

자성나노입자 이동과 변압기 절연유의 절연특성 변화의 상관관계 고찰

이원호¹, 이상엽², 이세희³, 이종철⁴

¹강릉원주대학교 대학원 자동차공학과, ²한국과학기술연구원,

³경북대학교 전기공학과, ⁴강릉원주대학교 기계자동차공학부

자성나노유체(ferrofluid)는 계면활성제로 코팅된 직경 10 nm인 자성나노입자(magnetic nanoparticle)가 바탕액체(물 또는 오일 등)에 분산하고 있는 액체이다. 최근 연구에 의하면 자성나노유체가 변압기 절연유로 사용될 경우 열전달 및 절연 특성이 향상된다고 보고되고 있다. 또한 자성나노유체에 포함된 자성나노입자는 영구자석 및 전자석 등에 의한 외부 자기장뿐만 아니라, 두 전극 사이에 인가된 전기장에 의한 유도자기장에 영향을 받는다고 한다. 본 연구에서는 두 전극 사이 전압을 1 kV로 인가한 경우에서 광학현미경을 이용한 자성나노입자의 마이크로채널(microchannel) 내부 이동특성 관측 및 Maxwell 방정식을 이용한 전자기장 수치해석을 수행하였다. 실험 및 해석 결과를 통하여 자성나노유체에 포함된 자성나노입자가 인가된 전기장에 의하여 발생하는 이동특성을 분석하고, 선행연구에서 보고된 절연특성 변화에 관한 상관관계에 대해 고찰하였다. 광학현미경 관측 결과로부터 전기장이 인가되지 않은 경우에 균일하게 분산되어 있는 자성나노입자는 전기장 인가에 따라 발생하는 유도자기장에 의하여 입자 간의 뭉침(agglomeration) 현상과 전극 주위로 이동하려는 성질을 확인하였다. 또한 수치해석 결과로부터 자성나노입자의 존재로 인하여 전극 사이의 전기장 강도와 자속밀도가 증가함을 확인하였으며, 자성나노입자의 이동을 유발하는 유도자기장이 전극 주위에서 큰 것을 파악할 수 있었다. 이와 같은 결과는 자성나노입자가 변압기 절연유에 첨가된 경우우 절연파괴전압이 변화되는 이유를 설명할 수 있는 근거가 된다.

Keywords: Ferrofluid (자성나노유체), Breakdown voltage (절연파괴전압), 자성나노입자 (Magnetic nanoparticle), 마이크로채널 (Microchannel)