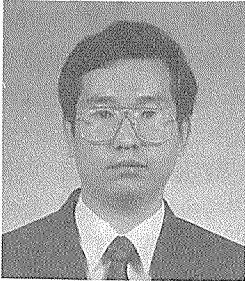


避雷裝置의 技術動向



産業技術情報院
電子電機室
研究員 裴英哲

I. 서론

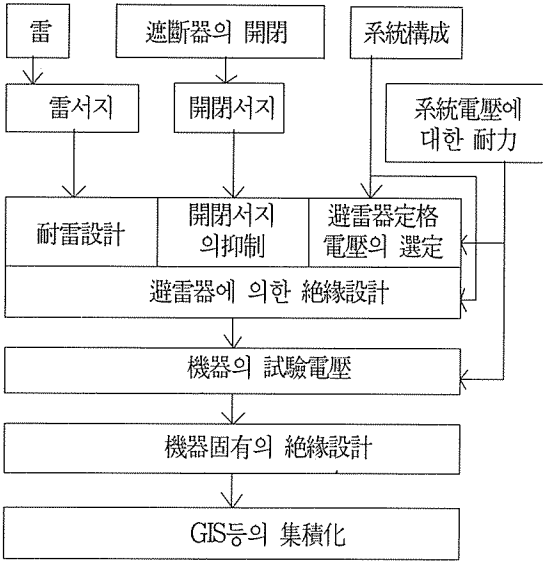
電力에너지는 架空送電線이나 送變電電機器 등의 전력 유통설비에 의해 수송 된다. 그러나 落雷등에 의한 異常電壓의 영향으로 地絡故障등이 발생하고 송전 불능의 경우가 종종 발생한다.

送變電機器등을 건전하게 운전하기 위하여 이상전압을 기기의 耐電壓 레벨이하로 억제하는 것이 필요하다. 이러한 이유로 避雷器의 雷서지 보호특성의 향상을 도모하기 위하여 전력계통에서 절연레벨의 低減을 가능하게 하고 기기의 소형·축소화, 환경과의 조화 및 코스트 다운을 필요로 하게 된다.

避雷器는 發送變電機器의 발전과 送電電壓의 변천에 크게 의존하여 발전하여 왔다. 이것은 다른 기기의 시험전압이 避雷器의 특성을 기준으로 하여 선정되므로서 송전전압의 승압 등에 큰 변화를 가져오게 되기 때문이다. 電力機器의 絶緣協調를 고려한 방법은 圖1에 표시한 異常電壓의 억제를 도모하는 한편, 설비의 중요도 사용형태에 비추어 설비의 사고확률을 허용수준 이내로 놓고 기기의 절연강도나 배치를 결정한다.

이상전압의 억제는 우선 遮斷器나 保護裝置로써

II. 避雷器의 발전 과정



註:GIS(가스絶緣開閉裝置)

圖1 電力機器의 絶緣協調 고려 방법

억제하고 나서 避雷器의 保護 性能을 충분히 활용하는 것이 기본이다. 이러한 방법은 과거에는 避雷器의 용도나 避雷器 자신의 하드웨어상의 과제로서 絶緣協調를 도모하는 대상으로서 발전전소용 변압기의 雷서지 보호를 주로 하였다. 최근에 개발된 酸化亞鉛形 避雷器는 선로 인입구용 遮斷器의 極間絶緣保護 GIS(가스절연 개폐장치)의 雷서지 과전압보호 配電線의 配電用 變壓機나 開閉器의 雷서지 보호, 여기에 送電線에의 送電用 避雷裝置 設置에 의한 送電線 지지에자 連의 플래시오버 방지에 적용하고, 雷害에 의한 事故의 방지에 일역을 담당한다.

지금 酸化亞鉛形 避雷器의 低減絶緣形 高性能 避雷器가 개발됨으로 인하여 디지털 해석 기술의 진보에 의해 避雷器를 적극적으로 활용하는 절연의 합리화 설계가 가능하며 과거의 절연레벨을 낮추고 고성능 변전기기가 출현하는 배경을 조성할 수 있을 뿐만 아니라 피뢰기 자신도 기기의 소형 경량화 시대를 맞이 하게 되었다.

