

154 kV급 고온초전도 케이블 및 단말의 전기절연 설계

Electrical Insulation Design of a 154 kV Class HTS Cable and Termination

곽동순¹, 천현권¹, 최재형¹, 김해종², 조전욱², 김상현^{3,*}

Dong-Soon Kwag¹, Hyeon-Gweon Cheon¹, Jae-Hyeong Choi¹,
Hae-Jong Kim², Jeon-Wook Cho², Sang-Hyun Kim^{3,*}

Abstract: A transmission class high-temperature superconducting (HTS) power cable system is being developed in Korea. For insulation design of this cable, the grading method of insulating paper is proposed. Two kinds of laminated polypropylene paper that has different thickness has been used as the electrical insulation material. The use of graded insulation gives improved mechanical bending properties of the cable. In a HTS cable technology the terminations are important components. A HTS cable termination is energized with the line-to-ground voltage between the coaxial center and outer surrounding conductors, in the axial direction. There is also a temperature difference from ambient to about 77 K. For insulation design of this termination, glass fiber reinforced plastic (GFRP) was used as the insulation material of the termination body, and the capacitance-graded method is proposed. This paper will report on the experimental investigations on impulse breakdown and surface flashover characteristics of the insulation materials for insulation design of a transmission class HTS power cable and termination. Based on these experimental data, the electrical insulation design of a transmission class HTS power cable and termination was carried out.

Key Words: HTS cable, termination, cryogenics, insulation design.

1. 서 론

고온초전도 전력케이블은 기존의 전력케이블과 비교하여 동일 전압으로 대용량 송전이 가능하기 때문에 소형화 및 대용량화가 가능하여 전력 수요의 증가에 따른 기술적 한계를 극복할 수 있다. 또한 고온초전도 케이블은 송전에너지 손실이 적어 송전 비용절감 효과도 가져올 수 있기 때문에 차세대 전력송전 시스템용으로서 그 활용가치가 높을 것으로 기대되고 있다. 현재 전 세계적으로 고온초전도 케이블의 개발과 실용화에 대한

연구가 활발히 진행되고 있으며, 한국에서도 2001년부터 과학기술부가 주관하는 21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 22.9 kV / 50 MVA, 3상 30 m 고온초전도 전력케이블 시스템 개발을 완료하였으며, 1년여 이상의 시험평가와 6개월 이상의 장기실증시험을 통해 개발된 고온초전도 케이블 시스템의 안정성 및 신뢰성 검증을 성공적으로 마친 상태이다[1-2]. 향후 2007년까지 154 kV급 고온초전도 케이블과 2G wire를 적용한 초전도 케이블 core를 제작하여 연구를 수행하고, 2011년까지 154 kV / 500 MVA 고온초전도 케이블 시스템 개발을 완료할 계획에 있다.

154 kV급의 고온초전도 전력케이블 시스템은 액체 질소 온도인 77 K의 극저온에서 운전될 뿐만 아니라 초고압이 인가되기 때문에 개발에 있어서 전기절연에 관한 연구는 매우 중요한 필수 요소라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이미 개발이 완료된 22.9 kV급 고온초전도 케이블 시스템의 전기절연 설계기술을 바탕으로, 단절연 구조를 갖는 154 kV급 고온초전도 케이블 core의 전기절연 설계와 condenser형 구조를 갖는 154 kV급 단말의 전기절연 설계를 행하였다.

2. 고온초전도 케이블의 전기절연 설계

2.1. 절연 구성

고온초전도 케이블의 구성은 고온초전도 도체부와 전기절연층, 냉각부로 구분되어진다. 여기서 전기절연층은 냉각방식에 따라 상온절연방식과 저온절연방식으로 구분된다.

먼저, 상온절연방식은 초전도체 위에 전기절연을 하지 않고 극저온판로(cryostat) 위에 전기절연을 함으로써 기존 케이블의 절연재료를 그대로 사용할 수 있어 절연신뢰성을 높일 수 있다는 장점이 있다. 그러나 초전도체를 shield층으로 사용할 수 없기 때문에 시스템 손실이 증가하여 대용량의 고온초전도 케이블 시스템에 적용하기에는 곤란하다. 반면, 저온절연방식의 고온초전도 케이블은 전기절연층이 cryostat 내에 있는 구조로써, 초전도체를 shield층으로 사용할 수 있어 시스템 손실을 줄일 수 있고, 하나의 cryostat 내에 3상의 케이블 core를 모두 설치 가능하기 때문에 외부 열 침입이 적고 시스템의 소형화가 가능하다.

