

전력 텔레메트릭스 시스템용 변전설비 예방진단 알고리즘 개발

최광범*, 이동준*, 어수영*, 심종태*, 김규호**, 이동철**
태광이엔시*, 한전KDN**

The Development of Expert Algorithm for Condition Monitoring Diagnosis used by Power Telemetry System

Kwang-Bum Choi*, Dong-Zoon Lee*, Soo-Young Eo*, Jong-Tae Shim*, Kyu-Ho Kim**, Dong-Cheol Lee**
TGE*, Kepco KDN**

Abstract - 전력 텔레메트릭스 시스템은 전력계통의 사고에 신속하게 대처하고 계통설비의 합리적인 유지보수 및 운영을 통해 계통의 신뢰도를 높이고자 고안된 시스템이다. 이 시스템의 상위 HMI 부분은 MMS, CMD, FEA 등으로 나뉘어져 있는데 그중 CMD(Condition Monitoring Diagnosis) 시스템은 전력설비의 상태를 감시하고 진단하여 설비 유지보수에 도움을 주는 부분으로서 MMS과의 데이터 공유를 통하여 전력설비를 더욱 합리적으로 유지보수 및 운영할 수 있도록 하여주는 시스템이다. 본 논문에서는 이러한 CMD 시스템을 이루고 있는 핵심 알고리즘에 관하여 논할 것이다. 또한 개발된 알고리즘이 실제로 전력텔레메트릭스 시스템의 CMD 시스템에 삽입되어 현장 센서 데이터가 어떻게 이동이 되는지 보여 줄 것이다.

1. 서 론

전력 텔레메트릭스 시스템은 전력계통의 사고에 신속하게 대처하고 계통설비의 합리적인 유지보수 및 운영을 통해 계통의 신뢰도를 높이고자 고안된 시스템이다. 이 시스템의 기본 구성은 변전소와 송전선로단의 전력설비에 취부된 센서와 센서 네트워크 단, 데이터를 디지털변전소의 스펙에 맞게 IEC61850 표준에 의하여 전송하는 Bay Units, 데이터의 중간 가공 및 Agent 역할을 담당할 Virtual IED, 그리고 취합된 데이터를 각자의 목적에 맞게 사용하는 상위 시스템으로 구성 되어 있다. 상위 시스템은 MMS, CMD, FEA 등으로 나뉘어져 있는데 본 논문에서는 전력설비의 상태를 감시하고 진단하여 설비 유지보수에 도움을 주는 역할을 하는 CMD(Condition Monitoring Diagnosis) 시스템의 핵심 알고리즘인 변전설비 예방진단 알고리즘의 개발에 관하여 논한다. 또한 개발된 알고리즘이 실제로 전력텔레메트릭스 시스템의 CMD 시스템에 삽입되어 현장 센서 데이터가 어떻게 이동이 되는지 보여 줄 것이다.

2. 본 론

2.1 전력 텔레메트릭스의 구조

진단 IED가 적용될 전력 텔레 매트릭스 시스템은 크게 상위 시스템과 하위 시스템으로 나뉠 수 있다. 하위 시스템은 센서 네트워크 기반장치와 그러한 데이터를 하부처리할 Bay Unit으로 구성된다. 이는 IEC61850 표준에 의한 디지털 변전소가 인프라로 구축되어 있다는 가정하이며 하위 시스템은 그중 Bay Level에 구현된다. 상위 시스템은 하위 시스템에서 받아온 각종 데이터를 토대로 여러 가지 목적을 가지고 사용되는 부분이며 디지털변전소 시스템의 Process Level에서 구현된다.

상위 시스템을 구성하고 있는 요소는 크게 3가지로 나뉠 수 있는데 CMD(Condition Monitoring Diagnosis), FEA(Fault Event Analyzer), MMS(Maintenance Management System)등이다..

2.1.1 CMD

CMD 부분은 하위시스템의 센서 및 센서네트워크를 이용하여 얻어진 각종 전력설비의 진단정보를 토대로 전력설비의 건전성을 감시하고 이상징후를 진단하여 설비의 신뢰도 향상 및 유지보수 비용 절감을 도모하기 위한 시스템이다. 대상 항목으로는 GIS PD진단, 주변압기 종합진단, 배전설비 감시, 송전선로 감시 등이 있다.

