

電力케이블의 絶緣技術

한 기 만* · 김 정 훈**

(*금성전선이사, **대한전선기술연구소장)

1. 序 論

현대사회에 있어 전선은 필수불가결한 산업의 동맥이 되어 오고 있다. 약200년전부터 전선은 생활도구로 출발해 급속한 산업사회의 변화와 병행하여 급속한 발달을 하여왔다. 17세기에 들어 정전현상이, 18세기에서 19세기에 이르러 전자기 현상이 규명되면서 19세기에 통신용, 전력용 및 조명용등의 기본적인 기기가 발명되면서 전선도 각각 기기의 요구특성에 맞는 전문제품으로 개발되어 왔다. 20세기에 들어서 전선의 설계제조에 과학적 수법이 채용되면서 전기기기로부터의 요구가 고도화된 물론 각종 합성피복재료의 개발과 함께 새로운 형태의 전선도 개발되어졌다. 또한 사회의 산업화 및 고도화에 따라 전력에너지의 수요는 비약적으로 증대하고 이의 공급 매체로서의 전력케이블은 점차 대용량화 및 초고압화로 발전되어 오늘에 이르게 되었으며 대용량화에는 케이블의 구조적, 시스템적인 기술발달이 있어왔고 초고압화를 위해서는 새로운 절연재료, 신제조공정의 기술이 적용되어 지금도 꾸준히 연구되고 있다.

여기에서는 이러한 전력케이블 중 극저온케이블, 초전도 케이블은 기존의 절연개념과 약간의 차이가 있어 이에 대한 언급은 생략하고 지금까지 발전되는 CV, OF 전력케이블의 절연 기술을 중심으로 하여 다른 몇가지 특수한 케이블의 절연기술 동향에 대해 알아 보기로 한다.

2. 本 論

최근 급속한 산업의 발달과 함께 전력수요도 증대하고, 각종 전력케이블도 점점 대용량, 고전압화 하고 있다. 케이블의 발달은 신절연재료의 발달의 역사와 동일한 추세로 진행되어 오면서 새로운 제조공정이 적용될 때마다 한층 더 고압화를 이룩하였다.

그림 1은 전력케이블의 고압화 경향으로 현재에는 OF 케이블이 CV 케이블보다 단연 초고압 영역에서 사용되고 있지만 CV 케이블의 절연기술의 발달이

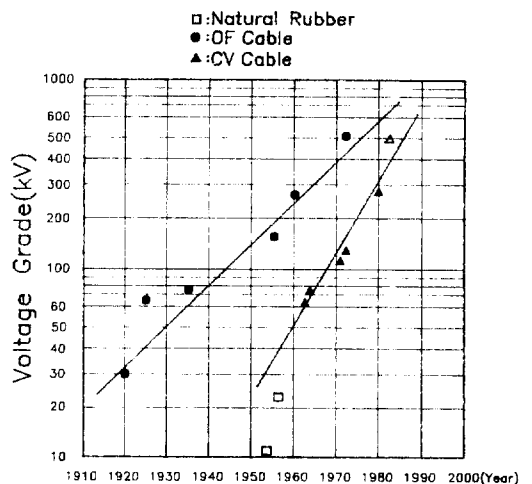


그림 1. 전력케이블의 고압화 경향

표.1 최근 전력케이블에서의 주요 연구 테마

주요 테마	항 목	방 법
고전압화 절연두께 저감화 소형화, 경량화	-절연파괴의 향상 -수명의 향상 -내환경성 -저손실화 -부속품의 성력화	-신절연재료 연구 및 신제조공정 개발 -열화, 파괴 기구의 해명 -Blending기술 -구조설계
신뢰성 향상	-열화진단 및 수명 예측 -내수트리성	-신 계측기술 및 통계 수법 -재료, 공정 및 구조
대용량화	-고내열화 및 냉각 기술 -초전도화	-재료(도체, 절연) 및 구조 -제조법
난연, 내방사선	-Non Halogen화 -내방사선성	-재료 -시험평가 -제조법

빨라지고 있음을 알 수가 있다. 그리고 최근에 있어서 전력케이블에 대한 여러 방면에서의 주요 연구테마와 그의 방향을 정리하여 보면 표 1과 같다.

