creative commons

COMMONS DEED

저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000264963
조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2015년 6월 碩士學位論文

2015年 6月
碩士學位論文

가스절연개폐장치(GIS)용 UHF 부분방전검출장치를 통한 유지보수 운영기준 적합성 연구

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

文 基 善

가스절연개폐장치(GIS)용 UHF 부분방전검출장치를 통한 유지보수 운영기준

文基善

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가스절연개폐장치(GIS)용 UHF 부분방전검출장치를 통한 유지보수 운영기준 적합성 연구

An Investigation on Criteria of Maintenance by UHF Partial Discharge Detector for Gas Insulated Switchgear

2015年 6月 日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

文 基 善

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가스절연개폐장치(GIS)용 UHF 부분방전검출장치를 통한 유지보수 운영기준 적합성 연구

指導敎授 李 愚 宣

이 論文을 工學 碩士學位 申請論文으로 提出함.

2015年 6月 日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

文 基 善

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

文基善의 工學碩士學位論文을 認准함

審査委員長 朝鮮大學校 助敎授 김남훈 印

審査委員 朝鮮大學校 敎授 이우선 印

審査委員 朝鮮大學校 工學博士 서길모 印

2015年 6月 日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Ⅰ. 서 론 · 1

Ⅱ. 이 론 · 3

A. 전력설비의 열화진단 ---------- 3

1. 부분방전(partial discharge) 발생과 측정이론 -------- 3

2. 부분방전을 이용한 절연진단 ---------- 5

B. GIS 부분방전 발생원인 및 유형별 특성 ---------- 8

1. GIS 열화원인 ---------- 8

2. 부분방전 특성 및 종류 ---------- 8

3. 부분방전 유형별 파형특성 ---------- 13

Ⅲ. 모델링(Modeling) · · · · · · · · · · · · · · · 25

A. UHF(ultra high frequency) 전자파 검출법 --------- 25

1. GIS 부분방전 진단방법 ---------- 25

2. 전자파 검출법 ---------- 26

3. 오실로스코프를 이용한 부분방전 위치 추정방법 ------ 31

B. On-line 모니터링 시스템 ---------- 32

1. 시스템 구성도 ---------- 32

2. GDAS(GIS data acquisition system)장비 ---------- 34

3. 원격감시스템 운영 ---------- 35

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 결과 및 검토 · · · · · · · · · · · · · · · · · · 41
A. 유지보수 운영기준에 대한 적합성 검토 ---------- 41
1. 측정시기 및 점검 ---------- 41
2. GIS 부분방전 유무 판정기준 운영 ---------- 42
3. GIS 부분방전 유무 판정 운영기준의 적합성 검토 -------- 44
4. 이상징후의 정의 및 범위 ---------- 44
5. 이벤트 발생횟수에 따른 유지보수 메뉴얼 운영기준 설정 --- 46

Ⅴ. 결 론 · 55

참고문헌

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Tables

Table 1. External sensor with built-in sensor comparison · · · · · · · · · 28
Table 2. Select sensor locations by table · · · · · · · · · · · · · · · · · · 37
Table 3. Checkpoint within the sensor measurement value through an on-line monitoring system(normalcy) · · · · · · · · · · · · · · · · · · 37
Table 4. Checkpoint within the sensor measurement value through an on-line monitoring system(abnormal occurrence) · · · · · · · · · · · · 38
Table 5. UHF stations within each sensor pC, PPS status · · · · · · · · 38
Table 6. Quantity of total sensors, total devices and error sensors in the station · · · 39
Table 7. Range and timetable of normal or error in the station · · · · · 40
Table 8. Reference number for judgement in specific abnormal events · · · · 43
Table 9. GIS partial discharge detection sensitivity (KSC IEC-3700) operation organized by reference · 43
Table 10. Event status occurred in 2014 · · · · · · · · · · · · · · · · · · 47
Table 11. Analysis of alarm per event · · · · · · · · · · · · · · · · · · · 48
Table 12. Event occurrence ratio · 48
Table 13. Communication error occurrence ratio · · · · · · · · · · · · · · 49
Table 14. Alarm state change occurrence ratio · · · · · · · · · · · · · · 49
Table 15. Daily report on event occurrence of sensor · · · · · · · · · · · 51
Table 16. Monthly report on station object · · · · · · · · · · · · · · · · 52
Table 17. PPS and pC values in abnormality · · · · · · · · · · · · · · · · 54

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Figures

Fig 1. Schematic diagram of the partial discharge measurement system · · · 4
Fig 2. Corona discharge · 9
Fig 3. Surface discharge · 10
Fig 4. Void discharge · 11
Fig 5. Internal GIS PD type · 12
Fig 6. 3D PRPS of floating electrode discharge · · · · · · · · · · · · · 14
Fig 7. 2D PRPS of floating electrode discharge · · · · · · · · · · · · · 14
Fig 8. 2D PRPD of floating electrode discharge · · · · · · · · · · · · · 15
Fig 9. Basic waveforms of floating electrode discharge · · · · · · · · · 15
Fig 10. 3D PRPS of insulator abnormal discharge · · · · · · · · · · · · 17
Fig 11. 2D PRPS of insulator abnormal discharge · · · · · · · · · · · · 17
Fig 12. 2D PRPD of insulator abnormal discharge · · · · · · · · · · · · 18
Fig 13. Basic waveforms of insulator abnormal discharge · · · · · · · · 18
Fig 14. 3D PRPS of corona discharge · · · · · · · · · · · · · · · · · 20
Fig 15. 2D PRPS of corona discharge · · · · · · · · · · · · · · · · · 20
Fig 16. 2D PRPD of corona discharge · · · · · · · · · · · · · · · · · 21
Fig 17. Basic waveforms of corona discharge · · · · · · · · · · · · · · 21
Fig 18. 3D PRPS of free conductor discharge · · · · · · · · · · · · · · 23
Fig 19. 2D PRPS of free conductor discharge · · · · · · · · · · · · · · 23
Fig 20. 2D PRPD of free conductor discharge · · · · · · · · · · · · · · 24
Fig 21. Basic waveforms of free conductor discharge · · · · · · · · · · 24
Fig 22. Adducts by the PD · 25
Fig 23. Electromagnetic detection (UHF) · · · · · · · · · · · · · · · · 26
Fig 24. External sensor and built-in sensor (Coupler) · · · · · · · · · 27
Fig 25. Coupler response to frequency band · · · · · · · · · · · · · · 29
Fig 26. Sensor sensitivity in 500 ~ 1500 MHz · · · · · · · · · · · · · 30
Fig 27. Partial discharge location estimation using an oscilloscope · · · · 31

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig 28-1. Configuration diagram of remote diagnostic device operating system · · ·

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

An Investigation on Criteria of Maintenance by UHF Partial Discharge Detector for Gas Insulated Switchgear

Moon, Ki-Sun
Advisor: Prof. Lee, Woo-Sun, Ph. D.
Department of Electrical Technology Convergence Engineering,
Graduate School of Industry Technology Convergence,
Chosun University

High voltage and highly-capacitive power have been demanded for electric power facilities in all industrial sectors because of the rapid development in economy. Gas insulated switchgear (GIS) was also replaced with indoor, compact, and closed-terminal types in accordance with emphasis on maintenance, safety and facilitation.

However, the deterioration and internal flaws in GIS facility increases the possibility to bring about the insulation troubles. There is another drawback of the long duration in the accident-restoration caused by the impossibility of verification for the fault section within easy range of a technician in the existing GIS facility. Therefore, the partial discharge (PD) measurment techniques were used in the applied voltage state, which is the examination detection of the electromagnetic waves and ultrasonic waves of the PD originated from the several causes inside the GIS in advance of the troubles. Although several prevention diagnosis techniques were developed using measuring methods and applied to the filed facilities, they had the different the detailed criteria of management between manufacturers of diagnostic equipment, remote diagnostic companies, and principal agents of management as well as the criterion point was not commonly settled in the first judgment of abnormal symptom.

In this thesis, the criterion point of PD detector for GIS was obtained by

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

verifying the huge amount of data in the installed and operated systems under Korea Railroad corporation. An inappropriateness of the same applicable number was studied because the event occurrence of the filed facility was variable in accordance with the installed surroundings. An inadequateness of the criterion, which was fixed in the maintenance manual by the daily occurrence number of the abnormal events, in each level was also investigated.

The criterion point for the judgment on existence/absence of the PD occurrence in GIS was determined with realignment of criterion value through the reflection of the corresponding warning number by detecting pC and PPS values of the ultra high frequency (UHF) sensor in abnormality and the adjacent sensor. As a result, the scientific and systematic judgment of criterion in the maintenance was secured not only to decrease in economic losses by use-suspension of the operating equipments but also to prevent the accidents by the PD in advance.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서 론

경제발전에 따른 산업전반에 전력수요가 급격히 증가함에 따라 전력설비가 대용량화되고 송전전압은 고전압화 되어가고 있다. 특히 대도시 중심의 전력수요 증가에 따라 기존 옥외 철구 형태를 탈피하여 옥내형, 소형화되고 차단용량이 크며 기후의 영향을 적게 받으며 유지보수가 용이한 형태의 변전소가 건설되어왔다. 이 과정에서 기존의 개방형 터미널 형태에서 폐쇄형 터미널 형태인 가스절연개폐장치를 갖춘 변전소로 급속하게 대체되어 왔다.

이로인해 현재 국내에는 20년 이상 지난 GIS(gas insulated switchgear)가 상당수 있으며, 향후 대체설비가 나오기 전까지 노후한 GIS가 사용될 것이다. GIS는 무보수 설계에 따라 20년 이상의 내구성을 보장하지만, 지속적으로 고장이 발생되고 있다.

그로인해 GIS 설비의 노후 및 내부의 결함발생시 절연고장이 일어날 확률이 커질 수 밖에 없고, 고장구간의 육안확인이 불가하여 사고복구 시간이 길어질 수 있다는 단점이 있다. 따라서 GIS 가압상태에서 GIS 내부의 여러원인들에 의한 미소 방전시 발생되는 전자파, 초음파 등을 사전에 검출하여 고장진행을 예측하는 부분방전측정기술(partial discharge measurment technology)을 적용하게 되었다. 특히 부분방전시 발생하는 UHF(ultra high frequency:극초단파) 신호를 측정하는 기법은 부분방전량의 측정 범위가 넓고, GIS 환경에 적합하며 이상 발생위치나 결함원인의 추정이 용이하여 예방진단 기법으로 널리 활용되고 있다.

이와같은 측정기법들을 활용한 여러 예방진단시스템이 개발되고 현장설비에 설치, 운용되고 있으나 진단장비 제작업체 및 원격진단업체 그리고 여러 운용주체마다의 세부적인 운영기준이 상이하고 부분방전 발생전 1차 판단 이상징후에 대한 기준치도 따로 정해져 있지 않는 경우가 많다. 대부분 1차 이상징후 이후 지속적인 증상이 의심되고 추가 발생할 경우 장비업체에서 제공한 부분방전 패턴이나 유형별 파형을 참고하고 원격진단시스템이 설치되어있는 경우 데이터를 보고 제작사에 정밀진단을 요청하고 있는 상황이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

본 논문에서는 한국철도공사에서 다년간 설치 운용중인 원격진단시스템과 관련설비들이 제공하는 여러 데이터를 근거하여, 이벤트 발생변수가 설치된 개소의 주변환경에 따라 다양하기 때문에 동일한 횟수 적용이 적절하지 못하다는 점과 유지보수메뉴얼에서 정한 일일 이벤트 불규칙 발생횟수에 따른 각 단계별 기준값의 부적절함을 연구하고자 하였다. 이에따라 기준값을 재조정하고 이상여부가 감지된 해당 UHF 센서의 pC와 PPS 값 및 인접한 센서의 pC와 PPS 값을 검출하여 경고에 해당하는 횟수만을 반영한 GIS 부분방전 발생 유무 판정을 위한 운영기준을 정의하고자 하였다. 이는 과학적이고 체계적인 유지보수 표준화 정착과 유지보수 및 개량 적정시기 결정 판단에 기여하여 운영중인 기기의 불필요한 사용중지로 인한 경제적 손실발생을 줄임은 물론 부분방전의 발생으로 인한 사고를 사전에 예방 하는 것에 목적이 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 이 론

A. 전력설비의 열화진단

1. 부분방전(partial discharge) 발생과 측정이론

절연재료 내부에서 절연파괴 발생에 앞서 나타나는 국부적 방전을 부분방전이라 하며, 일반적으로 고체나 액체 절연체 내부의 공극(void)에서 발생하는 내부방전(internal discharge)과 다른 종류의 절연체 경계면에서 발생하는 표면방전(surface discharge) 그리고 기체 또는 절연체의 국부방전인 코로나방전(corona discharge) 등의 3가지로 구분된다.

부분방전 발생시 높은 에너지의 전자나 가속이온이 재료의 표면에 충돌하여 물리적, 화학적 변화를 일으키며, 이러한 변화가 축적되면 절연 성능이 저하되어 열화(degradation)현상을 나타내게 된다. 부분방전의 검출은 방전에 수반되는 에너지의 교환현상에 기초하는데, 이 에너지의 교환은 전기적 임펄스 신호, 유전체손, 빛, 소리, 기체압력의 증가 및 화학반응 등의 형태로 나타난다.

부분방전 측정방법 중 가장 널리 사용되며 현재까지 가장 성공적인 결과를 보이고 있는 것이 전기적 신호의 계측을 사용하는 방법이다. 절연체 내부나 경계에서 발생하는 부분방전의 전기적 신호를 검출하기 위한 측정시스템의 개념도는 다음 Fig 1. 과 같다.

시료에서 발생하는 부분방전에 의한 임펄스 전류는 순간적으로 결함 커패시턴스와의 폐쇄회로(closed-loop)를 흐르게 되는데 이 신호를 RC 임피던스나 CT로 측정한다. 측정된 신호는 필터를 거치면서 잡음 성분이 제거되는데 신호들중 시험전원의 주파수 성분이나 불필요한 잡음성분은 고주파필터(high pass filter)를 거치면서 제거되고 이 신호는 다시 Preamp로 증폭되어 A/D변환기를 내장한 데이터 저장장치에 디지털 수치로 저장된다.[9]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

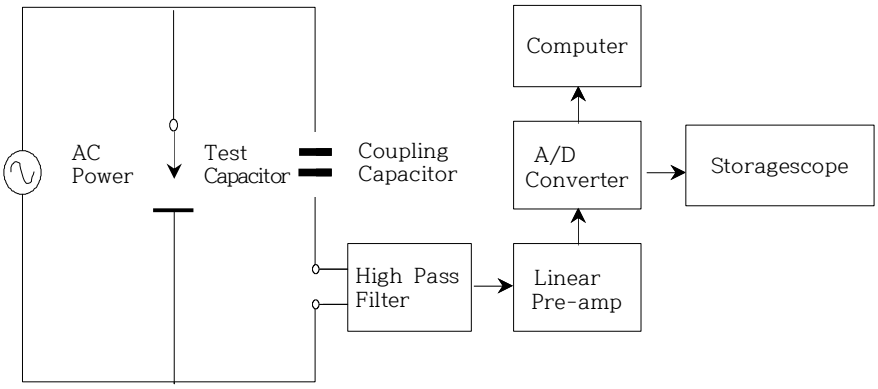


Fig 1. Schematic diagram of the partial discharge measurement system[9]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 부분방전을 이용한 절연진단

a. 예방진단시스템의 도입 및 필요성

대용량 변전기기에서 사고가 발생되면 정전구역이 넓어지고, 전력 공급지장 및 복구비용 상승으로 경제적 손실, 정전으로 인한 생산차질 및 사회에 미치는 심리적 영향이 커지게 된다. 따라서 장기간 운전되는 변전기기의 기능이나 성능을 충분히 확보하여 사고를 미연에 예방하기 위한 보수관리 및 절연 진단의 필요성이 증가하고 있다. 일반적으로 변전기기의 유지보수는 일상순회점검과 정기점검에 의하여 불량개소를 발견하고 보수하는 일정주기에 따른 예방보전을 하였으나, 최근 경제적인 유지보수와 신뢰성 있는 전력공급을 위하여 변전기기의 상태를 점검하여 정비하는 상태점검으로 전환하고 있다.

