

TFT-LCD BLU용 고압 케이블의 재료특성 및 제조공정 개선을 통한 성능 향상

논 문
58P-4-23

Evaluation in Performance of High Voltage Cable for BLU of TFT-LCD by Improvement for Material and Manufactured Process

정진도* · 김재훈** · 구경완† · 황승민***
(Jin-Do Chung · Jae-Hoon Kim · Kyung-Wan Koo · Seung-Min Hwang)

Abstract - To improve the efficiency of the high voltage cable for BLU(backlight unit) of TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display), the analysis for the trial products(UL3239, UL3633) is conducted by using SEM(scanning electron microscope) and EDX(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy). The result that it is possible to accumulate the know-how to about stranding pitch through effective improvement of stranding process. The troubles which are the badness of withstanding voltage and tensile strength etc. are solved by development of excellent material. Furthermore, phenomenon of conductor unfasten in the harness work is solved by improvement of the stranding wire process.

Key Words : TFT-LCD(Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display), BLU(Backlight Unit), High Voltage Cable, Withstanding Voltage, Compound, Conductor

1. 서 론

TFT-LCD (Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display)는 두 유리판 사이에 액정으로 채워진 샌드위치 구조를 갖고 있다. 이러한 TFT-LCD 모듈은 TFT 패널, 드라이브 회로 유닛, BLU(backlight unit) 시스템 및 어셈블리 유닛으로 구성된다. 그러나, TFT-LCD는 그 자체가 비발광성이기 때문에 디스플레이 정보를 구현하기 위해서는 별도의 장치가 필요하다. 이러한 장치를 BLU라고 하며 TFT-LCD에 있어서 반드시 필요한 핵심 부품이라 할 수 있다.

BLU 광원으로는 백열광 전구, 발광 다이오드(light-emitting diodes; LEDs), 전기 형광발광 패널(electroluminescent panel; ELP), 냉음극 형광 램프(cold cathode fluorescent lamp; CCFL) 및 열음극 형광 램프(hot cathode fluorescent lamp; HCFL) 등이 있다. 이들 중 도광판에 빛을 공급하는 냉음극 형광 램프는 고휘도, 저소비 전력의 특성이 요구되므로 고압 케이블이 사용 되어야 한다. 일반적으로 기기에 사용되는 케이블 전압은 보통 300~600[V]지만, BLU 음극램프에는 3,000[V] 이상의 전압이 요구 되어진다. 또한, 램프의 직경이 약 2[mm] 정도에 불과 하기 때문에 하네스 작업을 위해서는 케이블에 사용되는 절연외경 및 도체 또한 특수한 규격을 사용해서 생산이 이루어져야 한다. 이러한 요구사항에 맞는 케이블을 사용하지 않으면 형광램프에

필요한 전력을 공급할 수가 없기 때문에 음극램프의 밝기가 어두워지고 화면이 잘 보이지 않는 현상이 발생되므로 TFT-LCD 기능상에 지대한 영향을 미치게 된다[1-4].

이와 같은 중요한 역할을 하는 BLU용 고압 케이블은 현재 거의 모든 공급이 수입을 통해 이루어지고 있으며 국산화 실적 또한 아주 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 TFT-LCD BLU용 고압 케이블의 국내 생산 안정화를 위한 기술개발 및 성능개선을 하고자 한다.

본 연구에 있어서 기술개발의 목표는 6[kV]급 TFT-LCD 용 고압 케이블의 개발과 하네스 작업 시 발생하는 문제점 해결을 위한 재료, 도체 및 연선 도체의 개발이다. 기술개발 방법으로는 현재까지 개발되어있는 집합연선 공정의 성능개선 방안을 모색하고, 내전압 시험 및 노화 시험 시 발생하는 문제점의 개선 및 연선방법의 개선을 통하여 도체 풀어짐의 현상을 억제하는 것이다.

2. 시험방법

2.1 노화시험

집합 연선 공정과 절연체의 특성 개선을 통해 개발된 시제품 UL 3633과 UL 3239 케이블에 대한 케이블의 특성을 평가하기 위해 노화시험을 수행하였다.

