

GIS 예방진단시스템 주파수 분석장치 성능개선 및 검증

Performance verification and improvement of the frequency analysis unit for GIS Preventive & Diagnostic Monitoring System

김 원 규* · 김 민 수** · 백 영 식*
(Won-Gyu Kim · Min-Soo Kim · Young-Sik Baek)

Abstract - This paper shows the design improvement and test model of FAU (Frequency Analysis Unit) in PDD (Partial Discharge Diagnosis system) for 800kV GIS (Gas Insulated Switchgear). We found some problems during operation of previous FAU, such as the aging of fiber-optic converter that can cause communication error, the malfunction of signal analysis circuit etc. And then we solved those problems by design improvement and verified the performance through type test. To monitor partial discharge, the performance of UHF sensor is important but the performance of frequency analysis unit is also very important. So we solved communication error, the malfunction of signal analysis circuit and then increased the operation reliability of FAU by improving fiber-optic converter and signal analysis circuit. Accredited testing laboratory carried out the performance verification test according to performance test criteria and procedure of reliability test standards, IEC-60225, 61000 and 60068 etc. We confirmed the test results which correspond with the performance test criteria.

Key Words : GIS, PDMS, PD, UHF (Ultra High Frequency), FAU (Frequency analysis Unit)

1. 서 론

GIS는 송전선로 사고로부터 전력계통을 보호하며 만약 기기에 예상치 못한 이상이 발생하게 되면 전체 전력계통에 매우 심각한 피해를 초래할 수 있다. 그러므로 GIS의 유지보수 및 예방정비는 매우 중요하다. 현재 국내외 발전전소에 설치예정이거나 운용 중인 “변전기기 예방진단 시스템”은 고성능 센서와 신호 처리 및 해석 기술을 이용해서 변전기기의 이상상태 사전 감시, 불시정전 예방, 진단기준치에 따른 유지보수 계획수립, 이상원인 및 이상위치 판단 등을 통한 사고의 재발방지와 신속한 사고복구를 목적으로 하고 있다.[1~3] 특히 부분방전 진단에서는 UHF (Ultra High Frequency) 센서 감도의 개선, 노이즈 필터의 설치, 두 개의 대역으로 분리한 UHF 센서 적용 등 측정 수준의 향상을 위해서 많은 연구들을 지속적으로 수행하고 있으나[4~7] 부분방전 신호를 분석하는 주파수 분석장치에 대한 설계개선이나 연구는 이루어지지 않고 있다. 특히 주파수 분석장치가 설치된 현장의 가혹한 전기적/환경적 영향으로 인한 신뢰성 문제가 빈번하게 발생하여 이에 대한 개선이 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 GIS 부분방전 진단시스템(Partial Discharge Diagnosis system, PDD)에서 UHF 센서의 주파수 신호분석 장치인 주파수 분석 장치(Frequency Analysis Unit, FAU)에서 발생한 문제점들을 분석하고 신뢰성 개선에 필요한 사항들을 도출하여 설계에 반영하고 실제 시스템 제작에 적용하였다. 그리고 개선품에 대해서 공인인증 기관인 KERI (Korea Electrotechnology Research Institute)에서 성능 시험을 수행하였고 그 시험결과가 기술기준에 적합함을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 PDD 구성 및 FAU의 기능

PDD는 GIS에서 발생하는 부분방전을 실시간으로 감시하며 부분방전이 발생할 경우, 발생 위치와 원인을 진단한다. On-line PDD는 부분방전의 원인, 위치, 크기, 위험도 등을 분석/저장/취득하여 신호 취득 장치의 주파수 분석기에 전달한다. 전달된 고주파 신호는 주파수 및 위상의 영역으로 분석되며 DPU(Digital Processing Unit)를 사용하여 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하고 PD 발생유무를 확인한다. 이렇게 변환된 신호는 ethernet 통신을 사용하여 FAU로 전달하여 PD 발생원인, 위치 등을 진단한다. FAU는 외부 제어실 또는 Web을 통해 상시로 데이터를 확인할 수 있도록 분산화 구조로 되어 있다. On-line PDD의 주요구성과 기능은 다음과 같다[8].

- UHF 센서 : GIS의 부분방전이 발생할 경우, 특정 대역의 고주파 신호를 감시
- 신호 취득/분석 장치 : 부분방전 신호를 주파수/위상 영역에서 분석 및 디지털 신호로 변환

† Corresponding Author : Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Kyungpook National University, Korea.
E-mail : ysbaek@knu.ac.kr

* Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Kyungpook National University, Korea.