여기에서는 주로 酸化亞鉛素子를 사용한 避雷裝置의 기술동향으로서 LIWL 低減用 高性能 避雷器, 送電線 避雷裝置 및 다른 새로운 酸化亞鉛素子 應用技術에 대하여 기술하고자 한다.

避雷器의 기능은 過電壓 浸入時 임펄스 전압에 대한 응답특성, 응답후의 임펄스 電流通流時의 제한전압 특성이나, 속류 차단특성으로 대표된다. 이러한 기능을 만족하기 위해서 여러가지 종류의 避雷器가 개발되었고 실용화 되었다.

避雷器의 발전과정은 送變電機器의 진보와 送電電壓의 變遷에 크게 의존됨을 알 수 있다.

1920년대의 60KV급 避雷器는 단일 겹과 탱크내에 알루미늄 셀 電解液을 봉입한 특성요소로 구성되어 있다. 이 避雷器는 충전작업이 번거로울 뿐만 아니라 電解液을 만들기도 곤란한 점이 있다.

1935년대에는 非直線 抵抗體를 사용한 乾式 避雷器 즉 弁抵抗形 避雷器 시대로 옮겨졌다. 弁抵抗形 피뢰기는 1950년말의 275KV 초고압 변전소까지 이용되었다.

이 피뢰기는 겹을 연직형으로 사용하였으며 피뢰기의 설치장소가 많이 요구되었다. 그후 설치조건 뿐 아니라 개폐서지의 동작책무에 대한 속류차단성능 향상의 관점에서 겹의 아크를 구동하는 磁氣吹消形 피뢰기에로 발전하였으며 1965년도 후반에 500KV 변전소용 피뢰기에 적용하였다.

그후의 피뢰기는 겹의 放電現象과 續流遮斷 現象 응용하여 1975년도 초반에는 非直線 電壓-電流 특성이 우수한 酸化亞鉛素子가 출현하므로써 酸化亞鉛 시대에 돌입하였다. 酸化亞鉛을 사용한 피뢰기는 연구 개발단계에서 제품화로 이행하는데 까지의 경위는 圖 2와 같으며 그 효과는 圖 3과 같다.

즉 酸化亞鉛形 피뢰기의 특성으로서는 過電수명특성, 制限電壓특성향상, 저감절연 레벨의 채용이 가능하며 절연설계의 합리화로 소형 고성능 변전기기의 시대를 맞이할 수 있다.

(1) 고성능 피뢰기에 의한 保護特性的 向上

酸化亞鉛素子의 기본성능은 壽命特性, 에너지耐量의 특성향상을 위하여 재료면이나 제조면에서의 연구가 활발하게 진행중이며 그 결과 0.85정도의 高過電率로 사용이 가능하며 에너지내량이 40~50% 정도 향상된 제품이 나오고 있다.

이상의 소자성능 향상을 기본으로 電位分布 향상,

放熱特性 향상, 素子並列 사용 등의 피뢰기 구성기술이 확립되었으며 素子·並列구성으로 UHV 계통용 피뢰기가 실현 가능하다. 이 고성능 酸化亞鉛素子를 下位의 500KV 계통에 적용하면 V_{10KA} 제한전압이 870KV의 저보호 레벨의 고성능 피뢰기의 실용화를 달성할 수 있다.

표1은 실용화된 275KV와 500KV 계통용 고성능 피뢰기의 사양을 표시한 것이다.

(2) 500KV 계통용 고성능 피뢰기의 특성

보호레벨은 V_{10KA} 제한전압으로 미쓰비시에서는

500KV계통전압에서 현재보다 약 20% 저감된 제품이 나왔다. 圖 4는 고성능 피뢰기의 V-I 특성을 나타낸다.

지금 보호특성의 향상에 의해서 현재의 기기절연레벨의 저감이 가능하며 圖 5는 피뢰기 제한전압과 GIS, 변압기의 LIWL과의 관계의 추이를 나타내며 여러가지의 LIWL과의 1425KV, 1300KV에 저감하도록 가능성이 있는 서지해석이 결과를 얻을 수 있다.