UL 규격에 따라 노화온도를 180[°C]로 하였으며 168시간 동안 노화시험기를 이용하여 노화시켰다. 노화시험기로 강제 순환식 오븐을 사용하여 공기가 시험편의 표면을 순환할 수 있도록 오븐의 하부에서 상부쪽으로 나오도록 하였다. 각각 5개의 시험편을 준비하였으며 절연체의 손상이 없도록 내부 도체를 제거하였다. 시험편은 서로 20[mm] 이상 떼어 놓았다. 노화가 종료된 후 곧바로 시험편을 오븐에서 꺼내어 직사광선을 피해 실온에서 16시간 이상 유지하였다.

† 교신저자, 정 회 원 : 호서대학교 국방과학기술학과 교수 · 공박
E-mail: alarmkoo@hoseo.edu

* 비 회 원 : 호서대학교 환경공학과 교수 · 공박

** 정 회 원 : 충남대학교 전기공학과 박사과정

*** 비 회 원 : 호서대학교 벤처전문대학원 보건환경학과 교수 · 공박
접수일자 : 2009년 10월 1일
최종완료 : 2009년 11월 13일

2.2 인장강도 및 신장률

180[°C]에서 168시간동안 노화된 시료의 시험 전과 후 재료의 인장력에 대한 탄성적 성질, 소성변형 저항 및 파단 강도를 측정하기 위해 인장강도와 신장률에 대한 시험을 실시하였다.

그림 1은 본 연구에서 사용한 인장시험기(INSTRON 3367)를 보여주고 있다.



그림 1 인장강도 측정 시험기

Fig. 1 The equipment of tensile strength and elongation testing

2.3 내전압 시험

케이블의 전기적 특성에 대한 평가를 위해 노화시험 전과 후의 내전압 상태를 평가하였으며, 시작품에 대해 DC 7[kV/min]의 전압을 인가하여 내전압 시험을 실시함과 동시에 절연과피전압 측정을 수행하였다. 내전압 시험기는 Portronics社에서 제작한 HV DC TANK 8170-5PL을 이용하였고, 그림 2는 DC 내전압 및 절연과피시험을 보여주고 있다.



그림 2 DC 내전압 및 절연과피 시험

Fig. 2 The testing for DC withstanding and breakdown voltage

2.4 원소분석

절연체의 안정적인 생산을 도모하기 위하여 원소분석기를 이용하여 절연체의 원소분석을 실시하였다.

2.5 SEM 분석

전자주사현미경(SEM Scanning Electron Microscope)을 이용하여 절연체 표면의 형상을 분석하였다[5-6]. 본 연구에 사용된 SEM은 HITACHI사에서 제조되었으며 모델명은 S-4300이다. 절연체 표면 촬영을 위해 표면에 전류를 통하게 하는 전처리 과정을 거쳐 절연체 표면의 촬영을 실시하였다.

2.6 EDX 분석

SEM에 부착된 EDX(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

를 이용하여 원자번호 6번 이상인 금속 원소에 대해 함량을 파악하였다. 그림 5는 EDX 분석결과를 보여주고 있다[7-8].

3. 시험결과 및 고찰

3.1 집합 연선 공정의 개선

일반적인 전선은 보통 0.16TA도체를 사용하여 연선 피치 및 층구분 방법에 의해서 생산되어지나 이러한 방법으로 생산을 할 경우에 절연체 탈피 시 도체 피치가 풀리는 문제가 발생하기 때문에 BLU의 경우 연선 피치 및 층구분 방법에 있어서 특수한 방법을 고안하여 사용한다.

보통의 경우 1층의 연선 피치를 약 6[mm]로 한다면, 2층은 약 10[mm]로 하여 연선하는 방법이 표준화 되어 사용되고 있으나, 이러한 경우 차이가 나는 4[mm]의 간격 때문에 중간 중간에 피치가 튀어 형클어지는 현상이 생겨 사용할 수가 없다. 따라서, 여러 번의 시험을 통하여 0.16[mm]의 소선 11가닥을 25~30[mm] 사이의 피치로 연선 시켜 UL 3239 및 UL3633의 시작품을 개발하였다. 그 결과, 시작품의 절연체 두께가 균일하고 연선에 절연체가 적당히 묻어 하네스 작업 특성이 좋아지는 결과를 얻었다. 그림 3은 개발된 6[kV]급 TFT-LCD BLU용 고압케이블의 시작품을 보여주고 있다.