큰 테마로서는 전력수요의 증가에 대처하기 위한 고전압화, 대용량화의 연구이다. 또 케이블의 사고에 의한 정전은 중대한 사회적 문제를 야기시키므로 사고발생의 극소화를 위해 보다 더 케이블에 높은 신뢰성이 요구되고 있다. 또한 원자력 발전의 비율이 점점 증대하고 있는 바, 케이블의 난연, 내방사선에 대한 요구도 점점 높아지고 있다.

2.1 CV 전력케이블 절연기술

CV 케이블은 재료 및 제조 기술의 비약적 발전으로 인해 현재 275kV까지 실용화 되어지고 있고 또한 장거리 송전선로화 하면서 제조 및 시공상의 기술에 한층 고신뢰성이 필요로 되어지고 있다. 여기서는 최근까지의 그 재료 및 제조, 시공상의 기술동향을 서술해보기로 한다.

2.1.1 절연재료 기술의 동향

1) XLPE 절연재료

1940년대 실험실적으로 PE가 처음 출현한 이래 1950년대 말까지는 크게 케이블의 절연재료로 부각되지 못했다. 초기 고압케이블에 사용되던 폴리

티렌 케이블은 내열성 면에서 PILC(Paper Insulated cable) 및 고무절연케이블에 경쟁이 될 수 없었으나 폴리에틸렌을 가교시킨 XLPE의 출현으로 보다 높은 내열성과 장기신뢰성을 갖게 되면서 비약적으로 초고압용 CV 케이블의 절연재료로 활용되기 시작하여 지금은 275kV에서 실용화되고 500kV에도 실용화 중에 있다. 특히 최근에는 XLPE절연케이블이 점차 고압화됨에 따라 보다 고순도의 초청정 XLPE의 출현과 제조시 XLPE 절연체 내부에 SF6 가스를 함침하여 AC 특성을 높이는 재료의 기술이 개발되어 케이블의 절연두께의 저감을 가능하게 하고 있다. 실제적으로 SF6 가스를 0.6W% 함침시 XLPE 내의 전기트리의 개시 전압이 50% 상승하고 또한 트리의 억제특성이 있음이 보고되어지고 있다.

2) 내수트리형 절연재료(Tree-Retardant Insulation Material)

XLPE 케이블이 전력케이블의 절연재료로서 널리 사용되고 있지만 수트리에 의한 절연열화가 오랜기간 동안 문제가 되어왔다. 현재까지의 연구 결과 트리가 절대적으로 일어나지 못하도록 하는 것은 불가능하고 최대의 목적은 이 케이블 재료에 트리의 발생이 억제되도록 하는 재료 기술의 개발에 있다. 이 중에는 폴리머 매트릭스 내로 올리고머(Oligomer)를 공중합 시킨 것과 시간에 따라 트리의 진행을 억제하는 첨가제를 폴리머 매트릭스내로 공중합 시킨 재료

가 대표적인 것으로 되고 있다.

예를들면 극성폴리마로 브랜드한 XLPE와 새로운 형태의 폴리에틸렌인 초저밀도 폴리에틸렌(VLDPE) 등을 사용하는 경우가 있는데 극성폴리마를 브랜드 하는 것은 폴리에틸렌을 어느정도 친수화하여 물이 국부고전계로 모이는 것을 방지하는 것으로 극성폴리마로는 에틸렌 공중합체들이 사용되고 있다. VLDPE는 밀도가 0.89~0.91로 결정화도가 낮고 융점이 높는데 Bow-Tie 트리는 결정화도가 낮을수록 발생이 적은 것으로 알려져 있어 실제로 VLDPE를 사용한 결과 1/30 정도의 억제 효과가 있음이 알려져 있다.

또한 내수트리형 절연재료는 아니지만 구조적 해결책의 하나로 케이블 외부로부터 침투하는 물에 대한 억제책으로 케이블 차폐층 부분에 발산층(Emission Shield)를 설치하는 방법이 제시되고 있는데 이는 수분이 흡수되면 팽창되는 테이프 또는 밀봉파우더 등의 완충층을 두는 방식으로 아직까지 신뢰성의 실증결과는 제시되고 있지는 않다.

