

9채널 UHF 센서를 적용한 염가형 GIS 부분방전 진단 시스템 개발

김홍석, 오재훈, 홍정기
(주)효성

A developments of inexpensive GIS partial discharge diagnostic system using the 9 Channel UHF sensors

Hong-Seok Kim, Jae-Hun Oh, Jung-Ki Hong
Hyosung Co. Power & Industrial R&D Center

Abstract - UHF기법을 적용한 GIS 부분방전 진단 시스템은 가스절연 개폐장치(GIS: Gas Insulated Switchgear) 내부에서 발생하는 부분방전 신호를 측정하여 부분방전 원인을 진단한다. 이러한 부분방전 진단 시스템은 부분방전 신호를 UHF 대역의 고주파/위상 영역에서 분석하여 Digital 신호로 변환하기 때문에 고가의 분석 장비가 필요하므로 시스템의 설치 및 유지 보수비용이 많다. 따라서 부분방전 진단 시스템의 설치에 대하여 대중화하기 어려우며 GIS의 이상 상태가 발생하기 전에는 측정 데이터의 활용이 미비하다.

본 논문에서는 이러한 부분방전 시스템의 설치비용을 절감하고자 센서의 측정을 시간별로 변경하여 측정하는 염가형 부분방전 진단 시스템의 구성에 대하여 기술하며 대용량 데이터의 관리 방안에 대하여 기술한다.

1. 서 론

최근 국내의 변전소에 일반적으로 적용되고 있는 가스절연개폐장치는 비정상적인 부하의 급격한 상승으로 인한 지락, 낙뢰 등으로부터 전력계통을 보호하는 장치로써 기기에 이상이 발생하게 되면 전체 전력 계통에 매우 심각한 피해를 줄 수 있다. 또한 GIS는 20년 이상의 내구성을 보장하도록 설계가 이루어지지만 실제로는 내부부품의 불량, 절연물의 경년열화, 가혹한 운전환경의 이유로 내부절연 파괴가 발생하고 있다. 게다가, 국내에는 20년 이상 운전되고 있거나, 혹은 도래되는 GIS도 상당수 있어 내부절연사고가 예견되고 있으며, 진단 시스템이 구축되어 있지 않은 변전소에는 예방진단 시스템이 요구되어지고 있다. 실제 GIS사고 원인에 대해 CIGRE 23-102(1998)과 국내 전력회사에서 발표한 자료에 따르면, GIS 사고의 50% 이상이 절연파괴가 원인인 것으로 발표하고 있다. GIS 내부에 도체이물이 존재하거나 스페이스 내에 공극 또는 균열이 존재하면 내부 절연파괴로 연결되는데, 사고로 발전되기 전에 펄스 형태의 부분방전이 발생하게 된다. 따라서 부분방전 펄스를 사전에 감지하게 되면 고압의 가스로 채워진 GIS내부의 문제점을 예측할 수 있고, 문제의 정도를 파악해 사고를 미연에 방지할 뿐만이 아니라, 적합한 유지 보수 계획을 세울 수 있다. 이러한 부분방전을 측정하는 방법에는 UHF법과 초음파법이 적용되고 있다. 특히 UHF법은 최근 들어 세계 각국의 연구그룹들에 의해 검증된 부분방전을 측정하는 기법으로, 외부 잡음의 영향을 상대적으로 적게 받는 UHF대역 (300MHz~3000MHz)의 부분방전 펄스를 검출하여, GIS 내부의 이상원인 및 정도를 예측하는 현재 가장 신뢰성 있는 방법으로 알려져 있다.

2. 본 론

2.1 부분방전(Partial Discharge) 진단방법

부분방전을 진단하는 방식에는 이음, 초음파, UHF, SF6등이 있지만, 그 중 UHF 대역을 이용한 방식이 가장 활발히 연구되고 있으며, 본 연구에서도 UHF 방식을 이용하여 iPDM(intelligent Partial Discharge Monitoring) System을 개발하였다. UHF 방식으로 부분방전을 진단하는 방법은 크게 3단계로 이루어진다. 1단계로 부분방전신호와 Noise 신호를 구별하는 단계이다. 부분방전 신호 자체가 미약한 신호이기 때문에 UHF 센서에서 입력된 신호에서 Noise신호를 얼마나 잘 제거하느냐에 따라 부분방전 진단 성능이 크게 좌우된다. 일반적으로 band-stop filter를 이용하거나, 주파수 분석을 통해 부분방전 발생대역을 찾아서 해당 대역의 신호만을 진단에서 사용하는 방식이 있다. 본 연구에서는 후자의 방식을 사용하고 있다.

