

HDPE/EVA혼합수지의 전기적 분포 특성에 관한 연구

정의환*, 허준*, 이승수*, 임기조*, 이흥규**
 충북대학교*, 충주대학교**

A study on Electrical Potential Characteristics of HDPE Mixed with EVA

Eui-Hwan Jung*, Jun Heo*, Seung-Su Lee*, Kee-Joe Lim*, Hyung-Kyu Lee**
 Chungbuk National University*, Chungju National University**

Abstract - In this paper, each specimen blended at weight proportions of 80% HDPE to 20% EVA, 70% HDPE to 30% EVA, 60% HDPE to 40% EVA, and 50% HDPE to 50% EVA was manufactured respectively.

The insulation performances of the proposed insulator were compared with conventional XLPE, main insulating material of CV cable on the basis of the investigation results of DC insulation performances.

From the space charge density, electric field and potential profiles with raising DC voltage and time variation in HE82, distortion of electric field distribution was improved. As EVA mixed into the bulks acts as nucleation in crystallization process of HDPE, the size of spherulites became decreased and finally formed continuous network structure.

Ultimately it resulted from extinction of space charge in the interfacial region of spherulites.

1. 서 론

대용량 전력기기의 소형화, 전력계통의 초고압화가 가속됨에 따라 사용 환경에 부합하는 우수한 절연내력을 갖는 절연재료 개발에 대한 연구가 동시에 활발히 진행되어 왔다. 기존의 고분자절연재료의 개질방식은 유기물 첨가, 첨가제 혼합, 고분자쇄에 적절한 단량체를 그래프트(graft)시키는 방법이 주류를 이루고 있다.

이들 방법의 대부분은 제조 공정에서 혼입되는 불순물, acetophenone, cumyl alcohol, α -methyl styrene과 같은 가교시 발생되는 1, 2차 가교 잔유물, 산화방지제 등과 같은 첨가제의 변질 및 휘발(blooming-out)등에 기인한 체적저항율의 저하, 공간전하 축적, 유전손실의 증가 등 절연열화를 가속시킨다.

또한 공간전하축적에 의한 전계왜곡을 유발하여 절연열화를 가속시키는 등 직류 고전압 케이블 절연체로 적용하는데 많은 제약이 있어서 최근 주목받고 있는 직류 송배전용 케이블 절연체로도 부응하기 어려운 문제점이 있다.

아울러 경년열화나 사고로 인해 교체되는 폐 지중 배전용 케이블의 연간 발생량도 점차 증가하고 있으나, 가교반응에 의한 열가소성의 감소로 철거된 폐 케이블 절연체는 재활용이 곤란하여 매립하거나 소각에 의해 열에너지만 회수되고 있다. 그러나 소각 과정에서 나오는 배기가스 중 다이옥신이나 유독가스의 농도를 법으로 엄격히 규제하고 있어서 친환경적 관점에서 재활용 가능한 소재를 선정하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 HDPE와 내부 반도전층과 절연층간의 접착력을 개선하고, 기계적 물성을 보완하고자 전력용 케이블의 반도전층의 기본수지로 사용되는 유극성 고분자인 에틸렌 비닐아세테이트(ethylene vinyl acetate, 이하 EVA)(VA함량 : 12%)를 80:20, 70:30, 60:40, 50:50의 중량비별로 혼합하여 시편을 제작하였다. 직류절연특성으로는 인가전압에 따른 전위분포를 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험

2.1.1 실험구성

순수 HDPE, 순수 EVA, HE82, HE73, HE64, HE55시편을 각각 두께 약 420~500[μ m]의 시트 상으로 성형하고, 가로 3[cm] x 세로 3[cm]크기로 절단한 후 교류절연파괴시험용 시편제작을 위

해 알루미늄(Al)을 증착원으로 연면방전을 억제하기 위해 상부전극(5[mm ϕ])과 하부전극(10[mm ϕ])을 확산 전극법으로 제작하였다.

전극을 시편에 증착하기 위해 진공증착기(DSC-300BM, 대한진공 Eng.) Bell-jar 내부에 증착으로 인한 발열에 의한 시편손상을 방지하기 위해 상부에 시편을 고정 배치한 후 Al을 텅스텐 포트 위에 올려놓고, Bell-jar를 닫은 후 내부의 진공도를 10^{-2} [Torr] 이하로 하기 위해 Roughing valve를 약 10분간 개방한 후 Gaissler tube로 Bell-jar내부가 저진공 상태가 되었는지 확인하였다.

그런 후 Fore-line valve를 개방하고 수 초 후 Main valve를 개방하여 Pirani gauge상의 작업 진공도(2×10^{-4} [Torr])에 도달하였을 때, Shutter를 개방시킨 상태에서 텅스텐 포트 위의 Al을 서서히 가열하여 시료 표면으로 확산시켜 전극처리를 하였다.

