

지중송전 기술개발관련 국외 현황

구 자 윤

(한양대학교 공학대학 전기공학과 교수)

1. 케이블 및 접속재

1.1. 가공선로와 지중케이블과의 비교

CIGRE member인 19개국, 58개 전력회사의 800,000 km 송전선로에 대한 조사 결과, 1994년까지 대부분이 가공선로이고 지중선로는 1.7% 밖에 되지 않으며 특히 363-764 kV 급에서는 0.3% 만이 지중선로이다. 그러나, 낮은 전압레벨의 송전에서는 지중케이블의 포설이 크게 고려되는 경향이 있다. HV 선로 계획시 고려하여야 할 점에 대해 가공선로와 지중선로를 비교해 보면 다음과 같다.

1.1.1. 시스템 계획

가공선로가 지중선로보다 사고는 빈번하지만, 지중케이블은 보수 시간이 길고 장기적인 과부하시 가공선로보다 열화되기 쉬운 단점이 있다. 지중선로는 저 임피던스이므로 사고전류가 크게 되어 보호에 더욱 신경을 써야 한다. 그리고, 환경적인 측면과 비용 뿐 아니라 안전과 신뢰성 있는 전력공급을 위한 법규 요건을 고려해야 한다.

1.1.2. 환경 문제

가공선로는 눈에 띄지만 지중선로는 보이지 않으며, 일반 대중들은 전자파 영향, 가청 노이즈, 일반적인 간섭효과 등이 적어 지중선로가 더 좋은 것으로 인식하고 있다. 지중선로는 가공선로보다 토지 점유율이 적으며, 가공선로에서는 토지문제가 종종 일어나고 있다. 그러나, OF 케이블에서 사고가 일어나면 토양 오염의 위험이 있으나, 고분자케이블과 가공선로는 그러한 위험이 없다.

1.1.3. 기술적 문제

지중케이블의 용량성 충전전류는 가공선로보다 상당히 크고, 장거리 선로에서는 값비싼 보상 리액터를 설치할 필요가 있다. 또한, 지중케이블 포설작업에는 보통 긴 시간이 걸리고 교통 소통이나 농작에 더 지장을 주게 된다. 그리고,

가공선로의 사고는 대체로 과도적이지만, 지중케이블의 사고는 영구적이므로, 가공선로에는 고속자동차단이 적용되지만 지중케이블이 긴 경우에는 추천할 만하지 않다.

1.1.4. 비 용

전압레벨이 높아질수록 지중선로의 비용은 가공선로보다 높아지게 된다. 지중케이블과 가공선로간의 비용 비율을 살펴보면 다음과 같다.

- 110 - 219 kV급 : 비용 비율 7
- 220 - 362 kV급 : 비용 비율 13
- 363 - 764 kV급 : 비용 비율 18

이 비율은 선로 루트, 계획, 법규 및 보상 문제 등에 따라 달라진다. 전력손실의 비용이 포함되면 이 비율은 낮아지지만 크게 영향을 미치지 않는다. 장거리 지중선로의 경우에는 경제적인 규모가 달라지므로 이 비율은 낮아진다.

1.1.5. 장래 전망

토지 사용 제한, 환경문제 대두 및 기술력 향상으로 지중케이블의 사용이 늘어날 것으로 예상되며, 특히 낮은 전압레벨의 송전에서는 비용의 차이가 크지 않아 더 널리 적용되리라 기대된다.

한편, 높은 전압레벨의 송전에서는 가공선로가 앞으로도 지속되리라 예상되지만, 비용의 절감을 위해 새로운 타입의 지중케이블 및 포설기술 개발이 지속적으로 이루어질 것이다.

1.2. 케이블

1.2.1. OF 케이블

현재 SCOF(Self-Contained Oil Filled) 케이블은 세계 각국에서 전체 전압레벨에 걸쳐 사용되고 있으며, 구체적으로는 캐나다에서 60 - 500 kV급, 영국에서 66 - 400 kV급, 프랑스에서 63 - 400 kV급, 핀란드에서 110 - 400 kV급에

적용되고 있다. 그리고, 러시아에서는 110 kV급과 220 kV 급에 적용되고 있으며, 오스트리아에서는 110 - 380 kV급에 적용되고 있다.

