

전극 형태에 따른 기중 부분 방전의 양상 해석

박정남*, 이강원*, 이청*, 박영국**, 이홍규*, 강성화***, 임기조*
 충북대학교 전기공학과*, 국립과학수사연구소**, 충청대학 산업안전과***

Analysis of Partial Discharges according to Electrode Types in Air

J.N.Park*, K.W.Lee*, C.Lee*, Y.G.Park**, H.G.Lee*, S.H.Kang***, K.J.Lim*
 Chungbuk Natl University*, National Institute of Scientific Investigation**, Chungcheong College***

Abstract - In general, corona discharges in air are accompanied with electromagnetic wave which has wide frequency range up to UHF and can be detected by rod or loop antennas. But the existence of background noises such as TV, radio or electronic disturbances makes it difficult to separate corona discharge signals from them in the outside fields.

The results of experiment using wideband antenna (30kHz - 2GHz) show that corona discharges have dependences on electrode types and independences on background noises .

1. 서 론

코로나 방전은 전력 손실, 전자기 간섭 등을 일으켜 통신에 방해가 되는 폐해가 있으며, 코로나 방전 자체로는 주위의 절연재료의 절연열화를 개시하고 촉진시킨다 [1,2]. 또한 부분 방전법에 의한 열화진단 시에는 노이즈로 작용하여 부분 방전법에 의한 정확하고 신뢰성 높은 절연 열화진단을 어렵게 하므로 실험장치를 재구성하거나 노출된 충전부의 전계를 완화하여 코로나 방전을 제거 또는 억제한 후에 부분 방전을 측정하여야 한다 [3,4,5].

코로나 방전을 억제하거나 제거하기 위해서는 코로나 방전을 검출하고 정확하게 진단하여야 한다. 따라서 코로나 방전의 특성을 검토하는 것은 상당히 중요하다[6]. 그러나 기존의 방법으로는 계통의 결선을 바꿔야 하며 이에 따른 계통의 임피던스 변화나 비용 등의 문제가 있다. 하지만 안테나를 사용하여 계통에서 발생하는 부분 방전을 측정할 경우 직접 결선이 아니므로 회로에 직접적인 문제를 일으키지 않으며 on-line으로 측정할 수도 있다는 장점 때문에 최근들어 그에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있는 추세이다[7,8,9]. 따라서 본 연구에서는 안테나를 사용하여 부분 방전을 측정하였다.

2. 본 론

2.1 실험

계통에서 발생 가능한 불평등 전계를 재현하기 위해 전극은 칩 대 평판 전극을 사용하였고 절연체의 종류와 크기에 따라 전극의 종류를 Simple형(일반적 칩 대 평판 구조, 기체 절연), Cavity형(기체+고체 절연), Surface형(고체 절연) 3가지로 모의하여 코로나 방전시 발생하는 전자기파를 안테나를 사용, 측정하여 부분 방전을 특징별로 분석하였다. 그림 1에 본 연구에 사용한 전극을 나타내었다. 고체 절연체로는 LDPE 필름을 사용하였다.

코로나 방전의 발생시 방출되는 전자기파를 측정하기 위한 안테나로는 광대역 특성을 갖는 다이폴 안테나(30kHz~2GHz)를 사용하였다. 또한 동일 조건의 전극구조라도 각각의 미세한 조건에 따라 부분 방전의 개

시전압이 달라지기 때문에 각각의 전극에 인가되는 전기적 스트레스의 크기를 동일하게 하기 위하여 인가 전압은 시편에서 발생하는 부분 방전 개시전압에 따라 다르게 하였다.