(a) UL 3633



(b) UL 3239

그림 3 6[kV]급 TFT-LCD BLU용 고압케이블 시작품

Fig. 3 A trial product of high voltage cable for 6[kV] TFT-LCD BLU

3.2 절연체 성능 개선

최근 전자기기의 경박 단소화에 따라서 전선의 세선화 및 그에 따른 높은 특성이 요구 되어지고 있기 때문에 종전에 사용되던 열가소성수지(PE, PVC)를 사용할 경우 제품의 신뢰성 및 그 특성에 문제가 발생된다.

따라서, 본 연구에서는 중합체 고리(polymer chain) 사이에 화학결합(chemical bond)을 형성시켜 열경화성 재료(thermosetting material)로 만드는 가교접속(cross-linking)을 적용시켜 이러한 문제를 해결하였다. 이렇게 하여 가교접속시킨 재료는 열저항(heat resistance), 인장강도(tensile strength), 과전류 특성 및 물리적·기계적 특성이 매우 우수해지는 효과를 나타내었다. 표 1은 PVC와 XLPE의 특성 비교를 나타내고 있다.

3.3 인장강도 및 신장률

인장강도 시험 결과 UL3239 케이블의 노화시험 전 인장강도는 1.41[kgf/mm²], 신장율은 280[%]였으며, 노화시험 후 인장강도는 1.38[kgf/mm²], 신장율은 280[%]로 거의 변함이 없

표 1 폴리염화비닐(PVC)와 가교폴리에틸렌(XLPE)의 특성비교

Table 1 Comparison of characteristics for PVC and XLPE

항목	폴리염화비닐 (PVC)	가교폴리에틸렌 (XLPE)
화학명	Polyvinyl chloride	Cross-linked polyethylene
화학구조	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_n \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \sim\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\sim \\ \\ \sim\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\sim \end{array}$
주요용도	절연, 시스	절연
절연내역(kV/mm)	20~40	30~50
체적저항율($\Omega\cdot\text{cm}$)	$10^{13}\sim 10^{15}, 10^{11}\sim 10^{14}$	$>10^{15}$
유전정접(%)	4~16	<0.02
유전율	35~90	23~24
경도	(D)40~90	(D)40~50
선팅장계수($1/^\circ\text{C}$)	$0.7\sim 2.5\times 10^{-4}$	$1.6\sim 1.8\times 10^{-4}$
열전도도	$3.0\sim 4.0\times 10^{-4}$	8.0×10^{-4}
(cal/se · cm · $^\circ\text{C}$)		
비열(cal/g · $^\circ\text{C}$)	0.3~0.5	0.55
포화온도($^\circ\text{C}$)	-10~-30	<-70
융점($^\circ\text{C}$)	-20~-40	-
2차전이온도($^\circ\text{C}$)	120~140	-

었다. 또한, UL3633 케이블의 경우 노화시험 전의 인장강도는 1.70[kgf/mm²], 신장율은 430[%]였으며, 노화시험 후의 인장강도와 신장율은 각각 1.67[kgf/mm²], 430[%]로 측정되어 마찬가지로 거의 변함이 없음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 UL 3239, UL 3633 케이블 모두 노화시험 전의 98[%] 수준의 인장강도를 유지하고 있으며 신장율 또한 차이가 거의 없음을 보여주고 있다.

3.4 내전압 시험

DC 내전압 시험결과, 노화시험 전과 후 모두 내전압 불량으로 인한 절연파괴 현상이 일어나지 않은 결과를 얻었다. 또한, 절연파괴 시험결과 UL 3633는 노화시험 전 18[kV]에서 절연이 파괴되었으며 노화시험 후 12[kV]에서 절연파괴가 일어났고, UL 3239 케이블의 경우 시험 전 48[kV] 절연 파괴전압이었으며 시험 후 30[kV]에서 절연파괴가 일어났다. 따라서 두 케이블 모두 절연이 뛰어난 것을 알 수 있었다. 표 2는 내전압 시험 및 절연파괴 시험결과를 보이고 있다.

표 2 DC 내전압 및 절연파괴 시험결과

Table 2 The results for withstanding and breakdown voltage

항목		UL 3633	UL 3239
내전압 시험	노화 전	Pass	Pass
	노화 후	Pass	Pass
절연파괴 시험	노화 전	18[kV]	48[kV]
	노화 후	12[kV]	30[kV]

3.5 원소분석

원소분석 결과, C, H, O, S원소에 대해서는 UL 3239, UL 3633이 거의 비슷한 분포를 보이고 있었으나 N에 대해서는 UL 3633이 UL 3239보다 거의 2배가량 많은 퍼센트 농도를 보이고 있음을 알 수 있다. 그 결과를 표 3에서 보이고 있다.

