

FSA를 적용한 초고압 지중송전 XLPE케이블의 부분방전 진단기술

신동훈, 이용성*, 양종석, 박노준, 박대희
원광대학교, (주)엠펜파워*

Partial Discharge Diagnosis technology of EHV Underline Transmission XLPE cable applied FSA

D-H Shin, Y-S Lee*, J-S Yang, N-J Park, D-H Park
Wonkwang University, M-Power Co. LTD*

Abstract - We studied the improved detecting method on Partial Discharge occurred in EHV power cable. In this field, we usually applied the several sensor for partial discharge. This is metal foil employed with the capacity foil-sensor. We detected the partial discharge through regularly array standard foil-sensor for the better improvement of existed foil-sensor in this research. This test is progressed in real EHV liveline, we analyzed that compare existed foil-sensor to detect character of FSA(Foil Sensor Array) for this test. From this result, detective character of fabricated FSA showed better result than existed foil-sensor.

1. 서 론

일반적으로 지중 전력케이블의 부분방전을 측정하기 위해서는 몇 가지 측정방법을 이용한다. 지중 선로 공사 방식에 따라 측정 방법들에 따라 약간의 차이는 있다. 측정 방법에 따라 분류 하자면, 고주파 전류를 이용하여 부분방전을 측정하는 HFCT 측정 방법과, 용량성 박-센서를 측정부위에 위치하여 부분방전을 검출하는 방법 등이 있다[1-3].

지중 전력케이블의 중간 접속함 내 부분방전 진단에 있어서 가장 큰 문제가 되는 것은 외부 노이즈 환경에서 PD 검출이 가능해야 한다는 것이며, 이에 대한 해결책으로서 외부 노이즈의 영향이 적은 고주파 대역에서 금속 박센서를 접속함에 설치하여 PD를 검출하는 기법이 널리 사용되고 있다[4].

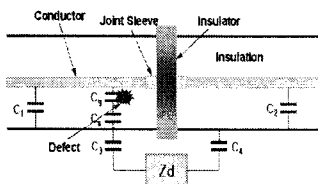
하지만, 현재 사용되어지고 있는 진단 기법에 대한 규격화가 제대로 이루어지고 있지 않은 관계로 정량적 검출 데이터의 비교를 위한 표준화가 필요하다[5]. 따라서 본 연구에서는 측정 부위에 중간접속함의 정확한 규격에 맞춰 박-센서의 배열에 따른 표준화된 부분방전 검출기법을 종래의 방법과 비교하고자 한다.

2. 본 론

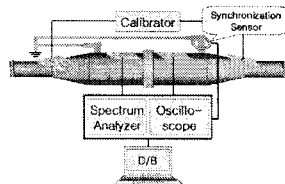
2.1 FSA 측정 시스템의 구성 및 실험방법

현장에서 적용되는 부분방전 측정 방법은 검출감도를 향상시키기 위해 가능한 넓은 면적의 금속박을 도포하는 것이 일반적인 방법이나, 본 논문에서는 금속 박 센서의 크기에 따른 검출 감도 차이를 비교하고 최적화된 검출특성을 지닌 박 센서를 구현하고자 한다.

그림 1은 박-센서를 통해 검출되어지는 부분방전의 측정 원리이다. 전력케이블 내부에 결함이 생기면서 부분방전현상이 일어나게 되고 표면에 부착된 박-센서를 통해 이상신호가 검출되는 것이다.



〈그림 1〉 박-센서 검출방법

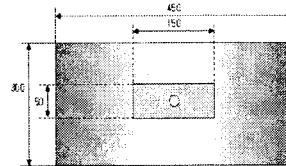


〈그림 2〉 부분방전 측정 시스템

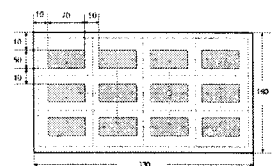
그림 2는 부분방전 검출을 위한 측정 시스템의 구성도이다. 먼저 정량적 신호를 주입하기 위해 Calibrator(Mitsubishi, PD-1D)를 신호입력부 센서에 주입하고, 중앙에 위치한 검출부 센서를 통해 검출된 신호를 스펙트럼 분석기(Furukawa, PPD-01)와 오실로스코프(Tektronix TDS3014B)를 이용하여 분석하며, 노트북 PC에 저장하는 시스템이다.

하지만 기존의 박-센서는 보급과 더불어 널리 사용되어 오고 있으나 규격에 대한 기준이 세계적으로 전무하기 때문에 정량적 검출 데이터의 비교를 위한 하나의 표준화가 필요하다. 표준화를 위하여 그림 3과 같이 규격화된 박들을 측정부위의 크기에 맞춰 조합하고 기존에 사용되어진 측정방법과 동일하게 부분방전을 측정 하였다.

또한 박-센서 면적에 따른 부분방전 검출 특성 증가와 검출감도 향상의 선형성을 확인하기 위해 각각의 FSA(size 1*1, 2*2, 3*3, 3*4)를 적용하여 실험하였다.



