GIS 예방진단시스템의 진단알고리즘 향상을 위한 다이나믹 인터페이스 개발

민병운,이병호,최항섭,조철희,조필성
기계전기연구소, 현대중공업주식회사

이동철
한전KDN(주) 송변전IT연구그룹

Development of Dynamic Interface for Improvement of Diagnostic Algorithms in "GIS Condition Monitoring and Diagnosis System"

Byoung-Woon Min*, Byoung-Ho Lee*, Hang-Sub Choi*, Chul-Hee Cho*, Pil-Sung Cho*, Dong-Chul Lee**
*Electro-Mechanical Research Institute, Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd.
**T&S IT RND Group, Korea Electric Power Data Network Co, Ltd.

Abstract - 과거 2003년 북미 대 정전 이후 전력기기의 사고 발생 후 얼마나 빨리 사고를 제거하고 피해가 적도록 신속하게 복구하는 개념에서 사고이전에 사고를 미연에 방지하는 예방개념으로 관심이 높아지고 있다. 전력기기를 사고로부터 보호하는 보호기기도 중요하지만 사고이전의 상태를 감시하여 미연에 사고를 방지할 수 있도록 하는 예방진단시스템의 중요성도 높아지고 있다. 이렇듯 관심이 높아짐에 따라 각종 진단알고리즘의 개발이 신속히 이루어지고 있다. 보호기기처럼 어떤 설정된 정정 값 이상의 값이 입력되면 보호동작을 수행하는 단순 동작과는 달리 예방진단 시스템은 입력되는 신호의 패턴을 인식하여 열화/노화 등의 진행상황 및 정비조치에 대한 정보를 만들므로 인공지능적인 요소가 많이 적용되고 있다. 따라서 각종 Fuzzy, Neural Network, Expert 등 각종 판단 알고리즘과 패턴을 인식하는 확률통계, 프랙탈 기하학 등이 적용되고 있다. 모두가 틀리다는 것은 아니지만 보다 정확한 예방진단을 위해 각종 알고리즘이 추가 및 수정이 자주이루어지고 있는 실정이다. 그러나 새로운 알고리즘을 적용하기 위해서 기 개발되어 운영 중이거나 설치된 예방진단시스템을 멈추고 전반적으로 수정을 수행하는 것은 감시진단시스템의 본래 모습을 무시하는 행동이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 이런 문제를 해결하기 위하여 온라인 상태에서 장비를 감시하는 예방진단 시스템의 알고리즘 변형 시 시스템의 운영이 문제되지 않도록하는 다이나믹 인터페이스를 개발하였다.

1. 서 론

본 논문은 GIS(Gas Insulated Switchgear)의 고장을 사전에 예방하기 위한 진단알고리즘의 향상을 쉽게 할 수 있도록 하기 위한 방안으로 온라인 예방진단 시스템의 운영 중 기능 향상이 필요한 진단 알고리즘을 언제든지 수정 및 추가가 가능하도록 한 내용과 새로이 추가되고 있는 진단알고리즘을 서술하고 있다.

