

GIS 피뢰설비 전문가 시스템 구현

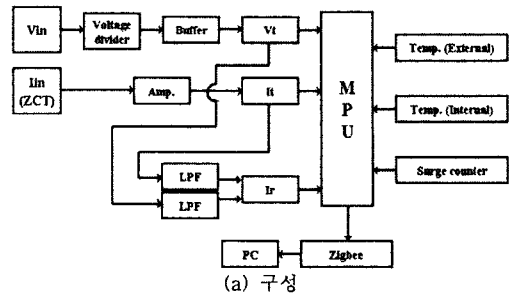
김일권*, 송재용*, 문승보*, 차명수*, 류길수**, 길경석*
 한국해양대학교, *전기전자공학부, **IT 공학부

Implementation of an Expert System for GIS Arrester Facilities

Il-Kwon Kim*, Jae-Yong Song*, Seung-Bo Moon*, Myung-Soo Cha*, Keel-Soo Rhyu**, Gyung-Suk Kil*
 Korea Maritime University, *Div. of Electrical & Electronic Eng., **Div. of Information Technology Eng.

Abstract - The monitoring and diagnosing technique for lightning arresters is important to assure the reliability of power supply in GIS-substation. In this paper, we described the implementation of an expert system for GIS arrester facilities. The proposed system consists of a data acquisition module (DAM), a wireless communication module, and a personal computer. The DAM detects system voltages, total leakage currents and its harmonic components, and includes an algorithm to calculate the resistive leakage current by the principle that the magnitudes of resistive leakage current are equal at the same level of the system voltage applied to the arrester. Also, we designed a surge event detection circuit which can acquire the date, the polarity, and the amplitude of surge events. All the acquired data are transmitted after correction by many algorithms to the remote station through the ZigBee protocol. The expert system is based on the Jave Expert System Shell (JESS) and make more reliable decision by using an exclusive inference process.

로와 트리거 회로 및 마이크로프로세서로 구성되며, 유입 시간과 횟수에 대한 정보를 저장하기 위하여 리얼 타임 클럭(RTC) 회로와 외부 메모리를 추가하였다.

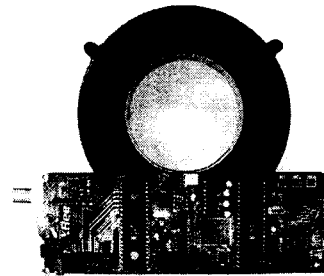


(a) 구성

1. 서 론

피뢰기(arrester)는 전력계통에서 발생하는 이상전압에 대한 기술적, 경제적으로 가장 우수한 보호대책 소자이다. 그러나 이는 반복되는 보호동작 및 주위 환경적 요인에 의하여 열화가 진행되며, 보호능력의 저하에 의한 지락 및 폭발과 같은 사고를 유발한다^[1,2]. 특히 이러한 사고가 변전소 내의 GIS 피뢰설비에서 발생할 경우, 대규모 정전으로 이어지므로 그 파급효과가 매우 크다. 따라서 피뢰설비의 열화진전에 따른 특성변화와 절연능력 저하를 상시 관측하여 이에 따른 사고를 미연에 방지하기 위한 대책이 요구되고 있다.

본 연구에서는 선행 연구를 통하여 축적된 기술을 바탕으로 변전소 내에 GIS용 피뢰설비에 대한 원격감시 및 열화진단이 가능한 전문가 시스템을 설계하였다. 제한한 전문가 시스템은 데이터 취득 모듈과 피뢰설비의 상태감시 및 진단을 위한 PC로 구성된다. 데이터 취득 모듈은 시스템 전압, 전체 누설전류, 이의 고조파 성분 및 온도 등을 검출한다. 특히 저항분 누설전류의 검출을 위한 알고리즘이 적용되었으며, 서지전류에 대한 유입시간, 극성 및 크기를 검출할 수 있는 서지 카운터를 내장하고 있다. 측정된 데이터는 센서 네트워크의 일종인 ZigBee를 이용하여 무선으로 PC에 전송된다. 전문가 시스템은 JESS(Jave Expert System Shell)를 기반으로 설계되었으며, 전송된 데이터로부터 전용의 추론엔진을 이용하여 피뢰기의 열화상태를 진단한다.