한편, HPPT(High Pressure fluid-filled Pipe-type) 케이블(즉, POF 케이블)에 대해서는, 캐나다에서 저점도 광유나 합성유 또는 질소개스를 이용하여 전체 전압레벨에 걸쳐 사용되고 있으며, 프랑스에서는 225 kV급에 적용되었고, 러시아에서는 110 - 500 kV급의 전체 전압레벨에 사용되며 대부분의 220 kV급과 500 kV급 전체에 적용되고 있다. 아일랜드에서는 110 kV급, 220 kV급, 400 kV급에 LP(Low Pressure)OF 케이블이 적용되고 있으며 400 kV급은 접속 부분없이 변전소에 설치되었다. 한편, 일본에서는 275 kV급으로 PPLP(Poly-Propylene Laminated Paper) 절연을 이용하여 사용되고 있다. 최근, PPLP를 절연 층으로 사용할 경우 절연두께가 줄어들고 송전용량이 증대됨에 따라, UHV 용 OF 케이블에는 PPLP가 주로 적용되고 있다.(예, 일본의 혼슈우-시코쿠 간 500 kV급 선로)

1.2.2. 사출 케이블

XLPE 케이블의 경우, 60 - 225 kV급에 주로 사용되며, 점차 사용이 증대되고 있다. 그러나, 더 높은 전압레벨에서는 접속재 등의 문제로 인하여 사용이 제한되고 있다. 사출 케이블은 OF 케이블에 비해 손실이 적고, 송전용량이 크며, 화재의 위험성이 적고, 작업이 용이하고, 비용이 적게 들어 앞으로 UHV급에서도 OF 케이블을 대체할 것으로 기대된다. 핀란드에서는 포설 HV 케이블의 2/3가 XLPE 케이블로서 110, 220 kV급에 적용되며 AI 도체와 납시이즈 및 PE 의 부시이즈를 사용하고 있다. 그리고, 러시아에서는 현재 110 kV급에 설치되어 있고 220 kV급으로는 개발이 완료되었으나 예산 부족으로 설치되지 않고 있으며, 오스트리아에서는 1989년 이후로 110 kV급에 적용되고 있으며 EPR을 절연재료로 한 케이블은 사용하지 않고 있다. 아일랜드에서는 110 KV 급과 220 kV에 적용되고 있으며, 110 kV급은 앞으로 XLPE 케이블로 포설될 계획이고 220 kV급은 접속부분없이 변전소에 설치되었다.

LDPE 케이블의 경우, 각국에 따라 사용되는 전압레벨은 다르다. 프랑스에서는 400 kV급까지의 UHV 레벨에 사용하고 있다. 캐나다에서는 115 - 138 kV급으로 사용되지만, XLPE 케이블보다는 적게 적용되고 있다. 오스트리아에서는 1989년 까지 110 kV급에 사용하였다.

HDPE 케이블은 프랑스에서 63 - 225 kV급으로 사용되어 왔으나, 점차로 XLPE 케이블로 적용되고 있다.

1.3. 액세서리

1.3.1. 접속재

OF 케이블에는 straight joint와 stop/feed joint가 사용되고 있다.

XLPE 케이블의 경우 사용되는 접속재를 각국별로 살펴

보면 다음과 같다.

- 캐나다 : taped type(self-amalgamating EPR tape)과 premoulded type(EPDM, EPR)이 사용되지만, 후자가 주종을 이루고 있다.
- 영국 : 캐나다와 유사하다.
- 프랑스 : 전압 레벨에 따라 약간씩 차이가 있다.
 - 63, 90 kV급 : taped joint를 사용함. 현재 prefabricated joint는 경제성이 없어 사용하지 않고 있으나, 앞으로 케이블의 절연두께가 줄어들면 주로 적용될 것으로 사료된다.
 - 225 kV급 : LDPE 케이블에 premoulded joint가 사용되나, 작업이 까다로와 고도의 숙련공이 필요하다.
 - 400 kV급 : 접속의 개념 없이 metal-clad termination 두 개를 end-to-end로 접속한 것을 사용하고 있다.
- 핀란드 : 주로 field taped type과 moulded type이 사용된다.
- 오스트리아 : taped joint만 사용하고 있으며, LDPE 케이블에는 PE based tape이 XLPE 케이블에는 EPR based tape이 각각 사용되고 있다.

