

액체질소중에 있어서 아크방전 및 방사 전자파의 특성에 관한 연구

신동화*, 박광서*, 주재현*, 최병주**, 김기재*, 이광식*, 이동인*

* : 영남대학교 전기전자 공학부, ** : 경주전문대학 전기과

A study on the characteristics of arc discharge and radiated electromagnetic wave in liquid nitrogen

Dong-Hwa Shin*, Kwang-Seo Park*, Jae-Hyun Ju*, Byung-Ju Choi**,
Ki-Chai Kim*, Kwang-Sik Lee*, Dong-In Lee*

* : School of electrical and electronic engineering, Yeungnam Univ., ** : Electricity, Kyungju Jr. college

Abstract – Liquid nitrogen has many advantages. It is cheaper than other cooling medium. It is easy to obtain high purity. It's utilized with easy.

In future, liquid nitrogen is able to be accepted cooling medium for the superconducting and cryogenic applied equipments.

Cryogenic liquid may be atmospheric pressure state because thermoinsulation is ineffective, airtight decreasing by long time using and bubble occurred by flowing current.

If it is to be atmospheric pressure state, the electrical insulation strength is dropped and processed partial discharge, finally breakdown.

Processing of breakdown has anticipated by measuring radiated-electromagnetic wave which is happened in time of breakdown.

There is a measurement of radiated electromagnetic wave as a method that proceeding breakdown is anticipated.

In this paper, radiated electromagnetic wave was measured in arc discharge by above conditions as a basic experiment.

1. 서 론

산업 및 경제가 발전함에 따라서 전기에너지의 수요는 매년 급격하게 증가하고 있는 추세에 있다. 이러한 전기에너지를 원활하게 공급하기 위해서 현재 우리나라에서는 기존 345[kV]선로의 확대뿐만 아니라 1998년부터 765[kV] 초초고압 송전선로의 운전이 개시될 예정이며, 이에 대한 실증시험이 행하여지고 있다. 그러나 전력시스템이 초초고압으로 전압이 상승함에 따라서 여러 가지 문제점이 발생되고 있으므로 이들 문제점을 해결하기 위해서 유럽, 미국 등 선진국에서는 대전력 송전을 위한 초전도 및 극저온의 이용에 대해서 많은 관심을 가지고 있다.^[1,2,3] 이러한 초전도현상이 많은 분야에서 응용되기 위해서는 가장 기본적인 기술이라고 할 수 있는 극저온에서의 전기적 절연메카니즘을 구명할 필

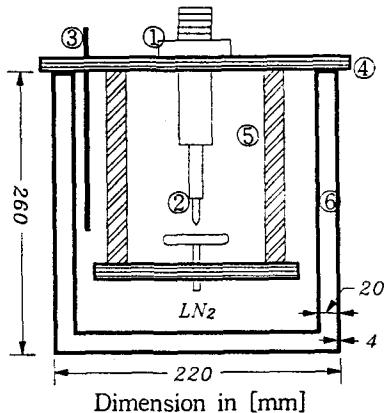
요가 있다. 또한 차세대의 지중송전방식으로 제안되고 있는 초전도 및 극저온 케이블 등의 연구개발이 크게 진전함에 따라 극저온에 대한 전기절연법이 크게 주목받고 있으며, 현재 선진국에서는 각종 절연물의 극저온 전기절연 특성에 대해서 많은 연구가 행하여지고 있다.^[4,5,6] 그리고 극저온 액체는通電에 의한 加熱로 인하여 기포가 많이 발생되며, 장시간 사용에 의한 열적차폐의 성능저하, 기밀성의 저하 등이 발생함에 따라 대기압상태로 될 가능성이 많다^[7,8]. 따라서 대기압상태가 되면 전기적 절연성이 매우 급격하게 떨어지므로 부분방전 및 절연파괴로 전진할 가능성이 매우 높게 된다. 따라서 본 논문은 대기압하의 액체질소중의 절연파괴특성을 연구·조사할 목적으로 여러전극(침전극, 구전극 및 평판전극)을 사용하여 불평등전계 및 평등전계를 형성한 후, 전극배치를 A mode(전극계를 중력방향에 대하여 수평으로 배치), B mode(전극계를 중력방향에 대하여 수직으로 배치) 및 C mode(침전극 및 구전극을 상부전극으로 하며 평판전극을 하부전극으로 배치)로 설정하였을 때, 각 조건에 따른 절연파괴특성을 연구하였다. 또한 방전의 진전과정을 예측할 수 있는 방법으로서 방사 전자파를 측정하는 것이 있다.^[9,10] 본 논문에서는 이것에 대한 기초 실험으로서 먼저 arc 방전시 발생하는 방사 전자파를 위에서 기술한 조건에 따라서 측정하였다.