〈그림 3〉 기존 박-센서 구조



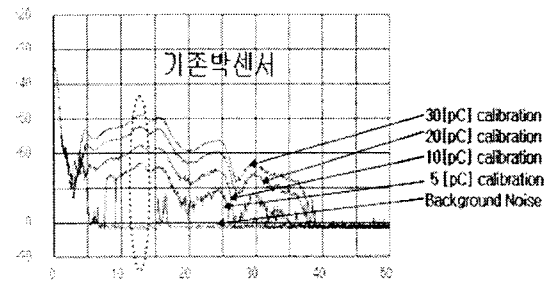
〈그림 4〉 설계된 FSA의 구조

2.2 실험 결과

실험은 광주 소재의 T/L에서 수행 하였으며, 현재 진단업체에서 일반적으로 사용하는 박-센서와 제작한 FSA를 전압 및 전류, 외부노이즈 등이 동일한 조건에서 실험하였다. 또한 부분방전의 검출을 모의하기 위해 Calibration 신호를 각각 5, 10, 20, 30 [pC] 주입하여 검출특성을 확인하였다.

2.2.1 기존 박-센서 측정 결과

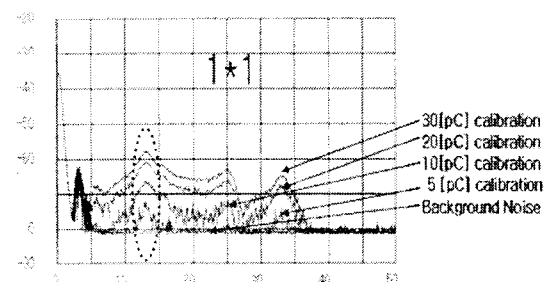
그림 5는 기존에 사용되는 박-센서를 통해 검출된 PD 신호를 스펙트럼 분석기를 통해 검출된 데이터이다.



〈그림 5〉 기존 박-센서의 스펙트럼 분석 (12.9 [MHz])

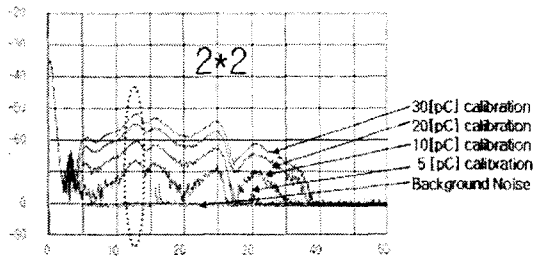
스펙트럼 분석 결과 주입된 Calibration 신호의 크기가 증가함에 따라 검출된 신호의 레벨도 향상됨을 확인할 수 있으며 각각의 경우에 약 12.9 [MHz] 대역에서 검출된 신호의 레벨이 상대적으로 높음을 확인하였다.

2.2.2 FSA 측정 결과



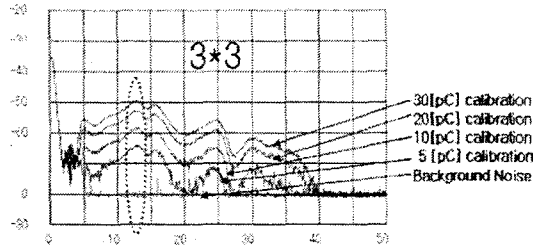
〈그림 6〉 1×1 배열 FSA의 스펙트럼 분석 (12.9 [MHz])

그림 6은 FSA의 최소 사이즈인 1*1을 적용하여 얻어진 결과 데이터이다. 스펙트럼 분석결과 기존에 박-센서에서 측정된 데이터와 같이 12.9 [MHz]의 주파수 특성을 그림 6과 같이 확인하였다. 하지만 센서 면적의 차이를 나타내듯이 검출신호의 크기가 -58 [dBm]으로 작게 나타남을 확인할 수 있었다.



〈그림 7〉 2×2 배열 FSA의 스펙트럼 분석 (12.9 [MHz])

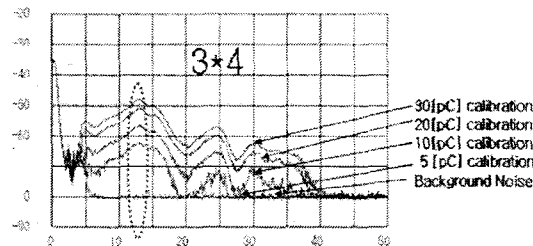
그림 7은 2×2 배열의 FSA의 측정 결과이다. 그림 7에서 보는 것과 같이 그림 5의 기존 박-센서에서 측정 한 데이터와 검출된 신호레벨이 점점 비슷한 형태임을 확인 할 수 있었다.