한편, 전 세계적으로 사출케이블에 사용되는 접속재의 적용 현황을 살펴보면 98 % 정도가 straight joint이며, 각 전압 레벨별로는 다음과 같이 사용되고 있다.

- 60 - 90 kV 급 : 초기에는 field moulded joint가 많이 사용되었으나 지금은 taped joint가 93.1 %로서 주종을 이루고 있으며, 이 중 self-amalgamating tape type이 95.9 %, adhesive tape type이 4.1 % 를 차지하고 있다.
 - 이 외에는 prefabricated joint / field moulded joint / heat shrink joint의 순서로 약간씩 적용되고 있다.
- 110 - 190 kV 급 : field moulded joint는 43.4 %, taped joint가 35.1 %, prefabricated joint가 21.5 % 사용되고 있다.
 - 1970년대에 시작된 이 전압레벨의 접속은 주로 field moulded joint가 채택되었고, 1980년대 이후로 taped joint와 prefabricated joint의 수가 증가되고 있다.
- 200 - 300 kV 급 : field moulded joint는 80 %, prefabricated joint는 20 % 정도가 사용되고 있다.
 - 이 전압레벨에서는 상당히 높은 운

전 스트레스로 인하여 taped joint는 거의 사용되지 않고 있다. (전체 3,037 개 중 10 개가 사용됨)

310 - 500 kV 급 : 모두 프랑스의 420 kV LDPE 케이블 (19개소) 및 525 kV LDPE 케이블(1개소)에 적용된 'back-to-back' joint이다.

1.3.2. 단 말

OF 케이블에서는 어떤 케이블을 사용하는가에 따라, 옥외/옥내 단말, 변압기 단말, SF₆ 개스 단말(GIS용) 등 각종 단말의 형태와 사용되는 절연재료가 달라진다.

XLPE 케이블의 경우, 영국에서는 주로 EPR이나 고유전율 스트레스콘으로 단말을 구성하고 있으며, 핀란드에서는 스트레스콘과 porcelain housing을 사용하고 GIS용은 30 %, 옥외단말이 70% 정도를 차지하고 있다. 한편, 프랑스에서는 전압레벨에 따라 다음과 같이 사용하고 있다.

63 - 90 kV 급 : 절연유(옥외 단말)나 SF₆ 개스(GIS) 내에 premoulded stress cone이나 용량성 분압기를 사용하고 있음.

225 - 400 kV 급 : 절연유를 사용하지 않고 SF₆ 개스내에서 premoulded stress cone을 사용함.

그리고, 오스트리아에서는 옥외단말은 porcelain housing이 대부분이지만 합성고분자 하우징도 사용되고 있으며, SF₆ immersed 단말과 변압기 단말은 IEC 또는 VDE의 cast resin insulator를 사용하고 있다. 모든 단말은 합성절연유나 광유 또는 실리콘유로 채워져 있으며, 최근에는 stress control을 위해 stress cone에 EPDM 또는 SIR slip이 적용되고 있고, GIS 사용의 증가로 SF₆ immersed 단말이 급증하고 있다.

한편, 전 세계적으로 사출케이블 단말의 적용 현황을 각 전압 레벨별로 살펴보면 다음과 같다.

60 - 90 kV 급 : 옥외/옥내 단말 62.0 %
 metal enclosed GIS 단말 26.1 %
 oil immersed 변압기 단말 10.6 %
 temporary 단말 1.3 %
 가 적용되었으며, 주로 prefabricated composite type이 사용되었다.

최근에는 prefabricated elastomeric shed와 stress cone type이 옥외/옥내 단말에 채택되고 있다.

110 - 190 kV 급 : 옥외/옥내 단말 52.3 %
 metal enclosed GIS 단말 32.4 %
 oil immersed 변압기 단말 14.4 %
 temporary 단말 0.8 %
 가 적용되었으며, 주로 'stress cone and insulator' type과 'prefabricated composite' type이 주종을 이루고

있다.