2.1.2 케이블 제조기술의 동향

고압 CV 케이블의 제조는 습식가교에서 건식가교로 그 방식이 개선되어왔다. 이것은 절연체 중에 침입되는 유해한 수분 및 이것에 의해 발생하는 보이드를 대폭적으로 저감하는 효과가 있어, 비약적으로 CV 케이블의 전기절연 특성 향상에 큰 기여를 하였다. 이외에 케이블의 내부 반도전층, 절연층 및 외부반도전층의 3층을 동시 압출하는 방법에 의해 각 층의 접착성 및 절연체 계면의 균일화가 이룩되고 절연체 중에 혼입되는 이물의 크기 및 수를 단계적으로 감소 시켜줌에 따라 현재의 CV 케이블은 높은 신뢰성을 갖게 되었다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 압출제조공정 중에 SF6 가스를 함침하는 기술도 적용하여 상당한 절연성능의 개선을 가져왔다. 그리고 건식가교에 의해 제조되는 XLPE 케이블은 가교시 발생하는 잔사가스가 절연성능에 유해한 물질이 되고 있어 이를 최소화하여 절연성능 및 생산성을 높이는 건조공정의 개발도 추진되고 있다. 제조기술의 향상은 절연파괴 강도를 상용 주파수에서 15 → 20 → 30kV/mm로, Impulse에 대해서는 45 → 50 → 60kV/mm로 점차 상승되게 하였다. 이같은 절연파괴 강도의 상승은 케이블의 절연두께 저감의 효

과를 가져올 수 있게 하였다.

최근에는 제조공정에 있어 각종의 개량되어진 센서기술, 예를들면 광학적 X선에 의한 투과센서, 초음파, 고주파 코일을 이용하여 이물검출을 행하고 있으며 컴퓨터에 의한 신호처리 기술로 고도의 검사 시스템을 확립하여 놓고 또한 고감도 설비를 이용하여 다각도로 절연성능 향상을 위한 품질관리를 행하고 있다.

2.1.3 시공기술의 동향

종래 77kV 이하의 접속부는 Pre-fabricated type 혹은 자기용착성 고무 테이프를 이용하여 작업하여 왔다. 그러나 154kV급 이상에서는 직선접속부가 보다 높은 전기절연성능을 갖도록 하기 위해 가교폴리에틸렌 몰드형 접속부가 많이 채용되어지고 있다.

이는 케이블과 같은 종류의 절연재료를 이용함으로써 케이블 절연체와의 계면에 보이드가 없는 절연구조를 형성시키기 위한 것으로 우수한 방법으로 평가되어지고 있고 특히 275kV 급에는 소형 압출기를 이용한 압출몰드 기술이 개발되어 있다. 한편으로 이와 같은 몰드형 접속방법들은 열처리의 공정이 들어감으로 77kV급 이하의 접속부와 비교할 때 시공상의 시간이 증대되는 단점도 있다. 따라서 최근에는 154kV급에서도 이것을 단축하는 Pre-fabricated화의 개발도 추진되고 있고 몇가지 부분을 보완하면 500kV 급에서도 실용화의 가능성이 전망되고 있다. 또한 275kV급 종단접속부는 반경방향 및 연면방향의 전계가 높아지게 됨으로써 OF 케이블과 같이 기류가 충전된 벨마우스 또는 콘덴서 콘 방식이 널리 채용되고 있기도 하다. 이를 위한 CV 케이블로서의 고유의 유압보상 기기들이 개발되었다.

이것들의 시공기술에 있어서도 신뢰성 공학에 근거한 여러가지 품질관리 수법이 채용되어 시공현장에서 즉시 Data를 해석하는 시스템의 도입 및 고감도X선 영상촬영 장치등으로 이물등을 검출하고 있다.

2.1.4 보수기술의 동향

CV케이블에 있어 절연의 열화가 대부분 물에 의한 것으로 분석되고 있다. 현재 22kV급 케이블에 있어서 포설환경이 침수되어 있는 경우 10여년 이상 경과시 간혹 수 트리에 의한 절연파괴가 일어나는

경우가 있다. 그러나 66kV 이상의 CV케이블에서는 아직 수트리 열화에 의한 절연의 파괴는 보고되어 있지 않지만 극히 미약한 열화 현상의 발생밖에 없는 것으로 고려되어져 향후 이것을 측정하기 위한 고감도의 측정 수법이 요구되고 있다. 근년의 절연 진단 기술은 컴퓨터를 이용한 시스템화와 자동화의 방향으로 기술의 진보가 되어오면서 기존의 측정방식을 보완하여 부분방전 위치측정 및 사고점의 위치의 측정등을 통한 자동펄스 레이더법을 이용 케이블 절연열화에 대한 신속한 대응방법이 연구되어지고 있어 케이블의 절연성능을 보호하고 있다.