(b) 사진

<그림 1> 데이터 취득 모듈

그림 2는 서지 카운터의 구성을 나타낸 것이다. 외부로부터 서지가 유입될 경우, 샘플&홀드회로는 피크 검출기로서 동작하여 서지전류의 최대값을 유지하며, 트리거 회로에 의해 마이크로프로세서는 서지전류의 최대값을 읽고, 다음 신호를 읽을 수 있도록 샘플&홀드회로를 초기화한다. 이 때, 서지전류의 유입시간, 극성 및 크기는 외부 메모리에 저장된다.

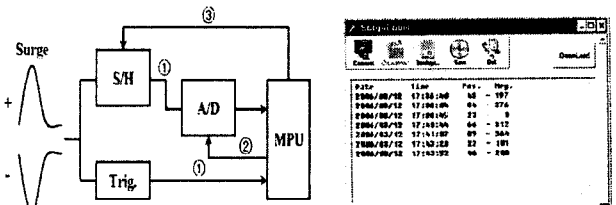
2. 전문가 시스템의 설계

2.1 데이터 취득 모듈

데이터 취득 모듈은 크게 전압, 전류 측정회로, 온도 측정회로, 서지 카운터와 ZigBee 통신회로로 구성된다.

그림 1은 데이터 취득 모듈의 개략적인 구성을 나타낸 것으로 피뢰기의 인가전압은 분압기(Voltage divider)를 통하여 측정하며, 분압기의 조정에 의한 임피던스 변화에 따라 측정값이 변할 수 있으므로 버퍼회로를 추가하였다. 누설전류는 접지선(bus-bar)에 관동형 영상분류기(ZCT)를 이용하여 검출한 뒤, 60dB의 게인을 갖는 저노이즈 증폭회로를 이용하여 1V/1mA의 감도로 조정하였다. 또한 저항분 누설전류는 피뢰기에 인가된 전압신호와 누설전류 검출회로에 의해 측정된 전류신호를 기준으로 검출 알고리즘을 적용하여 계산하였다. 이 때, 측정의 정밀도를 향상시키기 위하여 외부 고주파 노이즈를 차단하기 위한 4차 butterworth 저역통과 필터를 적용하였다. 필터의 상한 주파수는 9차 고조파 성분까지 고려하여 1kHz로 설계하였다^[3].

일반적으로 피뢰기에 유입되는 서지전류는 그 크기 및 극성에 따라 열화진전에 커다란 영향을 미친다. 따라서 보다 정확한 피뢰기 상태진단을 위해서는 이러한 서지에 대해서도 고려할 필요가 있다. 본 연구에서는 시간, 극성 및 크기를 검출할 수 있는 전용의 서지 카운터를 설계, 제작하였으며, 제한한 장치는 전용의 샘플&홀드 회



(a) 구성

(b) 데이터 포맷

<그림 2> 서지 카운터

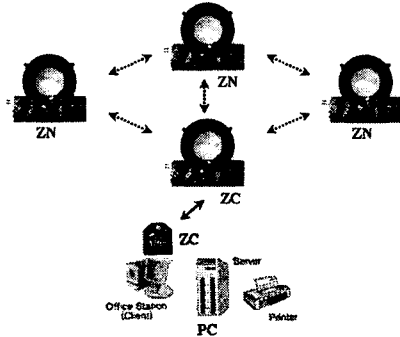
2.2 데이터 전송방식

본 연구의 적용대상인 GIS용 피뢰설비는 고전압 및 대전류가 흐르기 때문에, 이러한 환경에서 측정된 데이터를 원격지의 PC로 보내기 위해서는 전자기 간섭에 대한 대책이 필요하다. 기존에 방법은 데이터 취득 모듈의 통신채널 중 데이터 송신단(Tx)을 광신호 변환회로에 연결하여 전기적 신호를 광신호로 변환함으로써 전자기적 영향을 제거하였다. 그러나 이러한 방법은 반드시 데이터 취득 모듈과 PC간에 광케이블로 연결되어야 하므로 거리에 제약이 따르며, 또한 데이터를 수집하는 장소가 여러 곳인 경우에는 데이터 포트와 케이블 수가 증가하는 등 다수의 통신채널 및 네트워크 구성에 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 최근 유비쿼터스 및 무선 네트워크로 주목받

고 있는 ZigBee 네트워크를 이용하여 이러한 문제를 해결하였다. 데이터 취득 모듈의 데이터 송, 수신단(Tx, Rx)을 상용화된 ZigBee 모듈과 연결하였으며, 고유 ID를 할당한 ZN(ZigBee Node)을 설계하였다. 각 노드로부터 수집된 데이터는 PC와 연결된 ZC(ZigBee Coordinator)로 전송된다.

