

부분방전 펄스 진행 방향 분석 알고리즘 개발 및 검증

김동호*, 김정윤*, 이용성*, 이현선*, 최원*, 이창수*
(주)엠패워*

Analysis of Partial Discharge Pulse direction algorithm development and verification

Dong Ho Kim*, Jung-Yoon Kim*, Yong-Sung Lee*, Hyun-Sun Lee*, Won Choi*, Chang Su Lee*
MPOWER Corporation*

Abstract - 본 논문에서는 전력케이블에서 부분방전이 발생했을 시 부분방전 발생 진행 방향을 알 수 있는 펄스 진행 방향 분석 알고리즘 개발 및 검증을 하였다. 측정 센서로는 케이블 표면에 취부가 쉬운 UHF센서를 사용하였으며 고성능의 오실로스코프와 방향추정 S/W에 알고리즘을 적용하여 모의 선로가 있는 실험실 환경에서 검증하였다.

을 보완하기 위해 프로그램에 적용 할 수 있는 알고리즘을 개발하여 숙련된 측정자가 아니더라도 프로그램 사용법만 숙지하면 보다 쉽게 펄스 진행 방향 분석을 할 수 있다. 그림 2는 시작점 분석 알고리즘 순서도이다.

1. 서 론

경제 성장에 따라 전력 수요는 날로 증가되어 기간 전력 시스템은 크게 확장되고, 전력설비 기기는 초고압화, 대용량화 되고 있다. 그에 따른 도시미관의 중요성이 부각되면서 전력케이블은 점점 지중화 되어가고 있다. 일반적인 지중 배전 선로는 22.9kV 배전케이블이 대부분을 차지하고 있고 최근 들어서는 설비의 노후화 및 20년 이상된 케이블이 증가함에 따라 선로의 교체 시기와 사고를 미연에 방지하기 위해서 절연 열화 진단 방법 등이 제시되고 있다. 전열 열화 진단 방법 중에는 사진, 활선진단이 이루어지고 사진진단 같은 경우 정전으로 인한 경제적 손실 및 진단 시간이 오래 걸린다는 단점이 있어 활선 진단 방법 중에서도 부분방전 진단 방법이 주로 사용되고 있다. 최근에는 부분방전 진단뿐만 아니라 부분방전 발생원 추정에 대한 관심이 높아지고 있다.

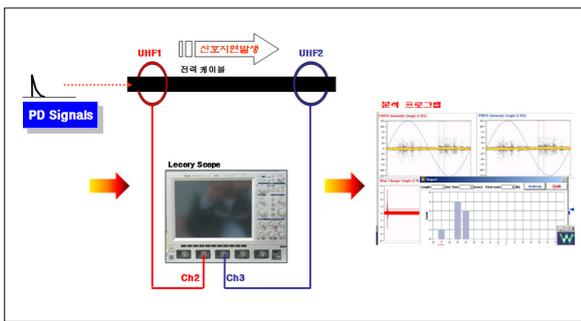
부분방전 발생원을 추정 하는 방법은 여러 가지 분석 방법 들이 있으나 본 연구에서는 방생원 방향을 추정 할수 있는 부분방전 펄스 진행 방향 분석 알고리즘을 개발하여 부분방전이 발생했을 시 어느 쪽에서 발생 되었는지 발생원 방향을 추정할 수 있다.

2. 본 론

2.1 측정 방법 및 알고리즘 구현

2.1.1 측정 구성

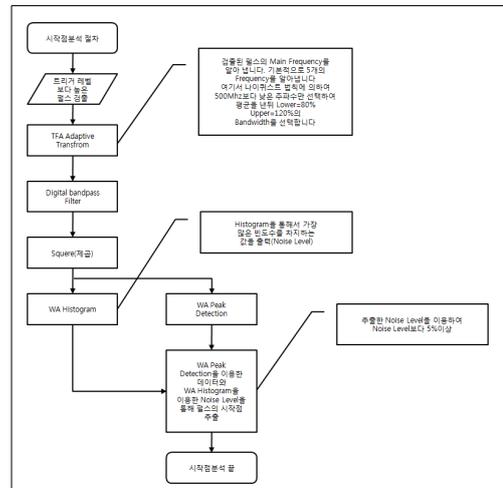
본 연구에서는 전력케이블 말단에 모의 부분방전 신호를 발생시켜 측정 실험을 하였다. 발생된 부분방전 신호는 케이블 타고 이동한다. 이동하는 부분방전 신호는 케이블 표면에 설치된 각각의 부분방전 센서에서 검출하고, 검출된 신호를 Lecroy 오실로스코프를 사용하여 고속의 샘플링 데이터를 컴퓨터로 전송한다. 전송된 데이터는 개발된 부분방전 신호 진행 방향 분석 알고리즘 적용한 분석 프로그램을 이용하여 자동으로 부분방전 신호의 방향을 추정하게 된다. 측정 구성은 그림 1과 같다.



