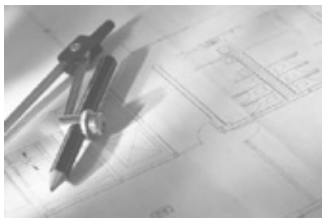
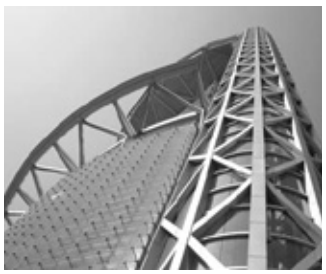
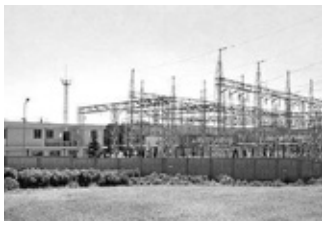
건축전기설비기술사 문제해설

글 / 김세동 (두원공과대학교 교수, 공학박사, 기술사 e-mail : kimse@doowon.ac.kr)

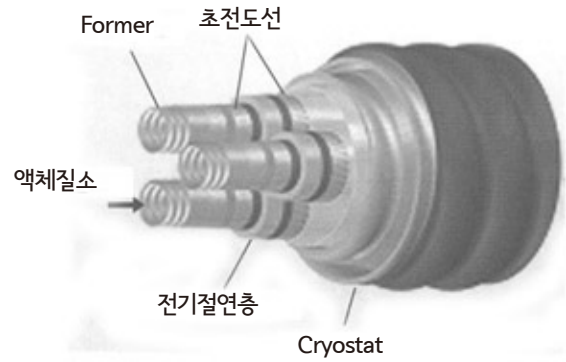






초전도케이블의 구조와 특징에 대해 설명하시오.

☞ **본 문제를 이해하고, 기억을 오래 가져갈 수 있도록 그림이나 삽화 등을 생각합니다.**



[그림 1] 초전도케이블의 코어

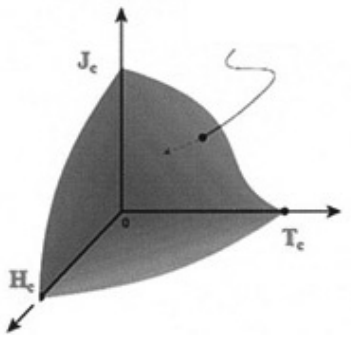
해 설

1. 초전도의 개념

초전도(HTS : High Temperature Superconducting)란 ▲초전도체를 극저온으로 냉각하면 물질의 전기저항이 제로(0)가 되는 완전 도전성, ▲외부 자장의 침입을 배척하는 완전 반자성효과(마이너스 효과), ▲얇은 절연막을 매개로 두 초전도체 사이에 초전도 전류가 흐르는 조셉슨 효과 등을 나타내는 현상으로 정의된다.

초전도체는 **그림 2**와 같이 임계온도, 임계전류밀도, 그리고 임계자장으로 이루어진 영역 내에서만 초전도성을 가지게 된다.

고온초전도체의 발견 이후, 임계온도 105K인 1세대 선재(BSCCO)가 상용화된데 이어, 은 피복재를 사용하지 않아 한층 경제성을 갖춘 2세대 선재(YBCO)가 상용화 되어 있는 상태다.



[그림 2] 초전도 영역도

2. 초전도케이블의 구조 및 특징

그림 1은 초전도케이블의 코어 구조를 나타낸 것이며, 초전동케이블은 **표 1**과 같이 기존 케이블의 구리 도체 대신 고온 초전도 도체를 사용하여 저손실, 대용량 전력수송이 가능한 전력케이블이다. 기존의 전력케이블에 비해 초전도 케이블은 154kV 또는 22.9kV의 저전압으로 대용량 송전이 가능하기 때문에 종래 변전소의 고전압 송전을 위한 주변기기를 간략화 할 수 있다.

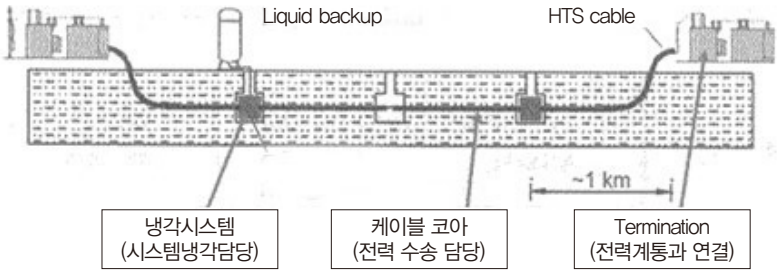
초전도케이블은 송전 손실이 극히 적고 구리 케이블의 20% 수준의 크기로 같은 용량의 송전이 가능하다. 또한 추가 건설공사 없이 이미 설치되어 있는 도심의 전력구(전력케이블용 지하터널) 또는 관로를 사용할 수 있어 매우 경제적이며 도심의 부지, 전력공급 문제를 해결할 수 있다.