** Hyosung Corporation Power System Performance Unit

Received : December 18, 2014; Accepted : January 29, 2015

- 진단 해석 장치 : 부분방전의 원인, 위치, 크기, 위험도 등을 분석 및 저장

FAU는 위의 신호 취득/분석 장치에 해당되며 아날로그 부분방전 신호 계측기, 아날로그 입력신호 분석기, 디지털 신호처리유닛, 통신모듈, 전원공급장치 등으로 구성되어 있다. FAU는 그림1의 (a)에서와 같이 PDD의 구성요소 중에서 가교역할을 하는 매우 중요한 하드웨어이다. 그림 1은 PDD 및 FAU의 구성을 나타내고 있다[9].

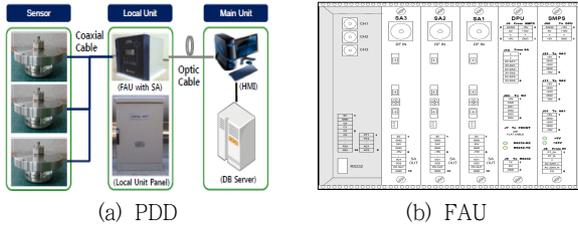


그림 1 PDD 및 FAU의 구성
Fig. 1 The configuration of PDD and FAU

2.2 기존 PDD FAU 문제점 분석

2.2.1 FAU 통신오류

FAU (Frequency Analysis Unit)의 통신모듈중 하나인 광컨버터 열화로 인해 간헐적인 통신알람이 발생하였다. 이에 대한 원인으로는 소자 자체의 열화, 열축적에 따른 광컨버터 데이터 손실을 증가, 외부 서지의 지속적 유입에 따른 소자 소손 등으로 판단하고 있다. 그림 2는 광컨버터 이상으로 인해 HMI 화면에 간헐적으로 통신알람이 발생한 예를 나타낸 것이다.

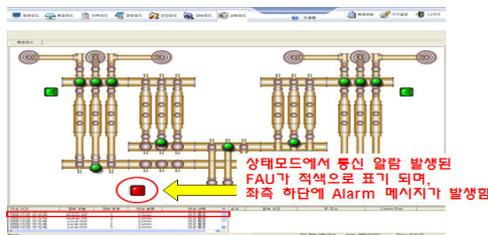


그림 2 FAU 통신 에러 발생 예
Fig. 2 Example of communication error for FAU

2.2.2 신호처리장치 소손

센서 및 동축케이블을 통해 수신된 부분방전 전자파 신호는 S/U(Switching Unit, 신호분배장치)를 통해 S/A (Spectrum Analyzer, 신호분석장치)로 전달된다. S/U 및 S/A의 입력부에는 GIS에 내장된 부분방전 센서 또는 동축 케이블에서 유입되는 노이즈 또는 서지 대비를 위한 보호회로가 적용되어 있으나, FAU 현장 운용 이후 회로의 소자 소손이 빈번하게 발생하여 보호회로의 성능이 실제 노이즈에 비해 낮게 적용된 것으로 판단하고 있다. 입력부로 유입되는 노이즈는 S/U의 입력 부에만 유입될 가능성이 높으나 실제 고장 발생은 S/U 뿐만 아니라 S/A도 빈번하므로 두 장치의 입력부 보호회로 개선 적용이 필수적이다.

2.3 PDD FAU 설계 개선

2.3.1 광컨버터(FOC) 열화 방지

FAU 내부통신 출력을 담당하는 광컨버터의 경우 기존품은 장기간 사용시 열축적 및 열화로 인해 통신불량현상이 발생하여 성능이 보다 우수한 개선품을 선정하여 적용하였다. 개선된 광컨버터

EMC 규격은 표1과 같다.