또한 고온초전도 케이블의 전기절연은 액체질소와 절연지로 구성된 복합절연방식과 XLPE 케이블과 같은 고체절연방식이 있다. 특히 복합절연방식은 도체를 여러 장의 얇은 고분자 절연테이프를 적층하여 절연을 하기 때문에 냉각에 의한 수축 및 열적인 손실을 줄일 수 있고, 기존 유입(oil-filled)케이블의 절연방식을 응

¹학생회원 : 경상대 대학원 전기공학과

²정 회 원 : 한국전기연구원 초전도응용연구그룹

³정 회 원 : 경상대 전기공학과

*교신저자 : shkim@snu.ac.kr

원고접수 : 2007년 1월 4일

심사완료 : 2007년 3월 6일

용할 수 있기 때문에 현재 기술상으로 적용 가능성이 가장 높은 절연방식이라 할 수 있겠다.

따라서 본 연구에서는 154 kV급 고온초전도 케이블의 효율 및 신뢰도를 고려하여 저온절연 및 복합절연 방식을 채택하였다. 케이블 절연재료는 서로 다른 두께를 갖는 두 종류의 laminated polypropylene paper(LPP)를 사용하였으며, 절연층 안쪽은 얇은 것으로, 바깥쪽은 두꺼운 것으로 절연하였다. 이와 같은 단절연 구조는 케이블 굴곡 시 기계적인 특성을 향상시킬 수 있는 특징을 갖는다. Table 1에 케이블 절연에 사용된 절연지의 기초특성을 나타내며, LPP는 kraft paper와 polypropylene film을 thermal calendering 공정을 통해 압착한 반합성지로서 교류케이블의 유전손실을 좀 더 줄여줄 수 있다.

Table 1. Basic specifications of a insulation paper for a HTS cable.

Insulation papers	Thickness (μm)	Relative permittivity (ε _s)	tanδ (%)
LPP ₁	125	2.6	0.062
LPP ₂	170	2.6	0.061

2.2. 실험

154 kV급 고온초전도 케이블의 전기절연 설계를 위하여 LPP의 혼합비율 및 절연파괴전계, 변환계수 등이 1.2×50 μs 파형의 표준 뇌impulse 절연파괴 시험에 의해 구해졌다. 실험은 액체질소 중에서 시트샘플을 이용한 LPP의 절연파괴 특성 조사, LPP의 최적 혼합비율 결정, 결정된 혼합비율에 대한 최대파괴전계 (E_{max}) 결정, 미니모델케이블과의 변환계수 결정 순으로 이루어졌다.

Fig. 1에 LPP의 impulse 절연파괴전계를 조사하기 위한 시트샘플의 구성도를 나타낸다. 시트샘플은 실제 종이절연 케이블의 절연구성을 모의하여 시료 3장마다 중앙에 직경 2 mm의 butt-gap을 두었다. 시료의 크기는 절연파괴 시험 시 연면방전을 막기 위하여 직경 90 mm 이상으로 전극보다 크게 절단하였다. 시험에 사용된 전극은 스테인리스강으로 제작된 평판전극이며, 상부전극은 직경 25 mm, 하부전극은 직경 75 mm로 제작되었다. 특히 고전압이 인가되는 상부전극은 전극의 edge 효과를 줄이기 위해 에폭시 수지로 molding하였다. 전극 및 시료를 지지하기 위한 holder는 극저온에서의 내구성이 뛰어난 glass fiber reinforced plastic(GFRP)을 사용하였다. 실험에 사용된 모든 시료는 건조기를 이용하여 105℃에서 4시간 동안 건조하여 수분을 완전히 제거하였다.

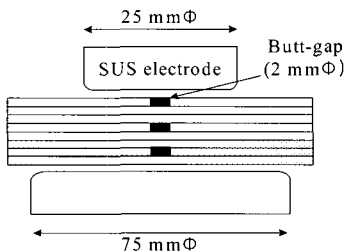


Fig. 1. Configuration of the electrode and sheets sample for electrical breakdown tests.