그림 3은 ZigBee를 이용한 네트워크 구성을 나타내고 있다. PC와 연결되는 ZC는 다수의 ZN으로부터 데이터를 수집하며, 통신의 신뢰도를 위하여 Peer to Peer 방식을 적용하였다. 그리고 ZN들 사이는 Mesh 구조를 적용하였다. 따라서 ZC와 거리가 많이 떨어진 ZN이라도 다른 ZN을 거쳐서 PC로 데이터를 송신할 수가 있다. 또한, ZN이 새로이 추가 되었을 경우, 스스로 Mesh 구조에 포함되기 때문에 새로운 피뢰설비의 데이터를 간단히 획득할 수가 있다.

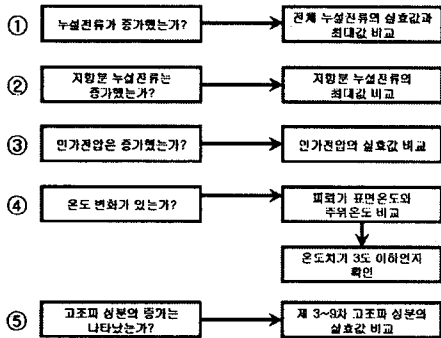


〈그림 3〉 ZigBee 네트워크 구성

2.3 지식베이스

제한한 전문가 시스템은 데이터 모듈로부터 전송된 사실(Facts)과 피뢰기 분야의 전문가로부터 얻은 지식(Knowledge)을 서로 비교, 분석하고 조건에 상응하는 규칙(Rules)을 적용하였다.

누설전류의 증가는 피뢰기의 열화상태를 나타내는 중요 판단기준이지만, 이는 전원전압의 변화, 고조파의 함유, 서지 전류의 유입 회수 및 주위온도 등 여러 가지 요인에 의하여 변할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 누설전류에 영향을 미칠 수 있는 요인에 대하여 고려하였으며, 진단의 신뢰성 향상을 위한 보정함수를 적용하였다^[45]. 그림 4는 열화진단을 위한 규칙의 예를 나타낸 것으로, 인가전압과 전체 누설전류를 측정 한 후, 주위온도 및 피뢰기 표면온도차, 전압의 크기 변화 및 서지 카운터의 값을 비교하도록 설계하였다.



〈그림 4〉 열화진단의 규칙 예

2.4 추론엔진

본 연구에서 적용한 추론엔진은 If-Then 규칙의 집합으로 구성된 규칙형 모델이다.

이는 피뢰기 상태진단에 필요한 다양한 데이터의 크기를 조건에 따라 비교한 후, 다시 새로운 조건을 적용함으로써 목표 진단결과를 도출하는 구조이다.

예를 들면 측정된 누설전류가 기준값을 초과했을 경우, 우선 피뢰기 표면과 주위온도차를 계산한 후 기준값과 비교하여 이를 초과했는지를 판단한다. 이 때 인가전압의 크기와 고조파 성분을 분석한 후 적절한 보정함수를 적용하며, 이후 서지 카운터의 횟수를 각 조건에 따라 판별하여 최종적으로 피뢰기의 열화상태를 결정한다.

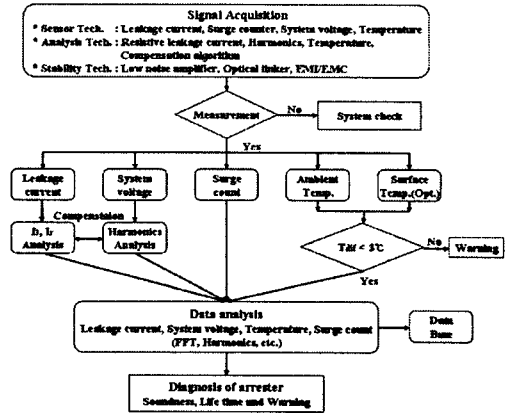
그림 5는 제한한 전문가 시스템의 진단절차를 나타낸 것이다.

2.5 인터페이스

제한한 전문가 시스템은 전송된 다양한 파라미터들을 모두 DB의 형태로 저장하며, 이를 바탕으로 화면에 표시하도록 설계하였다. 그림 6은 저장된 DB의 예를 나타내고 있다.