雷서지 동작책무시험 및 開閉서지 동작책무 시험

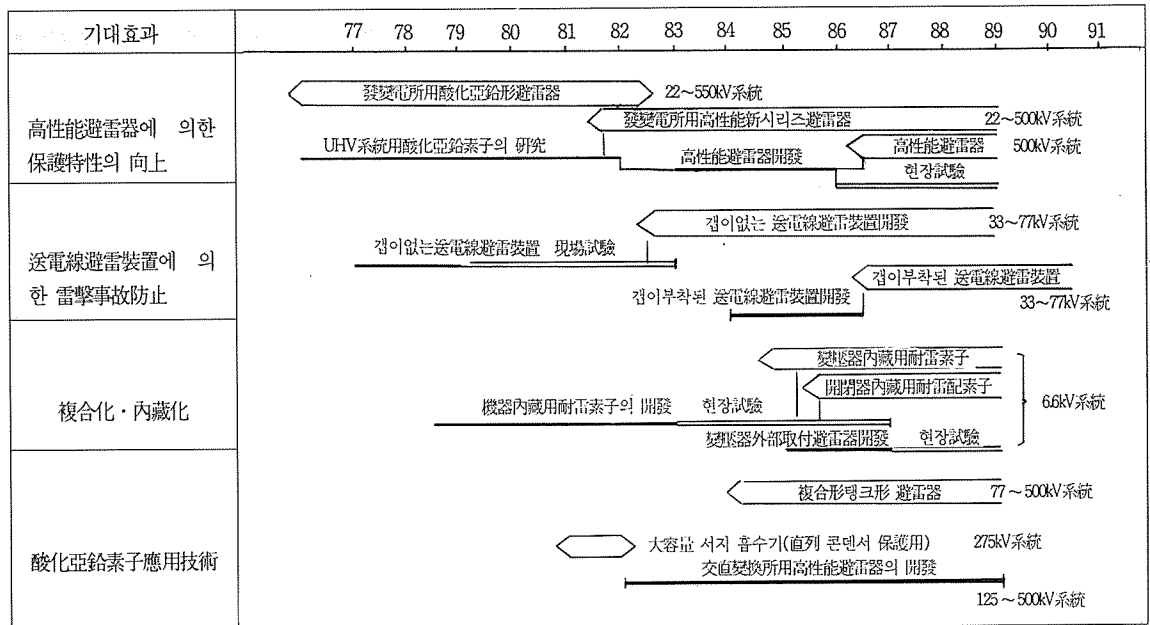


圖 2 酸化亞鉛素子로 使用한 避雷裝置의 研究開發에서 製品化의 經緯

에 대하여는 현행 피뢰기 규격에 기준한 시험을 실시하고 보호레벨을 저감하고 실용상 충분한 서지 처리능을 가질 수 있다.

보호레벨을 저감하기 위해서 일정크기의 큰 교류과전압에 대한 흡수에너지는 특히 급증하는 경향이 있으므로 안정성 평가시험의 제4구분으로 규정된 短期間交流 過電壓責務에 대하여서는 계통조건을 고려한 해석결과에서 1.5pu×0.2초의 사양을 눈여겨 볼 필요가 있다.

圖 6은 短絡發電機를 사용한 酸化亞鉛素子의 短時間交流過電壓에 대한 파괴시험 결과로서 지금까지의

사양의 결과를 충분히 만족하는 것으로 나타났다.

過電安定性에 대하여서는 酸化亞鉛素子를 高溫도로 加速過電壽命시험을 행하고 완성품으로 정상사용전압의 1.2배의 전압을 인가하고 장기과전 시험을 실시하며 실용상 충분한 과전안정성 여부를 판단할 수 있다.

