

IT Enabled 친환경 고체절연 Switchgear

이 종혁 · 마지훈 · 유련 · 이재걸 · 탁성준 · 박정남 · 이석원 · 안희일 · 김영근 · 신영준

Eco-friendly Solid Insulated Switchgear for IT Enabled

J.H. Lee · J.H. Ma · R. Yu · J.G. Lee · S.J. Tak · J.N. Park · S.W. Lee · H.I. Ahn · Y.G. Kim · Y.J. Shin

Abstract - This paper describes development of intelligent solid insulated switchgear for next generation distribution line. Nowadays, for switchgear, increased to substitute eco-friendly environment and smart ability. In relation to a project to development of intelligent solid insulated switchgear, a comparison of insulation for substitution insulation medium, to show a composition of intelligent solid Insulated switchgear and valuation on characteristics for each of module.

1. 서 론

1.1 연구배경

전력소비의 증대가 동반되는 산업사회의 발달에 따라 전력계통상의 Switchgear 경우에도 도심의 전력증가에 따라서 수요가 증대되고 있다. 이 과정에서 Switchgear는 설치 공간, 친환경성, 비용 및 조작 안전성 및 소형 집적화 등의 다양한 요구사항에 대하여 모두 만족하는 방향으로 발전해 왔으며 그 주요한 요소는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 친환경적인 절연매질 적용과 열가소성형태의 수지 적용 및 가전제품과 같은 친숙한 외관을 가질 것. 둘째, 소형 집적화 제품개발을 통해 도심의 전력부하 밀도 집중에 따른 설치공간의 효율화, 소형화, 다기능화일 것. 셋째, 내 Arc방지와 같은 조작 안전성을 가지는 것이다.

또한, SF₆가스에 의한 환경오염을 규제하는 국제적 흐름에 따라 차세대 Switchgear는 대체절연 물질의 개발과 이의 적용성을 높이는 것이 중요하다. 일반적으로 절연/소호력이 우수한 SF₆가스를 대체하기 위해서는 2가지 이상의 친환경적인 복합(Hybrid)절연을 이용하는 데 예로는 Epoxy등을 이용한 고체절연, 공기, 건조 압축공기, N₂가스등의 대체절연매질을 이용하는 것이다.

따라서, 본 논문에서는 SF₆가스를 전혀 사용하지 않고 대체절연매질을 이용한 차세대 Switchgear 개발로서 산업자원부 중기거점/차세대 신기술 개발사업의 일환인 "25.8kV Intelligent 복합절연 Switchgear 개발"과제에 대한 내용을 정리하였으며 소개하는 Switchgear는 부가적으로 전력계통상에 사용되는 기기들간의 고속 통신 기능을 가진 고기능 IED(Intelligent Electronic Devices)를 채용하여 계측·제어·보호·상태감사 등의 기능은 물론, 취득한 정보를 원방에서 인지 할 수 있도록 하는 Smart화된 고부가가치 제품으로서의 Intelligent 복합절연 Switchgear이다.