2단계로 노이즈가 제거된 신호를 전위위상 (60Hz)에 동기시켜 위상분석을 실시한다. 부분방전의 발생 원인에 따라 부분방전의 발생 위상이 달라지기 때문에 진단에서는 위상분석 데이터를 사용한다.

3단계로 최종 위상분석 데이터를 진단모델에 입력하여 부분방전 원인을 진단하는 단계이다. 연구 초기에는 각 원인별 reference data를 이용

하여 유사한 원인을 찾았으나, 최근에는 AI 모델(Neural Network, Fussy System등)을 이용하여 진단을 하고 있으며, 본 연구에서는 Neural Network Model을 이용하여 진단 모델을 구성하였다.

2.2 부분방전 진단 시스템의 구성

부분방전 진단 시스템은 On-line 시스템과 Portable 시스템으로 분류된다. On-line 시스템은 On-line 감시용으로서 센서, 신호 취득 장치(Local Unit), 진단 해석 장치(Main Unit)로 구성되며 실시간으로 부분방전을 진단하여 PD 발생 위치 및 경향을 분석할 수 있다. Portable 시스템은 휴대가 가능한 On-site 감시용으로서 센서와 신호처리장치로 구성되며 정밀한 주파수 분석 및 위상분석이 요구되는 장소에 대한 부분방전 진단에 사용된다. 본 논문에서는 On-Line 시스템을 중심으로 논의하겠다.

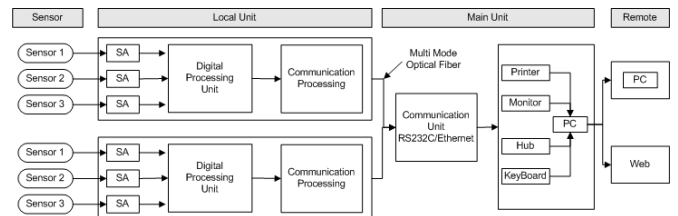
2.2.1 On-Line iPDM 시스템

On-Line iPDM 시스템은 GIS에서 발생하는 부분방전을 실시간으로 감시하며 부분방전이 발생할 경우 발생한 위치와 원인을 진단한다. On-Line iPDM 시스템의 구성과 기능은 아래와 같다.

- UHF 센서: GIS의 부분방전이 발생할 경우 고주파 신호를 감지
- 신호 취득 장치: 부분방전 신호를 주파수/위상 영역에서 신호 분석 및 Digital 신호로 변환
- 진단 해석 장치: 부분방전의 원인, 위치, 크기, 위험도등을 분석 및 저장

On-Line 시스템은 GIS에서 발생하는 고주파 신호를 UHF 센서로 상시 취득하여 신호 취득 장치의 주파수 분석기에 전달한다. 전달된 고주파 신호는 주파수 및 위상의 영역으로 분석되며 FAU(Frequency Analysis Unit)를 사용하여 Analog 신호를 Digital 신호로 변환하고 부분방전 발생 유무를 확인한다. 이렇게 변환된 신호는 Ethernet 통신을 사용하여 진단 해석 장치로 전달되면 진단 해석 장치는 PD의 원인 및 위치 등을 진단한다. 진단 해석 장치는 외부의 제어실 또는 Web을 통해 상시로 데이터를 확인할 수 있도록 분산화 구조로 되어 있다.

기존 시스템의 구성은 각 센서별 실시간 데이터를 바탕으로 측정하기 때문에 센서별로 별도의 주파수 분석 장치가 연계된다. 이러한 구성은 GIS 부분방전에 대한 지속적인 감시를 통해 빠른 이상 진단이 가능하게 한다. 그러나 부분방전이 발생하지 않는 상태일 경우, 실시간 측정 데이터는 부분방전 진단에 적용되지 않으므로 측정값의 경향을 분석하는 기능을 제외하고는 사용되는 경우가 거의 없다. 따라서 이상 신호의 발생 유무를 구분하여 이상 신호에 대한 실시간 데이터만을 진단에 적용하는 것이 보다 효율적인 방안이다.

