 및 에너지 절약소재 개발

<表 2> 分野別 제조기술 수준

품목	부 품 명	구성비 (%)	수입품
154KV O.C.B	Condenser Bushing	26.8	0
	Bushing C. T.	3.8	
	Stationary Interrupter	22.3	0
	Moving Contact Assy	3.8	0
	Pneumatic Mechanism	3.4	0
	Air Compressor	1.3	0
	Mechanism Housing & Reservoir	6.7	
	각종 Valve 및 Relay	1.4	0
	Thermostat	0.1	0
	Driving Mechanism Assy	6.5	
	Dash Pot & Accel. Spring	1.0	0
	Tank Assy	11.5	
Electrical Components & Others	11.4		
계		100.0	60.1

<表 3> O.C.B의 國産化 現況

III. 遮断器 接点의 開發

우리나라의 電力系統은 345KV 送電網을 根

幹으로 하여 大容量化된 50萬KW級의 火力發電所 및 100萬KW級의 原子力 發電所가 건설되고 있다. 더욱기 1990年代 中期에는 800KV級 超高压 送電網이 실현될 전망이어서 電力系統 超高压化에 따른 超高压 機資材의 개발이 시급히요 청되고 있다. 현재 送電系統에 사용되고 있는 超高压 機器 특히 遮断器는 일부 국산화되었다 고는 하나 技術의 핵을 이루고 있는 接点, 消 孤裝置, 高压 絶緣材料 및 bushing類등의 部品 이나 素材등은 계속 도입, 조립되고 있는 실정 이다. 이 導入部品이 접하는 비율이 전체의 40 ~50%를 이루고 있으며 接点, 消孤裝置, 絶緣 材料 및 bushing만으로도 전체의 20~30%를 접 하고 있다. 이와같이 主要部品 및 素材등의 계 속적인 도입으로 인하여 国産化의 지연, 원가상 승에 따른 수출의 어려움, 外国技術에 의한 영 속적인 예측등의 현상이 나타나고 있다.

그간 遮断器類는 국내에 試驗設備가 없어 주 요 部品에 대한 国産化를 강력히 추진하지 못하 였으나 금년부터 遮断器중 신뢰성이 높고 현재 가장 많이 사용되는 oil circuit breaker, sulphur hexafluoride (SF₆) gas circuit breaker에 대하 서 효성중공업과' 86년까지 4년간에 걸쳐 主要 部品에 대하여 <表 4>와 같이 国産化하는 計劃 을 추진하고 있다.

구분 년도	연구 개발 목표
1983	1) 170KV 급 차단기의 접점 개발 2) Tungsten, Copper 등 접점의 내 Arc 특성연구 3) 22KV 급 OCB의 접점 및 소호실 개발
1984	1) 170KV 급 차단기의 소호실 개발 2) O. L. T. C 개발 3) O. L. T. C 시험설비 제작 완료 4) GIS 및 GCB용 Epoxy Spacer의 재질 분석 및 제작 5) Arc의 소호특성 연구
1985	1) GIS 및 GCB용 Epoxy Spacer의 개발 2) 170KV 급 Condenser Bushing의 설계 3) Epoxy 절연체의 절연특성시험 개발
1986	1) 170KV 급 Condenser Bushing의 진공 함침 설비 완료 2) 170KV 급 Condenser Bushing 개발

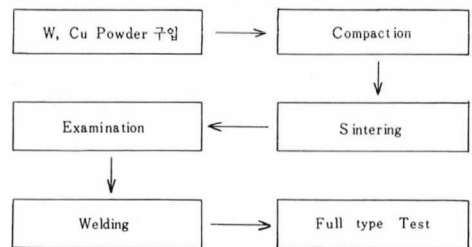
<表 4> 年度別 国産化 計劃

遮断器가 그 기능을 수행하는데 接点이 차지 하는 비중이 크며 機械的, 金屬의 관련 要素들

특 성	관 련 기 계 적 요 소
1. 정격 전류	1. 접점의 단면적 2. 접점의 재질 3. 접점의 수
2. 차단 및 순간 전류	1. 접점의 수 2. 접점의 접촉력 3. 접점의 질량 4. 최대, 최소 Opening Velocity Limits 5. Opening Resistors
3. 접점의 수명	1. 접점의 재질 2. 접점의 단면적 3. 접점의 분리속도 4. Contact Wipe 5. Contact Bounce