200 - 300 kV 급 : 'stress cone and insulator' type은 주로 옥외/옥내 단말과 oil immersed 변압기 단말에 사용되고 있으며, 'capacitor cone and insulator' type은 주로 metal enclosed GIS 단말에 사용(70 % 정도)되고 있다.

310 - 500 kV 급 : 옥외/옥내 단말 59.3 %
 metal enclosed GIS 단말 38.6 %
 oil immersed 변압기 단말 2.1 %
 가 적용되었으며, 모든 옥외/옥내 단말과 oil immersed 변압기 단말은 'stress cone and insulator' type이다.

2. 운용 및 유지보수

2.1. OF 케이블

주로 SCOF 케이블을 많이 사용하고 있으며, POF(HPPT) 케이블보다 설치비 및 유지비가 적게 든다. 1970년대 초반에 stop joint에서 사고가 있었으나, 현재는 액체의 누출이 거의 없이 신뢰성 있게 운전되고 있다. 최근 액세서리의 설계는 기계적 측면에 대해 주의를 기울이고 있다. POF(HPPT) 케이블은 인구 밀집 지역의 비교적 짧은 구간에 적용되고 있다. 한편, 오스트리아의 경우에는 380 kV 선로에 water pipe cooling system이 적용되고 있다.

2.2. 사출케이블

유지비가 필요 없고 장점이 많아 OF 케이블을 대체해 가고 있다. 초기에는 접속재에서 약간의 사고가 일어난 경험을 갖고 있다.

2.3. 감시시스템

세계 각국에서 케이블에 대한 감시로는 중요한 송전선로에 대해 주로 광섬유를 이용한 온도 모니터링 시스템이 OF 케이블을 위주로 적용되고 있으며, 사출절연 케이블에도 적용이 확대되고 있다.

그리고, 사고 발생 초기에 이상 변화를 감지하고 사고의 파급을 줄이기 위한 지중송전선로의 감시 시스템에 대해서 일본에서 고려하고 있는 바를 살펴보면 다음과 같다.

- 케이블 터널에 대한 감시 시스템 : 화재 경보, 水位 모니터링, 대기중 산소량 모니터링, 전기장치 모니터링 및 보안 시스템으로서 주로 LAN을 이용하여 데이터를 전송함.
- 케이블 모니터링 시스템 : OF 케이블의 급유상태 및 케이블의 온도 모니터링으로 광섬유 온도 모니터

링 시스템을 이용함.

- 사고 위치 파악 시스템 : 주로 가공선-지중선 연결부위의 사고에 대한 판단용으로 이용되며, 실제 적용되는 시스템은 다음 표와 같다.

모니터링 대상	모니터링 위치	모니터링 내용	센서
도체의 사고전류	절연 연결부위	사고전류의 크기와 위상	광학 자기 센서 C T
사이즈의 사고전류	crossbonding wire와 접지선	영상전류의 크기와 위상	광학 자기 센서 C T
썩어지 전압 (전류)	도체, 사이즈	썩어지 감지 시간차	광학 자기 센서 C T
음향 압력	케이블 터널	음향 압력의 감지 시간차	세라믹 마이크
온도	케이블 터널 또는 케이블 표면	온도 상승	광섬유

한편, 아일랜드에서의 케이블 운용 및 유지 보수는 다음과 같이 수행하고 있으며, sealing end에 수분침투나 부식으로 인한 약간의 사고를 제외하고는 상당히 좋은 운전 경험을 갖고 있다.

- 주요 선로는 정기점검함.
- 유압을 계속 모니터링함.
- 매년 사이즈 시험을 수행하여 문제 부위를 보수함.
- 액세서리는 정기적으로 육안 검사함.

3. 시 공

케이블의 포설은 주로 특수 backfill을 사용한 직매 방식이며, duct, 터널, 수직샤프트 등에도 설치되고 해저케이블로도 이용하고 있다.