2. 본 론

대기압하의 액체질소에 대한 기포에 기인된 절연파괴 메카니즘을 구명하기 위하여 먼저 사용된 전극의 성능을 명확히 하기 위하여 대기에서의 절연파괴특성을 조사한 후 액체질소중의 절연파괴특성과 비교·분석하였다. 그림 1은 본 실험에 사용된 2급 경질강화유리로 제작한 visual type cryostat를 나타내며, 그림 2는 실험에 사용된 전극의 사양이다.

전극은 침전극, 구전극 및 평판전극을 사용하여 평등전계 및 불평등전계를 형성한 후 A mode, B mode 및 C mode로 전극을 배치시켰을 때 정극성 직류 고전압을 인가하여 절연파괴특성을 측정 및

분석하였다.



① Micrometer ② Electrode system
③ Thermometer ④ Disk type bakelite
⑤ Teflon rod ⑥ Vacuum

그림 1. Visual type cryostat

Scale	Diameter [mm]	Angle [°]
Variable	6.3 10 19 15 30 60	30 90 120
Shape		
Material	Stainless steel	Brass

그림 2. 전극의 종류

대기압하의 액체질소중에 있어서 기포가 절연파괴에 미치는 영향을 중점적으로 조사하기 위하여 위에서 기술한 각종의 전극을 사용하여 평등전계 및 불평등전계를 형성한 후 전극배치를 A mode, B mode 및 C mode로 하였을 때, 각 전극의 예각, 직경 및 전극간 거리(1.0, 2.0, 3.0[mm])를 변화시켜가면서 정극성 직류 고전압을 인가하여 절연파괴특성을 측정 및 분석하였다.

또한 arc 방전이 발생하였을 때, 대수주기 안테나와 스펙트럼 아날라이저를 이용하여 방사 전자파를 측정하였다.

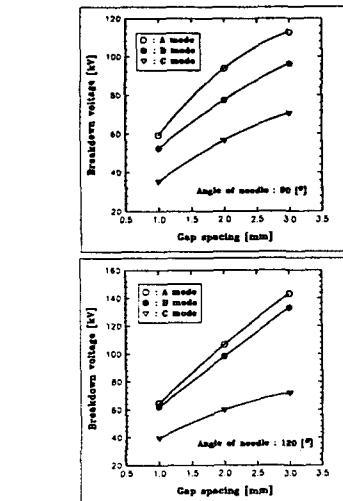
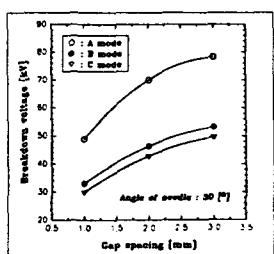


그림 3. 침대 평판전극의 절연파괴전압

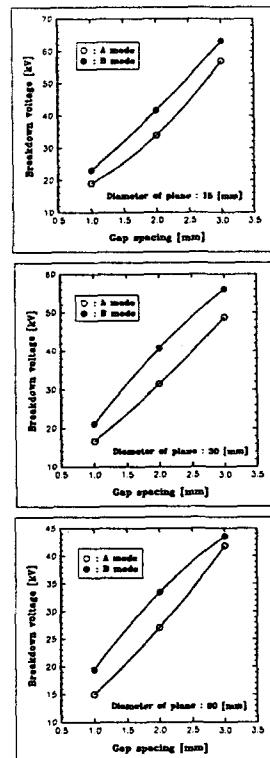


그림 4. 평판대 평판전극의 절연파괴전압

그림 3과 4는 대기압하의 액체질소중에 있어서의 절연파괴전압을 보여주고 있다. 먼저 불평등전계(침대 평판전극)인 경우에서는 전극간 거리가 길어질수록, 침전극의 각도가 커질수록 전압은 상승하며, 전극배치에 따라서는 A mode > B mode > C mode의 순서대로 전압이 하강하는 경향을 보여주고 있다.

이는 전극배치의 변화에 따라서 전극계내의 기포

의 거동이 변화하는데 그 이유가 있다.

그리고 그림 4는 평등전계(평판대 평판전극)인 경우에 있어서의 절연파괴전압을 보여주고 있는데, 전극배치가 B mode인 경우가 A mode인 경우보다 전압이 높게 나타나고 있다. 이것은 그림 3과 비교하면 반대의 현상이다. 또한 구대 평판인 경우는 구전극의 직경이 6.3, 10[mm]에서는 그림 3과 같은 경향을 보여주며, 19[mm]에서는 그림 4와 같은 경향을 보여주고 있다. 이는 대기압상태하의 액체질소중의 절연파괴는 전극계내에 존재하는 기포의 영향이 매우 크다는 것을 보여주는 것이다. 즉, 기포의 거동에 영향을 주는 gradient力과 floating force의 합성력이 전극배치 및 전계의 형성에 따라서 달라지므로 본 실험의 조건과 같은 액체질소의 절연파괴는 기포가 미치는 영향이 대단히 큼을 알 수 있었다.