표 1 개선된 광컨버터 EMC 규격

Table 1 EMC Specification of advanced optical converter

대상	내용
ESD	Air : 8kV, Contact : 6kV
RF Field Susceptibility	10V/m
EFT Burst	2kV (5kHz)
Conducted Susceptibility	10V
Surge Susceptibility	2kV(L-L)/4kV(L-G)
Magnetic Field Immunity	30A/m

개선품에 대한 견전성을 확인하기 위해 실사용 환경을 고려한 DC 과전압시험, IEC 61000-4-4의 EFT/Burst 시험의 규격을 따른 Ripple 전류 시험, IEC 60068-2-78의 고온고습 환경 시험 규격에 따른 온도 특성시험을 진행하였다. 먼저, 과전압 시험은 광컨버터의 제어 전원 DC 24V보다 높은 계획 전압을 인가한 뒤 12시간 지속 동작시키면서 광컨버터의 동작 상태를 관찰하였으며 그 결과는 표 2와 같다. 시험결과와 같이 제어 전압 이상의 과전압 인가 후에도 광컨버터는 정상 동작하여 과전압에 대해서는 충분한 내구성이 있는 것으로 판단하였다.

표 2 광컨버터 과전압시험 결과

Table 2 The result of over-voltage test for fiber-optic converter

입력전압	통신상태			판정
	입력 후	6시간	12시간	
27V	양호	양호	양호	양호
31V	양호	양호	양호	양호
35V	양호	양호	양호	양호

FAU는 변전소 현장의 Local Unit의 금속 외함 내부에 설치되며, 광컨버터는 FAU의 내부에 설치되어 외기보다 높은 온도에서 지속적으로 동작할 것으로 판단되며, 현장 설치된 FAU 내부의 광컨버터의 환경을 재연하기 위해 IEC 60068-2-78 규격을 기반으로 한 고온고습 환경의 온도 특성시험을 실시하였다. 표 3과 같이 온도특성 시험은 FAU 내부(S/A 모듈사이, CPU 표면, FOC 표면) 및 기중에 온도센서를 부착하여 온도시험 챔버에 넣은 후, 광컨버터의 정격온도 사양인 50℃보다 높은 계획온도를 12시간 지속 동작시키면서 광컨버터의 동작상태를 관찰하였으며 그 결과는 표 2와 같다. 즉 광컨버터의 온도는 외부온도에 비해 10℃ ~ 14℃ 높은 값을 보였지만 정격 동작 온도 50℃ 이상보다 높은 70℃에서 12시간 유지하는 경우에도 과열에 대해서는 충분한 내구성이 있는 것으로 판단된다.

Ripple 전류시험은 FAU가 설치된 변전소 현장의 접지 문제로 종종 발생하는 현상인 FAU의 FG(Frame Ground)를 통해 침입하는 Ripple 전류에 의한 FAU 회로의 소손 및 열화 영향을 판단하기 위하여 실시하였다. 그림 3과 같이 FG에 EFT/Burst 신호를 인가하는 방법과 60 Hz, 10 V ~ 20 V 미소 전압을 인가하여 각각 48시간 동안 지속 동작시키면서 광컨버터의 동작 상태를 관찰하였으며, 그 결과 광컨버터는 정상 동작하였다.

표 3 광컨버터(FOC) 온도 시험 결과

Table 3 The result of temperature test for fiber-optic converter

온도구간	챔버 온도 (°C)	센서 온도(°C)				통신 상태
		기준	S/A	CPU (DPU)	FOC	
시험 전(상온, 25°C)	28.8	26.2	39.9	47.1	40.3	양호
50°C - 2시간 경과	49.9	49.5	63.9	67.8	61.6	양호
50°C - 6시간 경과	49.8	49.4	68.0	69.2	62.9	양호
50°C - 12시간 경과	49.9	49.5	67.9	69.2	62.8	양호
60°C - 1시간 경과	59.8	59.4	72.8	76.0	70.3	양호
60°C - 6시간 경과	59.9	59.5	78.0	78.8	72.9	양호
60°C - 12시간 경과	59.9	59.4	77.9	78.8	72.7	양호
70°C - 9시간 경과	69.9	69.6	87.6	88.5	82.5	양호
70°C - 12시간 경과	69.9	69.4	87.8	88.4	82.7	양호