[표 1] 기존 케이블과 초전도 케이블의 비교

구분	고온 초전도케이블	OF 케이블	CV 케이블
Former	구리 도체 또는 Spiral Tape	Spiral Tape	없음
도체	초전도 도체	구리	구리
도체 구조	Tape 형태의 적층	원형 압축 연선	원형 압축 연선
냉매	액체질소(77K)	OF 절연유	없음(냉각수)
절연	냉매 함침 저온 절연 방식(Cold Dielectric Type)	OF 절연유 함침	XLPE 압출
냉각 계통	액체질소 순환 및 냉동기 부착	PT 등 유압 조절 장치	냉각수

초전도 케이블의 대표적인 구조는 **그림 1**과 같이 형상유지 및 포설 등을 위한 Former, 도체인 초전도 선과 전기절연을 위한 절연층 등으로 구성된 케이블 코어와 열 절연을 위한 Cryostat, 초전도 케이블의 냉각 · 냉매의 순환을 위한 순환펌프, 냉동기 등의 냉각시스템, 상온부와 극저온을 연결하는 단말(Termination) 등으로 구성된다. **그림 3**은 초전도케이블의 시스템 구성도를 나타낸다.

그림 4는 LS전선(주)에서 개발한 초전도케이블의 구조를 보여 준다. AC 22.9kV 초전도케이블은 3상이 하나의 cryostat에 일괄형으로 배열되어 전력을 전송하는 3-in-one cryostat 방식으로 구성되며, AC 154kV 케이블은 절연체가 두꺼워 cryostat 하나에 1 core만 구성하게 된다.



[그림 3] 초전도 케이블의 시스템 구성

[그림 4] LS 전선에서 개발한 초전도케이블

초전도케이블은 절연 방식에 따라 Cold Dielectric 방식과 Warm Dielectric 방식으로 구분되나, 열 손실과 자기 차폐, 송전손실 측면에서 우수한 Cold Dielectric 방식 위주로 적용되고 있으며, 초전도케이블 각 부의 기능은 표 2와 같다.

[표 2] 초전도케이블 구성 요소

구 분	기 능
Former	단락전류 귀로도체 초전도체 배열을 위한 선재
HTS conductor	– 전류통전을 위한 도체
Electrical Insulation	– 극저온 절연
HTS Shield	자기 차폐 유도전류 Path
Inner Cryostat	극저온 냉매 순환 내압력 유지
Thermal Insulation	단열 차폐
Outer Cryostat	진공층 형성 초전도케이블 보호

고온 초전도체를 사용하는 초전도케이블은 기존의 전력케이블과 비교할 때 동일 전압으로 전력 수송용량을 3배 이상 증가시킬 수 있는 차세대 대전력 송전선로로서 그 활용도가 크게 기대되는 케이블이다.

추가 검토 사항

☞ 공학을 잘 하는 사람은 수학적인 사고를 많이 하는 사람이란 것을 잊지 말아야 한다. 본 문제에 대한 완벽한 이해가 어려울 경우, 관련 문헌을 확인해 보는 습관을 길러야 엔지니어링 사고를 하게 되고, 명확하게 이해하는 것이 된다는 것을 명심하기 바랍니다.

1. 초전도케이블에 대해서 간단히 설명하면 다음과 같습니다.

초전도케이블은 전력의 송 · 배전 과정에서 케이블 자체의 전기저항으로 전력손실이 발생하는 구리 전력선과는 달리, 영하 196℃ 이하의 극저온에서 전기저항이 제로(0)가 되는 초전도 현상을 이용한 제품으로 전력 손실이 적은 반면 대량의 전력 송 · 배전을 가능하게 하는 '꿈의 전력선'입니다

2. 국내 개발 현황을 알아 두면 더욱 좋겠습니다.

LS전선(주)에서는 22.9kV 50MVA급 3상 일괄형 초전도케이블 100m를 개발하여 고창 전력시험센터에 설치 후 세계 최초로 국제공인기관 인증시험을 마쳤으며, 이후 약 1년간의 장기 실증시험을 완료하였습니다. 개발된 22.9kV 50MVA 초전도케이블은 2010년 경기도 이천 변전소 내 410m 구간에 걸쳐 포설되어 실 계통 연계 후 현재 운전 중에 있습니다.

또한, DC 80kV 50MW 초전도케이블시스템 및 AC 154kV 600MW 초전도케이블 시스템의 개발과 실계통 연계운전을 통한 장기간 실증을 진행할 예정이며, DC 80kV는 2013년, AC 154kV는 2015년까지 개발 후 제주도 실증단지에서 실증을 진행할 계획입니다.

[참고문헌]

1. 조전욱, 초전도 케이블 연구개발 현황, 월간 전기, 2009. No. 6
2. 이인호, 초고압 대전력 케이블 현황, 전기의 세계, 2012, Vol. 61, No. 5