2.1.2 실험 방법

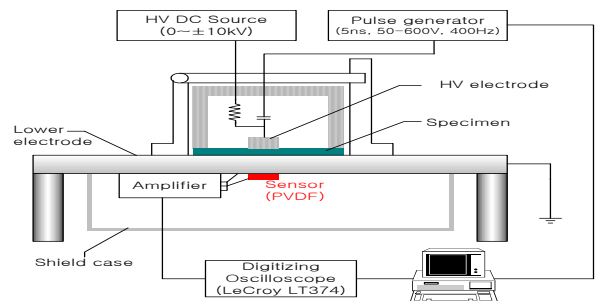
앞서 언급한 방식으로 제작된 순수시편 및 혼합시편을 두께 약 420~500[μ m]의 시트 상으로 가공한 후 가로 4.9[cm]x세로 4.9[cm] 크기로 절단하여 공간전하분포측정용 시편을 제작하였다.

제작된 각 시편에 대해 그림1의 공간전하측정 및 분석 시스템(日本 Five Lab製, PEANUTS)을 사용하여 직류 고전압 V_{dc} 에

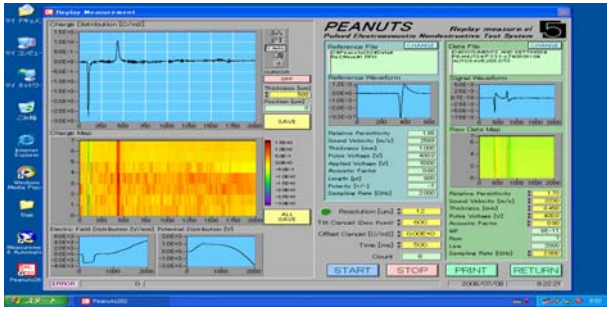
중첩된 직류 400[V]의 펄스전압 $V_p(t)$ 를 인가하면 맥스웰 응력이 발생한다. 즉, 제 2항과 같은 펄스압력파가 발생한다. 이 펄스 압력파는 시편 방향으로의 펄스폭이 조밀한 파형이 전극방향으로는 펄스폭이 넓은 파형이 각각 반대방향으로 전파된다.

시편내에 공간전하가 존재하고 있다면 이 전하로부터도 펄스압력파가 발생하여 양방향으로 전파된다. 접지전극의 바깥쪽에 부착된 압전센서로 시간적으로 변화하는 압력파를 측정하면 그 유기전하신호 $q(t)$ 는 전하분포를 나타내며, 시편내의 공간전하분포를 측정할 수 있게 된다.

이러한 펄스 정전 응력법(pulsed electro-acoustic method)의 측정원리를 이용하여 각 시편의 공간전하밀도, 전계 및 전위 분포의 전압의존성을 검토하기 위하여 각 시편에 직류전압을 10분간 1, 3, 5[kV]로 상승시켜 인가하였을 때 인가전압에 따른 공간전하밀도분포를 측정하였다.



<그림 1> 공간 전하 측정 장치



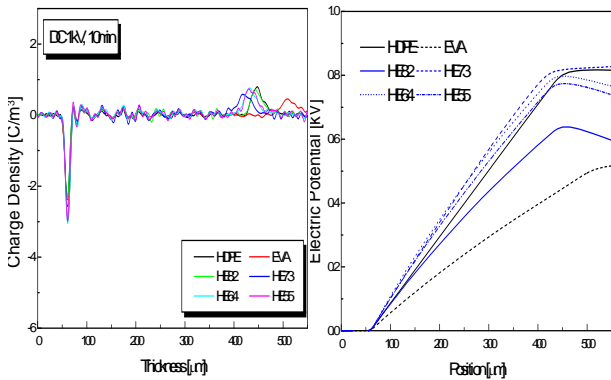
〈그림 2〉 Labview를 이용한 데이터분석

2.2 실험결과

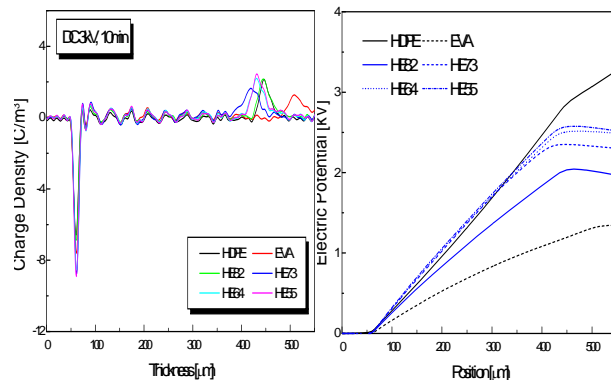
그림 3~5는 두께 420~500[μm]인 각 시편에 대해 직류전압을 10분간 1, 3, 5[kV]로 변화시켜 인가하였을 때 공간전하 밀도분포 및 전계로부터 환산한 전위분포를 나타낸 것이다.