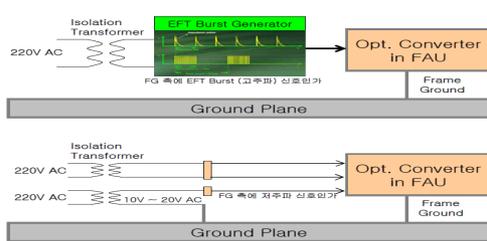


그림 3 광컨버터 Ripple 전류 시험 Layout

Fig. 3 Layout of Ripple current test for fiber-optic converter

상기 기술된 3가지 시험을 통해 개선품 현장 적용성은 확인했다고 판단할 수 있다. 또한 광컨버터의 고장은 단기간 온도/과전압/Ripple 전류 인가가 주된 원인은 아니고 이는 광컨버터에 전원공급을 위한 단자 및 케이블에 장기간의 노이즈 및 서지 유입으로 인한 지속적인 전기적 충격으로 판단하였다. 그러므로 광컨버터의 수명이 단축되는 문제를 차단하기 위한 별도의 보호회로가 없으므로 그림 4와 같이 광컨버터 전원단자 측에 페라이트 비드를 추가하여 평소 운전시 침입하는 노이즈에 대한 내성을 강화하였다

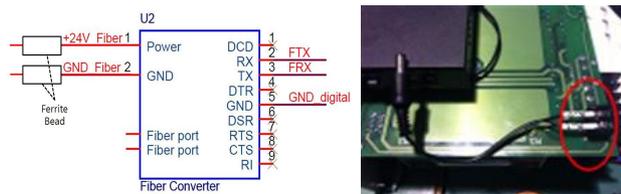


그림 4 페라이트 비드를 적용한 광컨버터 전원단자

Fig. 4 Supply terminal with ferrite bead for fiber-optic converter

2.3.2 신호분석회로 개선

센서로부터 부분방전 신호가 최초로 도달하는 S/U의 기존 보호회로 수준을 파악하여 개선된 설계를 성능시험을 통해 검증하고 동일한 회로를 S/A 입력단에 적용하였다. 기존 S/U의 입력단 보호회로는 그림 5와 같이 노이즈 유입 방지를 위한 단방향 RF limiter용 쇼트키 다이오드를 적용하였으며, 서지 유입시 회로 소손 방지를 위한 ESD 등의 보호소자가 적용되지 않아 내서지 성능이 극히 낮았다.

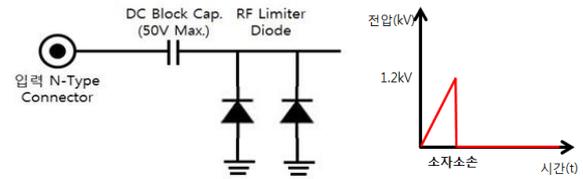


그림 5 기존 S/U의 입력단 보호회로

Fig. 5 Input protection circuit of S/U

아래 그림 6과 같이 기존 S/U의 입력단의 신호-접지 사이에 0V~2kV의 전압을 1분간 순차적으로 인가하는 상용주파 내전압 시험을 실시하고 Signal Generator로 신호를 입력하여 동일 크기의 신호가 출력되는지를 확인하였다.

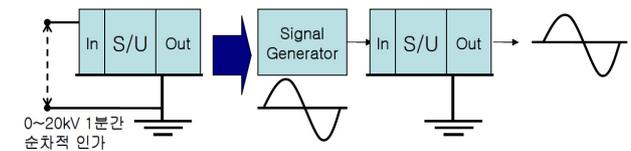


그림 6 기존 S/U 입력단의 상용주파 내전압 시험

Fig. 6 Dielectric withstand at power frequency test of input protection circuit for S/U

시험결과 기존 S/U는 1~1.2 kV 전압 인가 후 신호가 정상적으로 출력되지 않음에 따라 S/U의 내부 회로는 최대 1.2 kV에서 소손됨을 확인하였다. 또한 S/U의 내노이즈 신뢰성을 확인하기 위하여 입력단에 순차적으로 큰 신호전력을 인가하여 S/U의 입력단 소손 여부를 확인한 결과 +35 dBm (3 Watt)의 고출력 신호를 입력하였을 때 최종적으로 입력단이 소손되었음을 확인하였다.

상기 시험을 통하여 노이즈 및 서지에 대한 S/U의 입력단 보호회로의 개선된 설계를 실시하였다. 입력단에 ESD(Electro Static Discharge) chip을 적용하여 서지로부터 회로를 보호하고 DC 차단을 위한 커패시터도 최대 250 V의 DC전압을 견딜 수 있는 커패시터로 교체하였다. 또한 RF limiter diode를 양방향성 쇼트키 다이오드로 교체 적용하여 기존 회로에 비해 서지 및 노이즈로부터 회로 보호 성능을 개선시켰다. 개선된 보호회로는 그림 7과 같다.