2.1.2 FEA

FEA는 전력계통의 다중고장시 운전원들이 신속하게 고장원인을 파악하여 고장복구 시간을 최소화 할 수 있도록 도와주는 시스템으로서 계통의 다중고장 발생 시 SNTP를 이용하여 고장시간정보를 동기화 시킬 수 있는 디지털 변전소의 장점을 살린 시

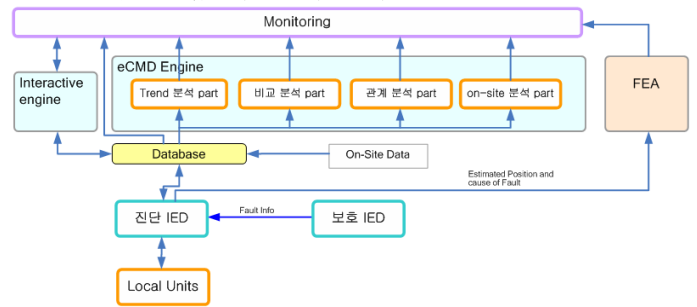
스템이다. 일단 설비 영구고장에 의한 보호계전 신호 발생시 해당 보호IED에서 올라오는 Fault 분석 관련 GOOSE신호를 취합하여 운영자가 보기 쉬운 형태로 각종 Sorting 기능을 지원하고 더불어 CMD시스템을 통하여 올라온 각종 진단정보를 참고자료로 보기 쉽게 MMI상에서 제공하여 신속하고 정확한 고장원인 파악을 도모하기 위한 시스템이다.

2.1.3 MMS

이 시스템은 CMD시스템에서 얻은 정보를 통하여 전력설비의 유지보수 기법을 CBM화 시키고 이를 전력회사의 자체 ERP와 연동하여 설비 유지보수의 합리화를 도모하기 위한 것이다.

2.2 CMD용 변전설비 진단 알고리즘

CMD용 변전설비 진단은 크게 변압기 부분과 GIS 부분으로 나뉠 수 있다. 변압기와 GIS는 성격이 다른 전력 설비이므로 진단을 위한 기술이나 방식도 다르나 본 논문에서는 지면 관계상 GIS 진단 부분을 집중적으로 다루었다.



<그림 1> 진단 알고리즘 기본 구성도

GIS 감시를 위한 알고리즘의 기본 구성은 그림1과 같이 4가지 부분으로 구분된다. 먼저 이력데이터를 분석하는 Trend 분석 part와 PD 센서들간의 비교분석 part, 타 센서들과의 관계분석 part, 정밀진단을 위한 오프라인 진단 데이터들을 추가적 데이터로 분석한 on-site 분석 part로 구분 지을 수 있다. 이력 분석 알고리즘은 PD 이력데이터의 일관성을 검토하는 부분이다. PD 이력에는 15분단위의 크기와 횟수를 하루간 보는 단기 이력과 하루단위의 크기와 횟수를 수개월간 보는 장기 이력으로 나뉜다. 일반적으로 PD신호는 단기 이력상으로 볼 때 지속적으로 발생하는 경우가 특정시간대에 발생하는 경우보다 PD의 가능성이 높다고 할 수 있다. 지속적으로 발생하는 경우에는 특정시간대에 편중된 사례에 비하여 PD횟수가 높고 평균값을 내면 크기도 작아지게 된다. 비교분석 알고리즘은 PD 이벤트 발생시 PD센서들간의 데이터 유사성을 검토한다. GIS 센서의 취부 위치는 주로 변전소 설비중 Switch류를 중심으로 취부가 되어 있으며 각 상의 Switch류를 감싸고 있는 외벽은 도전성 물질로서 PD 발생시 나타나는 전자파를 완전히 차폐하게 되어 있다. 따라서 특정 개소에서의 PD발생시 센서가 검출할 수 있는 영역은 전자파의 감쇠에 따라 한정된 구간에서만 검출이 된다. 따라서 특정 센서에서의 이벤트 발생시 PD검출은 그 센서를 기점으로 하여 앞단과 뒷단의 가장 인접한 센서에서 같은 종류의 이벤트가 같은 시간대에 발생하였는지를 검색하는 것이 비교분석부분의 핵심이 된다. 그러나 반대의 경우인 이벤트의 발생 센서와 인접센서에서는 비슷한 이벤트가 발생하지 않고 같은 상의 센서에 비슷한 이벤트가 발생하였다면 이는 외부 노이즈에 의한 이벤트일 가능성이 높으며 특히 동시다발적으로 이벤트 발생 센서와 비슷한 시간대에 비슷한 파형의 이벤트가 발생하였다면 이 역시 노이즈의 영향으로 인한 이벤트일 가능성이 매우 높다. 관계분석 알고리