최근 변전기기의 열화상태를 운전상태에서 상시 감시하여 기기의 상태를 정량적으로 파악하고 기기의 이상징후와 장래에 일어날 사태를 예측하고 여기에 대응한 보수를 실시하는 예방진단 기술이 적용되고 있다. 예방진단시스템은 변전기기의 운전상태에서 이상징후를 온라인으로 상시 감시하여 불시정전을 방지하며, 축적된 데이터로 최적의 유지보수 계획을 수립하고, 고장시 누적된 데이터로 이상원인 및 이상위치를 판정하여 신속히 사고를 복구하는 변전소 자동화 운전에 대응하기 위한 시스템으로 신뢰성 있는 온라인 이상검출 기술을 종합하여 변전소 운영입장에서 시스템화 한 것이다.

일본은 1970년대부터 변전기기의 이상을 진단하기 위한 각종 이상검출 기술을 활발히 연구, 개발하고, 이러한 이상검출 기술들을 종합한 변전 예방진단시스템과 감시제어시스템을 통합한 변전 자동화 시스템을 가장 많이 적용하고 있다. 국내에서는 1980년대 후반부터 변전기기의 예방진단에 관한 연구를 수행하여 왔으며, 변압기를 대상으로 한 온라인 부분방전 측정, 유중가스 자동분석 등 핵심요소기술을 개발하는데 주력하여왔다. 또한 이러한 핵심 요소기술을 종합한 변전 예방진단시스템을 적용하기 위한 노력이 최근 활발히 시도되고 있다.

최근 전력수요의 증가로 인한 전력설비의 고전압, 대용량화 추세로 국내외 변전소에 일반적으로 적용하고 있는 GIS는 20년 이상의 내구성을 보장하는 무보수로 설계가 이루어지지만, 현재 국내에는 20년 이상된 GIS 가 상당수 있으며, 지속적으로 GIS 고장이 발생되고 있다. 이러한 GIS 내부고장은 복구 시간

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이 장시간 소요되며 산업, 경제적 측면에서 볼때 정전으로 인한 경제적 비용이 매우 크게 발생한다.

그러나 SF_6 가스가 절연매체인 GIS 차단기, 모선, 단로기 변성기, 접지장치 등이 밀폐된 금속 공간내에 설치되어 있으며, 신설 및 기존 변전소의 무인화로 인해 기기 운전자가 GIS 내부에서 일어나는 미세한 결함들을 알아내기는 쉽지 않다. 이러한 상황에서 최근의 GIS 보수점검방식이 일정주기에 따른 예방보전(time based maintenance)에서 기기상태에 의한 점검방식(condition based maintenance)이 도입되면서, 변전소 전체의 수명연장과 운전비용 절감에 많은 연구와 노력을 기울이고 있다. 하지만 절연파괴에 따른 고장을 미연에 방지하기 위해서는 아주 특별한 기술을 필요로 한다.

이에 따라 GIS 가압상태에서 GIS 내부의 이물질, 볼트풀림 등에 의한 미소방전시 발생되는 전자파, 초음파 등을 사전에 검출하여 GIS 내부 고장 진행을 예측하는 부분방전측정 기술을 응용하게 되었다.[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

b. GIS내의 부분방전 진단

GIS는 신뢰성이 높고 장수명 및 소형의 장점 때문에 널리 보급되어 사용되고 있으나 주회로부가 거의 밀폐접지된 관로속에 있어 보수점검이 곤란하다. 최근에는 고신뢰성의 요구로 기기의 이상징후를 검출하여 사고나 장애를 미연에 방지하는 이상진단의 필요성이 대두되고 있다.

GIS는 경년열화되는 부분이 적으므로 열화진단의 필요성도 변압기에 비해 적으나 GIS는 사고가 발생하는 경우에는 사고범위가 커지므로 상시감시가 더욱 필요하다. GIS 내부 아크 발생시 현상으로는 충격성 가스압력 상승, 탱크벽의 진동발생과 국부과열, SF_6 가스의 분해가스, 발광, 지락음 등이므로, GIS의 이상을 측정하기 위한 기법도 이러한 이상현상을 이용하고 있다.

그리고 GIS의 절연파괴의 각종 원인은 절연파괴에 이르기 전에 부분방전을 발생하므로 부분방전 신호를 검출하면 GIS의 사고를 미연에 방지할 수 있다. GIS의 부분방전을 직접 검출하는 방법으로는 전기적인 방법과 기계적 방법이 있다. 또한 부분방전에 의해 발생하는 SF_6 가스의 분해 생성물을 검출하는 간접적인 방법도 개발되고 있다. 절연이상의 검출에는 주로 부분방전의 검출법이 사용되고 있다. 부분방전이 발생하는 요인은 절연물 표면 부분방전, 절연물 내부 부분방전, 코로나 방전 및 접촉불량 부분방전이며 이외에 가스중 수분과 진공도 등도 절연기능을 저하시킨다.[9]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. GIS 부분방전 발생원인 및 유형별 특성

1. GIS 열화 원인

GIS의 열화 원인으로는 전계집중으로 인해 방전현상에 의해 발생하는 전기적 열화, 관로내 접점부에서 발생하는 아크열에 의해 기계적 마모를 일으키는 열적열화 그리고 기계적 스트레스로 기기 구성부품들이 고유의 기계적 응력을 잃어 비틀리거나 마모 등의 현상에 의해 발생하는 기계적 열화가 있다.

또한 SF_6가스의 분해, 제어회로 접점열화, 금속표면 부식 등 시간경과나 설치장소의 환경요인 등의 변화에 의해 발생하는 환경적 열화, 그리고 기밀이상, 접촉이상, 절연이상 등에 따른 조작회로 이상, 주회로 열화, 접점수명의 한계도달 조작기구 이상 등에 따른 조작장치 열화와 같은 원인들이 있다.

2. 부분방전 특성 및 종류

전계분포가 균일하지 않은 절연물에 전압을 인가하고 인가전압을 서서히 증가시키면 전계가 집중된 부분에서 전극과 전극이 교락되지 않은 부분적인 방전이 발생한다. 이러한 방전을 부분방전이라 한다. 부분방전이 발생했을 경우 인가전압을 지속적으로 상승시키면 부분방전량이 더욱 증가하여 절연물이 갖는 절연내력의 한계를 넘어서 절연파괴(dielectirc breakdown)에 이르게 된다.

또한 전력기기 내부에서 부분방전이 발생하게 되면 이로 인하여 기계적 성능과전기적 성능이 저하하게 되고, 이러한 열화에 의하여 가연성 가스발생, 기계적 강도 저하, 진동 증가 등이 나타나게 된다.

a. 코로나 방전

전극간의 전위차가 불꽃전압에 도달하면 불꽃방전에 의하여 양전극이 단락된다. 그리고 전극의 모양이 침단, 가는선 등과 같이 국부적으로 전계가 집중되는 경우에는 불꽃전압에 도달하기 이전에 전계가 집중되고 있는 부분에만 먼저 자속방전이 발생하고 다른 부분에는 절연이 파괴되지 않는 상태로 된다. 이와 같은 방전을 코로나(corona) 또는 국부파괴(partial breakdown), 불완전파괴(uncomplete breakdown)라 하고 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

코로나의 상태를 안정히 지속할 수 있느냐 없느냐는 회로의 상황, 특히 전계의 상황에 의존하며, 전극의 크기, 형태, 전극 사이의 거리 등은 코로나의 발생에 대하여 현저한 영향을 미친다. 일반적으로 어느 전극에 전압을 인가하여 그 값을 점점 상승시켰을 때 불꽃이 발생하기 전에 코로나가 안정히 발생하느냐 안하느냐의 조건은 ① 전계의 분포가 심하게 불균일 할 것, ② 코로나의 발생에 의하여 최대전위경도의 값이 감소할 것 등 이다. ① 의 조건은 국부적인 전리현상이 생기기 위하여 필요한 조건이며, ② 의 조건은 코로나가 안정히 존재하기 위하여 필요한 조건이다. 만일 ② 의 조건과는 반대로 국부적인 전리의 발생에 의하여 최대전위경도의 값이 증가한다고 하면 전리는 더더욱 진전하여 순식간에 전극 사이가 도전화하여 불꽃방전으로 되어버릴 것이다. 코로나 방전이 발생하기 쉬운 대표적인 전극의 형상으로는 침-평판 전극, 침-침 전극 등이 있다.[11]

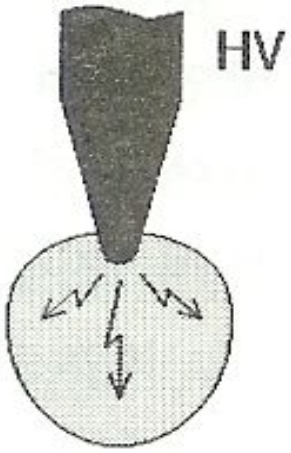


Fig 2. Corona discharge[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

b. 연면 방전

고체 유전체 표면에 Fig 3. 처럼 전극을 위치하고, 전압 인가후 상승시키면 전극단의 전속밀도는 다른 곳에 비해 크므로 여기서 코로나가 발생하고, 전압 상승과 더불어 이 코로나는 고체 유전체 표면에 연하여 진전하며, 이것이 어느 정도에 달하면 불꽃섬락으로 되고, 회로 상태에 따라서 아크까지 발전하게 된다. 이 경우 코로나는 공간에서와 같이 퍼지는 일이 없고, 고체 유전체 표면에 연하여 기어가는 형상처럼 빨리 진전되므로 연면 코로나 방전이라 한다.

연면 코로나 전류는 고주파진동을 수반, 고전압회로의 어떤 곳에서 연면방전이 발생하면 이로 인해 생긴 고주파 진동전압이 교류전압에 중첩하여 전기기기, 케이블, 절연재료 등의 절연물에 과대한 스트레스를 준다.[11]

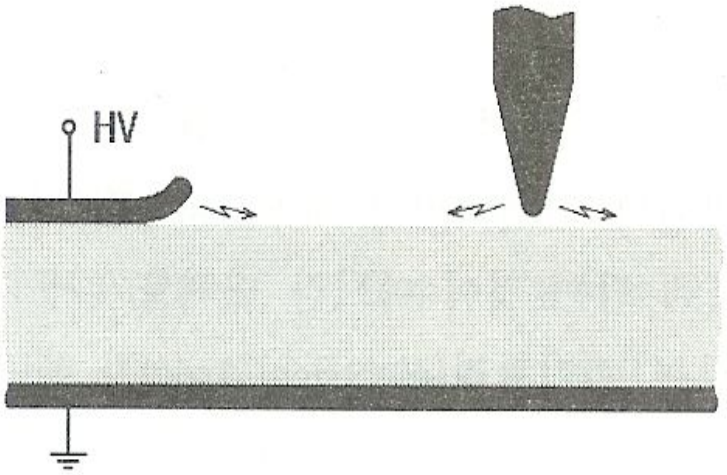


Fig 3. Surface discharge[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

c. 보이드(void) 방전

고체 및 액체 절연물 내부에 기포나 공극(void)이 포함된 경우 고전압이 가해지면, 공극내 유전율이 절연물의 유전율에 비하여 대단히 작게 된다. 따라서 전계가 집중하게 되며, 기체의 절연내력은 고체나 액체에 비하여 낮으므로 공극 내부에서 국부적인 방전이 발생하게 된다. 이와 같이 절연물 내부의 기포나 공극 내에서 일어나는 코로나 방전을 보이드 방전(void discharge)이라 한다. 내부에 유전율이 다른 불순물이 포함되는 경우에도 국부적인 강한 전계가 원인이 되어 절연파괴의 원인이 된다. 케이블과 같은 유침기기에서는 절연물 내부의 공극이 절연파괴 원인의 대부분이다.

또한 보이드 방전은 코로나 방전과 함께 절연물의 표유용량이나 회로정수 등에 의하여 고주파 진동을 발생시키기도 하고, 개개의 방전은 펄스적으로 일어나므로 직접 이들을 측정함에 의하여 공극의 발생을 검지할 수 있다.[11]

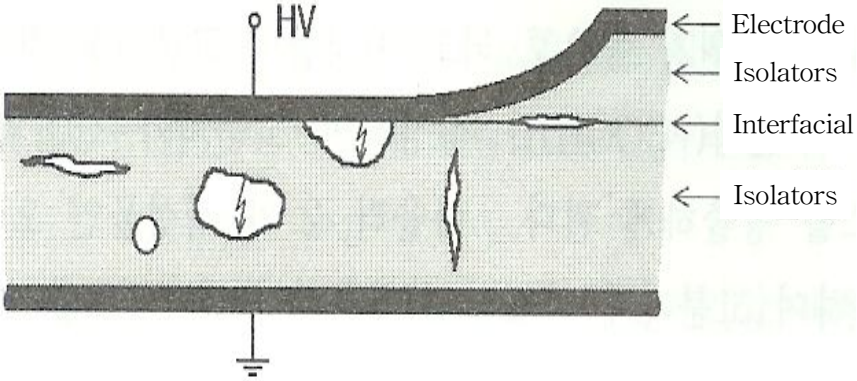


Fig 4. Void discharge[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

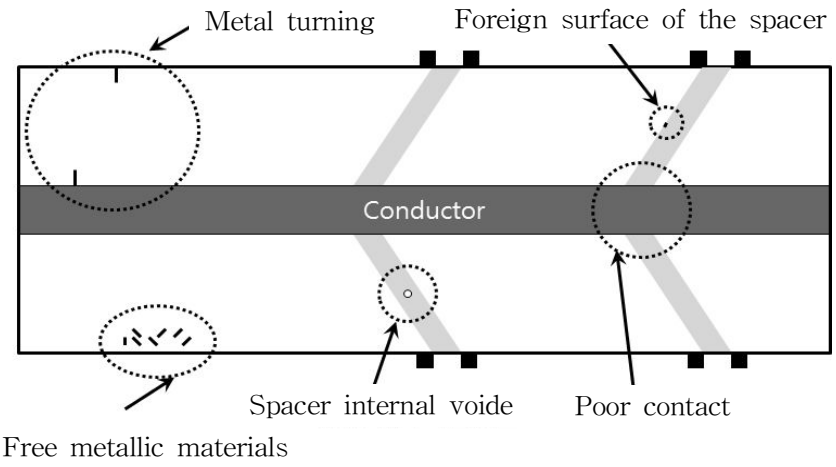


Fig 5. Internal GIS PD type[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 부분방전 유형별 파형특성

a. 부유전극 방전(floating electrode discharge)

절연체내에서 발생할 수 있는 대표적인 부분방전으로 버스바(busbar)와 전기적으로 접속되지 않은 부분을 부유부분 또는 부유전극이라 하는데 GIS에서 버스바 등이 전기적으로 접속되지 않아서 발생되는 방전 유형이다.