2.2 OF 케이블의 절연기술

OF 케이블은 CV 케이블보다 사용 및 초고압화의 발전의 역사가 길고 그 사용안정도 면에서는 이미 우수한 특성을 인정받고 있는 상태이다. 그러나 CV 케이블에 비해 여러가지 부속설비가 많아 유지, 보수등에 있어 비경제적인 특성도 가지고 있다.

OF 케이블은 이미 이웃 일본에서 1988년 500kV 급의 장거리의 포설이되어 실용화되어 있다. 또 대용량화를 위한 유효 수단으로 저손실 절연지의 개발 및 냉각기술에 여러가지 기술이 완성되어 실용화중에 있으며 또한 선로보수의 기술도 OF 케이블의 급후의 연구의 과제중의 하나로 대두되고 있다. 다음은 지금까지의 OF 케이블의 절연재료의 발달과 대용량화 절연기술 그리고 선로보수 기술에 관해 간단히 설명하기로 한다.

2.2.1 OF 케이블의 절연재료

OF 케이블의 절연재료는 저손실화, 고절연화의 목적하에 발달되어 왔는데 크게 절연지와 절연유로 구분할 수가 있다.

절연지는 1930년대 고밀도 Kraft지에서 출발하여 1970년대 반합성지의 연구시대를 거쳐 현재에는 보다 저손실화된 반합성지 실용화 시대에 이르게 되었다. 반합성지는 폴리머 필름(PE, PP, TPX, FEP) 양면에 Kraft지를 샌드위치한 150~250 μ m 두께의 라미네이트지로서 SIOLAP, PPLP, DCLP, PML 등의 여러타입이 개발되어 사용되고 있다. 특히 최근에는 보다 대용량, 저손실화의 송전을 위해 기존의 반합성지보다 폴리머의 비율을 60%정도 증가시켜

$\epsilon \cdot \tan \delta$ 특성을 저감시키는 새로운 PPLP, PML의 반합성지가 개발되어 500kV급까지 사용가능하도록 개발되어 있다.

절연유로는 초기 SL 케이블에 사용되던 고점도 폴리부텐계 중질유로부터 발달하여 최근에는 보다 열안정성이 양호한 합성탄화수소계의 알킬벤젠 합성유가 많이 사용되고 있다. 또한 정제기술의 발달에 따라 절연유의 특성은 비약적으로 상승하여 최근에는 어느정도 한계에 이른 상황이다. 최근에 초고압 OF 케이블에는 알킬벤젠유가, POF용으로는 폴리부텐계 합성유가 주로 사용되고 있는데 반합성지의 실용화에 따라 PP 수지와 절연유와의 접합성에 대한 논의가 일고 있어 향후에는 PP에 보다 영향이 적은 절연유 연구가 진행될 것으로 전망된다.

2.2.2 케이블 대용량화 절연기술

최근의 OF 케이블에는 기존의 케이블과는 구조적으로 다른 형태와 냉각기술을 활용하여 대용량화를 목적으로 개발되고 있다. 이러한 케이블로는 POF 케이블과 절연매체가 다른 관로기중 케이블이 있다.