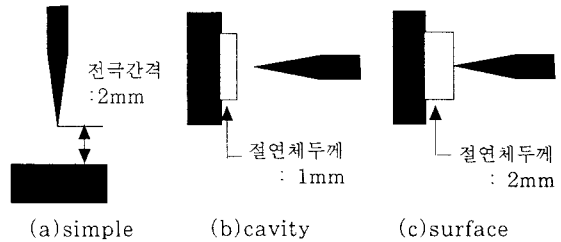


그림 1. 칩 대 평판 전극의 종류

부분 방전의 개시는 전극에 PD Detector를 연결하여 시편에서 5pC 이상의 부분 방전이 발생하는 전압을 부분 방전 개시전압(1.0V_i)로 정의하고, 코로나 방전의 특성화를 위한 전압의존성을 고려하기 위하여 인가 전압을 1.0V_i, 1.1V_i, 1.2V_i, 1.3V_i로 상승시켜 코로나 방전시 발생하는 전자기파를 측정하여 부분 방전 특성을 검토하였다. 특성 검토에 이용된 파라미터는 1초당 발생빈도수(n/s), 최대 방출 전자기파(E_{max}), 평균 방출 전자기파(E_{average})이다. 본 연구에 사용한 실험장치의 블록도를 그림 2에 나타내었다.

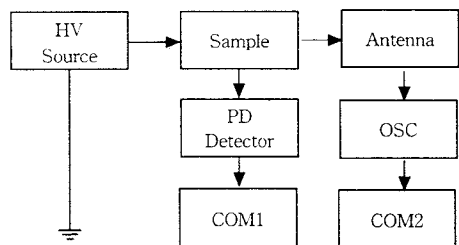


그림 2. 실험장치의 블록도

2.2 실험결과

그림 3은 인가 전압에 따른 부분 방전 발생빈도수의 변화를 나타낸 것이다. 전극의 종류에 따라 인가 전압의 비율에 대해 각기 다른 발생빈도수 변화를 보이고 있다. 일반적인 칩 대 평판 전극 구조인 Simple형에서는 인가 전압에 따라 발생빈도수가 선형적으로 증가하는 형태를 보이는 것에 비해 Surface형에서는 발생빈도수가 거의 변화가 없고 Cavity형에서는 Simple형과 Cavity형의 중간 형태로서 인가 전압에 따라 발생빈도수가 다소 증가하는 것으로 나타났다.

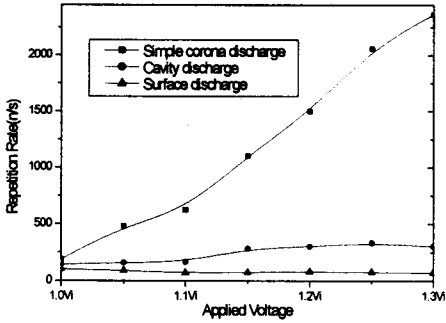


그림 3. 부분 방전 발생빈도수의 전압의존성

그림 4는 인가 전압에 따른 최대 방전 전자기파의 크기를 나타낸 것이다. Surface형에서는 인가 전압의 크기에 비례하는 전자기파를 발생하였지만 Simple형과 Cavity형에서는 모두 증가하다가 다시 감소하는 형태를 보이고 있다.

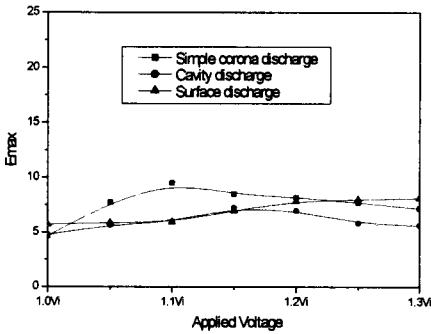


그림 4. 최대 방출 전자기파의 전압의존성

그림 5는 인가 전압에 따른 평균 방출 전자기파의 크기를 나타낸 것이다. Surface형에서는 전압이 증가함에 따라 평균 방출 전자기파의 크기가 증가하지만 Cavity형과 Surface형에서는 거의 일정한 크기로 전자기파를 방출하였다.