2. 본 론

2.1 대체절연매질의 선정

본 연구에서 대체절연매질의 선정은 절연내력의 정도, 친환경성을 중심으로 선정하였으며 대체절연매질의 검토

대상으로는 질소, Dry Air, Vacuum, Epoxy를 주 대상으로 하였다. 먼저, 질소(N₂)가스는 고압의 공기와 더불어 1930년경부터 전력기기의 절연재료로 사용이 되어 왔다. 질소 가스는 대기압 공기에 비하여 절연내력이 높고, 액체, 고체절연물에 비하여 유전율이 적어 충전전류가 작은 장점과 불연성이며 열적으로 안정하다는 장점이 있다. 하지만, 후에는 불소나 염소를 함유한 기체가 높은 절연내력을 가지게 되어 질소의 사용은 제한이 되어 왔다. 질소의 절연내력정도는 현재 GIS에서 가장 많이 사용하고 있는 SF₆ 가스와 비교해 볼 때 37%정도의 절연내력을 가지고 있다. Dry Air는 질소와 산소가 주로 이루어져 있으며 나머지는 소량의 아르곤, 이산화탄소, 수소 등 여러 화학성분으로 구성 되어 있다. 그리고 대부분의 공기에는 1 ~ 3% 정도의 수증기가 함유되어 있는데, 이러한 수증기를 완전히 배제한 공기를 말한다. 1차 적은 흡착과 2차 저온 처리로서 얻게 되는 Dry Air는 약 99%가 질소(N₂)의 성분을 갖게 되므로 절연내력 또한 SF₆ 가스의 1/3 정도 수준인 질소와 거의 동일한 값을 가지게 된다. 그러나 이러한 양질의 Dry air를 얻기 위해서는 매우 높은 압력과 이슬점(약 -120℃ ~ -180℃)이하로 저감 시킬 수 있는 고가의 냉각장치가 필요하므로 절연매질로 질소를 사용하는 것과 별 차이가 없고 가격 면에서도 경쟁력이 없게 된다.

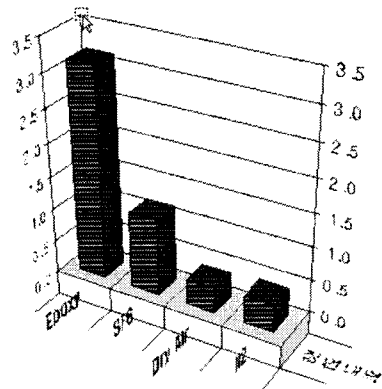


그림 1. 대체절연매질의 절연내력 비교
Fig. 1. a comparison of insulation for substitution insulation medium.

Arc 소호능력에서 탁월한 성능을 나타내는 Vacuum의 경우 이미 VI(Vacuum Interrupter)를 통하여 폭넓게 사용되고 있는 절연매질로서 주로 고압기기의 CB부를 구성하고 있으며 사용 환경이 주로 SF₆가스내 혹은 대기중에 사용되고 있는 절연매질이다. 그림 1은 대체절연매질에 대한 절연내력을 SF₆가스와 비교하여 나타낸 것

로서 Epoxy의 절연특성 우수함을 단적으로 나타내고 있다.

표 1은 대체절연매질에 대한 절연내력과 친환경성에 대한 장단점을 비교한 표로서 최종적으로 Vacuum과 Epoxy를 복합적으로 사용하여 차세대 스위치기어의 구성에 적용함으로써 그 정당성을 나타낸 것이다.

표 1. 대체절연매질의 장단점 비교
Table1. a comparison of strong and weak point for substitution insulation medium.

	장점	단점
SF ₆	- 절연내력이 높다. - SWGR의 축소화	- 지구온난화 - 환경규제 (CO ₂ 의 24,000배)
N ₂ & Dry Air	- 친환경적 - 유해가스 無 - SF ₆ 에 비해 저렴	- SWGR의 축소화 불능 - SF ₆ 의 1/3배
Vacuum & Epoxy	- 높은 절연내력 (SF ₆ 의 5배) - SWGR의 축소화 가능 - 친환경적 절연재료	- 진공기밀, 주형기술의 확보 선행

2.2 Intelligent 복합절연 Switchgear의 구성

본 논문에서 제시하는 복합절연 Switchgear는 크게 여섯가지의 Component로 구성되어 있으며 각 구성요소들은 DS(Disconnect Switch), ES(Earthing Switch) Module, Embedded VI Module, PMA Mechanism, EVT/ECT, IED이다. 각 Component의 핵심기술을 세부적으로 보면 다음과 같다.

첫째, DS와 ES Module의 경우는 Interface시에 중요한 절연설계기술과 각 Switch의 접점부 설계 기술, 고체 절연물(Epoxy)의 몰딩 기술 그리고 각 Switch의 구동을 위한 Mechanism 설계 기술등이다.