Fig. 2는 LPP 3장의 impulse 절연파괴전계에 대한 Weibull 확률분포 곡선을 나타낸다. Weibull 확률분포에서 50 %의 절연파괴 확률로 나타나는 impulse 평균 절연파괴전계는 LPP₁이 110 kV/mm, LPP₂가 101 kV/mm로 조사되었다. 또한 0.1 %의 절연파괴 확률을 갖는 지점의 절연파괴전계를 최대파괴전계라 하고, 본 실험을 통해 LPP₁이 78 kV/mm, LPP₂가 73 kV/mm로 조사되었다. 두 시료의 절연파괴강도에 있어서는 LPP₁이 LPP₂에 비해 다소 높게 나타났다.

Fig. 3은 두 종류의 LPP를 약 1.2 mm 두께로 혼합하여 적층한 시트샘플의 혼합 적층수에 따른 impulse 절연파괴전계 값을 나타낸다. 적층 방법은 상부에 butt-gap을 두면서 각 3매마다 butt-gap이 위치하도록 적층하였다. 혼합 적층수에 따라 각 10회의 절연파괴 전압을 측정하였으며, 그래프에는 절연파괴 전압을 시료 두께로 나눈 절연파괴전계 값의 평균과 오차범위를 나타내었다. 실험결과로써 LPP₁을 10매 적층한 경우의 절연파괴전계가 가장 높게 나타났으며, 반면 LPP₂를 7매 적층한 경우가 가장 낮게 나타났다. 또한 두 시료를 혼합한 경우에는 LPP₁과 LPP₂의 혼합 적층수 5매 : 3매인 경우와 7매 : 2매인 경우가 다소 높게 나타났다.

일반적으로 동일 두께로 적층할 경우 얇은 절연지를 여러 장 적층한 것이 두꺼운 절연지를 적층한 것 보다 더 높은 절연내력을 나타낼 뿐만 아니라 절연지의 수명에서도 우수한 특성을 나타내는 것으로 보고되고 있다. 또한 혼합하여 적층한 위 샘플들의 경우에서 butt-gap 높이만큼은 뺀 순수 절연지의 두께는 5매 :

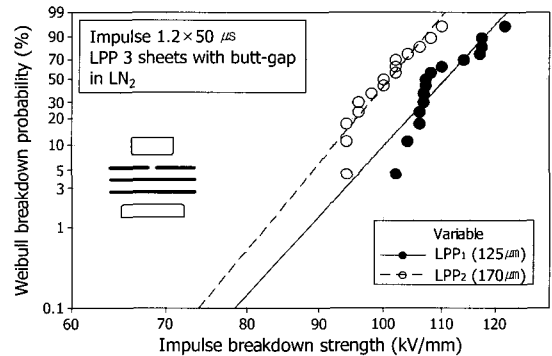


Fig. 2. Weibull probability plot of the impulse breakdown strength of LPP.

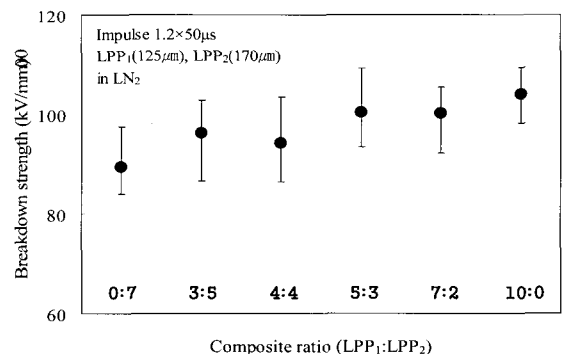


Fig. 3. Impulse breakdown strength versus the composite ratio of LPP.

3매인 경우와 7매 : 2매인 경우가 가장 높은 비율을 가지므로 이 두 경우의 절연과피 전계가 가장 높게 나타난 것으로 사료된다. 케이블 굴곡 특성을 고려하여 LPP₁과 LPP₂의 최적 혼합 적층수는 5매 : 3매로 결정되었다. 그러므로 LPP₁과 LPP₂의 절연두께 비율은 625 μm : 510 μm이 되며, 본 실험의 결과를 통해 케이블 전체 절연두께에서 두 재료 각각의 절연두께가 결정될 것이다.

Fig. 4는 LPP₁과 LPP₂가 5매 : 3매의 적층수로 혼합된 시트샘플의 impulse 절연과피전계를 Weibull 확률분포 곡선으로 나타낸다. 고온초전도 케이블의 절연두께는 케이블이 견뎌야할 목표전압과 절연재료의 최대과피전계의 비로 결정되어지며, 그래프에서 최대과피전계는 56 kV/mm로 조사되었다.