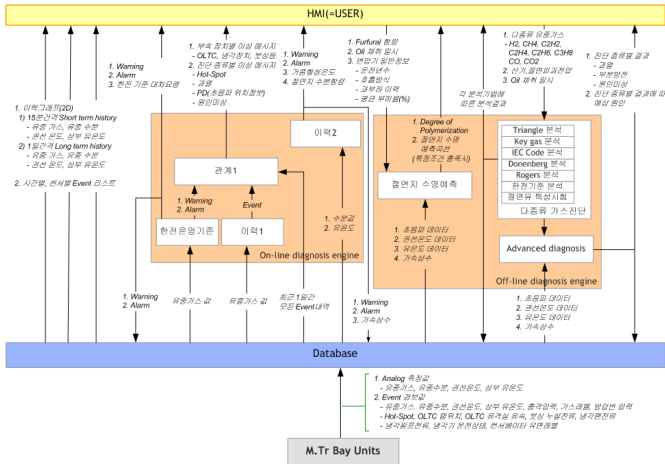
증은 PD 이벤트 발생시 PD센서의 정보가 아닌 다른 종류의 센서 값들을 비교하여 이 이벤트의 내용이 다른 종류의 센서의 영향 때문인지를 밝힌다. GIS의 상태분석을 위한 센서로는 GIS PD 센서 외에도 GIS 구획내의 온도와 압력 등을 체크하는 센서가 있다. 따라서 이벤트가 발생하면 온도와 압력을 먼저 선행 점검하여 이벤트의 내용을 판독하는 방식이다. GIS온도가 PD 발생에 관여하는 영향력에 대해서는 연구사례가 없으나 일반적으로 구획내 온도가 증가할 경우 절연가스의 압력이 감소하는 것이 일반적이며 이는 방전개시전압을 낮추는 결과를 가져오므로 PD가 발생할 확률이 높다고 사료된다. On-Site 분석 알고리즘은 온라인 시스템만으로 취득하기 어려운 다른 정보들을 이용하여 좀더 정확한 진단을 하기 위한 것이다. GIS PD 진단을 위해 온라인으로 보는 PD 값, 온도, 압력 항목 이외에 오프라인에서 현장 진단을 하는 항목은 다음 표1과 같다.

〈표 1〉 PD 진단을 위한 현장 진단항목

항목	사용 장비	측정 타겟	목적
주파수 진단	스펙트럼 애널리저	전자파 주파수 대역	전자파 주파수 대역검사를 통한 노이즈 유무 판독
발생위치 진단	오실로스코프	검출 시간차	PD 근원지 판독을 위한 센서간의 검출시간차 측정

2.2.1 변압기 진단을 위한 데이터 흐름도

변압기 진단을 위해서 하나의 변압기에서 취득되는 센서 데이터의 종류는 15가지 이상이나 그중 직접적인 아날로그 값을 전송해주는 유증가스, 유증수분, 권선온도, 유온도, 붓싱 전류 이외의 데이터는 모두 이벤트 발생시 Bay Unit으로부터 경보값만을 취득하도록 되어 있는 구조이다. 변압기 진단용 취득 데이터의 용도는 그림2에 비교적 자세히 나타나 있으며 온라인 상으로 받을 수 있는 데이터들은 현재의 변압기 건전성 상태를 잘 보여 줄수 있도록 Main HMI 및 이력 그래프를 통하여 사용자가 볼 수 있게 하였다. 이외의 온라인 데이터들은 안전 운영기준에 따른 진단 지침과 관계 및 이력 엔진에 의하여 분석되어 변압기의 특징이상 발생시 사용자에게 알람 발생 및 적절한 대처방안을 제시하여 주도록 구성하였다.