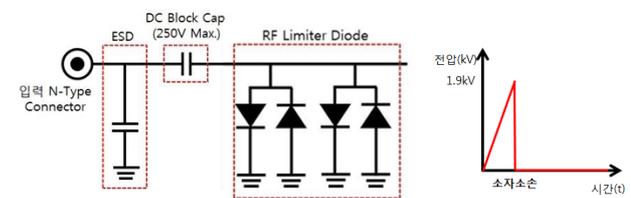


그림 7 개선된 S/U의 입력단 보호회로

Fig. 7 Improved input protection circuit of S/U

S/U의 입력단에 상용주파 내전압 시험을 동일하게 실시한 결과 기존보다 약 60 % 높은 1.9 kV에서 최종 소손되었으며, 높은 크기의 RF신호를 입력단에 인가한 결과 46 dBm (40 Watt)의 신호 인가 시 보호회로가 소손되었음을 확인하여, 기존 보호회로에 비해 노이즈 및 서지에 대한 내구성이 개선되었음을 확인하였다.

표 4 S/U 입력단 보호회로의 노이즈 및 서지 시험 결과
Table 4 The result of noise & surge test of input protection circuit for S/U

시험	시험결과	
	기존 S/U	개선된 S/U
상용주파 내전압	1.2kV max	1.9kV max
RF 입력	35dBm max	46dBm max

2.3.3 전자기 간섭방지 및 접지 개선

FAU 외함 및 내부 구성품들 간 절연강화와 EMI 방지를 위해 서 전원모듈과 아날로그 보드 사이에 차폐판을 설치하였고 외부 노이즈나 서지 유입을 방지하기 위해서 외함 전면부와 frame간 정상적인 접지연결, frame과 신호간 바리스터 소자를 통한 접지 분리로 설계를 보완하였다. 그림 8은 개선된 사항을 나타낸 것이다.



그림 8 절연보강 및 접지 개선된 FAU
Fig. 8 Improved insulation and ground for FAU

표 5 전자기 적합성 시험 항목
Table 5 List of the Electro-Magnetic Compatibility test

시험항목 (EMC/Noise)	기존 조건	신뢰성 개선조건	비고
절연저항측정	-	회로-대지간 10MΩ 이상 회로-상호간 5MΩ 이상 접점 상호간 : MΩ상	추가
상용주파내전압	2kV 제어전원 대지간	2kV 전회로~ 대지간상호간 접점 상호간	강화
노입펄스내전압	5kV 3회 (제어전원-대지간)	사입전압 6kV 5회	강화
EMF배스트내성	제어전원 PT, UHF 인가회로 : 4kV	AC/DC전원 전류 전압 인가회로 접점 인출회로 : 4kV, 통신회로 : 2kV	추가
정전기방전내성	Contact 6kV, Air 8kV	Contact 8kV, Air 15kV	강화
무선주파 방사내성	전계 10kV/m 주파수 80MHz~1GHz (전면조사 시험)	전계 10kV/m 주파수 80MHz~1GHz 1.4~1.7GHz	강화
상용주파 자계내성	-	30A/m 연속 300A/m 3초	추가
펄스자계내성	-	자계 300A/m	추가
감쇄진동과 자계내성	-	자계 30A/m	추가
전압강하, 순시 정전 및 전압 변동 내성	-	IEC 60255-11	강화
제어전원기체	-		
전압강하	DC 100~137.5V		
제어전원 순간	Voltage Interruption Time : 20ms	Voltage Interruption Time : 5, 10, 20, 50, 100, 200ms	
직류입력전원 맥동내성	-	DC 맥동조건 10% 60Hz	추가
상용주파전도성 공통모드 방해 내성	-	사입주파수 60Hz 사입전압 : 공통모드 300V, 차동모드 150V 10초 이상	추가

2.4 강화 혹은 추가된 신뢰성 시험

개선된 FAU는 현장 운영 환경을 반영하여 기존 FAU가 받은 시험 기준에 비해 그 기준을 강화하거나 추가하여 신뢰성 시험을 수행하였다. 표 5 및 표 6과 같이 전자기적합성(EMC) 시험 및 온습도 시험과 관련된 기준을 강화하거나 항목을 추가하여 보다 가혹한 환경에서 기기 신뢰성을 확보 및 검증하고자 하였다. 시험 항목은 한전 구매시방서에 명시된 의무 시험 항목에 따라 선정되었다. 기존 강화된 항목은 기존 FAU가 실시하였던 신뢰성 시험의 국내 기준이 강화되어 재시험을 요하는 항목들이며, 추가된 항목 역시 한전 구매시방서에 새롭게 추가되어 시험 실시를 요하는 항목들이다. 개선된 FAU의 신뢰성 시험에 따른 결과는 각 시험기준을 모두 만족하는 것으로 확인하였다.