<表 5> 接点의 機械的 관련 要素

을 열거하면 <表 5>와 같다. 接点은 粉末 冶金 法으로 제조한다. 粉末 冶金法은 高熔点 金屬이 사용되는 경우에 특히 유리하다. 粉末 冶金法의 일반적인 공정은 金屬粉末을 press를 이용 하여 圧縮 成形한 후 燒結하여 제품을 만드는 것 이다. 遮断器의 接点의 조성은 22KV O. C. B. 의 경우 70W-30Cu인데, 여기서 W은 耐磨耗 性을, Cu는 電氣傳導度 및 熱傳導度의 우수한 性質을 利用한 것이며, Cu의 熔点이 1,083℃ 인데 비하여 W은 3,370℃의 매우 높은 熔点을 가 지고 있다. 이와같은 組成을 가진 製品을 熔 融하여 만드는 경우 經濟性이 문제가 된다. 이 때 粉末 冶金法을 이용하면 熔点보다 훨씬 낮 은 온도에서 製品을 만들어낼 수 있으며 이점이 粉末 冶金法의 특징중의 하나이다. 接点의 製 造工程은 <表 6>과 같은 과정을 거친다.



<表 6> 接点의 제조 公程

Press와 die를 사용하여 粉末을 圧縮, 成型 한다. 이때 press는 isostatic type이 이상적이 며, pressure는 1~6Ton/cm² 범위이다. Die의材

質은 SCM21(Cr-Mo 鋼)이며 single action type이다.

接点은 주로 液相燒結(Liquid phase sintering)과 infiltration method를 이용하는데 전자는 粉末을 mixing한 후 低融点 금속의 融点보다 약간 높은 온도에서 燒結을 행하여, 高融点 금속은 固相으로 skeleton을 이루고 低融点 금속은 液相으로 skeleton을 채우는 燒結方法이며, 후자는 粉末을 mixing하지 않고 각각 壓縮 成形하여 低融点 금속을 高融点 금속위에 혹은 아래에 積層하여 毛細管 現象에 의하여 低融点 금속이 高融点 금속의 내부로 침투됨으로써 燒結이 행하여지는 방법이다. Infiltration method는 液相燒結보다는 경제적으로 약간 불리하지만 製造工程이 간단하고 제품의 高密度化를 얻을 수 있는 長点이 있어 이 방법으로 接点을 개발하고자 한다.

燒結時 製品에 영향을 미치는 變數는 燒結溫度, 燒結時間 및 炉内 분위기 등이다. 炉内 分圍氣는 酸化를 방지하기 위하여 H₂ gas를 충전시키고 燒結溫度는 1,000~1,200°C에서 30분~2시간동안 燒結시킨다. 燒結條件이 불량하면 pore가 많고 粒子가 불균일하게 모이게 되며 製반 機械의 特性이 나쁘게 나타난다. 금속, 기계적 特性은 다음과 같은 간접적 測定方法으로 接点의 良否를 측정한다.

- 組織檢査: 燒結된 製品의 内部組織 均일성 및 결함을 관찰하기 위한 것이며 光學顯微鏡이나 走査電子顯微鏡(SEM)을 이용한다.
- 硬度試驗: 試片의 기계적 強度를 알기 위하여 행하며 vicker's hardness tester를 사용한다.
- X-ray分析: 試片의 偏析으로 인한 preferred orientation의 존재 유무를 알기 위하여 행하며 X-ray diffractometer를 사용한다.
- 密度測定: 試片의 密度化의 대소를 알기 위한 것이며 apparent density, tap density, green density 및 sintered density로 분류한다.
- 電氣 傳導度 測定: 試片의 電氣傳導度を 알기 위한 것이며 이것은 IACS% conductivity tester를 사용하거나 試片의 抵抗을 測定하여 계산한다.
- Porosity測定: 燒結製品의 良否를 결정하는 중요한 척도가 되며 氣孔率은 image analyz-

er나 顯微鏡 관찰을 이용한다.

• 電氣的 磨耗試驗: 試片의 磨耗率을 측정기 위한 것이며 耐磨耗 試驗裝置를 이용하여 試驗한다.

金屬, 機械의 特性試驗을 거친 試片은 가공하여 接点의 支持台인 銅棒과 熔接한다. 熔接은 Ag-Cu-Zn을 주성분으로 한 銀랍을 사용한다.