POF 케이블은 일정 크기의 관관내에 고점도의 절연유가 함침된 케이블 Core를 두고 충분한 유압을 가하는 것으로 기존 OF 케이블과 동등의 성능을 보여주고 있으며 일본의 경우 275kV까지 실용화 되어 있고 미국에서와 같이 평활한 지역에서는 765kV까지 개발되고 345kV는 일부구간에서 실용화중에 있다. 이 POF 케이블은 압력과 함께 절연유를 순환시켜 효과적으로 케이블을 냉각하기도 한다. 그리고 POF 케이블과 같은 원리의 관로기중 케이블이 있는데 이는 알루미늄, 스테인레스 스틸과 같은 Pipe내에 에폭시 절연물로 지지되는 도체를 중앙에 놓고 SF6 가스로 절연하는 케이블로서 SF6 가스의 비유전율이 1.0정도이어서 OF 케이블에 비해 정전용량이 1/3 정도로 줄어들고, 유전손에 의한 온도상승에 따른 손실이 적고 또한 SF6 가스 자체의 대류로 인한 낮은 열저항성 때문에 초고압전력의 수송용으로 개발되어 있다. 현재 일본에서는 275kV의 일부 변전소에 실용화되어 있고 미국에는 500kV까지 사용되고 있다.

2.2.3 선로보수 기술의 개발현황

종래 OF 케이블의 동도내 중요선로의 유지, 보수

는 사람이 정기적으로 행하는 일상점검외에 연속적인 감시는 행하여지지 않아왔다. 그러나 최근 선로 보수기술의 개발이 활발히 진행됨에 따라 특히 광기술을 각기각소에 활용하고 있다. 구체적으로는 유량, 유압의 변화, 케이블의 표면온도 및 누유감지, 화재검지등의 경보 센서로부터의 계측정보를 광신호화하여 연속적으로 전송을 받아 감시하는 기술이 실용화되고 있다.

2.3 절연전선 및 케이블의 기술동향

일반절연전선의 최근의 경향은 전력케이블이 절연성에 개발포인트를 두고 있는 것처럼 이들 케이블이 사용되는 여러가지 특수환경에 맞는 재료의 개발이 진행되고 있다. 다음에 최근에 많이 연구개발되고 있는 몇가지 절연전선의 경향을 간단히 설명해 보았다.



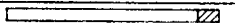
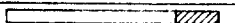

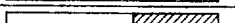
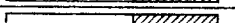
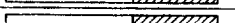
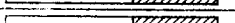
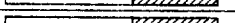
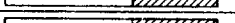
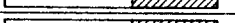
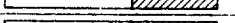

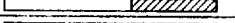
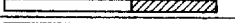



2.3.1 고무계 절연전선

고무계 절연전선은 산업기기 이동용 케이블, 선박용 전선, 원자력용전선 등 비교적 특수한 장소 및 환경하에 주로 사용되고 있다. 절연용 재료로는 전기적, 물리적 특성이 우수한 EP 고무, 쉬스용으로는 마모성 및 기계적 특성이 우수한 크로로필렌 고무등이 많이 사용되어 오고 있다. 최근의 동향으로는 광복합 고무케이블의 적용 확대, 고온영역에서 특성이 우수한 불소계 고무 및, 고난연 Non Halogen 케이블의 적용확대, 초내방사선성 고무케이블의 개발이 진행되고 있다.

다음은 이들중 난연케이블과 원발용 케이블 및 몇몇 특수케이블의 최근 기술동향을 알아보기로 한다.

1) 난연케이블

화재 발생시 불에 타지않고 연기가 나지 않고 유독한 가스를 발생시키지 않는 케이블 재료는 인명의 안전 및 도시 환경상 매우 중요하다. 최근까지 Antimony-Trioxide가 연기 및 발화를 줄이는데 사용되어 왔으나 여러가지 단점으로 인해 그 사용용도가 줄어들고 Non Halogen의 재료가 사용되고 있다. 고분자를 난연화하는 방법에는 반응형과 첨가형의 방법이 있는데 반응형은 난연성 원소(F, Cl, Br) 등을 함유한 중간체를 고분자에 반응결합하는 방법으로서 중간체의 재료로 불소수지, PVC, CR, CSM등

	USEFUL RANGE 	USE NOT RECOMMENDED 
Polyimide(kapton)		
Polyurethanerubber(PUR)		
Ethylene-propylene rubber(EPR/EPDM)		
Polyethylene-polyolefin(PE/PP, XLPE)		
Chlorosulfonated polyethylene(hypalon)		
Ethylene-chloromfluoroethylene(halar)		
Ethylene-propylene rubber(EPDM)flamer(Pyran)		
Ethlene-tetrafluordethylene copolymer		
Ethylene vinylacetate(EVA)		
Polychloroprene rubber(Neoprene)		
Polyethylene-telephthalate copolymer		
Polyolefin flame-retardant		
Polyvinylchloride(PVC)		
Silicone rubber(SIR)		
Butylrubber		
Polyfluoroethylene-propylene		
Playtetrafluoroethylene		

DOSE IN GRAY	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
DOSE IN RAD	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷

그림 2. 각 절연재료의 내방사선성

이 있고 첨가형은 수산화알루미늄, 수산화 마그네슘의 난연제를 사용하고 있다. 난연화를 이룩하기 위해 보다 많은 첨가제의 사용시 기계적 특성이 저해되기 때문에 새로운 난연재료에 대한 연구가 꾸준히 연구되고 있다.