Anode측과 Cathode측 전극에서 공간전하 피크의 차이는 Anode측 전극에서 발생한 압력파가 시료를 통과할 때 생기는 분산과 감쇄 및 압전 센서의 감도에 기인한 것으로 생각된다.

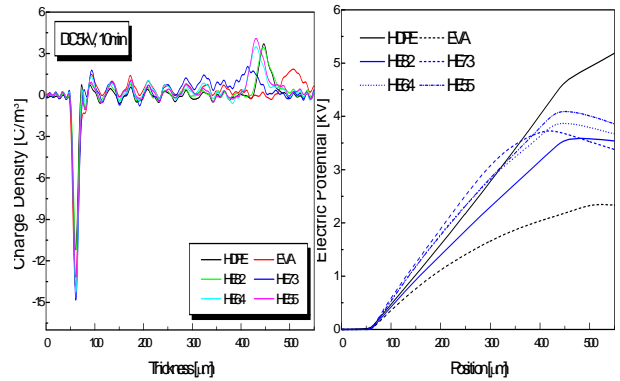
Anode 측의 순수 EVA와 각 시편의 피크 형성 지점 및 전하밀도의 차이는 순수 EVA시편의 경우 다른 시편에 비해 상대적으로 저밀도(low density)이고, 혼합시편 중 HE73시편의 경우 시편 가공과정에서 기내에 체류되어 있던 육안으로 식별하기 곤란한 정도의 불순물(탄화 수지)등 저분자량 성분과 불안정한 구조계면에서 분자쇄의 절단에 따라 Carrier의 mobility가 증가하여 전하밀도에 차이를 보이고 있다. 또한 피크 형성 지점이 다른 것은 시편의 두께차이에 기인한 것으로 사료된다.



〈그림 3〉 Applied voltage dependency of space charge distribution, electric potential distribution(DC1[kV],10[min])



〈그림 4〉 Applied voltage dependency of space charge distribution, electric potential distribution(DC3[kV],10[min])



〈그림 5〉 Applied voltage dependency of space charge distribution, electric potential distribution(DC5[kV],10[min])

각 시편내부에서의 전위분포로부터 알 수 있듯이 인가전압이 상승함에 따라 HE55>HE64>HE73>HE82시편 순으로 HDPE내의 EVA혼합량이 높을수록 전위는 높게 나타났다.

전위가 낮을수록 양극 측으로부터 정극성의 전하주입이 용이하며, 특히, 순수 EVA의 경우 상대적으로 낮은 결정화도와 HE73시편의 경우 구조적 결함 등의 영향에 의해 실험 퍼텐셜이 저하되는 것으로 사료된다.

3. 결 론

전위분포검토에 따르면 제안된 혼합절연체가 직류인가전압 상승 및 시간경과에 따른 공간전하에 기인한 전계분포의 왜곡이 다른 시편에 비해 현저히 완화되는 경향을 보였다. 이것은 시편에 혼합된 EVA가 HDPE의 결정화과정에서 핵으로 작용함으로 인해 구멍의 크기가 작아져서 연속상의 망상구조를 이루고, 이러한 구멍의 계면영역에서 전하의 소멸이 발생하여 공간전하를 저감시켰기 때문에 단일 시편에 비해 전계분포가 개선된 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] K. S. Suh, "Measurements and Characteristics of Space Charge in Polyethylene", Polymer Science and Technology, Vol. 9, No. 5, pp.394-410, 1998. 10.
- [2] H. Tamura, H. Ono, M. Ikeda, Y. Yamamoto, Yoshimichi Ohki, "Properties of Polyethylene Blend as a Non-crosslinked Insulating Material for Power Cable", IEEJ Trans. FM, Vol.24, No.9, pp.817-822, 2004.
- [3] Y. Lin et al, "Space charge distribution and crystalline structure in low density polyethylene(LDPE) blended with high density polyethylene (HDPE)", Polymer International Vol.54, pp.465-470, 2005.
- [4] R.J. Fleming, M. Henriksen, and J.T. Holboll, "The influence of electrodes and conditioning on space charge accumulation in XLPE," IEEE transactions on dielectrics and electrical insulation, Vol. 7, pp. 561-571, 2000.
- [5] Hung-Kyu Lee, Byoung-Chul Kim, Seong-Hwa Kang, Chung-Ho Lee, Kee-Joe Lim, "Analysis of Electric Field Distribution formed by Space Charge in HDPE Blended with EVA", 2008 Regional Inter-University Graduate Conference on Electrical Engineering 19-21, July, Xi'an, China.