(3) 500KV 고성능 피뢰기의 구조

500KV 고성능 피뢰기의 내부 구조는 圖 7과 같다. 3柱의 酸化亞鉛素子를 탱크내에 배치하고 이것을 직렬 접속하는 구성으로서 현재 가장 널리 사용되고 있는 기본적인 구조이다. 電位分布의 補正은 非軸對

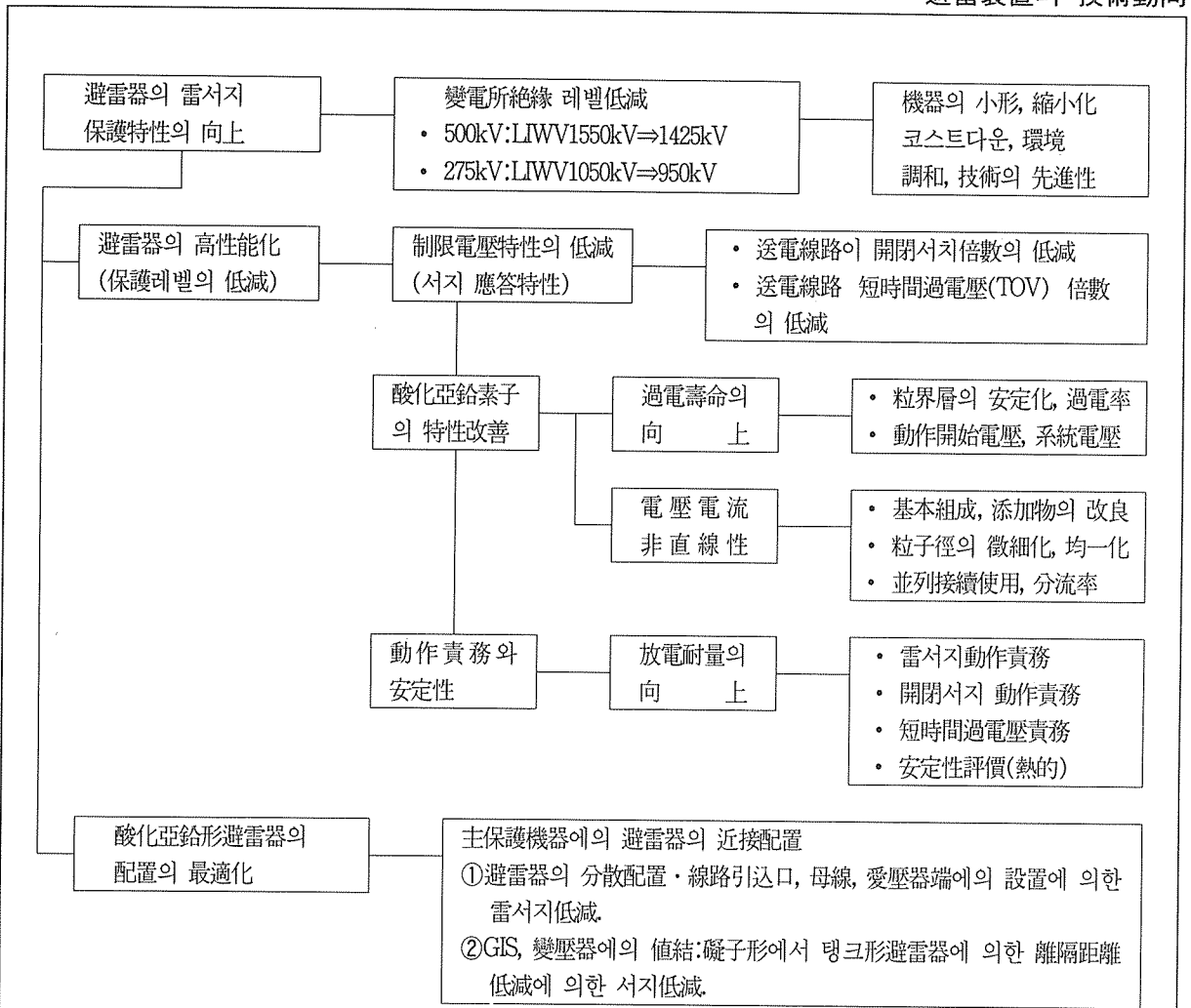


圖 3. 酸化亞鉛形避雷器의 高性能化에의 課題와 對應

秩의 분압 실드를 사용한다.

이 분압방식은 분압素子를 사용하지 않는것 보다 장기 신뢰성이 우수하고 부품수가 줄어들며 내부구조가 간단하다는 특징을 가진다.

酸化亞鉛素子 固定을 위하여 絶緣筒을 사용하고 소자간에 열용량이 큰 保持금구를 투입하여 에너지 債務處理時에 酸化亞鉛素子의 온도를 급속히 내려 정상운전시의 가스중의 放熱특성을 우수하게 해준다.