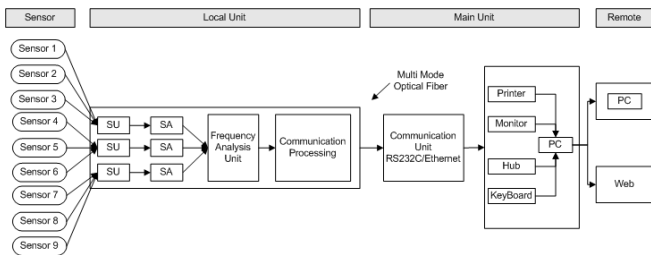


〈그림 1〉 On-Line iPDM 시스템 구성

2.2.2 9채널 iPDM 시스템

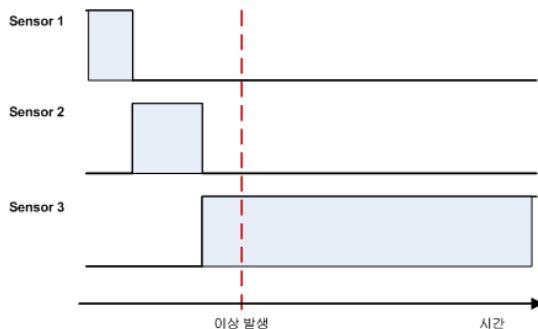
9채널의 UHF 센서를 적용한 시스템의 구성은 각 센서의 측정 데이터가 순차적으로 변환되어 주파수 분석 장치에 연계된다. 이러한 구성은 실시간으로 측정되는 데이터에 이상 신호가 없을 경우, 원인 진단이 없

이 다음 센서의 측정 데이터로 전환되고 이상 신호가 발생하면 이상 신호가 측정된 센서의 정보를 부분방전 진단 알고리즘에 입력하여 부분방전의 원인을 판정한다.



〈그림 2〉 9Ch iPDM 시스템 구성

그림 3은 센서별 데이터 처리 Process를 나타내고 있다. 정상상태이면 센서1의 측정데이터의 처리가 종료되는 시점에 센서2의 측정 데이터가 처리된다. 그러나 센서3에서 측정되는 데이터가 이상 상태를 나타내면 이상상태의 데이터가 지속적으로 진단 알고리즘에 적용된다.



〈그림 3〉 센서별 데이터 처리 Process

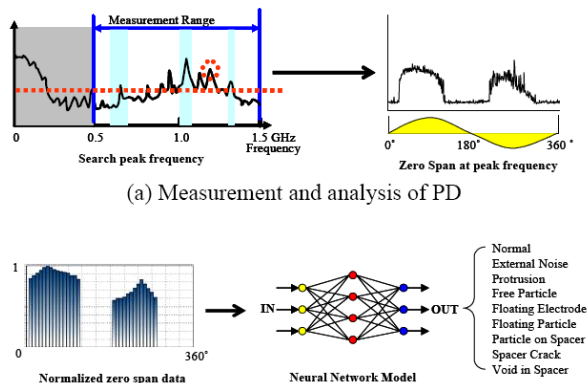
2.2.3 부분방전 진단 Expert 시스템

일반적으로 패턴 인식 기술은 ANN (Artificial Neural Network), fuzzy system, wavelet 등이 있다. 본 논문의 부분방전 진단 expert 시스템은 ANN을 사용하여 부분방전을 진단하였으며 구조는 그림 3과 같이 구분된다.

첫 번째 단계는 주파수 영역에서 센서의 측정 데이터를 측정하여 이상 신호를 선별한다. UHF 센서에서 측정된 데이터를 500~1,500MHz에 해당하는 주파수 영역의 데이터로 변환하고 외부 노이즈를 제외하고 최대 주파수를 선정한다. 이러한 최대 주파수의 크기를 임의의 설정값과 비교하여 이상 신호의 발생 유무를 판단한다.