Fig. 5는 변환계수를 계산하기 위해 제작된 미니모델케이블의 구성도 및 사진을 보여준다. 미니모델케이블의 구조는 스테인리스강으로 제작된 직경 29 mm의 flexible former 위에 두께 130 μm, 폭 25 mm로 절단된 카본지 2매를 감아 내부전극을 구성하고, 그 위에 LPP로 절연하였다. 외부전극은 내부전극과 동일한 방법으로 카본지 2매를 감았다. 절연층은 카본지와 동일한 폭으로 절단된 LPP를 절연지간 1 mm의 butt-gap을 주면서 상하층간에 약 30 %씩 중첩하여 감았으며, 절연층 내측에는 5매의 LPP₁을 감고 외측에는 3매의 LPP₂를 감았다. 또한 케이블 단부의 전계 완화를 위하여 동일 절연지로 보강절연을 하고 알루미늄 재질의 stress cone을 부착하여 shield 처리 하였다. 이렇게 제작된 미니모델케이블의 절연두께는 1.135 mm, 전체 길이는 400 mm, 유효길이는 50 mm이다.

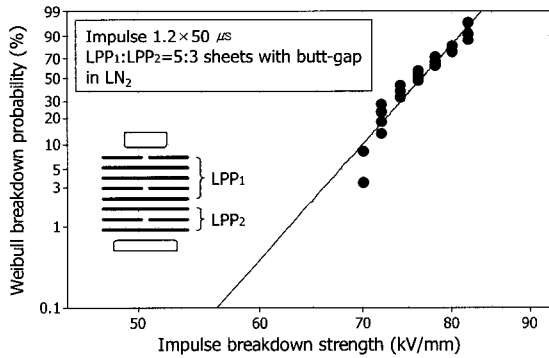


Fig. 4. Weibull probability plot of the impulse breakdown strength of composited LPP.

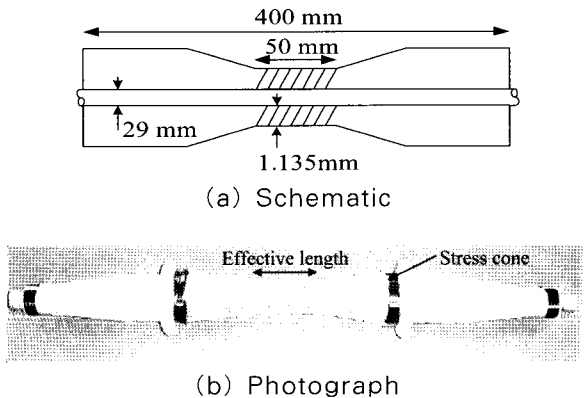


Fig. 5. Schematic and photograph of the mini-model cable.

Fig. 6은 시트샘플과 미니모델케이블의 impulse 절연과피전계에 대한 변환계수를 나타낸다. 본 실험은 시트샘플의 절연과피전계 특성만을 이용하여 절연설계를 하던 기존 설계방법(3)에서 형상효과와 면적효과를 고려한 변환계수를 적용함으로써 설계의 오차를 줄이고 정량화하기 위한 것이다. 변환계수 M_{imp}는 미니모델케이블의 impulse 절연과피전계 59.6 kV/mm에 시트샘플의 impulse 절연과피전계 73.9 kV/mm를 나누어 계산되어지며, 구해진 변환계수 M_{imp}는 0.8 이다.

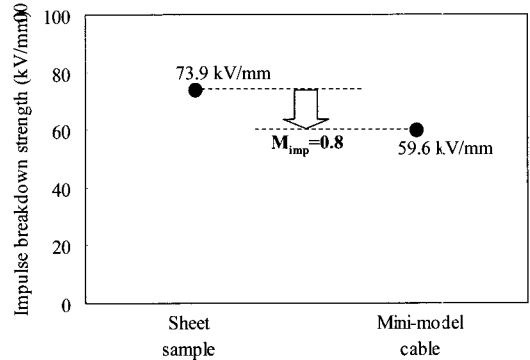


Fig. 6. Conversion coefficient as impulse breakdown strength of the sheet sample and mini-model cable.

2.3. 절연 설계

고온초전도 케이블의 절연두께는 기본적으로 케이블이 견뎌야할 목표전압에 절연재료의 최대과피전계를 나누어 줌으로써 구해질 수 있으며, 여기에 여유치와 변환계수를 적용시킴으로써 절연 설계 오차를 대폭 감소시킬 수 있다.