피뢰기 내부 인덕턴스의 고려로서 酸化亞鉛素子 유닛간의 접속은 도체의 긴 극은 짧게 하므로써 電流의 흐름방향이 酸化亞鉛素子 유닛간의 상호磁界를 제거하는 방식을 사용한다. 고성능 피뢰기는 소형화, 경량화를 추구하기 위하여 현재 사용중인 500kV계통용 피뢰기에 대하여 容積比는 0.67, 重量非는 0.88을 유지한다.

表 1 가스絶緣탱크形避雷器定格仕様

項目	酸化亜鉛形避雷器		탱크形避雷器	
系統電壓 (kV)	275	500	275	500
定格電壓 (kV)	266	420	266	420
公敵放電電流 (kV)	10	10	10	10
制限電壓 (kV)	851	1220	600	870
開閉되지 動作 責務靜電容量 (μF)	50 (線路長 260Km)	78 (線路長 200Km)	50 (線路長 260Km)	78 (線路長 200Km)
連續使用電壓 (kV)	$287.5/\sqrt{3}$	$550/\sqrt{3}$	$287.5/\sqrt{3}$	$550/\sqrt{3}$
動作開始電壓 (kVp)	339	535	339	535
TOV(短時間過電壓) (kV)	1.69×2秒	1.5×2秒	1.69×2秒	1.5×0.2秒
絶緣레벨(LIWW) (kV)	1050	1550	950	1425
適用	JEC 217-1984 碍子形避雷器 탱크形避雷器		탱크形高性能避雷器(GIS用)	
備考	現在の LIWL踏襲		絶緣設計의 合理化 新LIWW에의 對應	

註: 雷임펄스 耐電壓
雷임펄스 耐電壓레벨

LIWW: Lightning Impulse Wave Voltage
LIWL: Lightning Impulse Wave Level

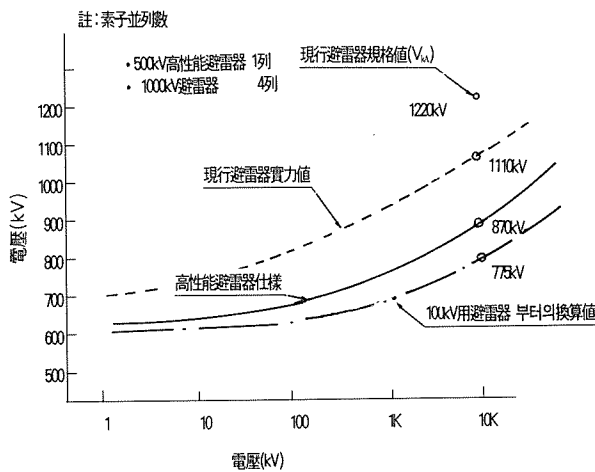


圖 4 500kV系統用高性能避雷器의 V-I 特性

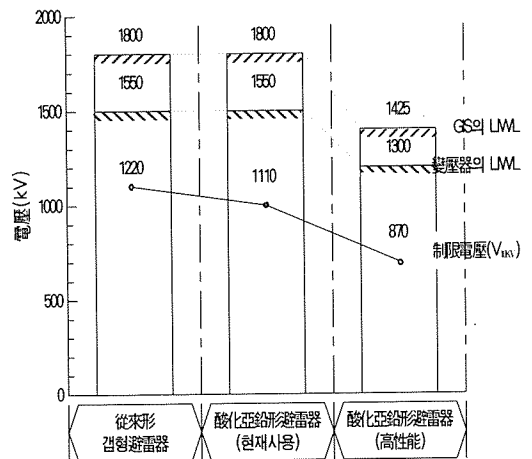


圖 5 500kV系統用避雷器制限電壓과 LWL의 推移
電壓(kV) 電壓(kV) 電壓(kV)