0도 기준으로 90도와 270도 부근에서 발생하며 발생빈도는 높다. 사인파의 양의 peak 부분과 음의 peak 부분에서 강하게 발생한다. 또한 파형의 폭이 좁고 산발적으로 발생한다. 파형의 2D 형태가 '八'모양과 비슷하며 파형의 크기는 100[pC] 이상의 매우 큰 크기를 가지는 용량성 방전이 발생한다. 펄스신호가 큰신호가 대부분이다. 신호는 매우 민감한 입력증폭기를 포화시킬 만큼의 Full-Scale 출력을 보인다.[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

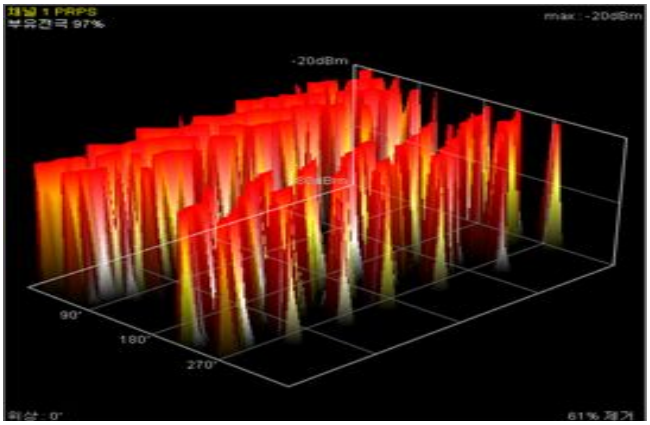


Fig 6. 3D PRPS of floating electrod discharge[7]

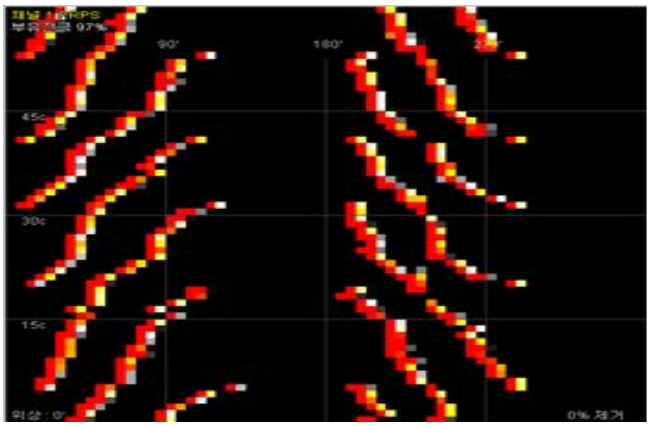


Fig 7. 2D PRPS of floating electrode discharge[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

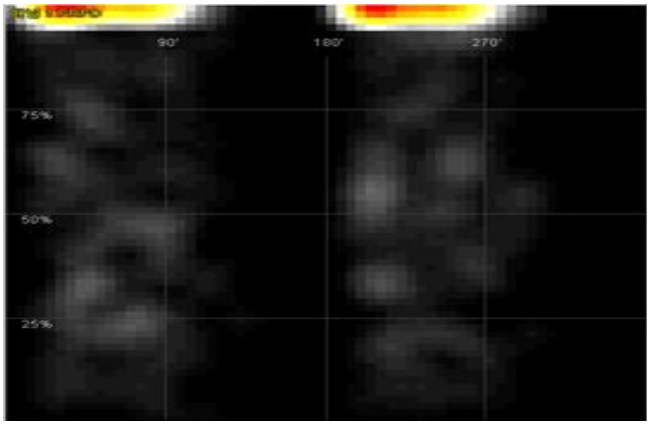


Fig 8. 2D PRPD of floating electrode discharge[7]

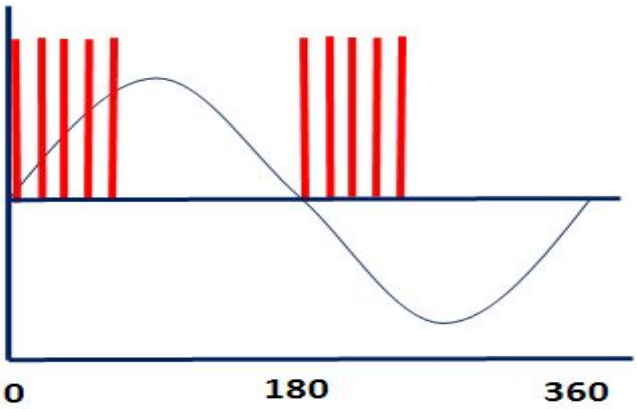


Fig 9. Basic waveforms of floating electrode discharge[1]

* PRPS : phase resolve pulse sequence,
* PRPD : phase resolve partial discharge

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

b. 절연체이상 방전(insulator abnormal discharge)

절연체내에 발생할 수 있는 대표적인 부분방전의 형태이다. GIS 도체 유전체 내에 공극이나 GIS barrier의 표면오염과 같은 형태에서 비롯되는데 절연물 내부에 구멍이 생기거나 균열이 생겨 발생하는 방전 유형으로 0도 기준으로 90도와 270도 부근에서 발생한다. 즉 사인파의 양의 peak 부분과 음의 peak 부분에서 강하게 발생한다. 그리고, 파형의 폭이 좁고 산발적으로 발생하며 펄스신호가 큰신호와 중간신호, 작은신호 등이 섞여서 발생한다.

가장 큰 진폭을 가지는 경우는 전압곡선의 음과 양의 정점에 위치했을 때이다. 절연결함의 특징중 하나는 빈도가 3사분면에서 최대이다.[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

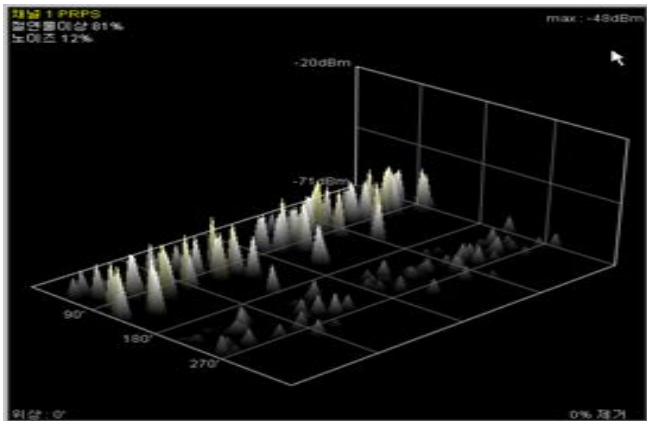


Fig 10. 3D PRPS of insulator abnormal discharge[7]

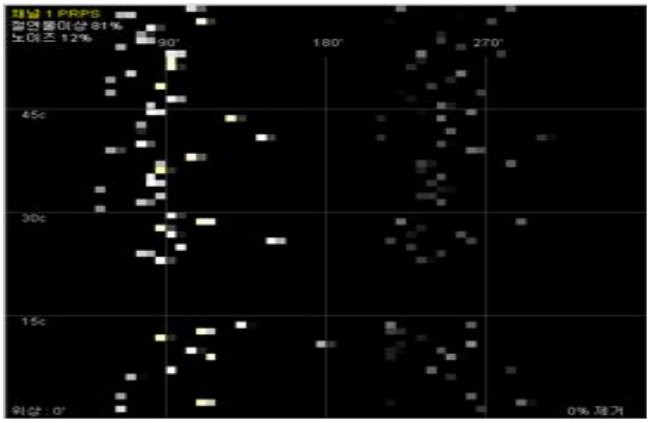


Fig 11. 2D PRPS of insulator abnormal discharge[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

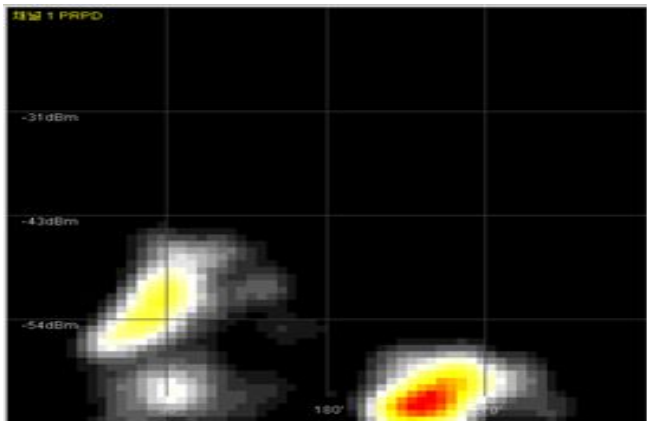


Fig 12. 2D PRPD of insulator abnormal discharge[7]

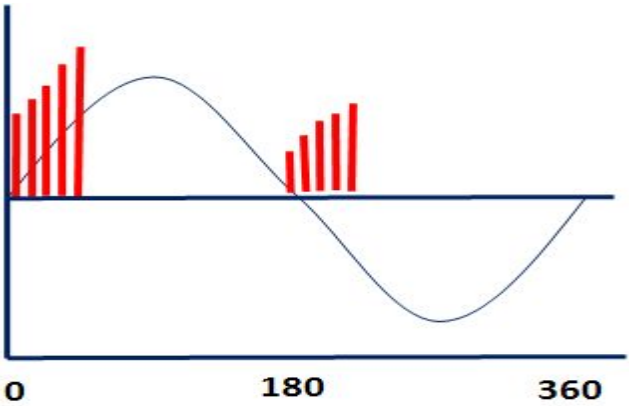


Fig 13. Basic waveforms of insulator abnormal discharge[1]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

c. 코로나 방전(corona discharge)

절연체내에 발생할 수 있는 대표적인 부분방전의 형태로 금속 돌출부 같은 곳에서 전극간 불평등 전계가 심화하여 발생하게 된다. GIS 내에서는 도체 및 외함에 돌기 발생시나 입자(particle)의 도체 및 외함 부착시 발생하게 된다.

0도 기준으로 90도와 270도 부근에서 발생하며 사인파의 양의 peak 부분과 음의 peak 부분에서 강하게 발생한다. 파형의 폭이 넓고 조밀하게 발생하며 파형의 크기는 굉장히 작다. (100[pC] 이상이긴 하지만 저주파 대역 신호가 많고 UHF 대역 신호가 작아 파형의 크기는 작게 관찰된다.)

진행의 첫 단계인 발단기에는 방전이 처음으로 생기기 시작하여 신호는 매우 작다. 버스바 전압이 더 높거나 돌출부가 크면 방전율은 음의 반주기의 더 넓은 영역에 걸쳐 상당히 증가하게 된다. 또한 방전의 2단계인 stremer 라고 불리는 더 큰 방전이 양의 반주기에 나타나게 되는데 보통은 매우 규칙적이기도 한다. 이것들은 크기가 크며 코로나 방전이 심각한 수준에 도달했다는 것과 버스바의 플래시오버가 초래될 수 있다는 사실을 나타낸다. 돌기가 버스바에 부착되어 있는지 챔버에 부착되어 있는지에 따라 버스바 코로나와 챔버 코로나로 나눌 수 있으며 방전형태는 두 가지 코로나가 서로 대칭을 이룬다.[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

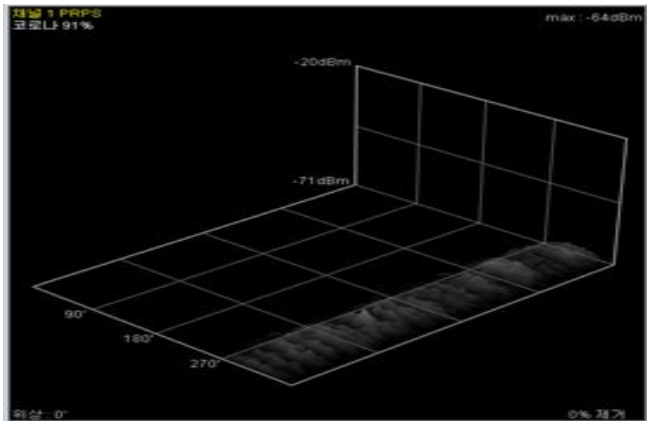


Fig 14. 3D PRPS of corona discharge[7]

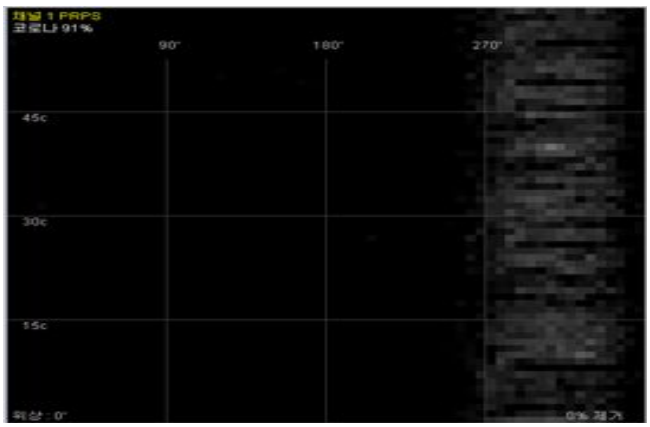


Fig 15. 2D PRPS of corona discharge[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

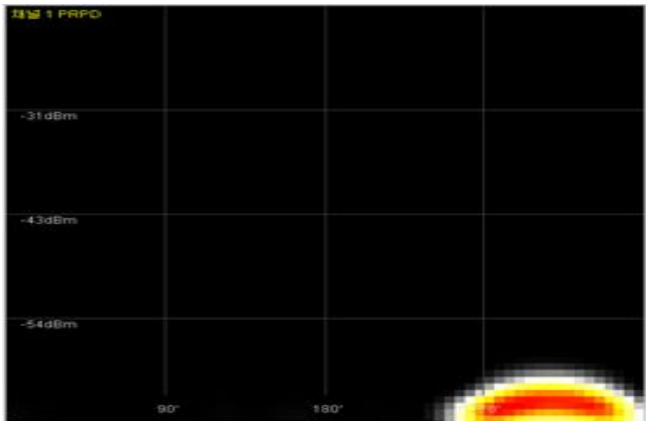


Fig 16. 2D PRPD of corona discharge[7]

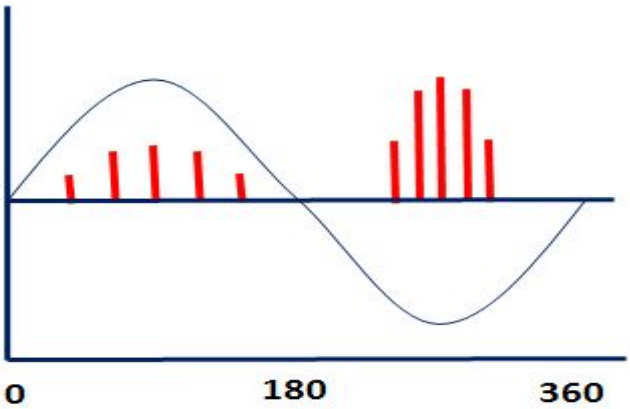


Fig 17. Basic waveforms of corona discharge[1]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

d. 자유도체 방전(free conductor discharge)

GIS 관내 나사, 도체의 부식물 같은 도전성 금속 이물질이 유입되어 이 유입된 입자는 접지된 챔버벽으로 부터 전하를 얻어 내부의 강한 전계의 영향으로 움직이면서 다른 위치로 이동하며 되돌아 올 때 불평등 전계를 발생시켜 방전되기 때문에 주기의 어느 시점에서든 일어날 수 있어 특정한 위상을 가지지 않고 산발적으로 발생한다. 그리고 발생한 값들을 누적하면 절대값을 씌운 사인파형이 관찰된다[7].