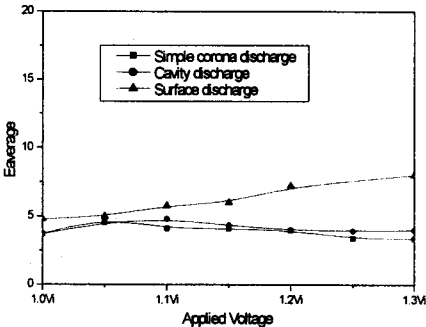


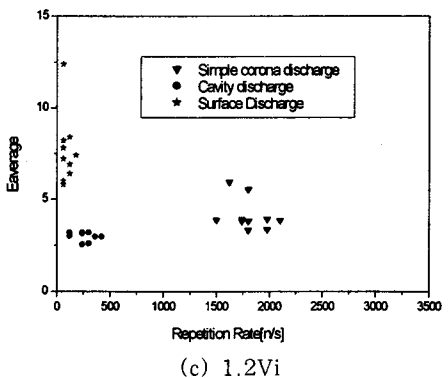
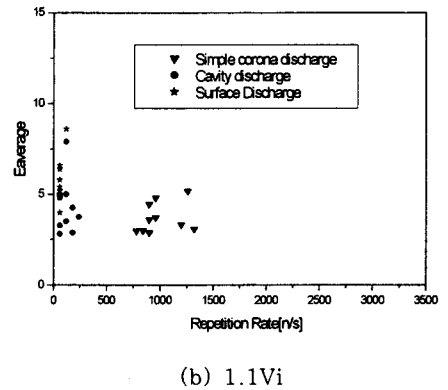
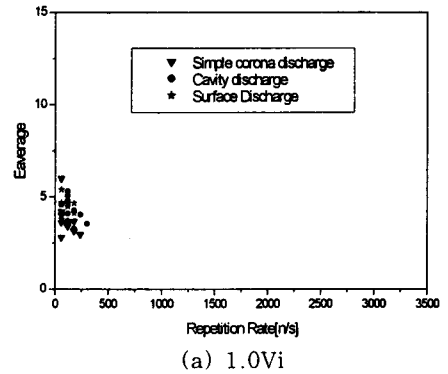
그림 5. 평균 방출 전자기파의 전압의존성

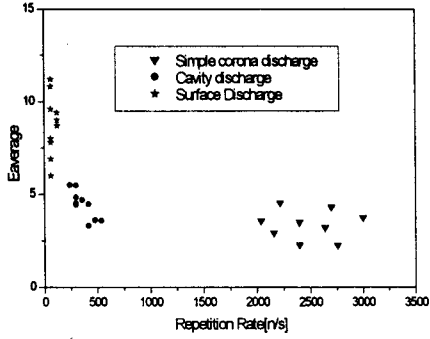
부분 방전의 발생빈도수와 방전시 방출되는 전자기파의 인가 전압과의 관계는 Simple형에서는 인가 전압에 따라 부분 방전 발생빈도수가 1차원적으로 증가하고 최대 방출 전자기파는 증가 후 감소하는 형태를 보이지만

평균 방출 전자기파의 크기는 일정함을 보인다. 이것으로 Simple형에서의 코로나 방전은 거의 일정한 크기로 방전을 하며 인가 전압이 증가하면 발생빈도수가 변한다는 것을 알 수 있다. 즉 Simple형에서는 발생빈도수가 전압의존성이 가장 크다고 할 수 있다.

그리고 침대 평판 전극의 사이에 고체 절연체가 삽입된 상태인 Surface형에서는 인가 전압에 따라 발생빈도수는 적고 변화도 거의 없지만 최대 방출 전자기파의 크기와 평균 방출 전자기파의 크기는 인가 전압의 크기에 비례한다. 이것으로 Surface형에서의 방전은 그 수는 작지만 크기는 인가 전압에 비례하여 증가함을 알 수 있다. 즉 Surface형에서는 방전시 방출되는 전자기파의 크기가 전압의존성을 갖는다는 것을 알 수 있다.

또한 두 번째 전극 상태인 Cavity형은 방전의 발생빈도수는 인가 전압에 따라 다소 증가하고 최대 방출 전자기파의 크기도 증가했다가 감소하는 형태를 갖지만 그 크기는 미약한 변화를 보인다.