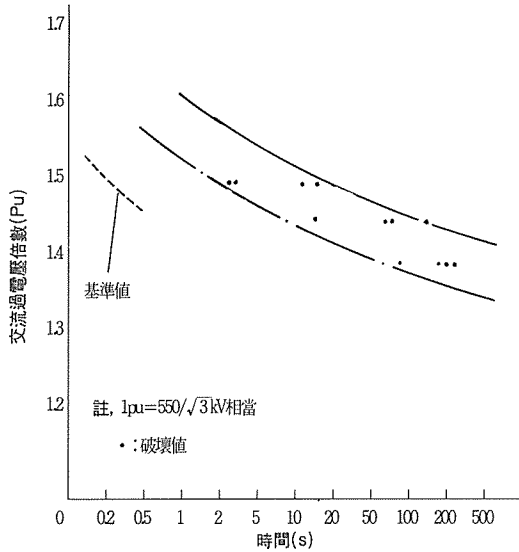


圖 6 高性能酸化亞鉛素子 交流課電壓對量

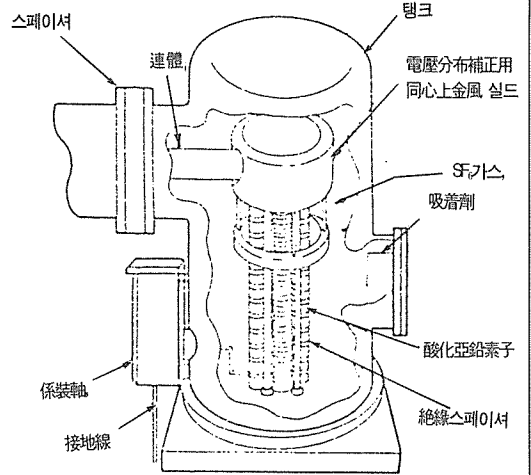


圖 7 500kV系統用高性能避雷器의 內部構造

(4) 避雷器의 적용 현황

최근의 酸化亞鉛形 避雷器는 發變電所用配電用, 送

電用에 사용되며 여기에서는 대표적인 避雷器의 적용예와 그 동향에 대하여 기술한다.

表 2 發變電所用避雷器의 特性

系統電壓 (kV rms)	定格電壓 (kV rms)	絶緣強度(LIWL) (kV _p)	動作開始電壓(V, mA) (下限值)(kV _p)	制限電壓 (kV _p)		交流短時間過電壓耐量 (AC TOV)
				急峻 임 펄스	雷임펄스 10KA	
3.3	4.2	45	7.1	19	17	3.2pu × 10s
6.6	8.4	60	14.3	36	33	
11	14	90	19.8	52	47	
22	28	150	39.6	103	94	2.34pu × 5s
33	42	200	59.4	154	140	
66	84	350	119	296	269	
77	98	400	139	345	314	
110/15(中性点)	112	450	158	394	358	
110	140	550	198	493	448	1.69pu × 2s
154	196	750	277	690	627	
187	182	750	232	640	582	
220	210	900	267	739	672	
275	266	950	339	660	600*	
500	420	1,050	339	936	851	1.5pu × 0.2s
		1,425	535	957	870*	
		1,550	535	1,340	1,220	1.5pu × 2s

註: * 高性能避雷器 (GIS用)

動作始電壓 試驗時의 抵抗分電流 25μF用避雷器의 경우 mA(N=1):V_mmA, 50μF用避雷器의 경우 2mA(N=2):V_mmA, 78μF用避雷器의 경우 3mA(n=3):V_mmA

1. 發變電所用 避雷器

발·변전소용 피뢰기로서는 GIS용 피뢰기와 氣中絶緣 變電所用 애자형 피뢰기가 있다. JEC-217-1984 규정의 피뢰기 사양과 GIS용 고성능 피뢰기의 사양을 포함하여 나타낸 것이 표2와 같다.

대표적인 예로서 최근의 275kV GIS용 탱크형 고성능 피뢰기와 애자형 피뢰기에 대하여 설명한다.

1) 탱크형 고성능 3상 일괄형 피뢰기

이 피뢰기는 현행 JEC-217-1984의 公稱放電電流 10KA의 制限電壓의 규격치 851KV에 대한 600KV와 약 30% 저감한 LIWL 950KV를 가능케 하는 고성능 피뢰기이다.

圖 8은 266KV 피뢰기의 제한전압-전류 특성을 통상의 피뢰기와 고성능 피뢰기를 대비하여 표시하였다.

