

3PARD 분석 기법을 활용한 모의 실선로 부분방전 분석

최 원*, 김정운*, 이용성*, 이현선*, 김동호*, 이창수*
(주)엠패워*

Using 3PARD analysis technique analysis of partial discharge in simulation distribution Line.

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

Abstract - 지난 10년여간의 국내의 연구 결과 배전 케이블에 대한 부분방전 측정기술의 정확성은 상당히 향상되었고 그 결과물로서 수많은 측정 장비와 기법이 개발되어 오늘날 널리 보급되고 있다. 하지만 여전히 측정된 Data에 대한 해석은 일부 전문가들에게조차 복잡하고 어려운 일로 남아 있다. 자칫 그릇된 해석은 향후 큰 사고로 이어질 수 있으므로 선로 운영자의 입장에서는 측정결과와 신뢰성에 민감할 수밖에 없다. 이러한 신뢰성을 높이 고자 대부분의 배전 케이블 구성이 3상으로 구성되어 있고 임의의 상에서 부분방전이 발생했을시 PRPDA(Phase Resolved Partial Discharge Analysis)기법으로는 발생상 확인에 한계가 있다. 이러한 단점을 보완 하고자 본 논문에서는 3PARD 분석 기법을 활용한 발생상 확인 및 검증을 하였다.

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 들이 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. 부분 방전 진단으로는 여러 가지가 있으나 대표적으로 PRPDA기법을 많이 사용하고 있다.

하지만 PRPDA기법은 3상 신호를 측정하여 분석시 발생상 확인 분석에 한계가 있다.

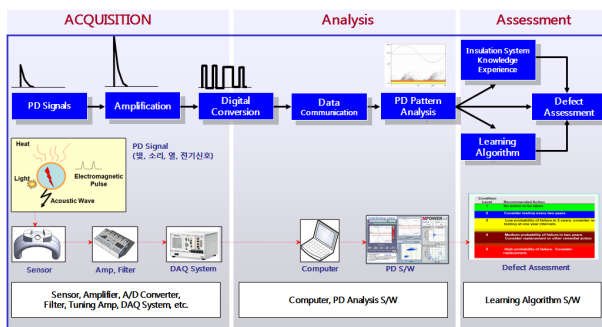
따라서 본 논문에서는 PRPDA기법의 단점을 보완 할수있는 3PARD 분석 기법을 활용하여 3상 동시 측정된 data를 가지고 발생상 확인 및 3PARD 군집 분석을 통한 발생상 PRPD 패턴 분석

2. 본 론

2.1 측정 방법 및 S/W 구현

2.1.1 시스템 구성

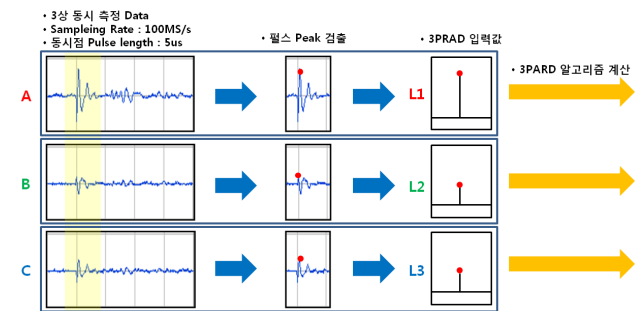
시스템 구성은 그림 1와 같다. 총 3단계로 이루어지며 측정, 분석, 판정 단계로 이루어 진다. 측정 단계는 신호를 검출하는 센서와 검출된 신호를 증폭 및 노이즈 필터 기능이 있는 Pre-Amp가 있으며 이렇게 검출된 신호를 A/D하여 처리하는 Daq System이 있다. 분석 단계에서는 이렇게 A/D처리된 Data를 가지고 여러 가지 분석을 하는 단계이다. 마지막으로 판정 단계인데 여러 가지 분석을 종합하여 검출된 신호가 이상 신호 인지 판단 하는 단계이다.



〈그림 1〉 시스템 구성

2.1.2 3PARD 분석

3PARD 분석 기법은 3상을 동시에 측정하여 측정된 Rawdata을 가지고 그림 2와 같이 동시 시간대에 발생한 각상 펄스의 Peak값을 추출하여 3PARD 알고리즘의 계산한 결과를 가지고 2차원으로 구성된 3PARD MAP에 매핑을 한다.



〈그림 2〉 각상 Pulse Peak값 검출

3PARD 2차원 맵의 매핑 되는 점의 결정은 각상의 동시 시간대에 발생한 Peak값의 벡터합 계산으로 결정된다. 벡터합 계산식은 아래와 같다.