영국에서는 깊이 0.9 m로 직매하고 있으며, 토양과의 열적 문제 및 단면적이 큰 경우 열-기계적 힘이 발생(2,000 mm²의 도체에서 60 kN의 힘이 발생)하므로 접속재의 움직임이 없도록 하고 단말에서 케이블이 늘어나는 것을 고려하고 있으며 곡률반경의 처리 등에 주의하고 있다.

프랑스에서는 금속사이즈의 접지에 대해 정상 조건 최대 사이즈 전압 : 400 V, 단락 조건 최대 사이즈 전압 : 20 V로 하고, 짧은 구간은 한 끝이나 중간 부분을 접지시키고, 긴 구간에서는 여러 부분을 접지하거나 cross bonding을 사용한다. 또한, 포설시에는 콘크리트 트러프 내에 포설(깊이 1.4 m)후 모래로 채우며, 63 - 90 kV급의 경우 약한 콘크리트 믹스 내에 포설하고 있다.

러시아에서는 thermal backfill을 이용하여 강화 콘크리트 관으로 보호된 지하나 trench에 포설하고 있으며, 다른 선로와 교차될 경우에는 asbestos-cement pipe를 이용하고 있다. 매설 깊이는 1.5 m, 선로간 이격거리는 0.8 m로 포설한다.

오스트리아에서는 외곽 지역에는 trefoil formation과 1.2

- 1.4 m의 깊이로 직매하고 solid sheath bonding을 수행하고 있으며, 도심 지역에는 모래나 특수 backfill로 채워진 콘크리트 트러프를 사용한다. 380 kV급과 같은 더 높은 전압레벨에서는 flat formation과 crossbonding을 사용하고 이 경우의 포설깊이는 2 m이다. 그리고, 고속도로에 포설할 경우에는 고속도로 밑에 길이 83 m, 직경 1.8 m의 콘크리트 관을 묻어 포설하고 있다.

4. 개 발

캐나다에서는 PPLP 800 kV SCOF 케이블에 대해 평가 중에 있으며, 115 - 400 kV급에 XLPE 케이블을 지속적으로 포설할 계획이다.

영국에서는 275 - 400 kV급에도 XLPE 케이블의 적용을 검토하고 있으며, 이에 따라 주로 400 kV급에 적합한 액세서리 특히 straight joint의 실제 설계를 연구 개발하고 있다. 그리고, 현재 275 kV급의 XLPE 케이블에 대해 시험 선로를 가설하여 시험 중에 있다. 한편, 광섬유 온도센서를 이용한 케이블 온도 모니터링 시스템이 개발되어 사용이 증대될 것으로 기대되고 있다.

한편, 프랑스에서는 400 kV급 가공선로의 건설이 환경문제로 어려워짐에 따라, bulk power 송전의 대체 방법으로 중거리(20 km 이내)에 사출케이블의 적용을 연구하고 있다. 이에 대한 주된 개발 과제는 다음과 같다.

- 주 절 연 : XLPE의 운전 온도 문제 및 절연 두께 감소(3 mm)
- 도 체 : 큰 단면적의 도체 개발(송전능력 모델링, 도체 형상, 두꺼운 절연층의 사출 등의 문제)
- 금속스크린 : 기존의 납사이즈를 대체할 새로운 개념 도입의 필요성
경량화(50 % 감소)를 위한 AI 사이즈의 개발
운전 및 단락시의 전기적 성능, 수분 침투방지, 기계적 보호, 부식 방지 등의 문제
- 액 세 서 리 : premoulded joint 개발(screen interrupter가 있는 것과 없는 것) 및 고분자 단말 개발 (1995년 말까지 완료 계획임)
- 도 시 공 학 : 기존의 포설시 고려사항 외에 도시 공학적 측면 고려
- 실제 network에서의 문제점 : capacitive effect, 낮은 임피던스, 과도과전압, network의 정적/동적 안정도 등
- 높은 신뢰성을 위한 공장 시험의 주요 프로그램 개발
- 기 타 : 인건비 및 시공 시간 저감을 위한 기계화 포설 문제가 있음.