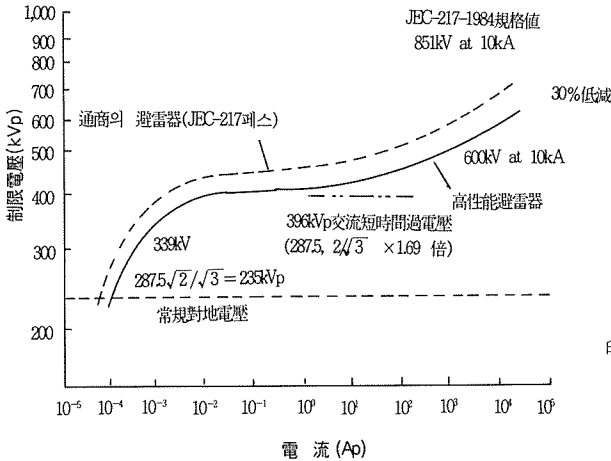


圖 8 266kV避雷器의 制限電壓-電流特性

탱크형 피뢰기는 GIS의 중요한 주요소의 일부를 담당하고 있다.

다음에 피뢰기를 고성능화 하기 위한 과제는 過電壽命特性, 開閉서지 動作責務 特性, 安定性·評價試驗, 電位分坦, 動作開始電壓試驗, 누설전류 시험등이 있으며 특히 탱크형 피뢰기에서는 酸化亞鉛素子와 탱크간의 漂遊容量에 의한 素子間の 電位분담에 대하여 고려할 필요가 있다. 電位分布를 均일하게 하기 위하여 同心上分割形 금속 실드를 배치한다.

電位分布測定回路는 圖 9과 같으며 피뢰기 본체는 3相으로 사용하며 측정에는 交流電壓을 三相에 인가하고 光센서를 매개로 디지털 전압계로서 電位분담을 측정한다. 電位분담은 1.1이하가 되어야 한다. 酸

化亞鉛素子の 過電率은 0.75정도이며 酸化亞鉛素子の 過電壽命特性을 고려한 지장이 없는값이다.

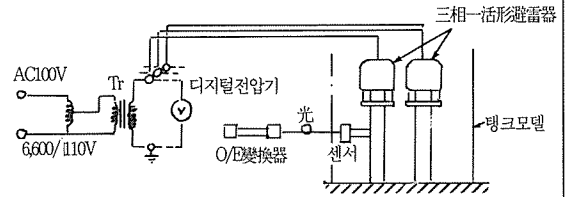
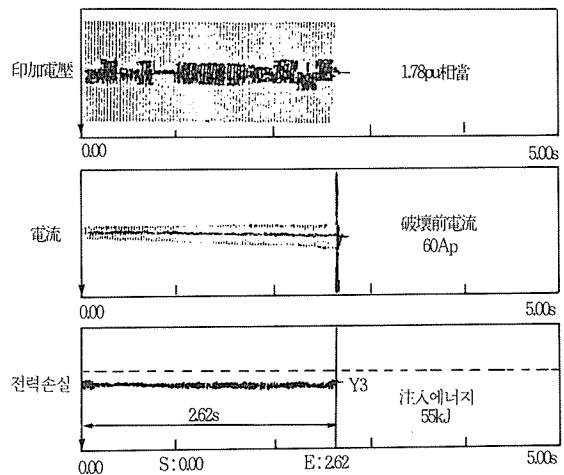


圖 9 266kV 고성능 3상 일괄형 탱크형 피뢰기의 전위분포측정 상황도

한편 피뢰기 고성능에 따른 과제로서 交流短時間 過電壓 特性을 규격치의 1.69×2초 이내로 형성되어야 한다.

圖10은 1.78배 (287.5kV/√3 기준) 상당의 단시간 交流短時間過電壓 耐量 試驗時의 오실로스코프를 나타낸 것이다.

電流는 최대 60A이며, 주입에너지는 55KJ/소자1개의 예를 나타낸 것이다.