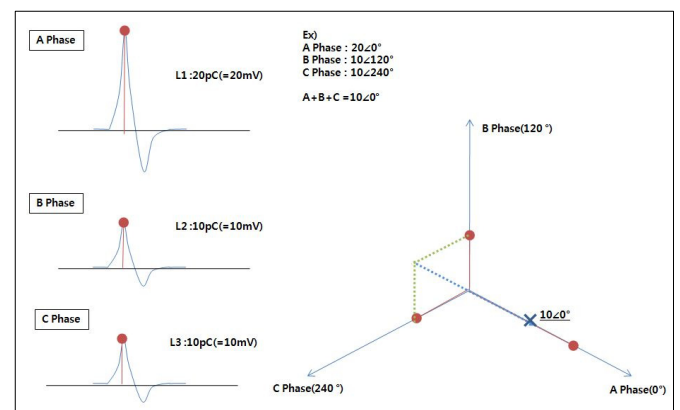
$$\vec{L1} = L1 \angle 0^\circ \quad (1)$$

$$\vec{L2} = L2 \angle 120^\circ \quad (2)$$

$$\vec{L3} = L3 \angle 240^\circ \quad (3)$$

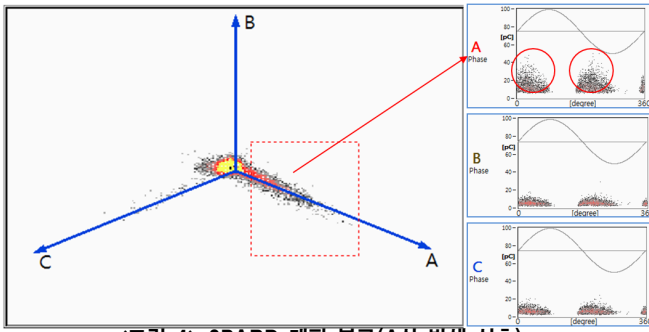
$$\vec{L_{sum}} = \vec{L1} + \vec{L2} + \vec{L3} \quad (4)$$

이렇게 결정된 벡터합을 그림 3와 같이 3PARD MAP에 매핑 한다.



〈그림 3〉 3PARD 매핑(A>B=C)

또한 이렇게 매핑된 결과를 가지고 발생상 확인을 하고 발생상 군집에 따른 각상 PRPD 패턴을 확인 할수 있다. 그림 4은 3PARD 매핑 분류에 따른 PRPD 패턴을 분석한 화면이다.

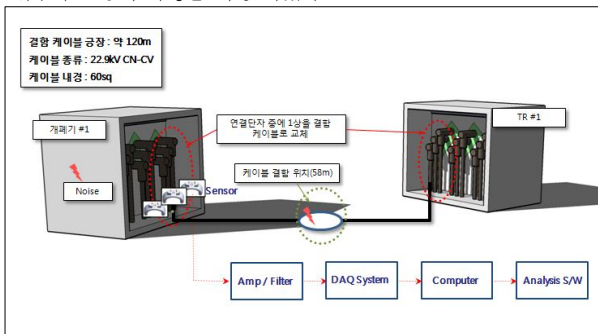


〈그림 4〉 3PARD 매핑 분류(A상 발생 신호)

2.2 3PARD 현장 검증

2.2.1 모의 실선로 검증 구성도

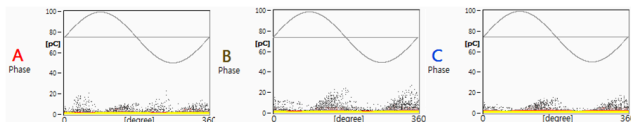
현장 검증 구성도는 그림 5와 같이 구성 하였다. 현전 개폐기 선로가 모의로 구성되어 있는 현장에서 결합을 모의한 케이블을 지상으로 포설하여 A상의 건전상을 분리하고 모의한 케이블을 연결한 다음 실 전압 (22.9kV)을 가압하여 측정 및 검증 하였다. 모의한 결합은 중간 접속 부에 계면방전을 모의 하였고 측정은 개폐기 #1 접속부 각각의 상에 센서를 취부하고 동시 측정을 시행 하였다.



〈그림 5〉 실증시험장 검증 구성도

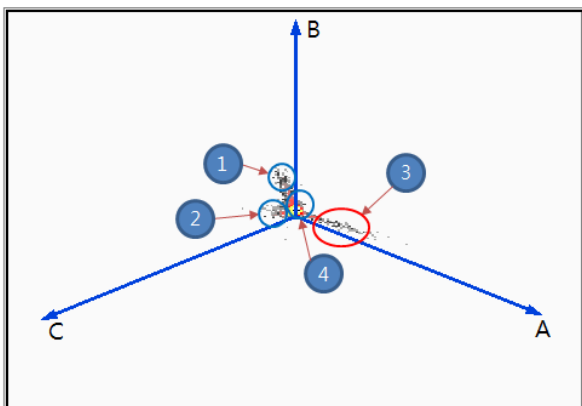
2.2.3 모의 실선로 검증 측정 결과

그림 6은 3상 동시 측정을 하여 분류되지 않은 전체 PRPDA를 한 결과이다. PRPD 분석만 가지고 어느 상이 이상이 있는 상인지 구분은 쉽지 않다 주변 노이즈와 부분방전 신호가 혼합이 된 상태에서 PRPD 분석을 하기 때문이다.