〈그림 8〉 3×3 배열 FSA의 스펙트럼 분석 (12.9 [MHz])

세 번째로 측정 한 3×3 FSA의 결과 데이터를 그림 8에 나타냈다. 기존에 박-센서와 비교했을 때 검출된 데이터가 정확히 일치함을 그림 8과 같이 확인 하였다. 주파수 특성 역시 12.9 [MHz]로 기존과 동일한 값을 나타냈고, 노이즈의 영향과 각 입력 신호에 대한 응답 특성이 동일함을 확인 하였다.

마지막으로 3×4 FSA를 적용하여 측정 한 결과가 그림 9에 나타냈다. 그림 9의 스펙트럼 분석 데이터를 확인하면 그림 5의 기존 박-센서보다 우수한 검출 특성이 나타남을 확인하였다. 검출된 신호 레벨이 -47 [dBm]의 특성으로 기존 박-센서의 -49 [dBm]의 결과보다 우수한 특성을 확인하였다.



〈그림 9〉 3×4 배열 FSA의 스펙트럼 분석 (12.9 [MHz])

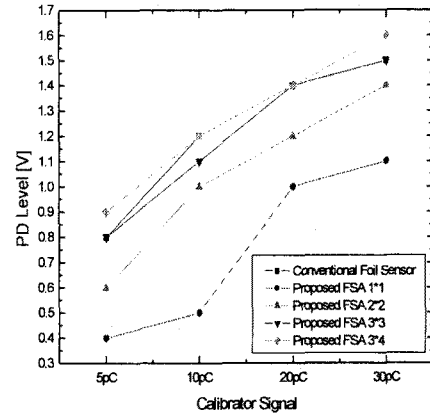
〈표 1〉 각 센서별 오실로스코프 검출 결과

	5 [pC]	10 [pC]	20 [pC]	30 [pC]
기존 박-센서				
1×1 FSA				
2×2 FSA				
3×3 FSA				
3×4 FSA				

표 1은 각각의 센서들의 오실로스코프 검출 데이터를 한눈에 확인하게 위해 표로 만들었다.

표 1에서 보는 것과 같이 검출된 PD Level이 FSA의 크기에 따라 점점 증가함을 확인 할 수 있었다. 또한 기존에 사용된 박-센서의 PD Level보다 제작한 FSA(3×4)의 PD Level값이 더 큰 값을 확인 할 수 있었다.

그림 14는 앞에서 측정 한 오실로스코프의 결과 데이터를 오리지널(Origin) 통계 프로그램을 이용하여 비교 분석 하였다.



〈그림 14〉 각 센서별 PD Level 비교

3×3 FSA의 결과 데이터가 기존의 박-센서와 비슷한 검출 결과를 나타냈으며, 3×4 FSA는 기존의 박-센서보다 우수한 검출 결과를 나타냈다.

3. 결 론

본 논문은 기존에 사용되고 있는 박-센서와 개선된 FSA의 검출특성을 비교하였다. 실험결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 첫째로 스펙트럼 분석결과 기존에 사용된 박-센서와 비슷하거나 우수한 검출 결과를 나타냈으며, 측정 주파수 대역 또한 12.9 [MHz]로 동일한 결과를 얻었다.

둘째로 오실로스코프 분석결과 각각 5 [pC]와 30 [pC]의 Calibration Signal에 대해서 3×4 FSA의 PD Level이 기존의 박-센서보다 약 0.1 [V]정도 우수한 검출 특성을 나타냈다.

따라서 본 논문에서 제안한 FSA를 현장에 적용 시 탈부착의 용이한 특성과 함께 기존 박-센서의 규격화가 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글
본 연구는 Post BK21 지원에 의하여 수행된 과제임

〈참 고 문 헌〉

- [1] Bjorn R, Edward Gulski "Fundamental Aspects of On-line PD Measurements on Distribution Power Cables", 2001 IEEE 7th International Conference on Solid Dielectrics, pp. 408-411, 2001
- [2] 유승환, 양희갑, "국내 최초 345kV XLPE 지중송전선로 건설과 운영", JOURNAL OF ELECTRICAL WORLD, 통권 330호, pp. 8-22, 2004
- [3] D. Fabiani, G. C. Montanari, R. Bodega, P. H. F. Morshuis, C. Laurent, L. A. Dissado, "The Effect of Temperature Gradient on Space Charge and Electric Field Distribution of HVDC Cable Models", IEEE 8th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, Vol. 1, pp. 65-68, 2006
- [4] C-Y Lee, S-H Nam, S-G Lee, D-W Kim, M-K Choi, "High Frequency Partial Discharge Measurement by Capacitive Sensor for Underground Power Cable System", Power System Technology, 2000. Proceedings. PowerCon 2000. International Conference, Vol. 3, pp. 1517-1520, 2000
- [5] 김정태, 구자윤, "최근 전력케이블 시스템의 부분방전 진단 동향" 전기의 세계, Vol. 52, No. 12, pp. 42-48, 2003
- [6] 신동훈, 이용성, 김정윤, 양중석, 박노준, 박대희, "MV급 케이블 중간점 속부의 PD 측정을 위한 UHF-센서와 HFCT-센서의 비교시험", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 C권, pp. 1511-1512, 2006