<그림 1> 측정 구성

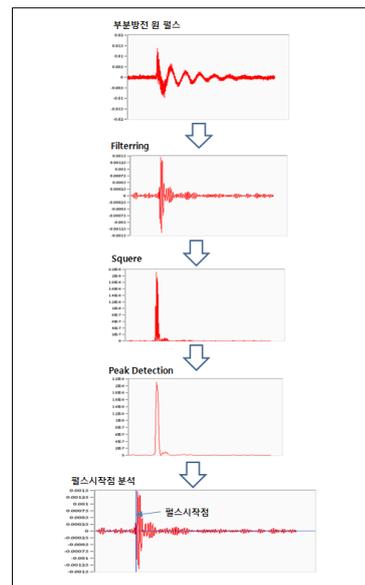
2.1.2 펄스 진행 방향 분석 알고리즘

부분방전 펄스의 진행 방향을 분석하기 위해서는 같은 시간 때에 측정된 두 채널의 펄스의 시간차를 계산하여 신호의 방향을 알아낼 수 있다. 시간차분석에 있어서 시작점 찾는 알고리즘은 가장 중요한 팩터 중 하나이다. 보통 측정자가 동시에 측정된 두 펄스의 시작점 간격을 계산하여 시간차를 계산 하게 되는데 숙련된 측정자가 아니면 오실로스코프 조작이 쉽지 않고 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 이런 한 단점



<그림 2> 시작점분석 알고리즘 순서도

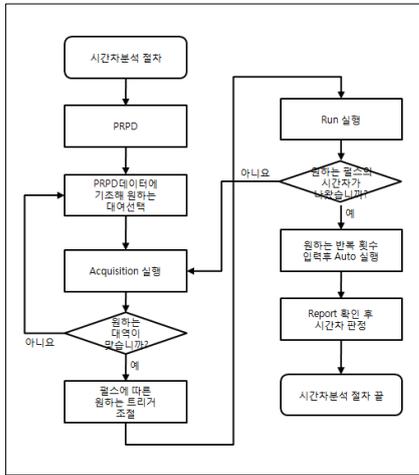
우선 시작점 분석을 하기 위해서는 부분방전 펄스를 취득을 해야 된다. 부분방전 펄스 취득은 트리거 레벨을 사용하여 트리거 레벨 보다 높은 펄스를 취득한다. 트리거 레벨 없이 모든 펄스를 취득하여 분석을 하면 Noise와 같은 펄스들도 분석을 해야 하기 때문에 분석 오류 및 분석 시간이 많이 걸리게 된다. 취득한 펄스는 필터 과정과 제곱 과정을 거친 펄스 데이터를 가지고 펄스 피크와 Noise Level을 이용하여 시작점을 구하게 된다.



<그림 3> 시작점분석 알고리즘 예시

2.1.3 시간차분석 절차

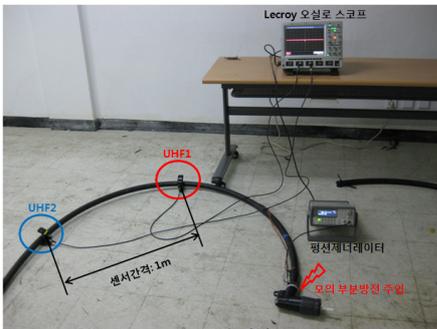
부분방전 분석 방법 중에 대표적으로 쓰이는 방법이 PRPD 분석 방법이다. 본 연구에서는 부분방전 펄스의 진행 방향 분석을 하기 이전에 분석하고자 하는 펄스가 부분방전 펄스 인지 알아내는 방법으로 PRPD 분석 방법을 사용하였다. PRPD 패턴을 가지고 부분방전인지 Noise인지 구분하고 누적된 PRPD 패턴에서 각각의 채널에 들어오는 신호의 위상 대역을 설정하여 동일한 위상 대역에 들어오는 신호의 시간차를 계산하므로써 측정자가 수동으로 반복 분석해야 하는 단점을 해결하였다. 시간차 측정 절차는 그림 2와 같다.