따라서 154 kV급 고온초전도 케이블의 절연두께 t는 다음 식 (1)에 의해 구해진다.

$$t = \frac{BIL \times K_1 \times K_2 \times K_3}{E_{max} \times M_{imp}} \quad (1)$$

여기서, BIL은 1impulse 내전압(750 kV), K₁은 열화계수(1.1), K₂는 온도계수(1.0), K₃는 설계여유치(1.2), E_{max}는 최대과피전계(56 kV/mm), M_{imp}는 변환계수(0.8)을 각각 나타낸다. 위 식 (1)에 의해 154 kV급 고온초전도 케이블의 절연두께는 23 mm로 계산되어진다. 그러므로 LPP₁과 LPP₂의 혼합비율을 고려하면 LPP₁은 12.7 mm, LPP₂는 10.3 mm로 구해질 수 있다.

3. 고온초전도 케이블용 단말의 절연설계

3.1 절연 구성

고온초전도 전력기기의 극저온 전력 기술의 많은 분야에서 대두되는 문제는 초전도 장치의 저온 부분에서 고전압을 인가하는 것이다. 특히 단말은 상온에서부터 극저온 환경에까지 걸쳐있는 도체의 전기적인 절연을 제공하므로, 이러한 상황은 고전압을 인가하는 동시에 공기 중에서부터 극저온 장치까지 대전류를 흘리는데 많은 어려움이 있다. 즉, 고온초전도 케이블용 단말은 액체질소와 공기 중에서 운전되므로 전기절연뿐만 아니라 열적인 수축에 대해서도 견뎌야 한다. 따라서 절연 전면의 전위경도를 균일히 해야 할 뿐 아니라 대기에 대해 완전 밀봉되어야 하고 최악의 운전상태 하에서 열적으로 안정되어야 한다.

일반적인 기존 단말의 구조는 도체온도가 외부온도보다 높기 때문에 도체에서 발생하는 열을 방출하기 쉬운 구조로 설계되어 있으며, 열 침투를 차단해야 하는 고온초전도 케이블 시스템과 같은 구조에 직접 적용하기는 어려울 것으로 판단된다. 따라서 기존 단말의 구조를 살펴보고, 이를 참고하여 고온초전도 케이블에 맞게 재설계 되어져야 할 것이다.

일반적으로 단말은 구조상 non-condenser형과 condenser형으로 나뉘 질 수 있다. Non-condenser형의 경우 도체 주위를 단일종의 절연물이 둘러싸고 있는 방식으로써 구조가 간단하다는 큰 장점을 가지고 있으며, 또한 구조가 간단하기 때문에 다양한 종류의 절연재료를 사용할 수 있다. 그러나 전계 집중의 문제로 non-condenser형은 25 kV급 이하의 기기 절연에서는 널리 사용되고 있지만, 그 이상의 초고압 전력기기에서는 적용이 어렵다. 반면, condenser형은 stress cone 부분을 알루미늄과 같은 금속박을 사용하여 애관 내부에 condenser 형태로 일정한 간격을 두어 배치하는 방식으로써 절연체에 걸리는 전압 분담을 동일하게 하도록 금속박을 배치하여 전계 집중 문제를 해결할 수 있다. 각 절연체의 분담전압은 원통 condenser의 수에 의해 결정되며, 균일한 전계 분담을 통해 compact 설계가 가능해진다.

따라서 154 kV급 고온초전도 케이블용 단말은 condenser형이 대두되었다. Condenser형 단말의 절연 구성은 절연 body의 공기 중 연면방전 경로(air-end clearance), 절연 body의 액체질소 중 연면방전 경로(LN₂-end clearance), 절연 body의 절연두께(Radial diameters), condenser cone의 설계 등 4부분으로 나뉘 질 수 있다. 우선 air-end clearance는 기존 단말 절연 기술의 적용이 가능하다. LN₂-end clearance는 액체질소 중 절연재료의 연면방전 특성을 통해 설계되어지며, Radial diameters는 절연재료의 절연과파 특성을 통해 설계되어질 수 있다. Condenser cone은 각 condenser 간 동일한 capacitance가 되도록 condenser 간격과 폭을 조절해 줌으로써 설계되어진다.