註:略語說明 S:開始, E:終了

圖 10 交流短時間過電壓(AV TOV)耐量試驗時의 오실로스코프 高性能酸化亞鉛素子를 사용한 AC TOV 1.78pu×2.62秒通電試의 電壓, 電流, 전력손실의 測定例

課題

絶縁協調

酸化亜鉛素子
(도미니시형素子)

縱流遮斷

絶縁容器
(폴리머絶縁容器)

防爆

直列(電極構造)

小型·輕量

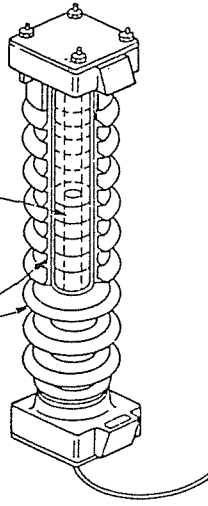


圖 12 送電用避雷裝置의 課題와 主要部

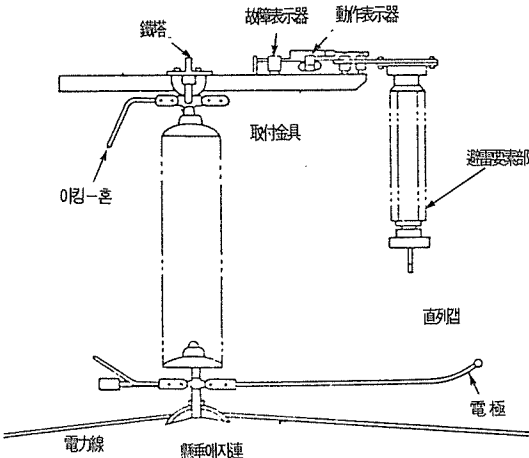


圖 13 送電用避雷器裝置의 裝柱構造(懸垂에이저連用)

汚損對電壓특성이 우수한 폴리머 절연용기를 개발함에 따라서 소형 경량화 및 비자기화에 의한 방폭성능 향상을 실현할 수 있다. 지금 보호대상이 아킹혼이라면 단일의 기중 갭과 酸化亞鉛素子를 내장하는 피뢰기를 구성할 수 있다. 송전용 피뢰장치의 장구조는 圖 13과 같으며 첩탑 앞에서 취부금구를 배치하여 피뢰기를 아래에 매달아 電線의 진동 등 불필요한 진동이

덧붙여지지 않도록 한다.

동작표시에는 雷임펄스 전류로 동작하는 동작표시기를, 만일의 고장표시는 地絡電流로 동작하는 고장표시기를 설치한다. 피뢰기가 고장이 났을 경우 피뢰장치는 직렬갭으로 耐電壓을 내는 연속운전이 가능하도록 설정한다.

한편 피뢰장치는 갭의 漂遊容量과 피뢰기의 靜電容量으로 分壓되어 피뢰기의 靜電容量과 아킹-혼 간격의 관계를 유지하는데 필요하다. 아킹-혼 간격은 동시에 피뢰기의 靜電容量에 큰 영향으로 放電電壓은 낮아지고 절연협조의 여유는 커져서 보호율이 높아진다.

III. 결론

酸化亞鉛素子の 출현에 의해서 피뢰기 적용방법이 크게 변화하고, 피뢰장치는 사회적 필요에 의해 고품질의 전력공급을 위한 對雷施策을 효과적으로 수행하는 역할을 하는 중요한 기기이다.

앞으로의 피뢰장치의 과제로서는 고성능 피뢰기의 하위계통에의 적용과 기기의 LIWL 저감에의 공헌, 고전압 계통에 적용하는 송전선 피뢰장치의 개발 피보호기계의 복합화, 내장화 등에 적용 확대할 수 있는 피뢰기가 앞으로 많이 개발되어야 한다.

끝으로 지금까지 살펴본 酸化亞鉛形 高性能 避雷器는 500KV의 절연레벨 LIWV 180KV, 1550KV에서 1425KV까지 실현, 275kV 절연레벨도 LIWV 1050kV에서 950kV의 실현이 가능할 것이 예측되고, 線路引込口의 축소화, GIS의 소형화에 기여할 것으로 기대된다.

고성능 피뢰기는 개폐서지 억제효과를 발휘할 수 있을 것으로 보인다.

앞으로 고성능 피뢰기가 기준이 되어 100kV용 승변전 설비의 절연설비의 실용화가 다각도로 검토 될 것이라 생각된다.