둘째, Embedded VI Module의 경우는 단부에 집중되는 전계에 대한 전계완화 기술, 세라믹과 에폭시 재료간의 계면처리 기술, 고체 절연물의 몰딩 기술등이다.

셋째, PMA Mechanism의 경우는 Controller 설계 기술, Mechanism과 주회로 간의 Link 구조 기술등이다.

넷째, EVT/ECT의 경우는 저항분압형 PT와 로고우 스키 코일을 이용한 판통형 CT로서 센서의 노이즈 차단기술 및 몰드시 절연기술 그리고 외부 다른 모듈과의 결합을 위한 구조기술등이다.

다섯째, IED는 Back plan 설계 기술, 감시 진단 기술, RTOS (Real Time Operation System) 운용 기술 그리고 Graphic HMI 설계 기술등이다.

신개념의 친환경적 복합절연 Switchgear 개발에 있어서 고체 절연 몰딩기술은 매우 중요하다. 각각의 Component들은 서로 간에 결합형태로 이루어져 있기 때문에 무게의 중심이나 고정을 위한 단자의 위치, 그리고 전계 완화를 위한 구조를 추구해야 함으로서 몰딩 작업을 보다 쉽게 하기 위한 구조와는 다소 거리가 있다. 이로 인해서 몇 가지의 중요한 요소들을 고려하여 Component를 몰딩할때에는 Void 및 Crack등이 발생되지 않아야 하며 각 성형에 대한 높은 정밀성도 요구된다. 특히, Embedded VI의 경우는 전기적 개폐 동작이 일어나는 곳을 고체 절연물로 몰딩하기 때문에 이로 인한 전계의 집중을 완화시키는 구조와 VI의부를 구성하는 세라믹과 절연을 구성하는 Epoxy 간의 계면특성을 고려한 몰딩기술은 필수적이며 이는 매우 중요한 기술이라 할 수 있다. 그리고 PMA 구동

메카니즘의 경우 개폐시의 전기적 성능에 부합되도록 구성되어야 함은 물론이고 노출된 도체부와 절연설계도 함께 고려되어야한다. 또한, 힘을 전달하는 Link의 경우 효과적이고 효율적인 구조로서 전달되는 힘의 손실을 최소화 시켜야한다.

IED는 대용량 Data 전송은 물론 EMC성능도 포함되며 자기 진단을 위한 알고리즘은 반드시 포함되어야 하는 주요한 기술이다.

그림 2는 복합절연 Intelligent Switchgear의 구성 개략도를 나타낸 것으로 Main, feeder, measuring, section, bus tie, MOF pannel 등이다.

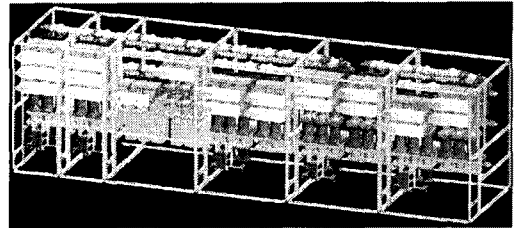
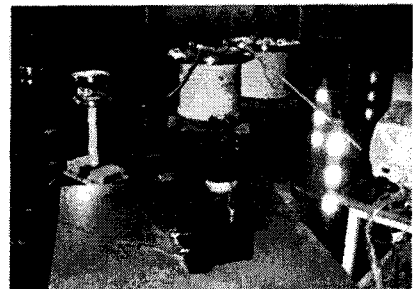


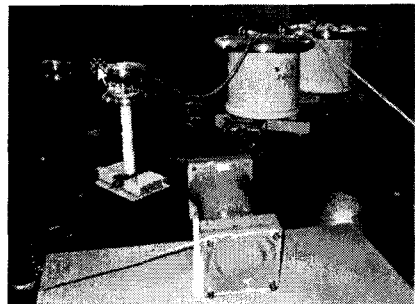
그림 2. 복합절연 Intelligent Switchgear 전체 구성도(안)
Fig. 2. Total composition of Intelligent solid Insulated Switchgear(proposition)

2.3 시험 및 평가

복합절연 Switchgear에 대한 시험 및 평가는 각 Pannel을 구성하는 각 Module별로 전기적특성 시험을 진행하였다.