고온초전도 케이블용 단말의 절연재료는 내부 전류 lead의 온도차이로 인한 수축 및 팽창에 견뎌야하고, 접촉면에 crack이나 틈이 발생하여 기밀이 실패할 가능성을 최소화하여야 한다. 따라서 glass fabric의 함량을 조절함으로써 열수축 및 열팽창 특성을 제어하기 쉽고 극저온에서 기계적으로나 전기적으로 우수한 특성을 지닌 GFRP를 사용하였다.

3.2 Air-end clearance 및 LN₂-end clearance의 설계

단말의 상부인 공기 중 연면방전 거리의 설계는 기존 상전도 시스템의 절연 데이터를 활용할 수 있다. 참고자료[4]에 의하면 절연 body의 공기 중에서 총 연면방전 거리인 creepage distance는 ac 1 kV당 25 mm가 필요하며, 애관의 주름을 고려한다면 상부 절연 body의 길이는 1 cm당 impulse 5.5 kV의 전압을 분담하게 된다. 따라서 air-end clearance의 creepage distance는 154 kV급 전력케이블의 계통최고전압인 ac 170 kV에 25 mm를 곱하여 4,250 mm, 상부 절연 body의 길이는 impulse 내전압 750 kV에 5.5 kV를 나누어 1,370 mm로 각각 설계되어진다.

단말의 하부인 액체질소 중 연면방전 거리는 실험을 통해 설계되어지며, Fig. 7에 액체질소 중 GFRP의 impulse 연면방전전계에 대한 Weibull 확률분포 곡선을 나타낸다. GFRP의 액체질소 중 연면방전 최대전계 값은 약 1.7 kV/mm로 조사되었으며, 여유치를 고려하여 설계 시에는 1 kV/mm를 적용하였다. 그러므로 154

kV급 단말의 LN₂-end clearance는 impulse 내전압 750 kV를 견디기 위해 750 mm로 설계되어진다. Fig. 8에 고온초전도 케이블용 단말의 air-end clearance 및 LN₂-end clearance를 나타낸다.

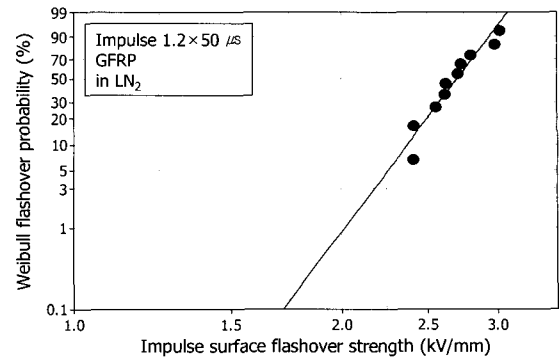


Fig. 7. Weibull probability plot of the impulse surface flashover strength of GFRP in LN₂.

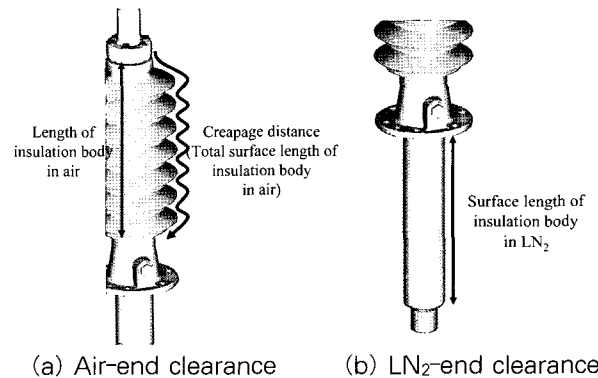


Fig. 8. Surface flashover path of the termination for a HTS cable.

3.3 Radial diameters의 설계

Fig. 9는 고온초전도 케이블용 단말의 단면도를 나타낸다. 절연 body의 외경은 동심 원통의 전계 계산법에 의해 결정되어진다. 단일 절연재료를 사용한 단말의 경우, 도체 외반경이 r_c, 절연 외반경이 R₀인 동심 원통에 있어서 임의의 반경 x상의 점 A의 Radial stress E_x 및 electric potential V_x는 다음 식으로 계산될 수 있다.

$$E_x = \frac{V}{x \ln \frac{R_0}{r_c}}, \quad V_x = V \frac{\ln \frac{R_0}{x}}{\ln \frac{R_0}{r_c}} \quad (2)$$

따라서 최대 radial stress는 도체 표면(x=r_c)에서 발생하며 그 값은

$$E_{max} = \frac{V}{r_c \ln \frac{R_0}{r_c}} = \frac{V}{T_e}, \quad \text{단, } T_e = r_c \ln \frac{R_0}{r_c} \quad (3)$$

로 되며, 일반적으로 T_e 값을 등가 절연두께라고 부르고 있다. 위의 계산과정에 따라 절연 body의 외경을 계산할 수 있다.