또한, 일본에서는 285 kV급 XLPE 케이블의 transition joint와 prefabricated joint를 개발하여 3개월간 시험한 경험이 있으며, 기타 기계화 포설을 위해 개발 시험 및 적용 중에 있다. 그리고, 500 kV급 XLPE 케이블과 액세서리에 대해 케이블 절연두개의 감소 및 extrusion moulded joint의 개발을 위주로 프로젝트가 진행되어 장기 시험 중에 있다. 한편 포설거리가 긴 해저송전시스템에서는 DC 송전이 경제성이 있으므로, 충진제를 첨가한 XLPE 절연재료를 이용하여 공간전하 효과를 억제한 DC 250 kV XLPE 케이블을 개발하여 1995년 9월에 시험까지 끝나도록 한 프로젝트가 있다.

러시아에서 고려 중인 장래의 계획으로는 220 kV급 이상의 케이블과 액세서리의 상업적인 생산, 1,000 mm² 이상의 큰 단면적을 갖는 도체 개발, 수분 침투 방지물을 갖는 케이블 생산 및 elastomeric material을 이용한 premoulded accessory와 prefabricated accessory의 개발 등이 있다.

오스트리아에서 110 kV급에는 XLPE 케이블이 주종을 이룰 것으로 예상되나 설치가 용이한 prefabricated accessory의 개발이 요구되고 있다. 현재 220 kV급과 400 kV급에 SCOF 케이블이 사용되고 있으나, CEST에서 수행 중인 시험 결과에 따라 XLPE 케이블의 사용을 고려하고 있다. 그리고, 케이블에 대한 온도 모니터링도 고려 중에 있다.

아일랜드에서는 케이블 제조 업체가 없으므로 개발에 주력하지는 않지만, 북아일랜드 전력회사(NIE)와 스코틀랜드 간에 HVDC 해저케이블의 포설계획이 있으며, 220 kV급에 XLPE 케이블로 13 km를 포설하는 것을 고려하고 있고 접속기술의 개발에 관심을 두고 있다.

그 밖에 여러 나라에서 310 - 500 kV급 사출케이블의 접속문제로서 다음과 같은 접속제가 개발 시험 중에 있다.

- 'crosslinked extrusion moulded' type
- 'crosslinked tape moulded' type
- 'composite' type
- 'premoulded one-piece' type
- 'premoulded two-piece' type

5. 시 험

영국에서는 케이블의 포설에 대한 규격이 따로 없고 각 전력회사의 자체 규격이 있다. 다만, 승인 시험의 형태로 운전 전에 필요한 조건을 확인하고 있다.

프랑스에서는 접속재에 대해 EDF 기술사양 HN 68-S-20 규격(단심 사출케이블의 접속재)이 있으나 기능적인 측면만을 고려하고 있다. 즉, 절연체의 종류에 따른 운전 조건(운전 온도)이 명시되어 있고, 장시간/단시간 qualification test가 정의되어 있다.

일본에서는 부하싸이클의 시험에 대해 275 kV급 선로의 경우를 보면 다음과 같이 수행하고 있다.

시험 내역	1 단계	2 단계
고전압 시험	275 kV 2,931 시간	275 kV 4,767 시간
부하 조건	30 - 90 °C 116 싸이클 30 - 105 °C 4 싸이클	실온 - 60 °C 115 싸이클 실온 - 75 °C 11 싸이클
열적 변위	17 mm 20 싸이클 90 mm 33 싸이클	17 mm 133 싸이클

또한, 500 kV급 XLPE 케이블의 장기 시험 조건은 다음과 같다.

- 대상 : 500 kV급 XLPE 케이블 CAZV (Al sheath), CSZV (stainless steel sheath)
- 시험전압 : 450 kV
- 인가시간 : 5,883 시간
- 도체온도 : 실온 - 90°C 또는 105°C (8시간 ON, 16시간 OFF)
열 주기 실온 - 105°C 41회
- 측정 내용 : PD, tanδ, 온도
- 이러한 시험을 위한 시험선로의 개통시험(일종의 after laying test)으로 초기 결함검출을 위해 AC 500 kV 10분간 인가후, 열주기 실온 - 90°C 로 450 kV 24 시간 인가함.