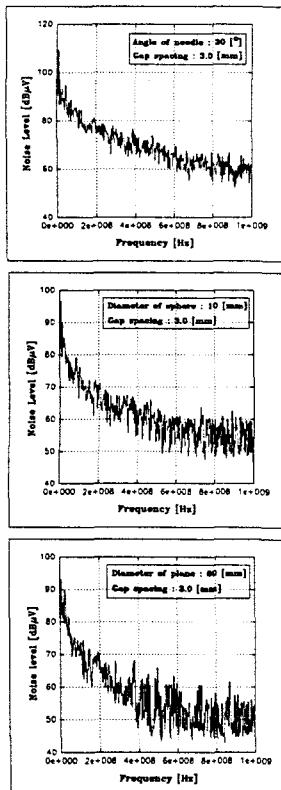


그림 5. 각 전극계에 있어서 방사 전자파

3. 결 론

대기압상태하의 액체질소중에서는 전극의 형상 및 전극배치가 절연성에 큰 영향을 준다는 것을 확인하였으며, 그 결과 중요한 결과는 다음과 같다.

① 대기압상태하의 액체질소는 낮은 증발잠열로 인하여 자연기포가 발생하므로 이러한 기포가 원인이 되어 평판대 평판전극에서도 부분방전이 발생하는 것을 확인하였으며, 이러한 기포가 전극계내에

많이 존재할 수 있는 평판대 평판전극이 침대 평판 및 구대 평판전극의 절연파괴전압보다도 낮다.

② 대기압하에서 액체질소중의 침대 평판전극에서는 침전극의 예각이 커질수록 절연파괴전압이 증가하며, 전극의 배치에 따른 절연파괴전압은 A mode > B mode > C mode.

③ 대기압하에서 액체질소중의 구대 평판전극에서는 구전극의 직경이 작을수록 절연파괴전압이 높으며, 또한 전극의 배치에 따른 절연파괴전압은 구전극의 직경이 6.3[mm] 10.0[mm]인 경우에는 A mode가 B mode보다 높으며, 구전극의 직경이 19.0[mm]인 경우는 B mode가 A mode보다 높다. 그리고 모든 구전극에서 A mode, B mode가 C mode보다 절연파괴전압이 높다.

④ 대기압하에서 액체질소중의 평판대 평판전극에서는 평판전극의 직경이 커질수록 정극성 및 부극성 직류 절연파괴전압이 낮아지며, 전극의 배치가 중력방향에 대하여 B mode가 A mode보다 절연파괴전압이 높게 나타났다.

⑤ 대기압하의 액체질소중에 있어서 arc방전시 측정한 방사 전자파의 파형은 평등전계, 불평등전계 및 전극의 형상에 따라서 노이즈 레벨이 상이하게 나타났다.

[참 고 문 헌]

- [1] 電氣學會超傳導マグネット調査専門委員會,超電導電力機器の開發動向,電氣學會技術報告(II部),第19戸(昭 60-7)
- [2] K.N.Mathes,"Cryogenic cable dielectrics", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol.EI-4, No.1, 1969.
- [3] S. J. Rigby, B. M. Weedy, "Liquid nitrogen - impregnated tape insulation for cryoresistive cable", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol.EI-10, No.1, 1975.
- [4] 奥田 純著, 低溫小史-超電導へのみち, 内田老舗, pp.146~154, 1992.
- [5] 板本英二, “液體窒素の絶縁破壊電圧に及ぼす電極配置の影響”, 平成5年電氣學會全國大會, pp.2~37, 1993.
- [6] 原 推則 外 2人, “不平等電界下における極低温液體中の熱氣泡運動の解析”, 電學論A, 113卷4戸, 平成5年.
- [7] 李 廣植 外4人, “大氣壓下에서 액체질소(LN_2)의放電特性에 關한 研究”, trans., KIEE, vol.45, No. 7, Jul., 1996.
- [8] 原 推則 外 3人, “極低温液體の氣泡破壊機構”, EIM-90-86, 1990.
- [9] 佐久間守一:“ガス絶縁開閉装置の絶縁診断”, EIM-89-5, HV-89-5, pp 41~50, 1989.
- [10] 富田誠悅, “雜音電波で絶縁劣化を予知”, 電氣學會誌, 112-3, pp. 152~156, 1992.