과거 전력제어 기술은 전력계통에 고장이 발생되면 얼마나 신속하고 정확하게 고장을 감지하느냐의 연구와 그와 병행하여 고장 발생 후 얼마나 적절하게 고장을 복구하느냐에 따른 연구가 주도 되었다. 그러나 2003년 미국 대 정전 이후 영국, 러시아 등 세계적으로 대 정전 사태가 발생되고 그에 따른 대규모의 물적 인적 피해를 겪음에 따라 사람들의 인식변화가 생겼다. 즉, 고장이 일어나기 전에 고장에 대한 징후를 측정 판단하여 고장을 사전에 막아보자는 예방진단 분야가 많이 연구되기 시작하였다. 따라서 현재도 예방진단에 대한 수많은 연구가 진행 중이다. 즉, 예방진단시스템은 계속적으로 진보한다는 것이다. 그 중 가장 많은 진보를 진행 중인 것은 예방진단 알고리즘이다. 예방진단 시스템은 각종 데이터를 수집하여 여러 기법의 알고리즘을 통하여 변환 및 분석되어진다. 그러나 새로운 알고리즘이 개발되었다고 해서 예방진단 시스템을 새로이 개발한다는 것은 시간적, 인적, 자본의 낭비를 초래할 수 있다. 그리고 새로운 알고리즘을 적용한다고 시스템을 멈추고 새로이 적용된 알고리즘을 심는다는 것은 항상 Real Time으로 데이터를 취득해야 되는 온라인 감시시스템의 역할을 무시하는 것이 될 수 있다. 이에 따라 우리는 예방진단 알고리즘을 온라인 상태에서 운영 중인 예방진단 시스템에서 항상 수정 및 추가가 가능하도록 하는 모듈을 개발하였다. 온라인 예방진단 시스템은 각종 현장 및 환경 그리고 GIS에 따라 다양한 변화를 겪을 것이다. 따라서 진단시스템의 현장 및 환경적응은 당연시 되고 있다. 이런 적응 시 본 발명의 적용은 효과적인 기술이 될 것이며 온라인 예방진단시스템의 진단기능향상에 결정적인 역할을 수행할 것이다.

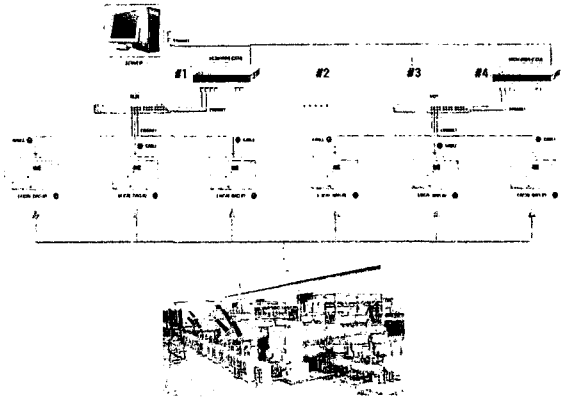
2. 본 론

2.1 종래 기술

GIS는 주로 SF_6로 절연을 하는 시스템으로 가스누출이나 절연파괴의 징후인 부분방전을 측정하는 기술로 고장을 사전에 예방할 수 있다. GIS의 결함을 진단하기 위한 가장 중요한 부분방전 특성을 살펴보면, 방전신호의 주파수 대역이 대략 40kHz~수 MHz 스펙트럼을 가지고 있으며, 진단을 위한 방전특성을 확인하기 위해서는 측정을 통한 분석이 요구되었다. 부분방전을 측정하는 기술의 발달로 과거 단순히 부분 방전량 만을 가지고 진단하던 방법과는 달리 부분방전의 패턴을 인식하는 방식 및 고차원 필터링 또는 다양한 분석방법을 통하여 보다 정확한 예방진단 방법을 개발하고 있다. 그리고 GIS가 설치되는 환경 또는 제품의 성격에 따라 현장 적응알고리즘이 적용되고 있다. 따라서 현장 및 상황에 따라 진단알고리즘은 다양하게 변화될 가능성이 높아지고 있다. 현재는 이런 현장 및 상황에 따라 변하는 진단알고리즘 적용하기 위해서는 새로이 진단시스템을 개발하거나 실시간으로 기기의 상태를 감시하는 장비를 멈춘 후 수정해야하는 단점을 지니고 있다. 뿐만 아니라 새로이 적용되는 예방진단 알고리즘에 따라 시스템적인 재해석 및 재설계가 이루어지는 경우도 자주 발생한다.