표 6 환경시험 항목
Table 6 List of the environmental test

시험항목	기존조건	신뢰성 개선조건	비고	
온습도	고온기동	-	55℃에서 ON/OFF	추가
	저온기동	-	-20℃에서 ON/OFF	추가
	온습도 사이클	55℃ 2사이클	55℃ 6사이클, 70℃ 2사이클	강화
	온도상승	-	Thermocouple별 : 60K 이하 (기준온도 : 20℃)	추가

2.3.1 절연저항측정시험

정격 제어전원(AC 220V) 인가 및 통신 연결상태인 FAU의 제어회로와 접지간 10 MΩ 이상, 전기회로 상호간 5 MΩ 이상의 절연저항이 확보됨을 직류전압 500 V 인가된 절연 저항계로 측정하여 각각 9.999 MΩ 이상임을 확인하였다. 또한 기기의 전기적 손상 또는 오동작 등의 문제없이 정상동작함을 확인하였다.

2.3.2 노입펄스내전압시험

정격 제어전원(AC 220 V) 인가 및 통신 연결상태인 FAU의 제어전원회로와 접지간 및 제어전원회로와 PT회로간에 6 kV의 정극성, 부극성 임펄스를 각 5회 인가하여 시험 중 기계적, 전기적 손상 및 오동작하지 않고 시험 후 정상동작하여야 한다. 시험 결과 이상 없음을 확인하였다.

2.3.3 정전기방전내성시험

정격 제어전원(AC 220 V) 인가 및 통신 연결상태인 FAU에 signal generator로 신호를 인가하여 측정값이 출력되는 상태에서 FAU의 외함에 정극성 및 부극성 접촉방전 8 kV, 기중방전 15 kV의 정전기방전을 인가한다. 순간적인 성능저하는 허용되나 자기회복이 되어야 하고 시험 후 정상 동작함양이 정상 동작 판정 기준이다. 시험 결과 이상 없음을 확인하였다. 그림 9는 정전기방전 내성시험을 나타내고 있다.

2.3.4 무선주파방사내성시험

전계강도는 10 V/m, 인가 주파수는 80 Hz ~ 1 GHz, 1.4 GHz ~ 2.7 GHz, 주파수 변조는 1 kHz 정현파 80% AM, 인가방향은 전면이며 안테나 방향은 수직 및 수평이고 신호 지속시간은 1초이다. FAU에는 정

격제어전원을 인가하고 노트북 PC로 통신을 연결하였다. 판정기준은 시험 중 오동작하지 않고 시험 후 정상동작 유무이다. 개선품 외함에 해당 무선주파수 신호를 인가한 결과 이상이 없음을 확인할 수 있었다. 그림 10은 무선주파 방사 내성시험을 나타내고 있다.



그림 10 무선주파방사 내성시험
Fig. 10 Radiated RF immunity test

2.3.5 상용주파자계내성시험

전류주파수는 60 Hz, 정극성 및 부극성, 자계세기 30 A/m (연속), 300 A/m(3s)로 맞추고 FAU에는 정격제어전원을 인가하고 노트북 PC로 통신을 연결한다. 판정기준은 시험 중 오동작하지 않고 시험 후 정상 동작해야 한다. 개선품에 X, Y, Z 3가지 방향으로 상용주파자계를 인가한 결과 이상이 없음을 확인하였다. 그림 11은 상용주파자계 내성시험을 하는 모습을 나타낸 것이다.