〈그림2〉 변압기 진단용 데이터 흐름도

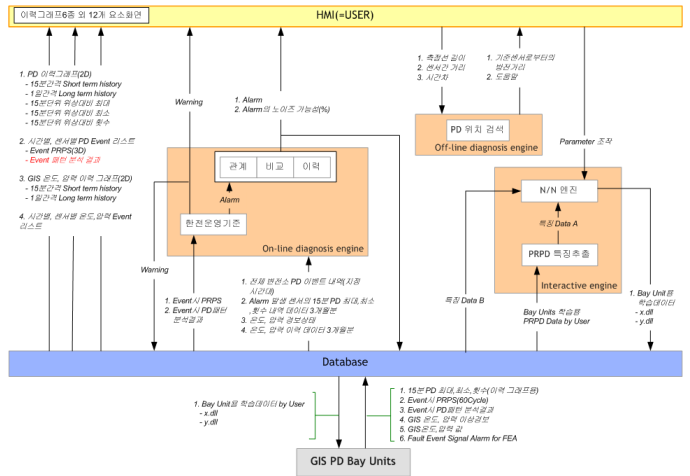
진단항목 중 이력 분석에 의미가 있는 항목은 유증가스 및 유증수분등의 두가지이다. 이력은 단기와 장기 이력으로서 나뉘며 일정 이상의 증가율을 가지게 될 경우에 이벤트가 발생하게 되며 이벤트의 기준치는 현장 초기 데이터의 값에 따라 달라진다. 이력 분석이 끝나면 관계분석으로 이어진다. 이는 유증가스 중심의 이벤트 발생상황이 변압기 주변기기의 고장에 의한 원인인지 아니면 내부의 과열이나 방전에 의한 원인인지 밝혀내기 위한 분석파트이다. 관계분석 부분은 유증가스 분석결과 요주의, 이상, 위험 등의 관정이 발생했을 경우에 구동되는 엔진이다. 변압기의 상태를 좀더 정밀하게 관측할 수 있도록 하지만 온라인으로 받을 수 없는 데이터에 대해서는 온라인 진단에서 경보 발생시 오프라인 진단을 하도록 유도하였으며 오프라인 진단 항목은 Furfural 분석을 통한 절연지의 DP 분석을 통한 인장강도 추정 및 다중류 가스분석을 통한 각종 국제 규격지침에 의한 변압기 고장 원인 추정등이 있다.

2.2.2 GIS PD 진단을 위한 데이터 흐름도

GIS PD 진단을 위해 Bay Unit에서는 GIS의 각 구획별로 취부된 센서의 데이터를 1차 분석하여 보낸다. 상위 시스템으로 보내어지는 분석된 데이터의 종류는 아래와 같다.

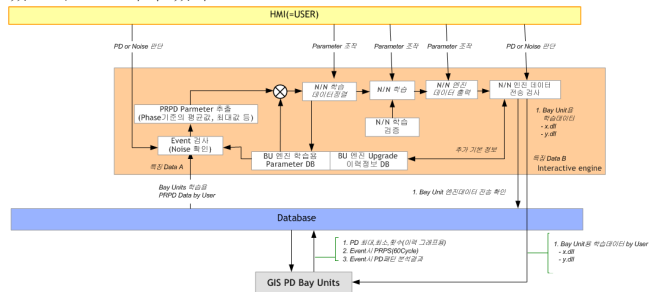
- 15분간 PD의 최대, 최소, 횟수
- Event 발생시 PRPS 60사이클분
- Event 발생시 Event 발생 결과
- GIS 구획별 온도, 압력값

위와 같은 데이터들은 먼저 안전운영기준에 따라 Event의 개체수와 성분에 따라 알람신호를 만들어 내며 만약 알람신호가 발생하면 진단엔진을 통해 알람 성분의 진위가 다시 한번 가려내어 질 것이다. 진단엔진에서 하는 역할은 진술한 바와 같다.



〈그림3〉 GIS 진단용 데이터 흐름도

GIS 진단엔진의 핵심부분은 Interactive 엔진이며 이 엔진은 상위 시스템에 올라온 여러 가지 PD 이벤트를 전문가가 정밀 분석하여 PD가 아닌 Noise가 PD성분인 것으로 Bay Unit 이 보관한 내용에 해당하는 이벤트의 PRPD 성분을 바탕으로 Bay Unit의 기초엔진을 다시 교육시킬 수 있는 구조로 되어 있다.



〈그림 4〉 Interactive 엔진

Interactive 엔진은 주로 사용자의 PD분석 및 Parameter 입력용 인터페이스 부분과 엔진 업데이트를 위한 뉴럴 알고리즘 구동 부분으로 구성되어 있으며 업데이트된 정보를 담은 dll 파일이 각 Bay Unit으로 일괄 전송되는 형태로 구성되어 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 현재 개발중인 전력 텔레메트릭스 시스템의 상위 시스템의 구조에 대하여 살펴보았다. 또한 상위 CMD의 핵심 진단엔진의 구조와 데이터 흐름도에 대하여 기술하였다. 전력 텔레메트릭스 시스템이 개발되어 전력시스템에 적용되면 설비의 효율적인 관리와 고장시 복구시간이 단축되어 전력계통의 신뢰도 향상 및 유지보수비용 절감에 크게 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 한국전력 주변압기 운영기준, 2002 개정
- [2] IEEE Std C57.104
- [3] 전력용 유입변압기 보수관리, 전기협동 연구회, 일본