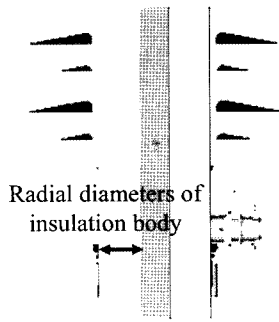


Fig. 9. Cross section of the termination for a HTS cable.

Fig. 10은 GFRP의 impulse 절연파괴전계를 Weibull 확률분포 곡선으로 나타낸다. 그림에서 GFRP의 절연 파괴 최대 전계 값은 18 kV/mm로 조사되었다. 고체절연물의 절연내력은 전극의 형상이나 두께, 면적 등에 의해 영향을 받기 때문에 설계 시의 절연파괴 최대 전계는 여유치를 고려하여 10 kV/mm로 결정하였다. 따라서 절연두께는 식 (3)의 R_0 에서 r_c (23 mm)를 뺀 값이며, 약 100 mm로 계산되어진다.

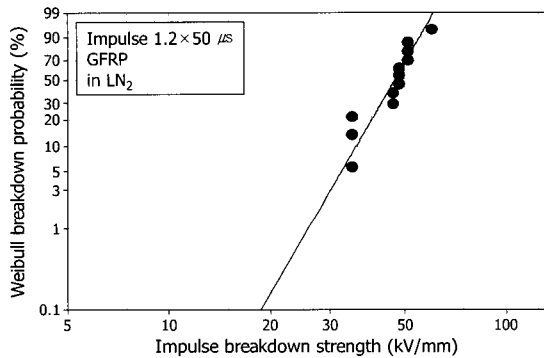


Fig. 10. Weibull probability plot of impulse breakdown strength of GFRP in LN₂.

3.4 Condenser cone 설계

Condenser형 단말에서 등전위 분포를 위한 금속박은 일반적으로 약 10~20개 정도를 삽입하며, 본 154 kV급 고온초전도 케이블용 단말의 condenser 설계에 있어서는 작업공정상의 어려움을 감안하여 10개의 condenser를 삽입하였다. 차후 연구를 통하여 삽입된 condenser의 수는 가감될 수 있다. Condenser를 10개 삽입하였을 경우, 각 condenser의 분담 전압은 75 kV이며, 각 condenser 간의 절연거리는 10 mm로 계산되어진다.

Condenser 폭의 결정은 전체 단말의 길이 내에서 결정되어야 하며, 각 condenser 간의 capacitance를 동일하게 한다는 조건하에 구해질 수 있다. 각 condenser의 capacitance는 다음 식 (4)에 의해 구해지며, condenser의 폭은 식 (5)에 의해 구해진다.

$$C_n = \frac{2\pi\epsilon L_n}{\ln \frac{r_n}{r_{n-1}}} \quad (4)$$

$$L_n = \frac{L_{n-1}}{\ln \left(\frac{r_{n-1}}{r_{n-2}} \right)} \times \ln \left(\frac{r_n}{r_{n-1}} \right) \quad (5)$$

Fig. 11에 154 kV급 고온초전도 케이블용 단말의 설계된 각 condenser의 반경(r_n)과 폭(L_n)을 나타낸다. 도체 반경(r_0)은 23 mm이며, 첫 번째 condenser의 폭(L_1)은 전체 단말의 길이를 고려하여 1,800 mm로 하였다.

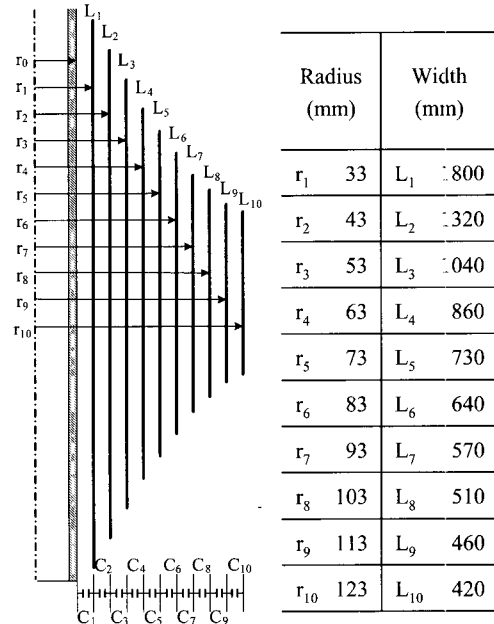


Fig. 11. Condenser cone design of the termination for a 154 kV class HTS cable.