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

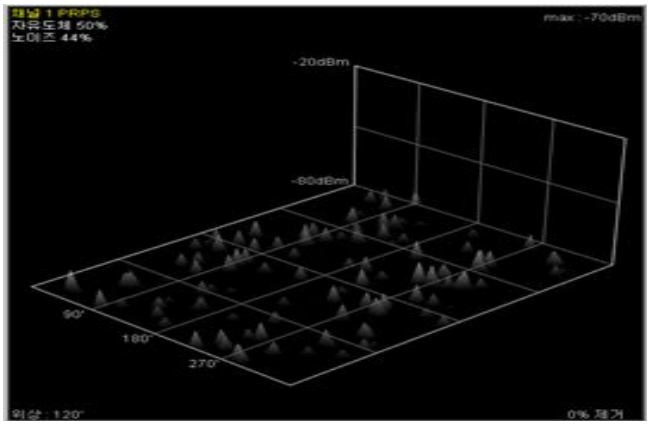


Fig 18. 3D PRPS of free conductor discharge[7]

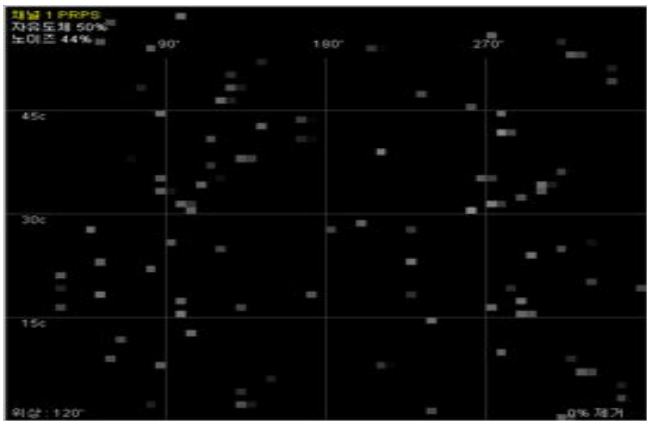


Fig 19. 2D PRPS of free conductor discharge[7]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

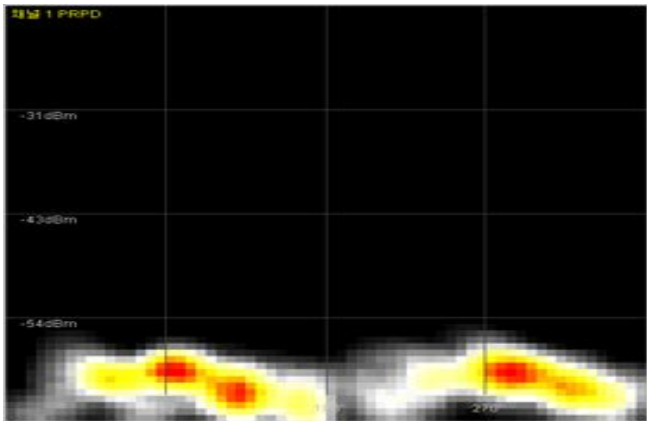


Fig 20. 2D PRPD of free conductor discharge[7]

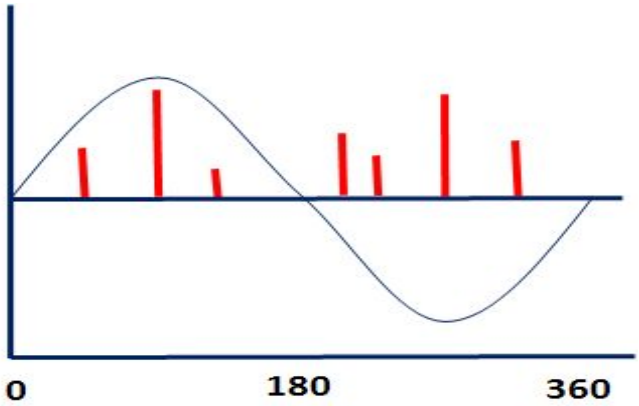


Fig 21. Basic waveforms of free conductor discharge[1]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 모델링(Modeling)

A. UHF(Ultra High Frequency) 전자파 검출법

1. GIS 부분방전 진단방법

GIS 내부 열화로 부분방전이 발생되면 Fig 22. 와 같이 여러 가지의 부가 생성물이 발생되며, 부가 생성물의 특성에 따른 장치를 사용하여 내부 부분방전 진단이 가능하다. 부분방전 진단방법으로는 각 부가 생성물의 특성에 따라 전기적 검출법, 초음파 검출법, 화학적 검출법, 전자파 검출법 등이 있다. 현재 GIS 부분방전 진단방법중에는 UHF 센서를 이용한 전자파 검출법이 주로 가장 많이 활용되고 있다.

전자파 검출법은 다른 검출 방법에 비해 소량의 센서를 사용하여 광범위 측정이 가능하다는 점에서 좋은 장점을 가지고 있으며 위상 패턴 분석이 가능하여 발생 신호(PD)의 종류를 분석할 수 있다.

전기적 검출법은 현장에서 발생되는 외부 노이즈와 내부신호 구분을 위한 차폐처리 기술이 필요하고, 초음파 검출법은 신호전달 범위가 적어 많은 센서를 사용해야 된다는 단점이 있으며, 가스 검출법은 Spacer 마다 검출해야 되는 단점이 있다.[11]

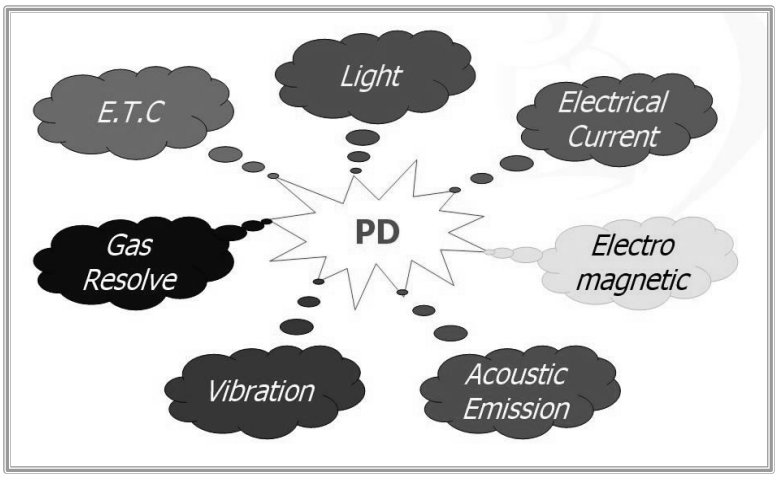


Fig 22. Adducts by the PD[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 전자파 검출법

부분방전시 발생하는 UHF 신호를 측정하여 GIS의 상태를 감시하는 검출법으로 부분방전 검출에 있어서 감도 및 신호/잡음비의 관점에서 우수한 고주파 안테나 센서를 부분방전의 검출에 이용하는 방법이다. 이상발생 위치 및 결함 원인의 추정이 용이하여 GIS 예방진단기법으로 많이 활용되고 있다.

센서를 GIS 내/외부에 설치하고 전자파의 스펙트럼을 측정하여 신호/잡음비가 뛰어난 주파수를 선정하면 현장에서도 수[pC]의 부분방전을 검출 할 수 있다. 부분방전에 의한 전자파의 스펙트럼은 방전전류의 상승시간 및 하강시간 2[ns]이하의 펄스이므로 수백[㎒] 이하에서는 거의 평탄하며, 전자계 신호 크기를 증폭시켜 절연파괴가 진전되는 과정을 검출할 수 있다. 그러므로 주파수 스펙트럼을 분석하여 금속이물에 대한 존재 여부의 확인도 가능하다.

부분방전에 의해 발생하는 전자파는 주파수 대역이 저주파에서 [㎓] 대역의 고주파에 이르기까지 광범위하게 분포되어 있다. 이중 GIS 내에서 부분방전시 발생하는 주파수는 대부분 500 ~ 1,500MHz 이다.

GIS 내부에 자유금속입자나 손상된 전극과 같은 결함으로 부분방전이 발생하면 초고주파 신호가 발생한다. 센서(UHF Coupler)는 이러한 신호(500~1500 MHz) 데이터를 지속적으로 검출하여, Local Unit(OCU)으로 그 신호를 전달하는 장치이다. Fig 23. 는 배관내에서 측정대역내 전자파를 검출하기 위해 설치하는 센서 부착방식을 설명하고 있다.[11]

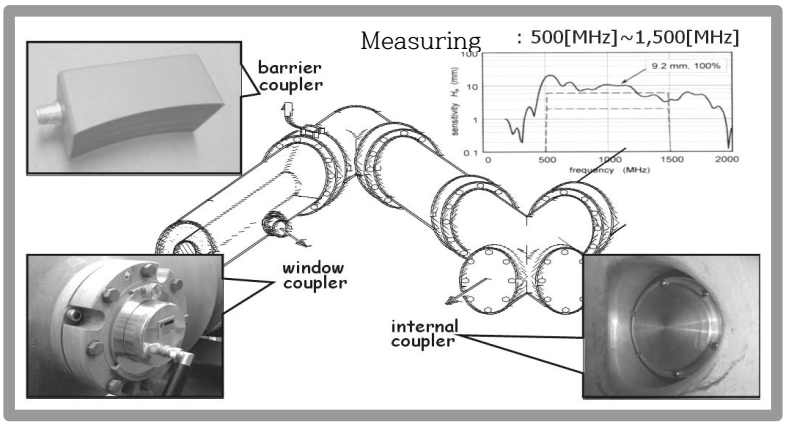


Fig 23. Electromagnetic detection (UHF)[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

센서(UHF Coupler)는 Fig 24. 와 같이 설치 방법에 따라 내장형, 외장형 센서로 구분된다. 내장형 센서는 GIS내부에 센서를 삽입하여 부분방전 신호를 취득하는 방식으로 외장형에 비해 감도가 우수하고, 외부 신호 차폐가 잘된다는 장점이 있으나 센서의 탈부착이 어렵고 고장시 유지보수가 힘들다. 외장형 센서는 내장형 센서에 비해 감도가 낮고 외부 노이즈 신호에 노출이 쉬우나 센서의 탈 부착 및 고장시 유지보수에 용의하다.

외장형 센서는 GIS Spacer에 따라 크게 두 가지로 나뉘어진다. 일반적으로 Spacer는 전체가 에폭시 수지로 이루어진 개방형 Spacer로 센서는 Spacer의 임의의 위치에 고정시켜 신호 취득이 가능하다. Spacer는 개방형으로 센서 설치가 간편하다는 장점이 있지만 외부 노이즈가 많은 장소의 경우 Spacer를 통해 신호 인입이 쉽다는 단점도 있어 설치시 밴드타입의 차폐제와 함께 Spacer 전체를 감싸는 방식으로 설치된다. 반면 Spacer의 외벽은 알미늄으로 구성되어 있고 관찰창을 통해서만 내부 신호 검출이 가능하다. 관찰창의 크기에 맞게 센서를 제작하여 설치하고 센서는 Bay 타입과 BUS 타입으로 그 크기가 다르게 제작된다. Table 1. 은 센서형별 설치위치, 측정감도, 이용성, 유지보수 편리성 등을 비교해 놓은 자료이다.[11]

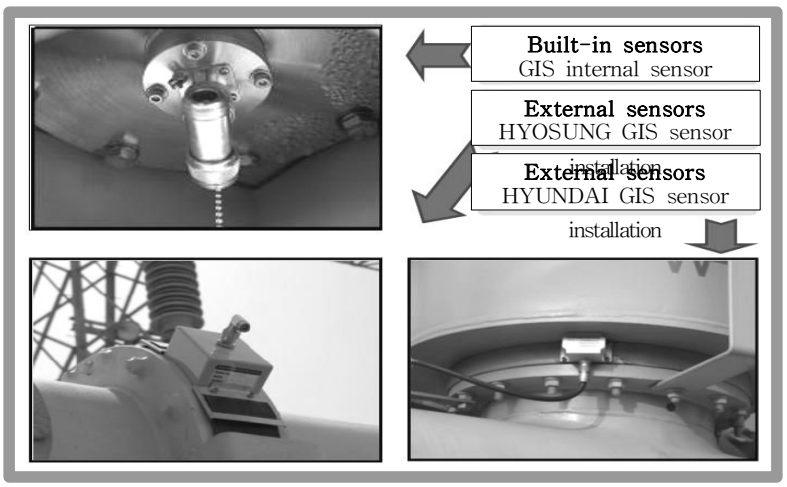


Fig 24. External sensor and built-in sensor (Coupler)[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 1. External sensor with built-in sensor comparison[11]

Items	Built-in sensors	External sensors
Measurement sensitivity	High sensitivity	Low sensitivity
Exterior noise impact	Less noise impact	More noise impact
Installation location	Built-in sensor can be installed anywhere	Spacer (Epoxy materials)
Removable and maintenance	Poor	Good
Equipment availability	New GIS	Existing GIS

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig 25. 는 센서에 네트워크 분석기를 연결하여 주파수별 반사손실 값을 측정한 그래프이다. X축은 주파수 대역을 표시하는데 30MHz부터 시작하여 한 칸당 300MHz로 하여 3GHz까지의 크기를 표시하고, Y축 단위는 가운데가 0[dB]를 기준으로 하여 한 칸당 10[dB]의 크기를 보여준다.

센서의 검출 주파수대역을 측정한 결과 UHF 대역(300~3000㎒)중 센서 취득 주파수 대역(500~1500㎒)에서 Fig 26. 과 같이 반사손실은 20[dB] 이상으로 좋은 출력값을 나타낸다.

GIS 내에 부분방전 현상을 빠짐없이 검출하기 위해서는 센서의 감도뿐만 아니라 센서의 배치가 중요하다. 센서 감도가 우수하면 센서간 배치간격이 넓어도 부분방전 신호검출이 가능하지만 센서감도가 둔하면 센서를 촘촘히 배치해야 한다. 그러나 GIS 형상에 영향을 받기 쉬운 전파손실(감쇄율)로 인해 차단부와 같은 장소에 배치 간격을 작게 하는데에는 한계가 있으므로 GIS 구조와 센서감도, 배치가 적절히 조화를 이루어야 한다.