2.2 GIS 예방진단 시스템의 배경

GIS는 계통고장 시 고용량의 에너지를 차단하는 장비이므로 Open, Close 동작 시에 GIS 장비 자체에 많은 충격이 가해지게 된다. 그 대표적인 데미지가 열적 열화 현상으로 접점부에서 발생하는 아크열에 의해 발생하는 기계적 마모, 용삭 등이 발생한다. 그리고 전계집중에 의해 발생하는 방전현상으로 전기적 열화와 기계적 스트레스에 의한 기계적 열화 및 부식 등 환경요인에 의한 환경열화로 기기의 수명은 단축되어진다. 이런 수명 단축의 요인이 되는 환경요인은 다양한 인자를 포함하고 있다. 현재도 이런 다양한 인자를 분석하여 예방진단에 필요한 분석을 수행하고 있으며, 향후 개발되는 각종 분석 알고리즘의 적용은 온라인 예방진단시스템의 변경을 요구 할 것이다. 이를 위하여 실시간으로 감시진단중인 시스템을 멈추지 않고 예방진단 알고리즘을 변경할 수 있고 시뮬레이션을 통한 학습 및 검증을 진행할 수 있는 Dynamic 인터페이스를 개발하는 데 본 연구의 목적을 가지고 있다.



<그림 1> GIS 예방진단 시스템 구성

2.3 시스템의 구성

온라인 GIS 예방진단 시스템은 센서부, 데이터 취득부, 통신제어기, 상단시스템으로 구성되어있다. 그림 1은 시스템의 전체 구성을 나타내는 것으로 하단의 센서부에서는 부분방전(UHF) 센서, 가스압력센서, 구동부 동작 특성 감시센서, 피뢰기 누설전류 센서 등으로 구성되어 있으며, 취득부에는 L/DAS가 부분방전 센서 3개를 담당하며 데이터의 취득 및 1차 연산결과를 상단에 전송한다. 각 L/DAS(Local Data Acquisition System)의 정보는 광케이블을 통하여 CCU(Communication Control Unit ; HICM-860) 통신제어기에 전송되어진다. 통신제어기는 각 L/DAS로부터의 통신데이터를 수집 및 2차 연산을 수행하여 최종적으로는 GIS 온라인진단시스템의 상단에 전송한다. 본 온라인 GIS 예방진단시스템의 서버 프로그램은 상위 시스템의 중추적인 역할을 담당하는 소프트웨어로, 하위의

L/DAS 장비들과의 실시간 통신이 언제나 가능한 구조이어야 하며, 이에 따른 온라인 정보 교환 및 실시간 데이터의 취득이 항상 가능한 구조로 운용된다. 상위 서버 소프트웨어는 L/DAS로부터 실시간 데이터의 취득이나, 상위 운전자의 제어 운전 조작 등을 관리하거나, 실시간 데이터를 이용한 경향(TREND) 데이터 또는 보고(REPORT) 데이터 등을 생성한다. 이러한 서버 소프트웨어는 상위 운전자의 HMI(Human Machine Interface)와 상호 밀접하게 연동되는 소프트웨어로서, 각종 실시간 데이터의 화면 표현을 위한 데이터 제공 및 경보/경향을 위한 데이터 또는 데이터베이스 등을 제공한다.