(a) EVT



(b) Embedded VI

그림 3. module에 대한 PD 시험
Fig. 3. PD test for module

시험 평가는 한국고정시험기관인정기구(KOLAS)로부터 인증을 받은 LS산전의 전력시험연구소(PT&T)에서 수행하였으며 시험항목으로는 상용주파 내전압, 너임펄스

전압, PD시험등을 행하였다. 그림 3의 (a)와 (b)는 PD시험을 실시하는 그림을 나타낸 것이며 표 2는 대표적인 module에 대한 시험에 대한 내용 및 결과를 나타낸 것이다.

표 2. module 시험에 대한 내용 및 결과
Table 2. a result and content for module test.

	Embedded VI	EVT	조건
Power Frequency Voltage Test	Pass	Pass	70kV/1min
Lightning Impulse Voltage Test	Pass	Pass	150kVBIL /15times
PD Test	Pass	Pass	34.6kV/10sec 28.4kV (10pC.) 17kV Free

이와 함께 DS/ES module과 module간의 spacer등은 현재 시험이 진행중이며 PMA 구동장치의 경우도 현재, 최종적인 성능시험 단계까지 개발이 진행된 상태이다. 표2에서 나타난 내용과 일련의 시험들을 통해서 현재 수행중인 과제는 최종단계에 까지 진행되어 있으며 향후 과제의 성공적 수행은 물론 차세대 Switchgear 제품으로서의 시장성에 대해서도 큰 기대를 가지게 되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 차세대 Switchgear에 대한 필수적인 요소들을 검토하여 친환경적이면서도 절연내력도 우수하고 Smart한 Switchgear를 개발하기 위한 내용으로서 현재 국책과제로 진행중인 "25.8kV Intelligent 복합절연 Switchgear 개발"에 대한 내용들을 소개하였으며 핵심 요소인 대체절연매질로서 Epoxy 수지와 Vacuum의 복합적인 절연을 통하여 차세대 Switchgear를 구성하였고, 차세대 복합절연 Switchgear의 module별 시험을 통하여 그 가능성 및 현재의 진행사항을 점검하였다. 이를 위해서는 Bay Control 개념의 Intelligent Electric Device, 신개념의 PMA Mechanism, digital ECT, EVT 및 전력기기 diagnosis의 적용을 통한 전력기기의 IT화가 동시에 진행되어야 한다.

본 논문에서 이러한 필요요소들을 접목한 복합절연 Switchgear의 개발을 통하여 여러 가지 측면에서 다음과 같은 효과를 얻을 것으로 기대된다. 먼저, 기술적으로는 복합절연매질의 도입 적용을 통해 각 절연매질의 절연특성에 대한 기술적 진보와 제품 적용을 통한 중전기 제품의 경쟁력 강화와 산업 및 경제적으로는 친환경적 복합절연매질 채택으로 개발된 제품의 수출 기여 및 국내 중전기 분야 산업 활성화에 기여하고, 중전기 제품품질향상에 기여 할 수 있으며, 정책적으로는 대기환경 오염을 규제하는 국제적 흐름에 부합하여 중전기분야의 국제경쟁력 상승으로 이어져 수출활성화에 도움이 될 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

[1] R. Christian의 2명, "The integrated MV circuit-breaker ; A new device comprising measuring, protection and interruption", CIRED, 2003.
[2] J.T.Kennedy의 2명, "Cathode photo-electron emission during a gas discharge in N2 and dry air", IEEE, 1994.

[3] E.H.R.Gaxiola의 1명, "Avalanche and streamer formation in N2 and dry air", IEE, 1996.
[4] Bar Mckean, "Magnets & Vacuum - the perfect match", BMA&ABB, 2000.
[5] J.Sato의 3명(Toshiba), "Composite Insulation Technology for New Compact 72/84kV C-GIS", IEEE, 1999.