즉, GIS 각 형상별 전자파 전파손실 크기를 실측하여 데이터를 확보한 후 센서의 감도와 신호케이블의 손실, 신호처리장치의 최소입력크기를 고려해야 한다.[11]

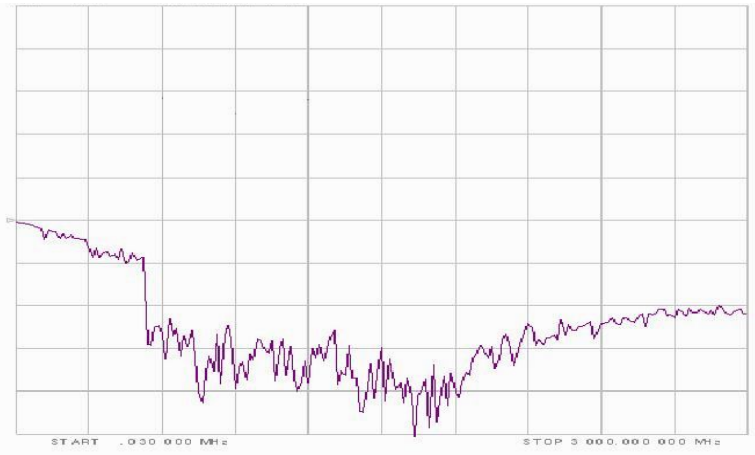


Fig 25. Coupler response to frequency band[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부분방전 진단은 GIS 내부 결함이 있을 경우 결함 원인을 추정할 수 있는 기능을 기본적으로 갖추어야 한다. 이러한 정보는 GIS 내부 정밀점검시 결함원인 및 결함발생 위치파악에 중요한 정보를 제공할 뿐만 아니라 사고로의 진전 가능성과 사고지점을 추정하는 근거 데이터로서 역할을 수행한다. 결함 원인을 추정하는 방법은 많은 제작사에서 다양한 방법들을 사용하고 있으며, 기본적으로 PRPS(phase resolved pulse sequence)와 PRPD(phase resolved peak detect), TREND 분석기법, 통계처리 등을 사용하고 분류방안으로는 인공지능 기법을 적용하고 있는 것으로 알려져 있다.

결함원인 추정과 함께 중요한 것이 결함원의 위치를 정확이 알아내는 것이 중요하다. 이는 방전이 심각한 경우를 제외하고 내부 정밀점검시에 육안으로 확인하기 어려우므로 시간을 다투어 위험요소를 제거하고 계통을 정상화시키는 시간을 최소화해야 한다.

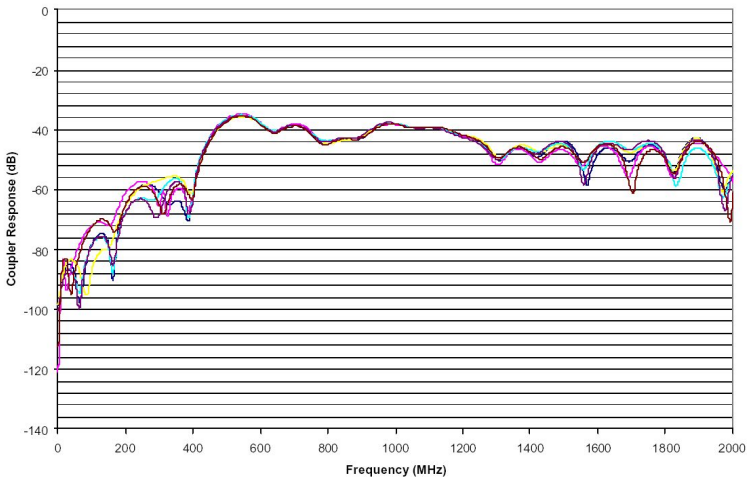


Fig 26. Sensor sensitivity in 500 ~ 1500 MHz[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 오실로스코프를 이용한 부분방전 위치 추정방법

GIS 내부 부분방전이 발생되면 센서를 통해 신호 검출이 가능하다. 검출된 신호 패턴분석을 통해 부분방전 종류 구분이 가능하나 소량의 센서를 이용하여 On-line 상시 감시를 시행함으로 정확한 부분방전 발생 위치 추정은 불가능하다. 정밀진단시 고성능 오실로스코프를 이용하여 부분방전 위치 추정이 가능하다. Fig 27. 의 A1, A2, A3 위치에 UHF Coupler를 설치하여 신호 검출을 하면 신호 검출이 빠른 채널부터 신호 확인이 가능하고, 전자파 신호의 속도는 빛 이동 속도와 같아 계산에 의해 정확한 부분방전 발생 위치를 추정할 수 있다. 시간차를 이용하여 결함의 위치를 찾아내는 방법으로는 Fig 27. 과 같이 2개의 센서에 도달하는 부분방전 신호의 시간차에 전자파 속도(3×10^8m/s)를 적용하여 부분방전위치를 표정하는 방법을 적용하고 있다.[11]

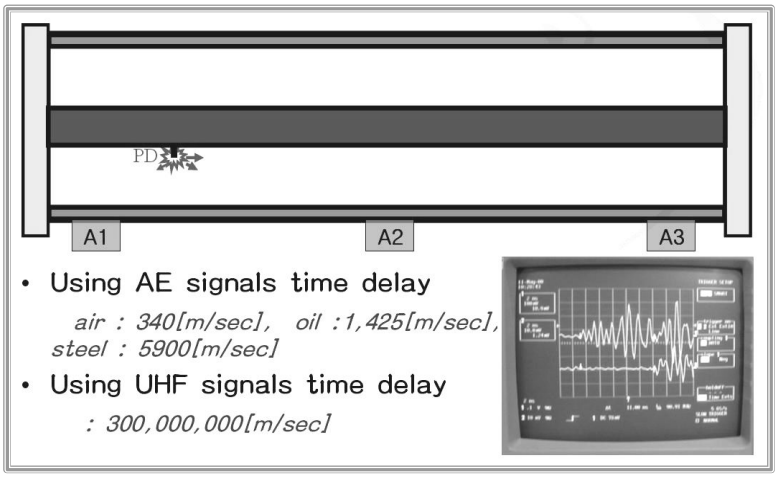


Fig 27. Partial discharge location estimation using an oscilloscope[11]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. ON-LINE 모니터링 시스템

1. 시스템 구성도

현재 운영중인 원격진단장치시스템은 Fig 28-1. 과 같이 구성되어있으며 처리 절차에 따라 진행된다. GIS 내에서 부분방전이 발생하면 내외부에 부착된 UHF 센서는 발생된 전자파의 주파수를 검출하고 이를 데이터 획득장치(DAU) 장치내 RF 신호처리 보드에 전송한 후 전송된 데이터는 디지털 신호처리기 (DSP) 보드에서 정량화 및 정형화된 측정값으로 처리되어 Main unit software pC에서 이벤트 데이터를 분석한 후 저장된다.

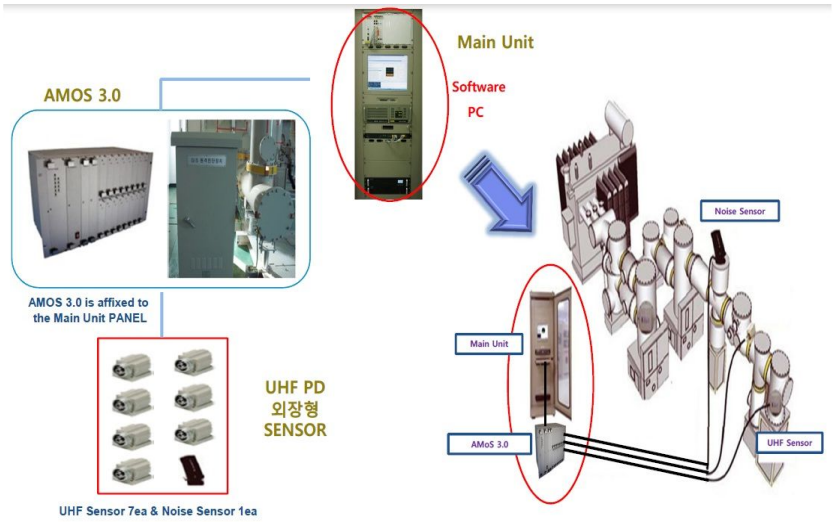


Fig 28-1. Configuration diagram of remote diagnostic device operating system[1]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

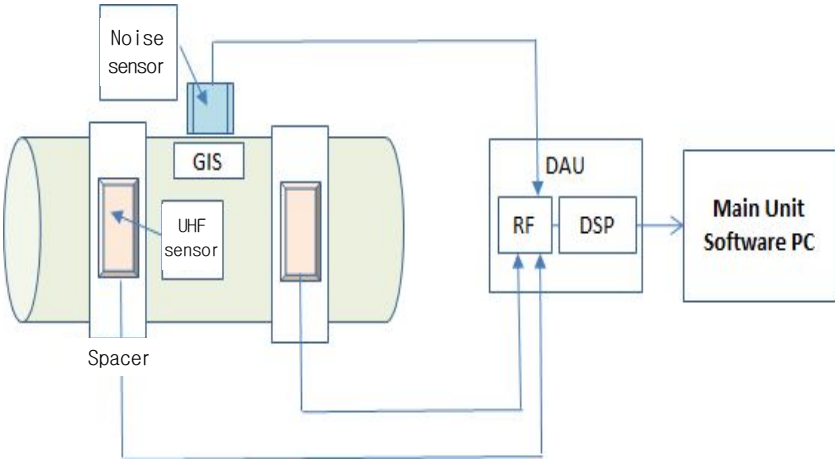


Fig 28-2. Configuration diagram of remote diagnostic device operating system (continued)[1]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. GDAS(GIS data acquisition system) 장비

GIS 배관 스페이서 외곽부분에 설치되는 UHF 센서를 이용하여 주파수 범위가 광범위한 전자파를 검출하는데 이 UHF 센서는 내부에서 발생한 부분방전 또는 전자파의 방전량(pC)과 펄스수(PPS)를 이용하여 상태를 감시하게 된다. 이러한 전자파 펄스를 냉장전극을 삽입하여 스펙트럼 분석장치로 500~1,500 [MHz] 대역의 주파수를 해석하여 신호의 부분방전 유형과 잡음신호 유형을 분류할 수 있도록 소프트웨어가 구축되어 부분방전을 검출한다. 검출된 전자파의 도달시간으로 부분방전 발생위치를 측정하고 데이터를 취합하여 DAU로 보내는 역할을 한다. DAU에서는 장비들로부터 수집된 데이터를 저장, 진단, 가공하여 Modebus TCP 프로토콜로 Main server에 전송한다. 센서를 취부하지 않는 스페이서는 차폐 처리하여 노이즈를 최소화한다.

UHF 센서의 수신감도는 -65[dbm], 5[pC] 이며 통신방식은 TCP/IP, UDP 프로토콜을 적용하고 100Mbps의 통신속도를 가지며 Ethernet 통신을 위한 RJ45 통신포트를 사용한다. 시스템 블록도는 Fig 29. 와 같다.

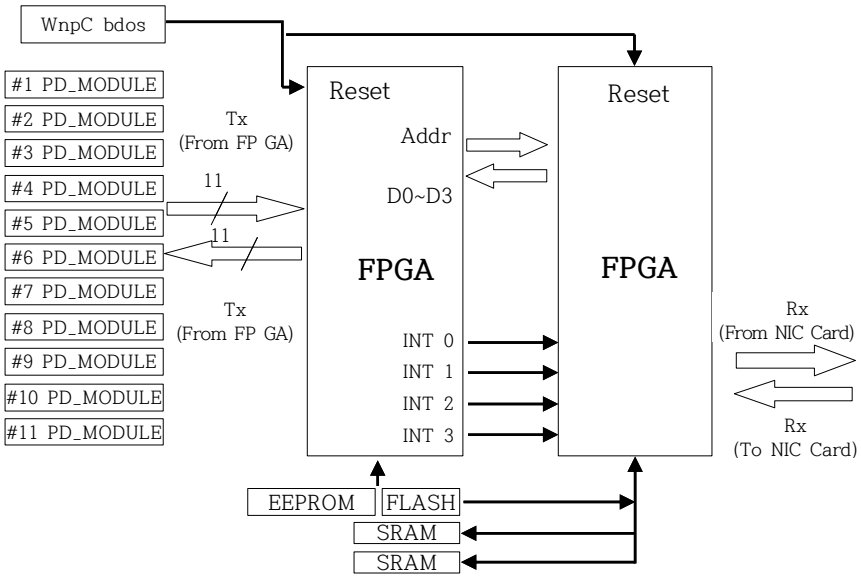


Fig 29. Block diagram of GDAS equipment system[8]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 원격감시시스템 운영

원격감시시스템은 타이틀 메뉴 ① 개소별 탭, ② 측정항목 및 각종 측정값 ③ 모든 이벤트 화면 표시 화면, ④ 이벤트 발생시간 및 상태 등으로 구성되어 있으며 각 구획별 기능은 Fig 30. 과 같다.

각 개소별 센서 설치위치 및 측정값을 한눈에 볼 수 있도록 단선도와 테이블표로 표시하고 있다. 이벤트 발생시 측정치가 기준 이상, 이하 일때 해당센서 표시창 테두리 색이 파란색에서 빨간색으로 바뀐다. 단선도는 개소별 운용중인 장비의 데이터를 실시간 확인 가능하다.

그리고 Table 2. 와 같이 테이블표는 각 센서의 위치 및 명칭표시, 실시간으로 측정되는 데이터 측정값, 실시간으로 측정되는 데이터의 단위 표시, 현재 장치상태 정상, 유무를 표시하는 경보상태 그리고 하한경고부터 상한경고까지 6단계 상태별 값을 표시하는 이벤트 설정값을 보여준다. 보고서 기능은 기간선택, 센서 선택, 장치상태 및 경향정보 추가 등 선택사항 체크후 보고서 생성 기능을 선택함으로써 Table 3. , Table 4. 와 같이 센서 측정값이 정상인지 이상이 발생하였는지 확인이 가능하도록 제공하고 있다. Table 3. 에서 빨간 점선이 표시하는바와 같이 전체 감시시간중 OK 정상값이 100%인 경우이며 Table 4. 에서는 UHF 18센서의 PPS는 5.5%, pC 은 5.9%의 시간동안만 정상값이 유지되었다는 것을 나타낸다.