4. 결 론

본 연구에서는 한국에서 개발 중인 154 kV급 고온초전도 케이블 및 단말의 전기절연 설계를 행하였다. 케이블은 서로 다른 두께를 갖는 두 종류의 LPP를 사용한 단절연 구조이며, 단말은 절연체에 걸리는 전압 분담을 동일하게 해주기 위해 condenser형 구조를 갖는다.

케이블 절연설계의 경우, impulse 절연파괴전계를 고려한 LPP₁과 LPP₂의 최적 혼합비율은 5매 : 3매로 결정되었으며, 그 비율에 따라 적층한 시트시료의 최대 파괴전계는 56 kV/mm로 조사되었다. 또한 시트샘플과 미니모델케이블의 절연파괴전계에 의해 변환계수는 0.8로 조사되었다. 따라서 154 kV급 고온초전도 케이블의 전체 절연두께는 23 mm로 계산되어지며, 혼합비율에 따라 LPP₁은 12.7 mm, LPP₂는 10.3 mm로 각각 나누어진다.

단말 절연설계의 경우, GFRP 절연재료를 사용한 condenser형 구조를 가진다. Air-end clearance의 creepage distance는 4,250 mm, 상부 절연 body의 길이는 1,370 mm, LN₂-end clearance는 750 mm로 설계되어진다. 또한 절연 body의 절연두께는 100 mm이며, 10 mm 간격으로 10개의 condenser를 삽입함으로써 각 75 kV씩의 전압분담을 가지도록 condenser의 반경과 폭을 설계하였다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] D. W. Kim, H. M. Jang, C. H. Lee, J. H. Kim, C. W. Ha, Y. H. Kwon, D. W. Kim, and J. W. Cho, "Development of the 22.9-kV Class HTS Power Cable in LG Cable," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 15, No. 2, pp. 1723~1726, June 2005.
- [2] J. W. Cho, J. H. Bae, H. J. Kim, K. D. Sim, K. C. Seong, H. M. Jang, and D. W. Kim, "Development and Testing of 30 m HTS Power Transmission Cable," IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 15, No. 2, pp. 1719~1722, June 2005.
- [3] Y. S. Kim, D. S. Kwag, H. J. Kim, J. W. Cho, K. C. Seong, and S. H. Kim, "Research on Insulation Design of 22.9-kV High-Tc Superconducting Cable in Korea," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 20, No. 2, pp. 554~559, April 2005.
- [4] High-voltage switchgear and controlgear-Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers. IEC 62271-100 Amd.1 Ed. 1.0 b, 2002.

저자 소개



곽동순(郭東洵)
1975년 9월 3일생, 2002년 경상대 공대 전기공학과 졸업, 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 동대학원 전기공학과 박사과정.



천현권(千賢權)
1978년 6월 2일생, 2004년 경상대 공대 전기공학과 졸업, 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 동대학원 전기공학과 박사과정.



최재형(崔在亨)
1979년 6월 3일생, 2005년 경상대 공대 전기공학과 졸업, 현재 동대학원 전기공학과 석사과정.



김해중(金海鍾)
1965년 11월 25일생, 1993년 경상대 공대 전기공학과 졸업, 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2005년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1996년~현재 한국전기연구원 초전도 응용연구그룹 선임연구원.



조진욱(趙全旭)
1960년 3월 2일생, 1983년 한양대 공대 전기공학과 졸업, 1985년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2001년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1990년~현재 한국전기연구원 초전도 응용연구그룹 책임연구원.



김상현(金相賢)
1950년 2월 7일생, 1974년 인하대 공대 전기공학과 졸업, 1979년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 1986년 일본 오사카대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1986년~1989년 한국전기연구원 초전도연구실 실장, 1999년~2001년 경상대학교 공과대학 학장, 2000년~2002년 한국초전도·저온공학회 회장, 1989년~현재 경상대 공대 전기공학과 교수.