그림 11 상용주파자계 내성시험
Fig. 11 Power frequency magnetic field immunity test

2.3.6 펄스자계내성시험

전류파형의 상승시간은 $6.4 \mu s \pm 30\%$ 이고 하강시간은 $16 \mu s \pm 30\%$ 이며 정극성 및 부극성을 고려한다. FAU에 정격 제어전원(AC 220 V)을 인가하고 노트북 PC로 통신이 연결된 상태여야 한다. 펄스자계는 외함에 X, Y, Z축 방향으로 각각 300 [A/m]의

표 7 펄스자계 내성시험 결과
Table 7 The result of pulse magnetic field immunity test

인가개소	인가전압[V]	인가자계세기[A/m]	결과
외함	220Vac, X축	300	정상
	220Vac, Y축	300	정상
	220Vac, Z축	300	정상



그림 12 펄스자계 내성시험
Fig. 12 Pulse magnetic field immunity test

자계를 인가한다. 판정기준은 시험 중 순간적인 성능저하는 허용하나 자기회복이 되어야 하고 시험 후 정상 동작해야 한다. 시험 결과 이상이 없음을 확인하였다. 아래 표 7은 펄스자계 내성 시험의 결과이며 그림 12는 펄스자계 내성시험을 나타낸 것이다.

2.3.7 감쇄진동과 자계내성시험

진동주파수를 100 kHz와 1 MHz로 두고 반복빈도는 10 회/s 이상 (100 kHz), 400회/s 이상(1 MHz), 감쇄율은 3~6 주기에서 첫 번째 크기의 50 %, 정극성 및 부극성을 고려하고 인가시간은 2 s 이상이다. 감쇄진동과는 FAU의 외함에 X, Y, Z 3축 방향으로 각각 30 [A/m]의 자계를 인가한다. 판정기준은 시험 중 순간적인 성능저하는 허용하나 자기회복이 되어야 하고 시험 후 정상 동작해야 한다. 표 8과 같이 시험결과 이상이 없음을 확인하였다.

표 8 감쇄진동과자계 내성시험 결과
Table 8 The result of damped oscillatory magnetic field immunity test

인가개소	인가전압[V]	인가자계세기[A/m]	결과
외함	220Vac, X축	30	정상
	220Vac, Y축	30	정상
	220Vac, Z축	30	정상

2.2.8 전압변동 및 순시정전시험

시험전압과 그에 따른 지속시간을 변경하면서 전압강하 및 순시정전에 따른 제어회로 이상유무를 판단한다. 시험반복시간은 10 s 이며 판정기준은 시험 중 순간적인 성능저하는 허용하나 자기회복이 되어야 하고 시험 후 정상 동작해야 한다. 시험결과 이상이 없음을 확인하였다. 시험전압과 지속시간에 대한 상세한 사항은 아래 표 9와 같다.

표 9 전압변동 및 순시정전시험 결과
Table 9 The method of voltage dips & short interruption test

	시험전압[V]	지속시간[s]	시험결과
전압변동	0	0.5, 1	정상
	40	12	정상
	70	30	정상
	80	60	정상
순시정전	0	60	정상

2.3.9 고온/저온 기동시험

FAU에 전원 인가하지 않은 상태에서 55 °C의 고온에 8시간



그림 9 정전기방전 내성시험
Fig. 9 Electrostatic discharge immunity test

방치한 후 부팅 시간인 약 30초 간격으로 10회 전원을 On/Off시킨 후 전원 인가 및 통신 연결 상태에서 제품의 동작 이상을 확인한다. 저온기동시험은 -25℃의 저온에서 동일한 시험을 실시한다. 고온/저온기동시험 후 각각 확인시험을 위해 주파수 900 MHz의 신호를 -35 dBm크기로 입력하여 FAU의 출력 확인 결과 정상 동작을 확인하였다.