Table 5. 는 Station 내 UHF 센서별 pC, PPS 상태를 표시하고 있고 Table 6. 은 조회기간중 전체 station 의 전체 센서수, 오류 센서수, 전체 장치수, 오류 장치수를 나타낸다. Table 7. 은 Station 내 장치별 정상, 오류범위 비율 및 시간을 표시한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

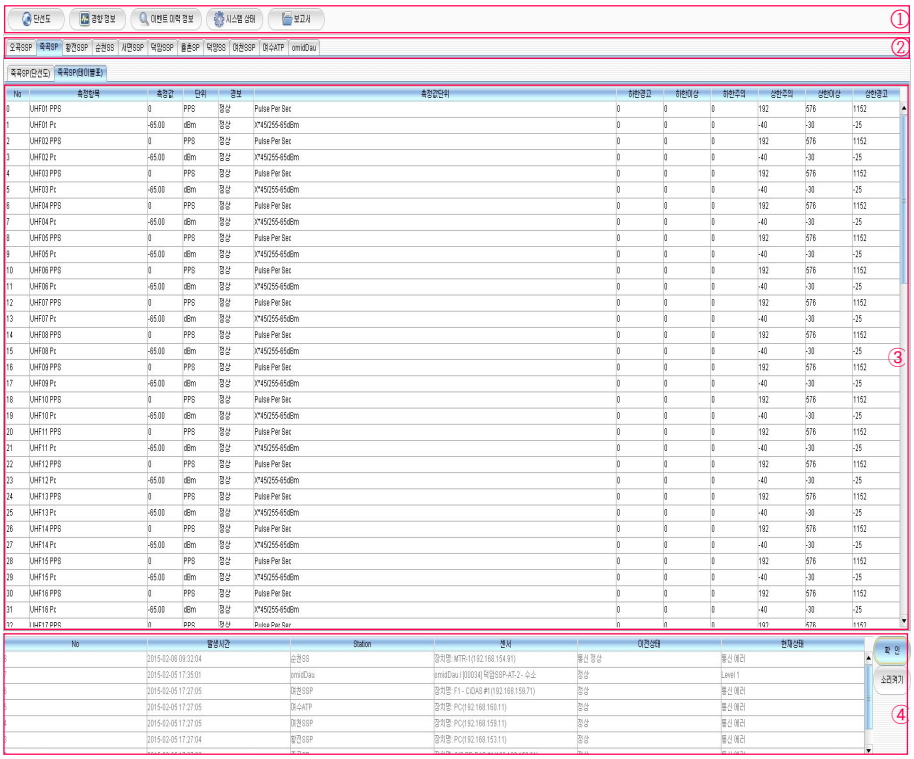


Fig 30. Break even points and compartment system

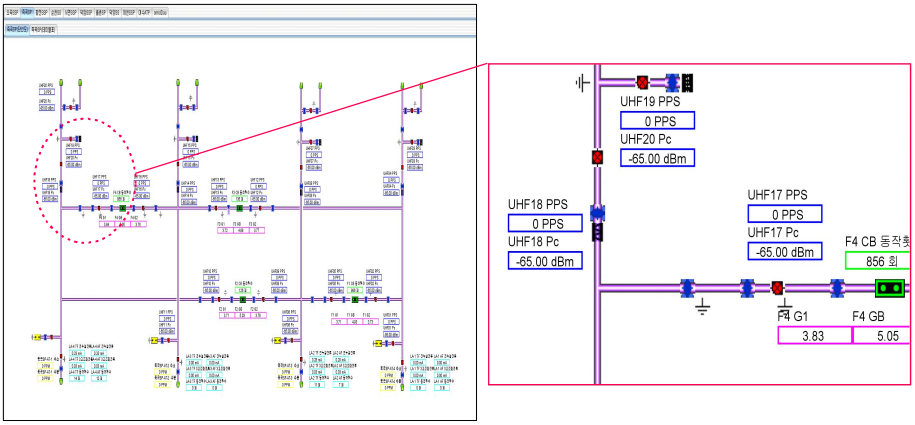


Fig 31. Break even points and sensor position in the system

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2. Select sensor locations by table

오곡SSP | 죽곡SSP | 월전SSP | 금천SS | 시면SSP | 덕암SSP | 풀용SP | 덕정SS | 대전SSP | 대소ATP | crossDau

죽곡SP(단선도) | 죽곡SP(테이블뷰)

No	측정항목	측정값	단위	경보	측정단위	하한경고	하한미상	하한주의	상한주의	상한미상	상한경고
0	UHF01 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
1	UHF01 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
2	UHF02 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
3	UHF02 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
4	UHF03 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
5	UHF03 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
6	UHF04 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
7	UHF04 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
8	UHF05 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
9	UHF05 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
10	UHF06 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
11	UHF06 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
12	UHF07 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
13	UHF07 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
14	UHF08 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
15	UHF08 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
16	UHF09 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
17	UHF09 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
18	UHF10 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
19	UHF10 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
20	UHF11 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
21	UHF11 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
22	UHF12 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
23	UHF12 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
24	UHF13 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
25	UHF13 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
26	UHF14 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
27	UHF14 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
28	UHF15 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
29	UHF15 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
30	UHF16 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152
31	UHF16 Pc	-65.00	dBm	정상	X*45/255-65dBm	0	0	0	-40	-30	-25
32	UHF17 PPS	0	PPS	정상	Pulse Per Sec	0	0	0	192	576	1152

Table 3. Check point within the sensor measurement value through an on-line monitoring system (normalcy)

Point : [00034] UHF18 PPS
Station : 죽곡SP

State	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
Time	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	131.2hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs
Portion	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%

14/11/07 00:00 | 14/11/14 00:00 | 14/11/21 00:00 | 14/11/28 00:00

Point : [00035] UHF18 Pc
Station : 죽곡SP

State	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
Time	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	131.2hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs
Portion	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%

14/11/07 00:00 | 14/11/14 00:00 | 14/11/21 00:00 | 14/11/28 00:00

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Check point within the sensor measurement value through an on-line monitoring system (abnormal occurrence)

Point : [00024] UHF18 PPS
Station : 죽곡SP

State	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
Time	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	29.0hrs	0.1hrs	0.1hrs	497.0hrs
Portion	0.0%	0.0%	0.0%	5.5%	0.0%	0.0%	94.5%

Point : [00025] UHF18 Pc
Station : 죽곡SP

State	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
Time	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	31.2hrs	187.2hrs	305.1hrs	2.1hrs
Portion	0.0%	0.0%	0.0%	5.9%	35.7%	58.0%	0.4%

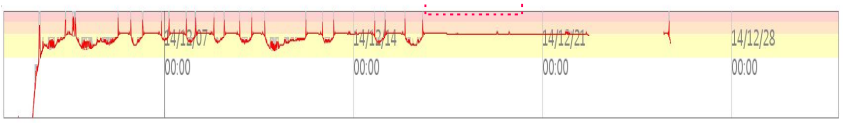


Table 5. UHF Stations within each sensor pC, PPS status

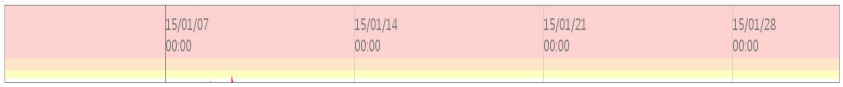
State	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
Time	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	608.8hrs	3.8hrs	0.0hrs	0.0hrs
Portion	0.0%	0.0%	0.0%	99.4%	0.6%	0.0%	0.0%

Point : [00005] UHF03 Pc
Station : 죽곡SP

State	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
Time	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	607.9hrs	4.3hrs	0.0hrs	0.0hrs
Portion	0.0%	0.0%	0.0%	99.3%	0.7%	0.0%	0.0%

Point : [00006] UHF04 PPS
Station : 죽곡SP

State	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
Time	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	612.2hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs
Portion	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%



조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Quantity of total sensors, total devices and error sensors in the station

Station	Total number of sensors	Error number of sensors	Total number of devices	Error number of devices
Okok SSP	48	0	7	7
Juk kok SP	88	7	11	11
Hwangjun SSP	44	4	7	7
Sunchun SS	252	27	26	26
Seomyeon SSP	44	7	7	7
Duykarm SSP	64	0	9	9
Youlchon SP	80	1	11	11
Duckyang SS	246	4	25	25
Yeocheon SSP	44	4	7	7
Yeosu ATP	14	2	4	4
OMID DAU	64	5	0	0
TOTAL	988	61	114	114

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 7. Range and timetable of normal or error in the station

Device name : [00000] DAU (192.168.151.10)
Station name : Okok SSP

Condition	Normalcy	Error
Time	553.8hrs	0.1hrs
Ratio	100.0%	0.0%

Device name : [00001] F1-CIDAS #1 (192.168.151.71)
Station name : Okok SSP

Condition	Normalcy	Error
Time	603.3hrs	0.1hrs
Ratio	100.0%	0.0%

Device name : [00002] F2-CIDAS #2 (192.168.151.72)
Station name : Okok SSP

Condition	Normalcy	Error
Time	hrs	0.2hrs
Ratio	100.0%	0.0%

Device name : [00003] GDAS PD DAS #1 (192.168.151.61)
Station name : Okok SSP

Condition	Normalcy	Error
Time	hrs	0.1hrs
Ratio	100.0%	0.0%

Device name : [00004] AT-1 (192.168.151.91)
Station name : Okok SSP

Condition	Normalcy	Error
Time	hrs	0.1hrs
Ratio	100.0%	0.0%

Device name : [00005] AT-2 (192.168.151.92)
Station name : Okok SSP

Condition	Normalcy	Error
Time	hrs	0.1hrs
Ratio	100.0%	0.0%

Device name : [00006] pC (192.168.151.11)
Station name : Okok SSP

Condition	Normalcy	Error
Time	hrs	0.1hrs
Ratio	100.0%	0.0%

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 결과 및 검토

A. 유지보수 운영기준에 대한 적합성 검토

1. 측정시기 및 점검

측정시기는 별도 지정하지 않고 현장설비에 적합하도록 설정하되 GIS 부분방전진단시스템에서 실시간 수집된 데이터 분석기능과 이벤트 데이터 일일 누적 수치 확인 기능, GIS 이벤트 발생 보고서, 경보 이벤트 알람 등을 통해 시행한다. 일일보고서는 0시부터 24시까지 하루동안의 이벤트 개수를 3시간 단위로 나누어 기록하며, 결함원별(5개)로 구분되어 표시된다. 그리고 소계는 하루동안의 전체 이벤트 개수를 나타낸다. 측정절차 흐름도는 Fig 32. 과 같다.
(①FD:free conductor discharge 자유도체 방전, ②PE:protrusion electrode 돌출전극 방전, ③FE:floating electrode 부유전극 방전, ④DI:defective insulator 절연체 결함, ⑤NS:noise 잡음)

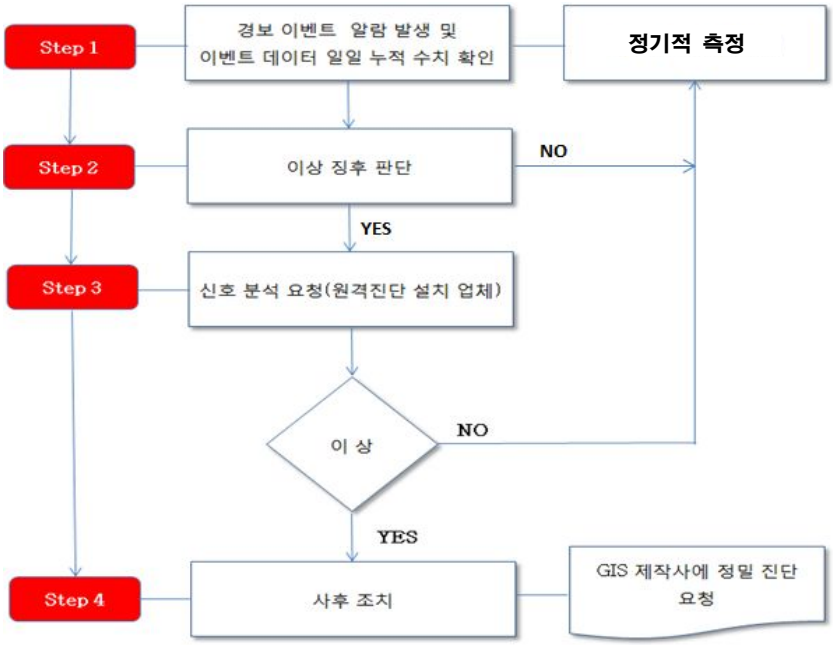


Fig 32. Measurement procedures for daily reports[1]

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. GIS 부분방전 유무 판정기준 운영

GIS 부분방전 유무 판정을 위한 기준 선정은 이상징후의 불규칙시와 규칙시로 나누며 불규칙시에는 이벤트 발생횟수나(한국전력공사, 한국철도공사에서 사용중인 운영기준) 일간 보고서 기준으로 판단(원격진단업체)하며, 조치값 이상 발생시 아황산 가스분석을 시행하고 있다.

한국철도공사에서는 Table 8. 에서와 같이 이벤트 발생횟수별 이상유무 판정 기준값을 설정하여 운영중에 있다.

이상징후 규칙시는 하나의 센서에서 동일유형의 Trend Data가 1시간 이상 지속되는 횟수가 1일 1회 3일 연속 반복될 경우에는 우선 해당 UHF 센서 이상유무로 보고 Main unit 점검 및 유형별 파형을 분석한다. 또한, GIS내 부분방전 검출감도(KSC IEC-3700) 측정항목에 따른 각운영 주최별 기준값은 Table 9. 와 같다.

KSC IEC-3700 GIS 관련 테스트시 5[pC]이하 기준이며 GIS 진단장비 한국철도공사 구매시방 또한 5[pC]이 기준이다.

외장형 센서의 감도는 5[pC] 부분방전발생시 -30[dbm] 이며, 측정장비의 입력범위는 -65 ~ -20[dbm]이다.

주요 운영주최(한국전력공사, 한국철도공사)에서도 부분방전에 대한 기준치는 따로 정해진 것이 없으며, 부분방전 패턴이나 데이터를 보고 판단하고 장비업체에서 제공한 부분방전 유형별 파형을 참고하여 이상징후로 의심시 3일 연속 측정하여 동일유형의 데이터가 1시간 이상 지속될 경우 이상으로 판단하고 제작사 또는 담당부서에 정밀진단을 요청 시행하고 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 8. Reference number for judgement in specific abnormal events[1]

[Unit:count]

Division	TV (target value)	NIV (no intervention value)	AV (alert value)	IV (intervention value)	Remark
Daily (24 hours)	24count below	24count excess ~ 49count below	49count excess ~ 74count below	74count excess	Irregular occurrence

Table 9. GIS Partial discharge detection sensitivity (KSC IEC-3700) operation organized by reference[1]

Reference / Measuring items	IEC etc. Internation standards (publisher presented values)	Korea Electric Power Corporation	Korea Railroad Corporation (support system)
GIS Partial discharge detection sensitivity within (KSC IEC-3700)	5[pC]Below	5[pC] Below	5[pC] Below

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. GIS 부분방전 유무 판정 운영기준의 적합성 검토

앞서 언급한바와 같이 국내 주요 운영주최(한국전력공사, 한국철도공사) 및 관련업체들에서의 GIS 부분방전 유무 판정 운영기준은 1차적인 이상징후 파악에 초점을 맞추고 있으며, 그에 따른 조치를 위해 2차적 판단을 위한 분석을 시행하는 절차로 진행된다. 이때 담당부서와 제작업체에서 정밀진단을 시행하고 있어 유지보수 및 개량 적정시기 결정의 판단착오는 물론 상황에 따라 운영중인 기기의 사용중지로 인한 경제적 손실발생이 우려된다고 할 수 있을 것이다. 이에 현 GIS 부분방전 유무 판정 1차적 이상징후 파악 운영기준의 적합성을 검토하고 대안을 제시하고자 하였다.

4. 이상징후의 정의 및 범위

IEC 등 국제규격, 한국전력, 한국철도공사 등에서 GIS 내 부분방전검출감도(KSC IEC-3700)를 외장형 센서의 감도는 5[pC] 부분방전발생시 -30[dbm] 이하로 정하고 있으므로 부분방전 발생여부 감지를 위해서는 Fig 33. 의 빨간점선과 같이 이상징후로 보기 위한 정의를 -30[dbm] 이하 펄스가 발생할 때라 구체적으로 정의할 필요가 있다.