(d) 1.3Vi

그림 6. 전극형태별 평균 방출 전자기파와 발생빈도수에 대한 분포 특성

그림 6은 전극의 형태에 따라 발생하는 전자기파를 평균 방출 전자기파와 발생빈도수의 2차원 형태로 나타낸 것이다. 방전이 개시되었을 때에는 각각의 전극 형태에 대해 구분이 모호한 형태이지만 인가 전압의 비율이 증가함에 따라 명확히 구분되어짐을 알 수 있다. 즉 부분 방전 발생빈도수와 평균 방전 전자기파의 크기에 대한 전압 의존성을 이용하면 전극형태에 따른 분류가 가능함을 알 수 있다.

3. 결 론

침 대 평판 전극의 형태에 따른 기중 부분 방전시 발생하는 전자기파를 측정, 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Simple형의 방전에서는 인가 전압에 대해 방출 전자기파의 크기는 일정하지만 발생빈도수는 선형적으로 증가한다.
- 2) Surface형의 방전에서 발생빈도수는 인가 전압에 대한 변화가 작지만 방출되는 전자기파의 크기는 인가 전압에 비례한다.
- 3) Cavity형에서는 방전 발생빈도수 및 방출 전자기파의 크기가 인가 전압에 따라 증가한다.
- 4) 인가 전압이 방전 개시 전압보다 클수록 발생빈도수와 방전시 방출되는 전자기파의 크기가 전극의 종류에 따라 명확하게 구분되어짐을 알 수 있다.

감사의글

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었으며 감사드립니다. (과제번호 : 00-역-02)

[1] F. H. Kreuger, "Partial Discharge Detection in High Voltage Equipment", Temple Press, 1989.
 [2] P. V. Glahn and R. J. Brunt, "Continuous Recording and Stochastic Analysis of PD", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 2, No. 4, pp. 590-601, 1995.
 [3] E. Gulski and F. H. Kreuger, "Computer-aided Recognition of Discharge Sources", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 27, pp. 82-92, 1992.
 [4] G. C. Stone, T. E. Goodeve, H. G. Sedding and W. Mcdermid, "Unusual PD Pulse Phase Distributions in Operating Rotating Machines", IEEE, Transaction, Vol. 2, No. 4, pp. 567-577, 1995.
 [5] A. Contin, G. C. Montanai and C. Ferraro, "PD Source Recognition by Weibull Processing of Pulse Height Distribution", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 7, No. 1, pp. 48-58, 2000.
 [6] J. D. Moon, J. G. Kim and D. H. Lee, "Electrophysicochemical Characteristics of a Waterpen Point Corona Discharge", IEEE, Transactions on Industry Applications, Vol. 34, No. 6, pp. 1212-1217, 1995.
 [7] Judd, M.D.; Farish, O.; Hampton, B.F., "Broadband couplers for UHF detection of partial discharge in gas-insulated substations" Science, Measurement and Technology, IEE Proceedings-Vol.: 142 3, May 1995, Page(s): 237-243
 [8] Kurrer, R.; Feser, K., "The application of ultra-high-frequency partial discharge measurements to gas-insulated substations", Power Delivery, IEEE Transactions on Volume: 13 3, July 1998, Page(s): 777-782
 [9] Ozaki, T.; Abe, K.; Umemura, T. "Partial discharge detection using ferrite antenna", Electrical Insulation, Conference Record of the 1992 IEEE International Symposium on, 1992, Page(s): 371-374
 [10] Stewart, B.G.; Hepburn, D.M.; Kemp, I.J.; Nesbitt, A.; Watson, J. "Detection and characterisation of partial discharge activity on outdoor high voltage insulating structures by RF antenna measurement techniques", High Voltage Engineering, 1999, Eleventh International Symposium on (Conf. Publ. No. 467) Volume: 5, 1999, Page(s): 188-191 vol.5
 [11] Tungkanawanich, A.; Kawasaki, Z.-I.; Abe, J.; Matsuura, K. "Location of partial discharge source on distribution line by measuring emitted pulse-train electromagnetic waves" Power Engineering Society Winter Meeting, 2000, IEEE Volume: 4, 2000, Page(s): 2453-2458 vol.4