두 번째 단계는 이상 신호가 발생할 경우 위상 영역에서 부분방전 데이터를 측정하고 진단한다. 선정된 최대 주파수에 대한 위상을 획득하고 일반화 한다.

세 번째 단계는 일반화한 위상 데이터를 진단 Expert 시스템에 입력한다. 진단 Expert 시스템은 부분방전의 원인을 분석하며 분석된 원인과 크기를 바탕으로 위험도를 평가 한다.

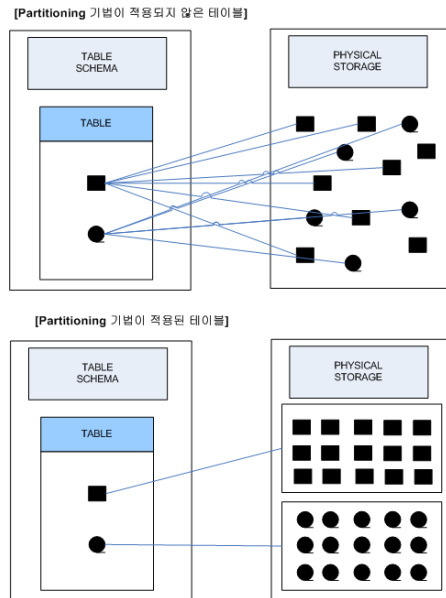


(b) Process for diagnosis of PD

〈그림 4〉 부분 방전진단 Expert 시스템의 구조

2.3 대용량 데이터 관리

부분방전 진단 시스템은 다수의 센서에 대한 측정 데이터를 입력 받아 처리해야 한다. 이러한 정보를 통합된 데이터베이스에 저장할 경우, 하나의 테이블에 너무나 많은 데이터가 저장되어 발생하는 데이터 검색 성능의 저하가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 Partitioning 기법을 적용하여 데이터가 저장되어질 때 연관성 있는 데이터가 하나의 물리적인 공간에 저장될 수 있도록 데이터를 클러스터링 하였다. 이렇게 Grouping 된 데이터 구조는 검색 속도를 향상시킬 수 있다. 또한 네트워크를 통해 다수의 정보 요청 코드가 있을 경우 많은 부하가 발생하며 이는 시스템의 성능에 문제를 발생시킬 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 저장 프로시저에서 그 코드를 실행하는 단일 문을 통해 실행할 수 있게 하여 네트워크의 트래픽을 줄일 수 있었다.



〈그림 5〉 Partitioning 기법의 적용된 테이블

3. 결 론

본 논문에서는 9채널의 UHF 센서를 적용한 염가형 GIS 부분방전 진단 시스템에 대하여 소개하였다. GIS 상태가 정상 상태이면 순차적인 UHF 센서의 채널 변경을 통해 측정 데이터를 이력 데이터로 이용하며 이상 상태가 발생하면 이상 센서에 대한 지속적인 진단 적용을 통해 시스템의 효율을 증대시켰다. 또한 대용량 데이터의 관리 방안을 통해 센서의 측정 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 방안에 대하여 소개하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] J.B.Kim, M.S.Kim, K.S.Park, W.P.Song, D.S.Kim, "Development of Monitoring and Diagnostic System for SF6 Gas Insulated Switchgear", IEEE Conference record of the 2002 IEEE International symposium on Electrical Insulation, pp. 453-456, 2002
- [2] W.P.Song, J.B.Kim, M.S.Kim, J.R.Jung, "UHF Narrow Band Type Partial Discharge Method for the Internal Insulation Performance Verification of the Gas Insulated Switchgear", Trans. KIEE, vol. 54C, no. 9, pp. 414-420, 2005.
- [3] CIGRE WG 15-03 TF 15/33.03.05, "Partial Discharge Detection System for GIS : Sensitivity Verification for the UHF Method and the Acoustic Method", Electra, April 1999.
- [4] Tatsuro Kato, Fumihiko Endo and Shingo Hironaka, "Sensitive Partial Discharge Monitoring System by UHF Method and Calibration Technique", CIGRE 2001
- [5] Fumihiko Endo, "Risk Assessment of Defects in GIS by PD Diagnostics", CIGRE WG15-03 TF15.03.09 Munchen Meeting, March, 2000