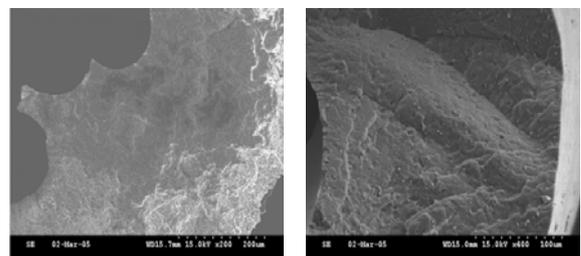
표 3 UL 3239과 UL 3633의 원소분석 결과

Table 3 The results for elementary analysis

시작품	C	H	O	N	S
UL 3633	46.33%	7.16%	7.47%	0.13%	0%
UL 3239	43.63%	7.19%	7.81%	0.07%	0%

3.6 SEM 분석

SEM 분석 결과를 그림 4에서 보여주고 있다. 그림에서와 같이 노화 시험 후 UL3239와 UL3633의 SEM촬영결과를 나타내었다. SEM사진에서 확인할 수 있듯이 두 경우 모두 심선에 외부 절연체가 묻어나 신선이 빠져나간 자리의 표면이 균일하지 못한 현상을 보이고 있으나, 절연체 밖으로의 심선 이탈 등의 흔적이 없는 대체로 양호한 상태를 보이고 있음을 알 수 있다.



(a) UL 3633

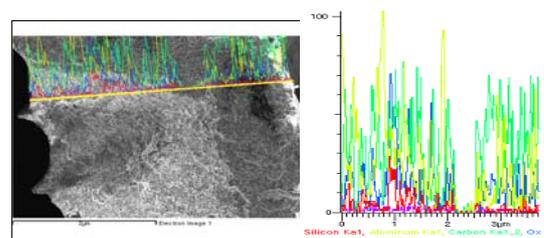
(b) UL 3239

그림 4 UL3633과 UL 3239의 SEM 사진

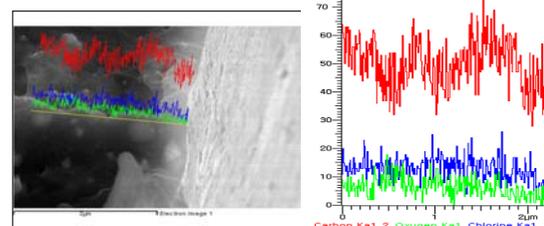
Fig. 4 Results for SEM analysis

3.7 EDX 분석

UL3239에 대한 EDX분석 결과 탄소성분이 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 그 다음으로 염소, 산소 순으로 분석되었다. 한편, UL3633에 대한 EDX분석 결과 역시 탄소성분이 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 그 다음으로 알루미늄, 산소, 염소, 규소 순으로 분석되었다. 이러한 분석 결과를



(a) UL 3633



(b) UL 3239

그림 5 UL3633과 UL 3239의 EDX 사진 및 원소성분함량

Fig. 5 Results for EDX analysis

종합하여 보면 탄소 성분이 절연체 성분의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 그림 5는 EDX 분석결과를 보여주고 있다.

4. 결 론

TFT-LCD기능상에 중요한 역할을 하는 BLU용 고압케이블의 국내 생산 안정화를 위하여 6[kV]급 TFT-LCD용 고압케이블의 개발과 하네스 작업 시 발생하는 문제점 해결을 위한 재료, 도체 및 연선 도체의 개발을 실시하였다.

인장강도 및 신장률 결과, 노화시험 후의 인장강도는 노화시험 전의 98[%] 수준의 인장강도를 유지하고 있으며 신장률 또한 노화시험 전의 수준을 유지하고 있었다.

또한 DC 내전압 및 절연과피 시험결과 내전압 시험에 만족하였으며, 절연능력이 뛰어난 것을 알 수 있었다.

절연체의 원소분석 결과 C, H, O, S원소에 대해서는 두 케이블 모두 거의 비슷한 분포를 보이고 있었으나 N에 대해서는 UL 3633이 UL 3239보다 거의 2배가량 많은 퍼센트 농도를 보이고 있음을 알 수 있다.