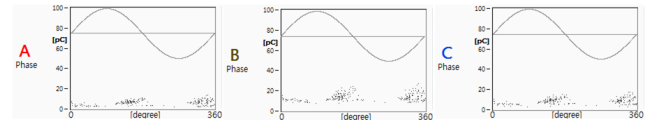
〈그림 6〉 측정 신호 전체 PRPDA

이런 한 단점을 해결하기 위해 측정된 Data를 가지고 3PARD 기법으로 분석한 결과 그림 7과 같은 매핑 결과를 얻을 수 있었다. 현장 노이즈 뿐만 아니라 모의로 제작한 A상 중간접속 결합에서 발생한 부분방전 신호 분류가 잘되는 것을 볼 수 있다.

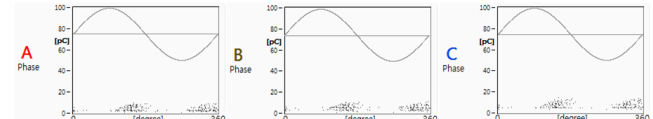


〈그림 7〉 3PARD 매핑 결과

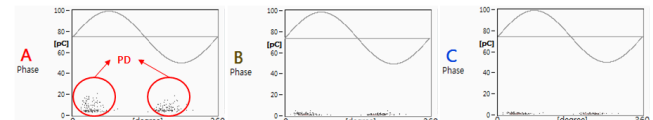
다음 그림들은 3PARD 군집별 PRPDA를 한 결과이다.



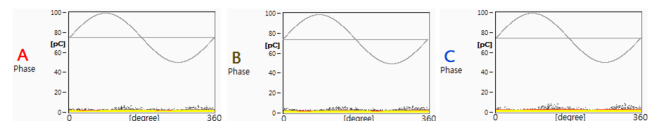
〈그림 8〉 1번 군집 PRPD_현장 Noise



〈그림 9〉 2번 군집 PRPD_현장 Noise



〈그림 10〉 3번 군집 PRPD_PD 패턴



〈그림 11〉 4번 군집 PRPD_Noise 패턴

각 군집별 PRPD 분석 결과 현장 Noise 및 결합 패턴을 확인 할 수 있다. 현장 노이즈는 모의 결합 케이블 연결 전에 현장 Noise측정을 하여 비교 할 수 있었고, 결합 패턴은 전형적인 표면 방전 패턴 이다.

3. 결 론

모의 실선로 검증을 통해 내린 결론은 다음과 같다.

1. 모의 실선로에서 3상을 동시 측정하여 3PARD 분석 기법을 검증한 결과 현장 Noise 및 이상 신호에 대한 매핑 분류가 되는 것을 볼 수 있다.

2. 3PARD 군집별 PRPD 분석을 한 결과 결합 발생상을 확인 할 수 있었고 군집별 PRPD 분석 하여 현장 Noise 패턴과 모의한 결합 패턴을 확인하고 결합 패턴 확인 결과 전형적인 표면 방전 패턴인 것을 일수 있다.

하지만 실제 현장에서는 해결해야 할 과제들이 많이 남아 있다. 실제 현장은 주변기기 노이즈뿐만 아니라 케이블에서 유입 되었다고 생각하는 신호가 있다 하더라도 그것이 접속부에서 발생한 것인지 케이블 자체에서 발생한 것인지 PRPD 분석에서는 위상에 의존할 수밖에 없는데 현장에서 위상을 맞추어 측정을 한다는 것은 한계가 있고 3PARD 분석 기법 외에 펄스 분석이라든지 부분방전 위치 추정을 병행하여야 판단의 신뢰성을 높일 수 있을 것이라고 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] R. Heinrich, S. Schaper, W. Kalner R. Plath A. Nethge, "Synchronous Three Phase Partial Discharge Detection on Rotating Machines", Paper 542, ISH 2003
- [2] A. Cavallini et al, "A New Approach to the Diagnosis of Solid Insulation System Based on PD Signal Inference" IEEE electrical Insulation Magazine vol.19, p.23-30, 2003
- [3] W. Krause, H-G. Kranz, "Pulse Preclassification for online PD Noise Suppression based on realtime Pulse Shape Identification" 14th ISH, G-002, 2005