인터페이스는 크게 2개의 탭으로 구성되어 있으며, 기본 탭은 데이터 취득 모듈로부터 전송된 각각의 데이터들을 표시하는 부분으로 전압의 크기, 고조파 함유율 및 주위온도와 피뢰기 표면온도차

등을 고려한 보정 알고리즘을 적용한 후, 추론엔진을 통한 피뢰기의 열화상태를 표시하도록 하였다. 나머지 탭은 DB에 저장된 각각의 파라미터들을 그래프로 나타내는 창으로 파라미터의 증가, 감소 또는 변화되는 양상을 쉽게 파악할 수 있다.



〈그림 5〉 전문가 시스템의 진단절차

time	v	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12	v13	v14	v15
2006-01-09 오후 2:24:3	5	15	1	1	0	2	6	12	20	22	0					
2006-01-09 오후 2:25:0	5	15	1	1	0	2	6	12	21	22	0					
2006-01-09 오후 2:25:1	5	16	0	1	0	2	6	13	21	22	0					
2006-01-09 오후 2:25:2	5	15	0	0	1	1	7	13	22	22	0					
2006-01-09 오후 2:25:3	5	16	1	1	0	2	6	14	21	21	0					
2006-01-09 오후 2:25:4	5	17	0	0	1	2	6	12	22	22	0					
2006-01-09 오후 2:25:5	5	16	1	1	0	2	7	12	22	23	0					
2006-01-09 오후 2:26:0	5	16	1	1	0	2	6	12	22	23	0					
2006-01-09 오후 2:26:1	5	14	1	1	0	1	4	13	21	23	0					

〈그림 6〉 DB 저장 예

3. 결 론

본 논문은 GIS용 피뢰설비에 대한 진단 전문가 시스템 구현에 대하여 연구하였다. 제한한 전문가 시스템은 데이터 취득 모듈 및 피뢰설비의 상태감시 및 진단을 위한 PC로 구성하였다. 데이터 취득 모듈은 피뢰기의 상태를 온라인 상태에서 감시하기 위하여, 영상변류기를 이용한 전체 누설전류와 분압기를 이용한 전원전압을 측정한다. FFT, 저항분 누설전류 알고리즘을 통하여 제 3~9차 고조파 성분, 저항분 누설전류를 분석하였으며, 피뢰기 표면온도와 주위온도를 측정하여 온도차에 따른 누설전류 변화에 대한 보정 알고리즘을 적용하였다. 또한 서지 카운터 회로를 적용하여 서지 유입에 의한 피뢰기 열화특성도 고려하였다. 측정된 데이터는 ZigBee 네트워크를 이용하여 무선으로 원격지의 PC로 전송하도록 구성하였다. 이로 인하여 본 시스템은 측정 장소의 추가에 대해 유동적이며, 고전자장에 의한 데이터 전송의 왜곡 및 보안상의 문제를 최소화 하였다. 전문가 시스템은 RETE 알고리즘을 사용하는 JESS의 Rule Engine를 적용하였으며, 보정 알고리즘과 더불어 전용의 전방향 추론엔진을 이용하여 피뢰기의 열화상태를 진단하도록 구성하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-B-138)주관으로 수행된 과제임.

〔참 고 문 헌〕

- [1] S.Shirakawa, et al., "Maintenance of surge arrester by a portable arrester leakage current detector", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.3, No.3, pp.998~1003, 1988.
- [2] J.Lundquist, et al., "New method for measurement of the resistive leakage currents of metal-oxide surge arrester in service", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.5, No.4, pp.1811~1822, 1990.
- [3] Gyung-Suk Kil, et al., "Measurement Method of the Resistive Leakage Current for Lightning Arrester Diagnosis", KIEEME Transactions on Electrical and Electronic Materials, Vol.6, No.2, pp.63~66, 2005.
- [4] 길경석, 한주섭, 송재용, 서황동, 문승보, 박태곤, "온도측정에 의한 산화아연형 피뢰기 진단", 대한전기학회 논문지, 제54C권 8호, pp.361, 2005.
- [5] 김일권, 송재용, 한주섭, 길경석, 류길수, "피뢰기 열화진단에 있어 전원 고조파의 영향과 보정에 관한 연구", 대한전기학회 논문지, 제54C권 11호, pp.493~497, 2005.