2) 원발용 케이블

원자력 산업의 발전에 따라 이와 관련된 시설, 건축물등에 사용되는 케이블은 높은 내방사선성외에 고난연성, 저할로겐화 및 원자로의 사고에 대응한 LOCA모의 시험 및 MSLB(蒸氣管 파괴사고)의 모의 시험의 통과가 요구되어지고 있으며 케이블의 내방사선성은 2 MGy(γ선)까지 기능이 유지되도록 설계되어오고 있다. 따라서 에틸렌 프로필렌 고무에 방사선 방호제를 첨가해 내방사선성을 개량하고 쉬스재료에도 열가열성 우레탄계 폴리마를 사용하여 난연성을 유지하게 하여 10MGy까지 가능하게 한 재료도 개발되어 사용하고 있다. 현재 원자력 발전용 케이블 재료로는 EPR, 크로플렌(CR), 크로로실포네이트 폴리에틸렌 고무등이 있는데 케이블에 사용되는 각 재료들의 내방사선성은 다음 그림 2와 같다. 그리고 내방사선성 방호제로는 아민계 산화방지제, 벤젠페놀계 자외선 흡수제, 벤젠트리아졸 자외선 흡수제등이 있다.

3) 산업용 이동케이블

산업용 이동케이블 가운데 급전용과 제어용에는

내외상성이 우수한 EP 절연 크로로프렌절연쉬스의 캡타이아 케이블이 널리 사용되고 있다. 또 최근에는 보다 성력화, 무인화의 측면에서 사용조건이 엄격해지면서 내구성의 요구가 높아짐에 따라 이것에 대응하는 특수구조의 캡타이아 케이블의 사용이 증가하고 있다. 다른 한편으로 정보전달량의 증가로 전력 및 제어를 일체화한 무유도성의 광복합케이블의 개발도 진행되고 있다.

4) 선박용 전선

선박용 전선은 1981년 해상인명안전규약(SOLAS 81)의 요구에 대응하여 보다 엄격한 난연성(IEE 45)이 부여된 규격을 채용하여 널리 사용되어 오고 있다. 또 보다 특수한 선박에 대해서는 High Class의 Non Halogen 난연전선이 사용되고 있다.

5) 기타 전선의 기술 동향

배전용에는 내후성, 내트레킹성, 내오존성등이 우수한 EP 절연의 전선들이 사용되고 있으며, 해양발전 및 탐사관계의 케이블로는 몰드의 가공성이 좋은 클로로프렌고무, 폴리우레탄 고무, TRP(열가소성 고무) 등이 사용되고 있다.

2.4 플라스틱계 절연전선

플라스틱계 절연전선은 산업용 및 가정용으로 널리 사용중에 있고 사용전압의 범위도 특고압에서 저압까지 넓은 편이다. 이것들의 분야는 기기의 소형화 고기능화, 성력화, 안전성의 향상을 위해 개발, 개선되어 왔다. 플라스틱계 절연전선에 있어서도 수요동향의 변화에 대응하여 발전되어 왔는데 기기의 소형화, 고기능화에 대해서는 케이블의 세선화, 소형화, 내열화를 또 성력화에 대해서는 Prefab.화 케이블을 그리고 안전성 향상에 대해서는 케이블의 난연화, Non Halogen화를 추진개발, 개선되어 오고 있다.

3. 結 論

전력케이블의 절연기술은 현재까지 많은 발전이 되어왔고 현재도 꾸준히 개발·진행되고 있다. 따라서 여기에서는 향후 절연기술의 개발에 대한 금후의 전망으로 결론을 대치하고자 한다.