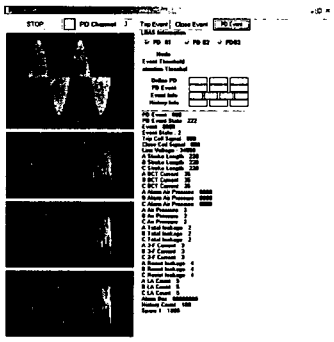
2.4 Dynamic Interface의 설계

2.4.1 MATLAB을 이용한 엔진 개발 모듈

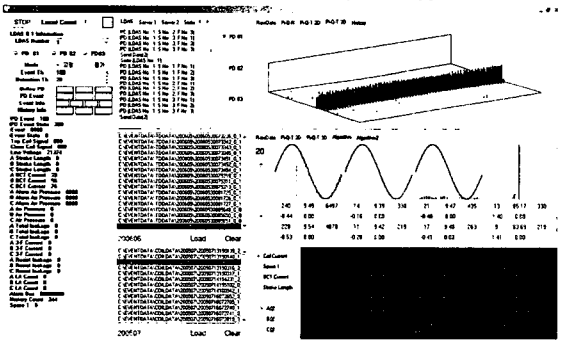
MATLAB에는 각종 알고리즘을 구현 및 Simulation할 수 있는 환경이 구축되어 있다. 그리고 개발된 결과를 실시간에서 검증할 수 있는 Simul-Link라는 Tool이 존재하며 MATLAB에서 제공하는 함수 외 Simul-Link에 사용자의 정의함수를 추가할 수 있는 S-Function이 존재한다. 우리는 이 S-Function을 이용하여 실시간으로 Simulation하는 기능과 개발된 알고리즘을 온라인 GIS 예방진단시스템에 적용할 수 있도록 MATLAB으로 구현된 기능을 Dll로 만들어주는 컴파일 기능을 이용하였다.

2.4.2 알고리즘 모의 및 검증 시스템

GIS 예방진단시스템에는 각종 알고리즘이 적용된다. 이들 알고리즘의 검증을 위해서는 각종 실험 및 분석이 이루어져야한다. 알고리즘의 검증을 쉽게 반복적으로 할 수 있도록 본 연구에서는 손쉽게 결함별 부분방전을 발생시킬 수 있는 결함별 PD(Partial Discharge) 모의 프로그램과 실시간으로 알고리즘을 검증할 수 있는 PD분석 및 검증 프로그램을 개발하였다.



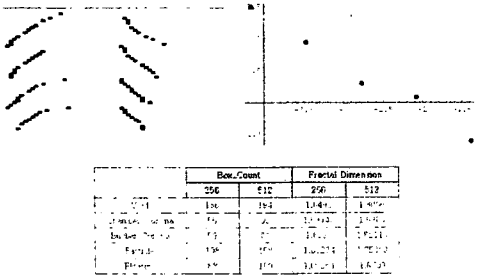
<그림 2> 결함별 PD 모의 프로그램



<그림 3> PD 분석 및 검증 프로그램

2.4.3 새로운 진단알고리즘 적용

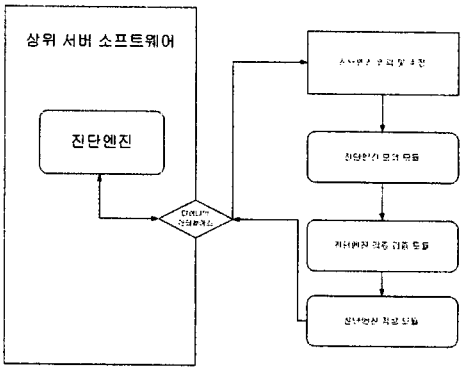
GIS 예방진단시스템에는 능동형 Filter, Expert Rule, Fuzzy, Neural Network등이 적용되었다. 아래 그림은 패턴 인식율을 높인 Fractal Dimension을 이용한 진단알고리즘을 보이고 있다.