<그림 4> 시간차분석 절차

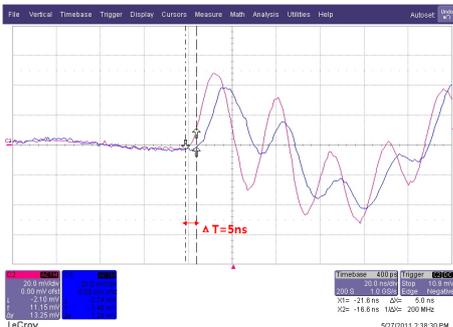
2.2 실험실 검증 결과

실험 검증 구성은 자사에 있는 지하 실험실에서 검증 하였다. 모의 부분방전을 발생할 수 있는 평선제너레이터와 부분방전 신호를 검출하는 UHF센서 그리고 아날로그 신호를 A/D하여 분석 할 수 있는 Lecroy 오실로 스코프를 사용하여 측정하였다.



<그림 5> 실험 구성

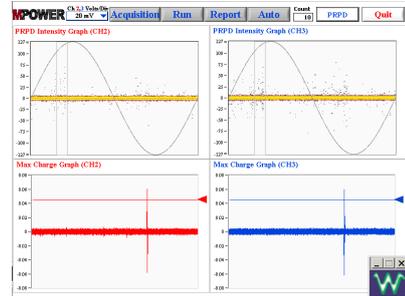
센서 간격은 1m을 이격시키고 원펄스 파형의 시간차와 본 연구에서 개발한 분석 프로그램을 병행으로 검증을 하였다.



<그림 6> 오실로 스코프 시간차 측정(5ns)

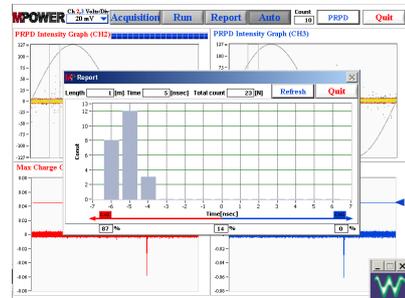
그림 6은 측정자가 수동으로 파형을 측정하여 시간차를 계산한 결과이다. 측정 결과 5ns시간차를 가지고 UHF1 센서가 빠르게 측정 되었다. 결과로 알 수 있듯이 UHF1 센서에 가까운 결함으로 판단할 수 있다.

수동 측정과 병행하여 본 연구에서 펄스 방향 추정 알고리즘을 적용한 분석 프로그램을 가지고 부분방전 진행 방향 추정을 해보았다. 먼저 PRPD분석을 활용하여 부분방전 펄스가 발생하는 위상의 대역을 선정하고 선정된 위상에서 발생하는 펄스의 크기를 보고 펄스 Level를 정한다. 펄스 Level를 선정하는 이유는 앞서 말한바와 같이 부분방전 펄스보다 작은 Noise신호들은 제거하고 순수 부분방전 신호만 분석 함으로써 측정 오류 및 분석 시간 절감을 위해서다.



<그림 7> PRPD를 활용한 펄스 Level 설정

다음으로 정해진 횟수만큼 자동으로 펄스 진행 방향을 분석 하여 나타낸 결과이다. 결과에서 알 수 있듯이 Ch2방향이 빠른 결과를 나타내고 있다.



<그림 8> 자동 분석 결과

3. 결 론

실험실 검증을 통해 내린 결론은 다음과 같다.

1. 본 연구에서 개발한 부분 방전 펄스 진행 방향 알고리즘 적용 결과 어느정도 오차가 발생하나 방향 추정은 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.
2. 1GS/s 측정이 최소 25cm거리 이상은 확보해야 부분방전 펄스 진행방향 추정이 가능하며 최소한 1m은 센서 거리를 이격시켜야 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있었다.

하지만 실제 현장에서는 해결해야할 과제들이 많이 남아 있다. 측정개소에 따라서 취부 위치에 맞는 센서들을 개발해야 하고 센서를 이격시켜 측정해야 하는 분석 방법이기 때문에 센서 설치 공간이 없을시 부분방전 펄스 진행 방향 분석이 안 된다. 최소로 이격시키는 거리를 줄이기 위해서는 지금 보다 더 높은 샘플링을 갖는 장비 및 프로그램이 개발 필요하다. 또한 현장 검증을 통한 신뢰성 검증이 필요하다.

[참 고 문 헌]

[1] P.C.J.M. van der Wielen, J. Veen, P.A.A.F. Wouters and E.F. Steennis. "On-line partial discharge detection of mv cables with defect localisation (PDOL) base don two time synchronised sensors. Proc. 18th Cired, Turin, June 2005.

[2] Sander Meijer, "Simultaneous condition assessment of accessories of power cable using a wireless VHF/UHF PD detection system", International conference on condition monitoring and diagnosis, changwon, Korea, April 2~5, 2006.

[3] E. Gulski et al. "Experiences in partial discharge detection of distribution power cable systems." Elektra, pp.35-43, June 2003.