SEM 및 EDX 분석결과, 두 케이블 모두 심선에 외부절연체가 묻어나 심선이 빠져나간 자리의 표면이 균일하지 못한 현상을 보이고 있지만, 절연체 밖으로의 심선 이탈 등의 흔적이 없는 대체로 양호한 상태를 보이고 있음을 알 수 있었으며, 두 케이블의 절연체는 탄소성분이 가장 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났으며 이를 통해 절연체 성분의 대부분은 탄소성분이라는 것을 알 수 있었다.

이상의 결과를 토대로 효과적인 연선 공정의 개선을 통한 연선 피치에 대한 노하우를 축적할 수 있었으며, 우수한 재료의 개발로 고압케이블 생산에 있어 문제가 되었던 노화 시험 후 내전압 및 인장강도 불량과 하네스 작업 시 절연체 늘어나는 등의 문제를 해결하였다. 또한, 연선 공정의 개선으로 하네스 작업 시 문제가 되었던 도체 풀어짐 현상을 해결하였다.

참 고 문 헌

[1] 정진도, "TFT-LCD BLU용 고압 케이블 성능개선" 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄사업 최종보고서, 2005.
 [2] J.D. Chung, J.W. Kim and S.M. Hwang, "A study on efficiency improvement of high voltage cable for TFT-LCD BLU" The 5th annual International New Exploratory Technologies Conference (NEXT 2008), 2008.
 [3] Mishima, "Characterisitcs of low-temperature poly-Si TFTs on Al/glass substrates", IEEE Trans. On ED, Vol.48, pp.1087, 2001.
 [4] 김수용, "BLU 부품 기술개발 연구", 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp.1804-1807, 2001.
 [5] 박동희, 이승호, 김정기, "SEM을 이용한 완전도체 산란체의 전류분포 해석", 한국통신학회 논문지, Vol.11, No.5, pp.323~331, 1986.
 [6] 인교진, 십정수, "고분자의 전자현미경 관찰(TEM, SEM, STEM)", 고분자 과학과 기술, Vol.7, No.4, pp. 437-444, 1996.
 [7] 김혜진, 이종태, 김동술, "SEM/EDX를 이용한 디젤 분진의 입자별 분석", 한국대기환경 학회지, Vol.15, No.2,

pp.175~182, 1999.

[8] 정재희, 이덕출, 이경섭, 최충석, 박수홍, 김병수, "저압용 누전차단기의 차단특성 및 그라파이트 분석에 관한 연구", 산업안전학회지, Vol.14, No.1, pp.49~54, 1999.
 [9] 김위영, "XLPE 절연 전력케이블의 절연체 가교도에 따른 인장강도 및 신장특성", 대한전기학회 학술대회논문집, pp.1425-1427, 2002.

저 자 소 개



정진도 (鄭鎭度)

1985년 충남대학교 기계공학과(공학석사) 1992년 가나자와대학교 환경공학과(공학박). 현재 호서대학교 환경공학과 교수
 Tel : 041-540-5743
 Fax : 041-540-5394
 E-mail : jdchung@hoseo.edu



김재훈 (金載勳)

1997년 충남대학교 전기공학과 졸업(학사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000~2003년 (주)진로산업 기술연구소 주임연구원. 충남대학교 전기공학과 박사과정수료
 Tel : 042-821-7604
 Fax : 042-821-8895
 E-mail : geez011@cnu.ac.kr



구경완 (丘庚完)

1983년 충남대학교 전자공학과 졸업(학사). 1992년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박). 1987년 현대전자 반도체연구소 선임연구원. 1989년 충청전문대학 전자과 조교수. 1994년 영동대학교 전자·정보공학부 부교수. 현재 호서대학교 국방과학기술학과 부교수
 Tel : 042-821-7604, 041-540-9541
 Fax : 041-540-5693
 E-mail : alarmkoo@hoseo.edu



황승민 (黃承敏)

2005년 오사카대학교 기계공학과(공학박) 2005~2007년 일본전력중앙연구소 특별연구원, 2007~2008년 오사카대학교 프론티어 연구센터 특임연구원. 2008년~현재 호서대학교 벤처전문대학원 보건환경학과 교수
 Tel : 02-523-3015
 Fax : 02-2055-1405
 E-mail : hwangsm@hoseo.edu