더불어 아래 5. 이벤트 발생횟수에 따른 유지보수메뉴얼 기준값에서도 거론하겠지만 PPS값에 대한 이상판단 기준이 없는 상태이므로 이부분과 alarm state change 의 H3 범위 상태와 L3 범위를 유지하고 있는 비율 등을 합하여 이상여부를 재 정의할 필요가 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

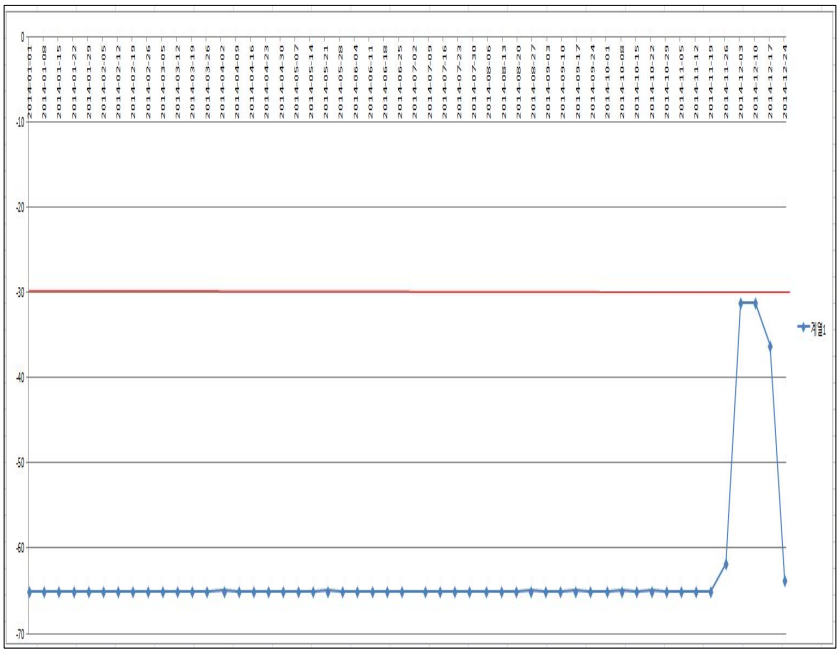


Fig 33. Monthly status of measuring sensor in 2014

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5. 이벤트 발생 횟수에 따른 유지보수메뉴얼 운영기준 설정

유지보수메뉴얼 기준값(TV-목표값, NIV-허용값, AV-경고값, IV-조치값) 설정의 부적절성이다. GIS 설치 목적상 급단전에 따른 투개방이 수시로 이루어지고 낙뢰시 이상전류 유입 등 가압중인 경우 발생하는 이벤트 상황과 가압순간의 상황 등 변수가 달라 동일한 횟수 적용은 적절하지 못하다. 또한 설치된 개소의 주변환경에 따라 변수가 많기 때문이다. 근처 통신사 기지국이 있는곳은 하루에도 수백개씩 발생하는 곳도 있다. 더불어 Table 10. 에서 보듯이 통신에러와 같은 경우도 2014년 한해 연간 571,556건의 이벤트 발생건수중 무려 52.2%인 298,362건이나 발생하였다. 이와 같이 부분방전 사전징후와 관련이 없는 불규칙 이벤트 발생횟수도 유지보수 운영기준값에 포함되다보니 상당수의 관리개소들이 매일 조치값에 해당된다.

Table 11. 을 통해 연간 이벤트 발생 데이터의 또 다른 분석결과에 의하면 38.8%로 최대 이벤트 발생개소인 서면SSP의 경우 alarm state change 발생은 99.89%인 반면 통신에러는 0.11% 인 238건에 불과하다 하지만 alarm state change 발생이 부분방전으로 이어지지는 않았다. 반대의 경우를 살펴보면 서면SSP에 이어 이벤트 발생횟수가 25.29% 로 두 번째 많이 발생한 덕암SSP는 alarm state change는 단 한차례도 발생하지 않았고 모두 통신에러로 나타났다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 10. Event status occurred in 2014

NO	발생일시	STATION	발생장치	이벤트 내용
0	2014-02-04 10:00	오곡SSP	장치명: DAU(192.168.151.10)	통신 에러
1	2014-02-04 10:00	서면SSP	장치명: DAU(192.168.155.10)	통신 에러
2	2014-02-04 10:00	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
3	2014-02-04 10:00	순천SS	장치명: 72.5kV GIS PD DAS #2(192.168.154.62)	통신 에러
4	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: F2 - CiDAS #6(192.168.158.76)	통신 에러
5	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: TS1-M CiDAS #10(192.168.158.80)	통신 에러
6	2014-02-04 10:00	덕암SSP	장치명: AT-2(192.168.156.92)	통신 에러
7	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: TS1-T CiDAS #11(192.168.158.81)	통신 에러
8	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: FZ - CiDAS #9(192.168.158.79)	통신 에러
9	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: 72.5kV GIS PD DAS #2(192.168.158.62)	통신 에러
10	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: F4 - CiDAS #8(192.168.158.78)	통신 에러
11	2014-02-04 10:00	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
12	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: 72.5kV GIS PD DAS #3(192.168.158.63)	통신 에러
13	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: TS2-T CiDAS #13(192.168.158.83)	통신 에러
14	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: TS2-M CiDAS #12(192.168.158.82)	통신 에러
15	2014-02-04 10:00	덕양SS	장치명: F1 - CiDAS #5(192.168.158.75)	통신 에러
16	2014-02-04 10:00	율촌SP	장치명: GIS PD DAS #1(192.168.157.61)	통신 에러
17	2014-02-04 9:59	omidDau	omidDau / [00028] 서면SSP-AT-1 - 수소	Alarm state change [0] -> [3]
18	2014-02-04 10:02	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
19	2014-02-04 10:02	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
20	2014-02-04 10:02	덕암SSP	장치명: AT-2(192.168.156.92)	통신 에러
21	2014-02-04 10:03	덕암SSP	장치명: AT-2(192.168.156.92)	통신 에러
22	2014-02-04 10:03	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
23	2014-02-04 10:03	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
24	2014-02-04 10:10	덕양SS	장치명: F2 - CiDAS #6(192.168.158.76)	통신 에러
25	2014-02-04 10:10	덕양SS	장치명: 72.5kV GIS PD DAS #2(192.168.158.62)	통신 에러
26	2014-02-04 10:10	덕양SS	장치명: FZ - CiDAS #9(192.168.158.79)	통신 에러
27	2014-02-04 10:10	덕양SS	장치명: TS2-T CiDAS #13(192.168.158.83)	통신 에러
28	2014-02-04 10:10	율촌SP	장치명: GIS PD DAS #1(192.168.157.61)	통신 에러
29	2014-02-04 10:10	덕양SS	장치명: 72.5kV GIS PD DAS #3(192.168.158.63)	통신 에러
30	2014-02-04 10:10	오곡SSP	장치명: DAU(192.168.151.10)	통신 에러

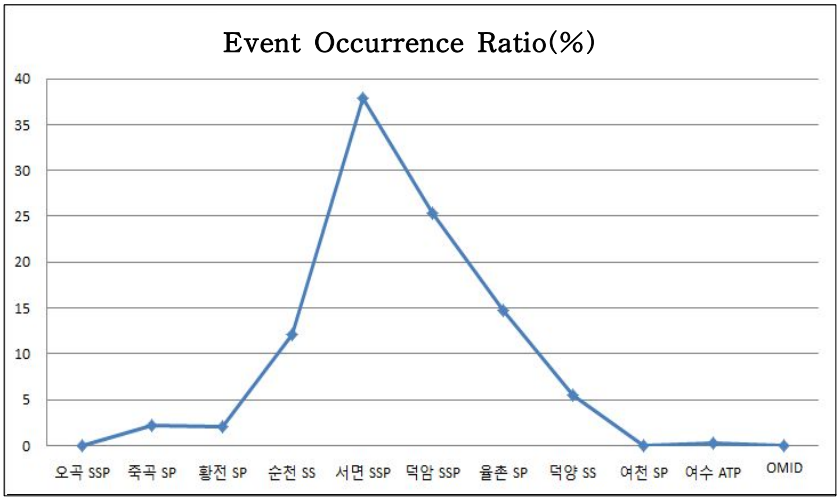
NO	발생일시	STATION	발생장치	이벤트 내용
571531	2014-12-31 23:11	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571532	2014-12-31 23:12	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571533	2014-12-31 23:14	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571534	2014-12-31 23:16	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571535	2014-12-31 23:19	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571536	2014-12-31 23:20	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571537	2014-12-31 23:23	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571538	2014-12-31 23:25	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571539	2014-12-31 23:28	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571540	2014-12-31 23:29	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571541	2014-12-31 23:30	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571542	2014-12-31 23:30	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571543	2014-12-31 23:33	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571544	2014-12-31 23:35	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571545	2014-12-31 23:39	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571546	2014-12-31 23:40	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571547	2014-12-31 23:42	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571548	2014-12-31 23:44	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571549	2014-12-31 23:46	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571550	2014-12-31 23:48	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571551	2014-12-31 23:49	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571552	2014-12-31 23:51	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러
571553	2014-12-31 23:56	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571554	2014-12-31 23:58	율촌SP	장치명: AT-3(192.168.157.93)	통신 에러
571555	2014-12-31 23:59	덕암SSP	장치명: AT-1(192.168.156.91)	통신 에러

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 11. Analysis of alarm per event

Object	Event occurrence		Coummunication error occurrence		Alarm state change occurrence	
	count	ratio(%)	count	ratio(%)	count	ratio(%)
Ohkok SSP	175	0.031	161	92.00	14	8.00
Jukkok SP	12,537	2.193	275	2.19	12,262	97.81
Hwangjun SSP	11,903	2.083	253	2.13	11,650	97.87
Suncheon SS	69,511	12.162	67,849	97.61	1,662	2.39
Seomyeon SSP	216,092	37.808	238	0.11	215,854	99.89
Duckarm SSP	144,559	25.292	144,559	100.00	0	0.00
Yulchon SP	84,129	14.719	84,125	100.00	4	0.00
Duckyang SS	31,001	5.424	576	1.86	30,425	98.14
Yeocheon SSP	163	0.029	155	95.09	8	4.91
Yeosu ATP	1,412	0.247	97	6.87	1,315	93.13
OMID	74	0.013	74	100.00	0	0.00
Aggregate	571,556		298,362		273,194	

Table 12. Event occurrence ratio



조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 13. Communication error occurrence ratio

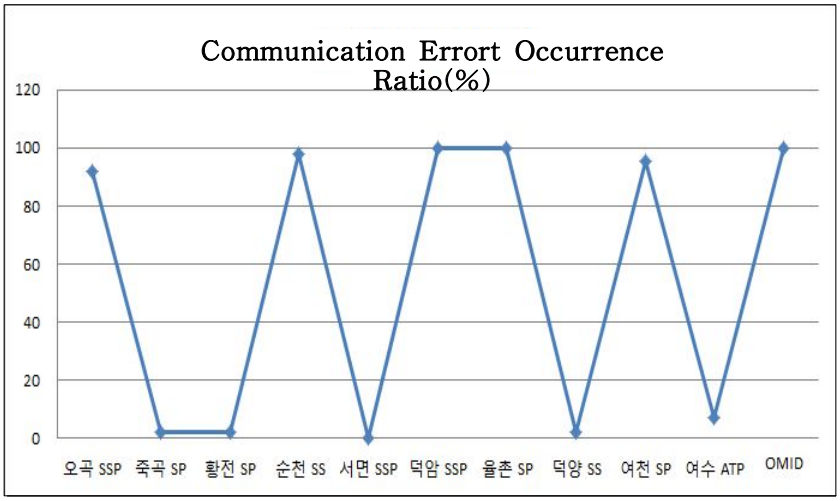
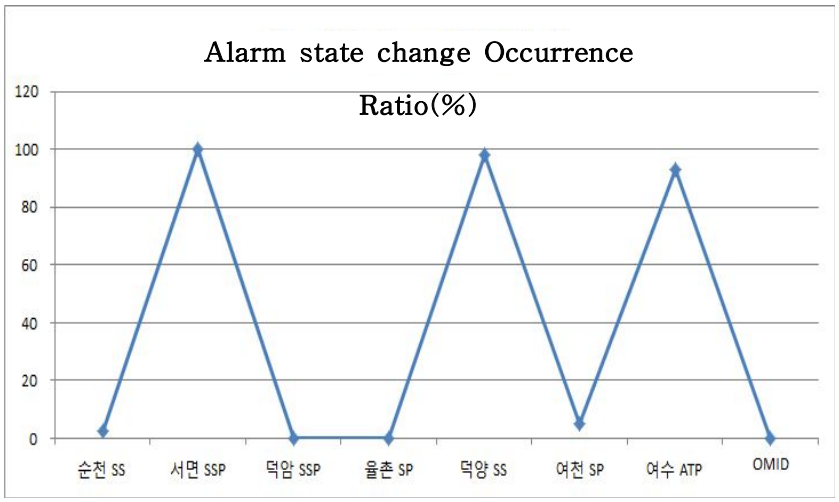


Table 14. Alarm state change occurrence ratio



조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이벤트 발생 내역을 통한 기준값 설정의 부적절성을 거론했다면 이번에는 검지 센서의 pC 값과 PPS 값을 통한 분석내용이다.

Table 15. 에서와 같이 죽곡SP UHF 18 센서의 pC 값에 대한 10시간동안 이벤트 발생 횟수를 보면 무려 123회가 발생되었던 것을 볼 수 있다. 이는 유지보수 기준에 의하면 일일 74회 초과시 해당되는 IV(조치값)에 해당한다. 하지만 이벤트 내용 alarm state change를 보면 1단계에서 3단계 사이, 즉 L3 레벨이하를 넘지 않고 H3 레벨이상을 넘지 않은 정상범위에서의 이벤트 발생 내역이다.

또한 Table 16. station object별 월간 보고서 자료의 초록색 부분의 죽곡SP UHF 18 센서에서 검출된 펄스값인 PPS 자료를 보면 전체기간중 OK 정상에 해당됐던 시간이 40.45%인 247.6hrs 이고 H3 레벨에 해당됐던 시간이 59.55%인 364.5hrs 이다.

그리고 pC 값에 대한 자료를 보면 기준값 5[pC] 인 OK 정상에 해당됐던 시간이 41.64%인 254.9hrs 이고 H2 레벨에 해당됐던 시간이 43.47%인 266.1hrs 이다. PPS가 H3 레벨에서 59.55%인 364.5hrs를 차지하던 때에 pC 값은 가장 작은 0.11%에 0.7hrs를 차지하였다.