2.3.10 온습도 사이클 시험

AC전원 인가 및 통신 연결 상태의 FAU를 습도 95%, 온도 55℃의 고온에서 12시간, 상온(25℃)에서 12시간의 1사이클을 총 4회 반복한다. 시험 시간 동안 signal generator로 900 MHz 주파수의 -35 dBm 크기 신호를 지속 입력시키면서 측정값을 관찰하여 문제가 없음을 확인한다. 시험 결과 이상이 없음을 확인하였으며 시험 직후 PD 검출 시험을 실시하여 UHF 센서의 정상 동작을 확인하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 기존에 설치하여 운용 중인 'A' 변전소 800 kV GIS PDD FAU에서 경험했던 통신오류와 신호분석회로 소손에 대한 원인을 분석하고 개선사항들을 도출하고 기존 FAU를 개선하여 강화된 성능시험기준을 만족하는지 여부를 검증하였다. 내구성이 우수한 광컨버터 적용과 전원 입력단에 페라이트 단자를 적용한 보호회로 추가 등을 통하여 FAU의 장기간 사용에 따른 간헐적 통신오류를 해결하였고 과열현상에 대한 내구성을 확인하였다. 내서지 강화 및 S/U 입력단 보호회로 내전압 강화설계를 통해서 신호분석회로에 대한 신뢰성을 개선하였다. 또한 FAU 내부 절연보강, 전자기 간섭방지조치 및 접지 개선 등을 통해서 내서지 및 내압 성능을 강화하였다. 개선된 FAU는 공인시험기관인 KERI에서 신뢰성 시험규격 IEC-60225, 61000, 60068 등에서 제시한 성능시험기준과 절차에 따라 실시하였으며 EMC 시험, 절연/내전압/노이즈 내성시험, 진동/충격 시험, 온/습도 시험 등에 대한 결과는 시험기준에 부합됨을 확인하였다. 본 논문을 통해 개선된 FAU는 'B' 변전소 800 kV GIS 예방진단 시스템에 적용될 예정이며 추후 현장 설치 및 실증시험을 통해 그 건전성을 확인할 예정이다.

References

[1] Jung-Bae Kim, Min-Soo Kim, Won-Pyo Song, Duk-Su Kim, Chan-Seok Jeon, Kyung-Suk Kil, "A Study on the Application of a Monitoring System for Gas Insulated Switchgear", Trans, KIEE, Vol. 51C, No.1 pp. 22~30 January 2002.
 [2] Jong-Tae Shim, "Data Acquisition device for Preventive Diagnosis System", The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.51, No.11, pp 21~27, NOV. 2002
 [3] J.B. KIM, M.S. KIM, K.S. PARK, W.P. SONG, D.S. KIM, G.S. KIL, "Development of Monitoring and Diagnosis

System for SF6 Gas Insulated Switchgear", Conference Record of the 2002 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, pp. 453~456, July 2002.

[4] Won-Gyu Kim, Min-Soo Kim, Young-Sik Baek, "Performance verification and improvement of UHF sensor for the Increase of the Partial Discharge detection reliability", Trans, KIEE, Vol. 63, No.10, pp. 1461~1466, OCT. 2014
 [5] Seung-Min Lee, "A Study of the Method for External Noise Shielding using the GIS UHF Sensor Module Applied to the Partial Discharge Signal Sensitivity and Method of Frequency Transforming in the Internal GIS", Trans, KIEE, Vol. 59, No.4 pp. 728~732, APR. 2010
 [6] Kwang Hwa Kim, Sang Hwa Yi, Jong Ho Sun, Dong Sik Kang, "UHF Partial Discharge Measurement Technology using a Dual Bands Methods to have the Frequency Characteristics in GIS", Trans, KIEE, Vol. 55C, No.3 pp. 127~133, MAR. 2006
 [7] Won-pyo Song, Jung-Bae Kim, Min-Soo Kim, Jae-Ryong Jung, "UHF Narrow Band Type Partial Discharge Diagnosis Method for the Internal Insulation Performance Verification of the Gas Insulated Switchgear", Trans. KIEE, Vol. 54C, No.9, pp. 414~420, SEP, 2005
 [8] Hong-Seok Kim, Jae-Hun Oh, Jung-Ki Hong, "A Development of the Partial discharge Diagnosis for a Gas-Insulated Switchgear using frequency analysis", KIEE summer conference, pp. 39~40, JUL. 2006
 [9] "Electro-magnetic wave partial discharge diagnosis system for GIS and appliance trend", The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 58, No.2, pp. 36~43, FEB. 2009
 [10] IEC 60225, 61000, 60068
 [11] KEPCO GIS PO Specification for PDMS

저 자 소 개



김 원 규(Won-Gyu Kim)

1979년 2월 12일생. 2003년 경북대 전자전 기공학부 졸업. 2005년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년~현재 동대학원 전기공 학과 박사과정. 2004년~현재 (주)한국수력 원자력 한울원자력본부 신한울건설소 근무.



김 민 수(Min-Soo Kim)

1971년 1월 4일생. 1997년 한양대 전기공학과 졸업. 1999년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 ~ 현재 효성중공업 전력PU 부장



백 영 식(Young-Sik Baek)

1950년 7월 8일생. 1974년 서울대 전기공학과 졸업. 1977년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1977년 명지대 전기공학과 조교수, 현재 경북대 전자전기컴퓨터공학부 교수