그리고, DC 250 kV XLPE 케이블의 시험프로그램 및 결과는 다음과 같다.

단계	시험 전압	기간	시험 결과	비고
1	+ 500 kV	30일	우수	Z ₀
2	- 500 kV	30일	우수	Z ₀
3	± 375 kV	10일	우수	극성반전 1.5U ₀ 60회
4	- 500 kV	90일	우수	Z ₀
5	± 375 kV	10일	우수	극성반전 1.5U ₀ 60회
6	+ 500 kV	90일	진행중	Z ₀

한편, 일본에서는 일본 전력케이블 기술센터(JECTEC)를 만들어, 구성원은 케이블 업체로 부구성원은 케이블 사용자와 재료공급자로서 구성되어 있으며, 국제 협력, 교육 훈련, 정보 제공 등의 역할을 담당하고 환경보호(재활용기술)와 안전 신뢰성 등의 연구를 수행하고 있다.

그 밖에, CIGRE에서 조사한 각국의 액세서리 시험에 대한 현황을 살펴보면 다음과 같으며, 각국(주로 각국의 기업체)에서는 IEC와 ISO 규격을 채택하고 있다.

5.1. Type test

5.1.1. 조사 대상 90 % 이상의 나라에서 채택하고 있는 시험

5.1.1.1. 접속재

① AC 내압시험

- ② 임펄스 내압시험
- ③ 부분 방전 시험
- ④ Sheath interrupting insulation에 대한 임펄스 내압시험
(insulated flange와 pedestal insulator에 대한)
- ⑤ 부하싸이클 시험
- ⑥ 내방식층 시험 (joint shell 위에 덮힌 PVC)

5.1.1.2. 단 말

- ① - ⑤ : 접속재의 ① - ⑤ 와 동일함.
- ⑥ 운전 특성 시험 (oil pressure reservior)

5.1.2. 조사 대상 70 % 이상의 나라에서 채택하고 있는 시험

5.1.2.1. 접속재

- ① 구조(형상)의 육안 검사
- ② Sheath interrupting insulation에 대한 AC 내압 시험
(insulated flange와 pedestal insulator에 대한)
- ③ Sheath interrupting insulation에 대한 DC 내압 시험
(insulated flange와 pedestal insulator에 대한)
- ④ 물 침투 방지물의 시험

5.1.2.2. 단 말

- ① - ③ : 접속재의 ① - ③ 과 동일함.
- ④ 젖은 환경에서 옥외 단말의 내압시험
- ⑤ 부분방전 시험(epoxy resin insulator)
- ⑥ 내부압력 시험(epoxy resin insulator)
- ⑦ 부분방전 시험(premoulded stress cone)
- ⑧ AC 내압시험(premoulded stress cone)
- ⑨ 임펄스 내압시험(premoulded stress cone)

5.2. Routine test

5.2.1. 조사대상 90 % 이상의 나라에서 채택하고 있는 시험

접속재나 단말 모두 90 % 이상의 나라에서 수행하는 공통적인 시험항목은 없음.

5.2.2. 조사대상 70 % 이상의 나라에서 채택하고 있는 시험

5.2.2.1. 접속재

- ① 구조(형상)의 육안검사
- ② 부분방전 시험(premoulded stress cone)
- ③ AC 내압시험(premoulded stress cone)

5.2.2.2. 단 말

- ① 구조(형상)의 육안검사
- ② 내부압력 시험(자기 절연체)
- ③ 부분방전 시험(premoulded stress cone)
- ④ 내부압력 시험(금속 부분)
- ⑤ 누설 시험(금속 부분)

저 자 소 개



구자윤(具滋允)

1951년 2월 7일생. 1975년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 프랑스 ENSEEIHT 대학원 졸업(석사). 1984년 프랑스 ENSIEG 대학원 졸업(공학). 1980년-83년 프랑스 CNRS-LEMD 연구원. 1983년-84년 프랑스 EDF-DER 연구원. 1985년-88년 한국과학기술원 계측소자연구실 선임연구원. 현재 한양대 공대 전기공학과 교수. CIGRE SC-15, SC-21 Committee Member. JICABEE Committee Member. 당 학회 재무이사.