즉 PPS가 정상 이상 범위에 있다고 해서 동시간에 5[pC] 부분방전발생시 수신감도 -30dbm이상에 해당하는 pC 값[dbm]이 반드시 함께 높지는 않다는 것이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 15. Daily report on event occurrence of sensor

1	발생시간	STATION	SENSOR	이벤트 내용
2	2014-12-03 7:46	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
3	2014-12-03 7:47	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
4	2014-12-03 7:48	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
5	2014-12-03 7:53	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
6	2014-12-03 7:54	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
7	2014-12-03 7:53	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
8	2014-12-03 7:54	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
9	2014-12-03 7:56	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
10	2014-12-03 7:57	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
11	2014-12-03 7:58	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
12	2014-12-03 7:59	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
13	2014-12-03 8:01	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
14	2014-12-03 8:02	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
15	2014-12-03 8:06	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
16	2014-12-03 8:07	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
17	2014-12-03 8:08	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
18	2014-12-03 8:09	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
19	2014-12-03 8:10	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
20	2014-12-03 8:11	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
21	2014-12-03 8:16	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
22	2014-12-03 8:17	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
23	2014-12-03 8:19	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
24	2014-12-03 8:20	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
25	2014-12-03 8:24	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
26	2014-12-03 8:25	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
27	2014-12-03 8:31	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
28	2014-12-03 8:32	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
29	2014-12-03 8:33	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
30	2014-12-03 9:05	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
31	2014-12-03 9:06	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]

1페이지

1	발생시간	STATION	SENSOR	이벤트 내용
95	2014-12-03 16:02	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
96	2014-12-03 16:03	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
97	2014-12-03 16:12	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
98	2014-12-03 16:13	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
99	2014-12-03 16:26	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
100	2014-12-03 16:27	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
101	2014-12-03 16:29	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
102	2014-12-03 16:30	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
103	2014-12-03 16:40	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
104	2014-12-03 16:41	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
105	2014-12-03 16:51	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
106	2014-12-03 16:52	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
107	2014-12-03 16:53	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
108	2014-12-03 16:54	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
109	2014-12-03 16:56	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
110	2014-12-03 16:57	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
111	2014-12-03 16:58	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
112	2014-12-03 16:59	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
113	2014-12-03 17:00	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
114	2014-12-03 17:01	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
115	2014-12-03 17:02	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
116	2014-12-03 17:04	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
117	2014-12-03 17:05	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [3]
118	2014-12-03 17:06	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [3] -> [2]
119	2014-12-03 17:14	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
120	2014-12-03 17:15	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
121	2014-12-03 17:17	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]
122	2014-12-03 17:18	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [1] -> [2]
123	2014-12-03 17:19	죽곡SP	죽곡SP / [00035] UHF18 - Pc	Alarm state change [2] -> [1]

3페이지

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 16. Monthly report on station object

Station	Total Point	Err Point	Total Device	Err Device
오곡SSP	48	0	7	7
죽곡SP	88	7	11	11
황전SSP	44	4	7	7
순천SS	252	27	26	26
서면SSP	44	7	7	7
덕암SSP	64	0	9	9
율촌SP	80	1	11	11
덕양SS	246	4	25	25
여천SSP	44	4	7	7
여수ATP	14	2	4	4
omidDau	64	5	0	0
11	988	61	114	114

1

☐ Period : 2015/01/01 00:59:59 ~ 2015/01/31/ 23:00:00
☐ Report Type : All station/Monthly reports
☐ Report Generated at : 2015/02/21 14:20:34

Station	Object	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
오곡SSP	DAU(192.168.151.10)				553.8hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
오곡SSP	F1 - CiDAS #1(192.168.151.71)				606.3hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
오곡SSP	F2 - CiDAS #2(192.168.151.72)				553.8hrs	0.2hrs						99.97%	0.03%		
오곡SSP	GIS PD DAS #1(192.168.151.61)				606.3hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
오곡SSP	AT-1(192.168.151.91)				553.8hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
오곡SSP	AT-2(192.168.151.92)				606.3hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
오곡SSP	PC(192.168.151.11)				553.5hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
죽곡SP	UHF02 Pc	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	608.6hrs	3.6hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	99.42%	0.58%	0.00%	0.00%
죽곡SP	UHF03 Pc	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	607.9hrs	4.3hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	99.30%	0.70%	0.00%	0.00%
죽곡SP	UHF04 PPS	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	612.2hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
죽곡SP	UHF04 Pc	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	612.2hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
죽곡SP	UHF06 Pc	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	612.2hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
죽곡SP	UHF18 PPS	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	247.6hrs	0.0hrs	0.0hrs	364.5hrs	0.00%	0.00%	0.00%	40.45%	0.00%	0.00%	59.55%
죽곡SP	UHF18 Pc	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	254.9hrs	90.6hrs	266.1hrs	0.7hrs	0.00%	0.00%	0.00%	41.64%	14.79%	43.47%	0.11%
죽곡SP	DAU(192.168.152.10)				606.3hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
죽곡SP	F1 - CiDAS #1(192.168.152.71)				606.3hrs	0.2hrs						99.98%	0.02%		
죽곡SP	F2 - CiDAS #2(192.168.152.72)				583.5hrs	0.9hrs						99.91%	0.09%		
죽곡SP	F3 - CiDAS #3(192.168.152.73)				553.8hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
죽곡SP	F4 - CiDAS #4(192.168.152.74)				553.8hrs	0.2hrs						99.97%	0.03%		
죽곡SP	GIS PD DAS #1(192.168.152.61)				84.3hrs	0.2hrs						99.80%	0.20%		
죽곡SP	AT-1(192.168.152.91)				553.8hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
죽곡SP	AT-2(192.168.152.92)				553.7hrs	0.2hrs						99.97%	0.03%		
죽곡SP	AT-3(192.168.152.93)				606.3hrs	0.1hrs						99.98%	0.02%		
죽곡SP	AT-4(192.168.152.94)				606.3hrs	0.2hrs						99.98%	0.02%		
죽곡SP	PC(192.168.152.11)				553.4hrs	0.2hrs						99.97%	0.03%		
Station	Object	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3	L3	L2	L1	OK	H1	H2	H3
황전SSP	UHF01 PPS	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	717.3hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
황전SSP	UHF02 PPS	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	717.3hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
황전SSP	UHF08 PPS	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	717.3hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.0hrs	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

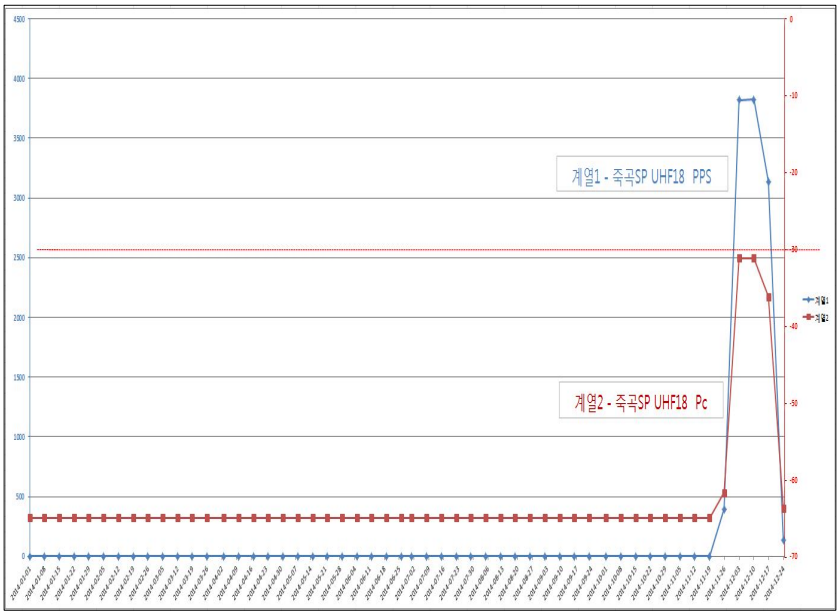
2페이지

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

마지막으로 현재 GIS내 부분방전 검출감도(KSC IEC-3700) 측정항목에 따른 각 운영 주최인 한국전력공사, 한국철도공사 및 IEC 등 국제규격(제작사 제시값)별 기준값은 5[pC]로 정하고 있으나 부분방전 검출시 PPS 기준값은 정하여지지않고 있으므로 수년간 현장에서 운영중 발생한 데이터를 통해 pC값이 -30[dbm]에 근접했을 때 PPS값이 4,000에 가까웠던 Table 17. 의 예를 근거로 이상징후시 PPS의 기준값을 4,000으로 정할 것을 제안한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 17. PPS and pC values in abnormality



조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 다년간 현장에서 운영중인 원격진단시스템과 해당설비 및 시스템의 유지보수과정에서의 운영 데이터를 바탕으로 현 운영기준의 적합성을 검토하고 산업 현장에서의 판단기준의 재정립으로 시행착오를 줄여 진일보한 부분방전 진단 운영 방식을 제안하고자 하였다.

현재 운영중인 부분방전 발생 이벤트 측정시기는 별도 지정하지 않고 현장설비에 적합하도록 설정하되 GIS 부분방전 원격진단시스템에서 이벤트 데이터 일일 누적 수치 확인 가능, 경보 이벤트 알람 등을 통해 확인하도록 하고 있다. 그러나 이 부분들은 시스템이 실시간으로 데이터를 검측하여 온라인으로 제공하고 있으므로 관리자가 수시로 확인할 수 있기 때문에 적합성에 대해 별도 언급할 필요성은 없었다.

하지만 GIS 부분방전 발생 유무 판정을 위한 운영기준 선정은 이상징후 발생시 이벤트 발생횟수의 일간 보고서 기준으로 판단한다. 또한, 조치값 이상 발생시 아황산 가스분석을 시행하도록 하고 있는데 지금까지 연구한 결과를 감안하여 볼 때 운영기준의 적합성에 대한 결론은 다음과 같다.

현재 이벤트 발생 변수가 다양하기 때문에 동일한 횟수 적용은 적절하지 못하다. 또한 설치된 개소의 주변환경에 따라 변수가 많기 때문에 유지보수메뉴얼상에서 정한 일일 이벤트 불규칙 발생횟수에 따른 목표값(TV), 허용값(NIV), 경고값(AV), 조치값(IV)의 횟수는 의미가 없으며 각 값에 해당하는 상황에서 해결을 위한 조치사항이 별도로 없으므로 이상여부가 감지된 해당 UHF 센서의 pC 와 PPS 값 및 인접한 센서의 pC 와 PPS 값을 검출하여 L3(하한경고), H3(상한경고)에 해당하는 횟수만을 반영할 필요가 있다. 즉 경고값인 74회 이상 발생시를 1차 이상징후로 통일하여 판단하며, 동시에 수신감도 -30[dbm] 이하, PPS 4,000이상에 해당하는 값이 발생하는 경우로 정의해야 된다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<참 고 문 헌>

[1] 한국철도공사(전기기술단), “가스절연개폐장치 부분방전 유지보수 정밀진단” 송변전설비 GIS 부분방전 표준화 매뉴얼(K724-4-B307), pp 1-21, 2013.

[2] 한빛 EDS(주), “통합 감시시스템 매뉴얼”, Mar. 2011.

[3] 한국전력공사 전력연구원 구선근외 2, “가스절연개폐장치용 UHF 부분방전 검출장치의 새로운 감도 측정방법”, Trans. KIEE. Vol. 50C, No. 9. SEP. 2001.

[4] 태광이엔씨, DMS, Hitachi, AIA Compact, LAMKE, AIA-1, “예방진단시스템 매뉴얼” “부분방전장비 제작사 매뉴얼”, 2010-2013.

[5] 숭실대학교 곽희로외 4, “대용량 GIS내 고장점 검출을 위한 부분방전 기술 개발”, Nov. 2011.

[6] 한국해양대학교 김민수외 4, “SF_6 가스중 직류 고전압하에서 부분방전 특성” J. KIEEME. Vol. 27. No. 4. pp 238-243. April. 2014.

[7] 한빛EDS(주), “원격진단장치 기본원리 설명서”, pp 1-27, Nov. 2011.

[8] 한국철도시설공단, 하나솔루션, “변전설비 원격진단장치 유지보수 지침서” 원격진단장치 준공도서 제1장, pp 1-113. 2011.

[9] 호서대학교 이준호, 이진우, “대전력기기의 열화진단을 위한 부분방전” 조명・전기설비학회지 Vol. 17, No. 3. pp 59~60, June. 2003.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[10] 일본 오사카대학교 마쓰우라 겐지, “일본에 있어서 전력기기의 절연진단기술” Proceedings of KIEE. Vol. 45, No. 4. pp 30, APR. 1996.

[11] 한국전력공사 전력연구원 윤진열외 3, “GIS 고장예방진단기술”, “GIS용 UHF 부분방전 검출기술”. 2010.

[12] 경상대학교 방만식외 4, “전력설비의 열화 진단을 위한 연면방전 모델에서의 코로나 방전 특성 분석”, J. KIEEME. Vol. 24. No. 4. pp 314-318. April. 2011.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

감사의 글

처음 대학원 석사과정을 시작할 때 만해도 막막하고, 과연 내가 할 수 있을까 하는 심정으로 시작했던 때가 엊그제 같은데 벌써 이렇게 논문을 작성하고 수료를 눈앞에 둔다는게 믿기지 않습니다.
다소 늦게나마 학업을 이어간다고 할 때 묵묵히 지켜봐 주고 수료할 수 있도록 응원해준 아내 이희경, 아들 준석, 딸 정연이와 가족 모두에게도 이글을 통해서나마 감사를 드립니다.

광주, 순천간 먼길을 마다하지 않고 매주 장거리를 오셔서 열정적인 강의를 해주시고 본 논문이 완성되기까지 모든일에 자신의 일처럼 도움을 아끼지 않으신 이우선 교수님, 조금배 교수님, 김남훈 교수님, 최효상 교수님, 서길모 교수님께 다시금 진심으로 감사의 말씀을 올립니다.

더불어 학사일정관리 및 불편한 점이 없도록 관심가져 주시고 도움주신 교학팀 정현숙 선생님 외 조선대학교 직원 분들께도 감사드립니다.

또한, 늦었다고 생각할 때가 결코 늦지 않았다 하시며 독려해 주시고 용기주시며 시작하도록 배려해주신 임동춘 처장님, 박채옥 소장님께도 깊은 감사를 드립니다.

끝으로 그 동안 도움주신 모든분들의 기대에 어긋나지 않도록 여기서 멈추지 않고 보다 더 발전할 수 있도록 더욱 매진하고 꾸준히 노력하여 보다 나은 모습 보여드릴 것을 약속합니다.

모든분들의 건강과 가정의 행복, 하시는 일 성취하시기를 기원합니다.

2015년 6월 어느 여름

문 기 선

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

저작물 이용 허락서

본인이 저작한 학위논문에 대하여 다음과 같은 방법 및 조건하에 대학교에 저작권을 위임할 것을 서약합니다.

1. 인터넷 및 온라인 서비스와 아카이빙을 위하여 저작물의 내용을 변경하지 않는 편집상 혹은 포맷상의 변경을 통한 복제를 허락함
2. 저작물의 DB 구축과 인터넷을 포함한 정보통신망에 공개하여 논문 일부 또는 전부의 복제·배포 및 전송을 허락함
3. 저작물에 대한 이용 기간은 3년으로 하고 계약 종료 2개월 이내에 별도의 의사표시가 없는 경우 기간을 계속 연장함
4. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판 허락을 하였을 경우 1개월 이내에 소속 대학에 통보함
5. 배포, 전송된 학위논문은 이용자가 다시 복제 및 전송할 수 없으며 이용자가 연구 목적이 아닌 상업적 용도로 사용하는 것을 금함
6. 소속대학은 학위논문 위임 서약 이후 해당 저작물로 인한 타인의 권리 침해에 관하여 일체의 법적 책임을 지지 않을 것을 확인함
7. 소속대학의 협약기관 및 한국교육학술정보원에 논문 제공을 허락함

동의여부 : 동의(○) 조건부 동의( ) 반대( )

※ 조건부 동의 및 반대인 경우 사유 및 조건을 기재하여 주시기 바랍니다.

사유 :

조건 :

저작자 성명 : 문 기 선

주소 : 전남 순천시 풍덕주택길 96 금호아파트 3동 1105호

(연락처 : 010-9335-1381)

2015년 6월 일

이름 : 문 기 선 (인)

조선대학교 총장 귀하