<그림 4> Fractal Dimension을 이용한 진단알고리즘

2.4.4 Dynamic Interface 개발

우리는 본 연구에서 시스템의 중추적인 역할을 수행하는 상위 서버 소프트웨어를 외부와 Interface하여 시스템의 운영 중 진단알고리즘을 변경하고 현재 수행 중인 알고리즘의 검증 및 시뮬레이션이 가능하도록 하는 모듈을 개발하였다. Dynamic Interface의 구성은 그림 5와 같은 구조로 이루어져 있으며 상위 서버 소프트웨어의 진단 엔진부분과 연결되도록 하였다. 진단 엔진 부분은 실시간 진단 엔진 관리 시스템과 연결되도록 하였으며 온라인 상태에서도 진단 엔진을 수정할 수 있도록 Dynamic 인터페이스를 구성하였다. 실시간 진단 엔진 관리 시스템은 진단엔진을 추가 및 수정할 수 있으며 실시간으로 온라인 예방진단시스템의 진단 엔진 상태를 감시하고 모의 할 수 있도록 구성하여 새로이 추가 또는 수정된 진단 엔진을 실시간으로 모의할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 모의된 결과를 온라인 상태에서 분석 가능하도록 하여 진단 엔진 개발 및 기능 향상에 도움이 되도록 하였으며, 각종 추가된 진단 엔진을 현장에서 즉시 온라인 예방진단 시스템에 가능하도록 하는 모듈도 추가하였다. 본 Dynamic 인터페이스의 개발로 진단 엔진의 추가 및 수정 작업이 용이하게 되었으며 현장에 설치된 예방진단 장비일지라도 현장에서 직접적인 모의 및 수정이 가능하도록 하였다. 가장 큰 장점으로는 실시간으로 현장의 진단 엔진을 감시할 수 있으며 새로이 수정된 진단 엔진을 모의 할 수 있다는 것이다.



<그림 5> GIS 예방진단 시스템의 Dynamic 인터페이스 구성

3. 결 론

온라인 GIS 예방진단 시스템의 엔진개발에서 고정된 Coding 방식의 진단 알고리즘 적용에 따른 문제점 해결 방안 도출하여 특정 전문가에 의해서만 예방진단시스템에 진단 알고리즘 적용이 가능하던 문제점을 해결하였고 새로운 알고리즘 적용시마다 재 컴파일 수행의 불필요한 점을 없앴으며, 새로운 알고리즘을 시스템에 적용 후에만 알고리즘 검증이 가능하던 현실적인 문제를 해결하였다.

새로운 알고리즘 개발 시 많은 시간 및 인력낭비의 문제를 해결하였으며 진단 엔진에 대한 Bible화 된 연산모듈의 부재를 해결 할 수 있게 되었다. 현장에서 발생되는 진단 엔진 문제를 디버깅 모듈의 개발로 알고리즘의 현장 수정이 가능하도록 하였다.

기대효과로는 GIS 예방진단시스템의 성능을 좌우하는 가장 큰 기준은 정확하고 신뢰성있는 진단 알고리즘의 확보에 있다. 진단 알고리즘 개발이 용이할 뿐만 아니라 적용 및 검증이 단기간 내에 이루어지므로 짧은 시간에 보다 적합한 알고리즘의 추가개발이 이루어지게 되었다. 따라서 향후 진단 알고리즘의 신뢰성 및 정확성의 경쟁에서는 해외사의 경쟁력보다 월등하리라 기대되며, 적용현장에서 현장에 맞도록 디버깅이 가능하므로 현장적응성 또한 더욱 뛰어나리라 본다. 이런 장점들은 온라인 예방진단 시스템의 후발주자인 국내개발사의 경쟁력을 높이는데 크게 기여할 것이다.

본 논문은 산업자원부 전력산업연구개발사업인 전력IT 기술개발사업의 지원을 받아 수행하였습니다.

[참 고 문 헌]

[1] L. Satish, W.S.Zaengl, "Can Fractal Features be Used for Recognizing 3-d Partial Discharge Patterns?",IEEE transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2 No.3, June 1995

[2] MATLAB Compiler User's Guide

[3] S. Ghosh, S. K. Patra, A. Maharanal, "Partial Discharge Modelling for solid Dielectrics using Fuzzy Logic Technique", CMD2006

[4] S. Ghosh, " Study of some aspects of artificial neural network modelling of partial discharge", Department of Electrical Engineering, IIT, Kharagpur, 1999.

[5] E. Gulski, J.J. Smit, P.N. Seitz and J.C. Smit, "PD measurements on-site using oscillating wave test system", proceedings of 1998 IEEE ISEI, pp.420-423 vol.2