현재에 전력케이블의 최대기술 개발과제는 초고

압, 대용량화로 대변할 수가 있는데 이의 개발은 우수한 절연설계와 경제성 그리고 사용시 신뢰성 측면에서의 안정성에 그 목적을 두고 있다. 또한 지중송전선의 증가에 따라 보다 초고압화, 성에너지화를 위해 케이블 절연기술의 연구가 가속적으로 이루어지고 있으며 CV케이블에서는 보다 높은 절연성과 내열성을 가진 절연재료의 개발로 케이블의 두께를 저감하는 연구와 사용재료의 초정정화 기술개발이 추진되고 있다.

OF 케이블에 있어서도 절연체에서의 유전손이 적은 저손실 반합성지의 개발과 폴리머 필름과 보다 안정적인 절연유의 연구가 진행되고 있으며 대용량화를 위해 도체저항 저감을 위한 도체구조설계 및 냉각시스템 기술등이 꾸준히 검토되고 있다.

기타의 절연케이블은 도시환경의 고급화, 저공해 및 고기능화의 사회적 요청에 따라 피복재료 및 절연재료의 고급화 개발이 추진되고 있으며, 고난연의 Non-Halogen 전선 및 높은 내방사선성의 원발용 케이블등의 연구가 보다 활발히 진행되고 있다.

참 고 문 헌

- [1] ケーブル 絶縁-半合成紙の 技術 進歩 :EIM-84-41, 木下 昌 外
- [2] ケーブル における 絶縁技術の 現状と 絶縁劣化の 實際 :EIM-87-107 海水敏達 外
- [3] Detecting the breakdown causes of XLPE cable by PPD Method:Jicable 1991, B.1.1, P 318, TANAKA
- [4] The development of automatic detecting system for the defects in XLPE insulated calbe:Jicable 1991, B.1.3, p 331, IWATA
- [5] Development of advanced injection method for extrusion molded joint:Jicable 1991, B.1.3, p 337, ICHIHARA
- [6] Electrical aging performance of tree-retardant XLPE VS. standard XLPE as insulation for Distribution cables:1991 IEEE/PES, p 169, S. CHAN
- [7] Development and long-term testing of low-loss 765 kV high pressure lil-filled pipe cable:1986 CIGRE, 21-06, E.M. ALLAN
- [8] 電氣絶縁 材料 Symposium から 見た 研究活動 について :DEI-91-35-46, p 9, 岡本達 昌 外
- [9] Developments towards a reliable operating EHV extruded cable system:1990 CIGRE, 21-108, P.P. LEUFKENS

- [10] 超低密度 PE의 물-토리 특성:1991 電氣學習 全國大會, No. 279, 川島孝雄 外
- [11] 原子力用 Non-Halogen Cable 開發:1991 電氣學會 全國大會, No.323, 吉田伸 外
- [12] X線 라이センサによる CV Cable 絶縁體の 缺含檢出 性能 基礎實驗 結課:1990 全國大會, No.1391, 小川勝徳 外
- [13] CV Cable 超音波による 缺含檢出:1990 電氣學會 全國大會, No. 1392
- [14] EHV/UHV 合成絶縁 電力 ケーブル 開發 動向:

- 1983 電氣 四學會 聯合大會, p 1-145, 吉田昭太郎 外
- [15] 電力 ケーブルの 技術 開發:昭和戰線 電鑑 Review, 1981, 草野哲夫 外
- [16] Development of 275kV Oil-Filled Cable Insulated with Polypropylene Laminated Paper(PPLP):H. Kubo, IEEE Trans. Vol Pas-101 No.12
- [17] Non-Halogen Flame-retardant Wire and Cable: Matsuyama S., 日立電線, No.3, 1983
- [18] Development of XLPE Insulated Power Cable: Tanaoka M., 日立評論 Vol.65, No.7 1983



한기만(韓基萬)

1944년 3월 16일생

1970년 한양대학교 전기공학과 졸업

1970년 금성전선(주) 입사

1989년 한양대학교 산업대학원 전기

공학과 졸업 현재 금성전선 구미사업부 생산담당 이사 겸 구미연구소 소장



김정훈(金正勳)

1947년 3월 9일생.

1970년 서울대 공대 전기공학과 졸업.

현재 대한전선 이사 및 기술연구소장.