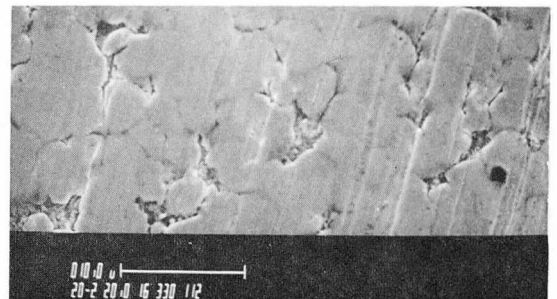
금년에 22KV OCB 및 170KV OCB用 接点을 國産化하기 위하여 外國産 接点을 분석하였는데 成分分析 結果를 <表 7>, 電子顯微鏡 사진을 <그림 1>, X-ray diffraction pattern을 <그림 2>에 실었다. 成分分析 結果와 X-ray 分析 結果를 종합하면 170KV OCB用 接点은 65W-C-35Ag로 되어 있다. <그림 1>의 (a)는 W-Cu matrix 内部를 5% nital로 etching하여 관찰한 것으로 Cu가 우선적으로 녹아나와 W의 粒子가 둥그렇게 보인다. (b)는 170KV OCB用 接点을 Murakami solution으로 etching한 것인데 角形으로 떨어져 나간 部分은 tungsten carbide가 Murakami solution에 녹아난 곳이다.

(w/o)

점점종류 \ 성분	W	Cu	Ni	Fe	Ag	C
22KV O. C. B 용	70.5	28.7	0.42	0.01	0.1	-
170KV O. C. B 용	63.0	0.17	0.22	0.005	36.5	0.22

<表 7> 外國産 接点의 성분 분석 결과

外國産 接点의 분석 結果를 토대로 22KV OCB用 接点을 만들기 위하여 single action의 die를 제조하여 W과 Cu powder를 壓縮 成形하여 일차적으로 燒結中에 있다. 燒結이 끝나면 금속, 기계적인 試驗을 거친 후 熔接 및 加工을 거쳐 電氣的 試驗을 행할 예정이다.



(a) 22KV OCB용

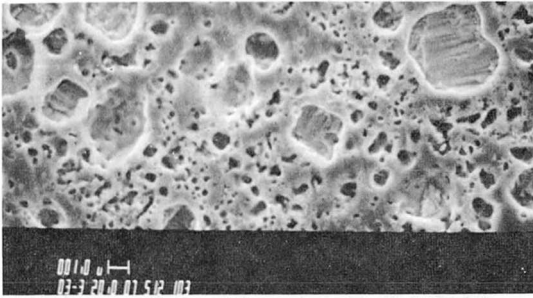
IV. 結 言

重電機器중 가장 낙후되어 있는 遮断器類에 대한 国産化 計劃은 당 研究所의 超高压大電力 試驗設備의 준공으로 금년부터 강력히 추진되고 있다. 가장 기초가 되는 接点, 消弧室에 사용되는 絶緣材를 우선 개발하고 점차 高電圧, 大容量 機器의 개발로 發展될 것이며 機器의 축소화에 대하여서도 研究 推進될 것이다.

이러한 事業은 當研究所와 主要製造業체가 共同으로 노력하여야만 가능하며 또한 国産화된 部品이나 機器들의 사용은 政府의 지원아래 国内에서 우선적으로 사용되도록 積極 장려하여야 할 것으로 사료된다.

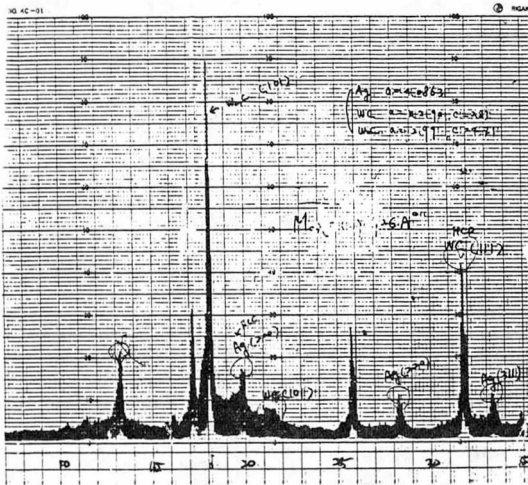
参 考 文 獻

1. Lee T.H., Physics & Engineering of High Power Switching Devices, 1975.
2. 電力用 遮断器, 日本電氣学会, 1975.
3. Agte, C. & J. Vacek, Tungsten & Molybdenum, 1963.
4. Lenel, F. V., Metal Powder Industries Federation. Powder Metallurgy-Principles & Applications, New Jersey, 1980.
5. Woodruff D. P., The Solid-Liquid Interface, Cambridge Univ. Press, 1973.



(b) 170KV OCB 용

〈그림 1〉 外国産 接点의 전자현미경 사진



〈그림 2〉 외국산 170KV OCB용 접점의 X-ray diffraction Pattern. Mo target, Zr filter.

