

GIS에서 주파수 특성을 갖는 이중 대역법에 의한 UHF 부분방전 측정기술

論 文

55C-3-5

UHF Partial Discharge Measurement Technology using a Dual Bands Methods to have the Frequency Characteristics in GIS

金光和[†] · 李相和^{*} · 宣鍾好^{**} · 姜東植^{***}

(Kwang Hwa Kim, Sang Hwa Yi, Jong Ho Sun, Dong Sik Kang)

Abstract - This Paper describes a dual bands PD measurement method which has two different bandwidths. The one bandwidth is 0.5 - 2 GHz and the other is 1 - 2 GHz. This method is used for GIS diagnosis. In the experiment, it shows that the ratios between two PD quantities in dual bands depend on the defect types and gas pressures. The variations of ratios in different pressures are more sensitive than ones in defect types. And These ratios increase with increasing SF6 gas pressures. As these ratios give us additive information of PD we can analyze the defect type as well as risk assessment for the GIS reliably. Therefore the above result shows that these ratios are one of parameters for diagnosing GIS.

Key Words : Partial Discharge, GIS, UHF, Defect

1. 서 론

GIS(Gas Insulated Switchgear)에서의 부분방전 측정기술은 계속적으로 발전하여 왔으며, UHF 부분방전 측정법의 개발로 운전 중에 부분방전의 측정이 가능하게 되었다. 현장 적용성이 뛰어난 UHF 부분방전 측정기술은 전자소자 기술의 발전으로 경제성을 갖고 상용화가 이루어지고 있다. 측정된 결과의 분석기술은 전압위상에 따른 패턴분석기술이 주류를 이루고 있으며 이를 통하여 부분방전의 유무와 결함의 종류 등을 추정하는 범위까지 일반적으로 가능하다. 그러나 실제 운용에서의 필요한 분석기술은 부분방전의 발생위치, 위험도 등이 더 중요한 것으로 평가된다. [1-3]

부분방전의 측정에서 발생위치 위험도 등을 분석하기 위해서는 시간 기준으로 한 측정뿐만 아니라, 주파수 기준으로 한 측정이 필요하다. 지금까지 UHF 대역에서 부분방전 측정기술을 보면 시간 축을 기준으로 한 측정기술에 집중되어 있으며, 최근에는 주파수축을 기준으로 한 기술에 개발이 이루어지기 시작하고 있다.[1,4-7]

GIS에서의 부분방전은 SF6 가스에서 발생하며 이 때 부분방전 펄스의 상승시간은 나노초(ns)이하의 값을 갖고 있어 UHF 대역에서 측정이 가능하다. 부분방전 발생시 방전의 상태는 스트리머 형과 리더 형으로 구분하고 있으며 이에 따라 상승시간의 차이가 있으며, 발생된 전자파는 전파과정에서

GIS 형상에 의해 감쇠되며 주파수에 따라 감쇠특성에 차이가 있는 것으로 보고하고 있다.[2,8]

따라서 부분방전 측정시 부분방전 펄스의 시간축의 위상패턴과 주파수 성분을 동시에 분석이 가능하면 결함의 종류, 위험도 및 위치 추정 등의 정보를 얻을 수 있다. 주파수 성분의 측정을 위해서 일반적으로 스펙트럼 분석기를 사용하거나, FFT와 같은 주파수 성분 분석이 가능한 최근의 디지털 신호처리기술은 UHF 대역의 부분방전의 측정에서 주파수 대역이 높기 때문에 신호처리를 하기 위한 디지털화에 많은 비용이 소요되는 단점이 있으므로 전문가가 사용하는 기술로 적합하지만, 운전 중(On-line) 감시기술로 적합하지 않다.

본 논문에서는 이점을 극복하기 위하여 부분방전 측정 주파수 대역을 분할하는 방법을 도입하여 기존의 펄스 측정법인 시간축의 위상패턴에 주파수 대역 정보를 얻는 방법을 제안하며, 이 방법에 의한 부분방전의 측정결과를 분석하고 해석하여 GIS 진단의 기술수준을 높이고자 한다.

2. 시험설비 및 방법

제안하는 이중대역 측정법을 수행하기 위해서는 GIS의 부분방전 주파수 스펙트럼이 존재하는 초광대역을 다룰 수 있어야 하므로 측정시스템의 특성이 초광대역의 특성을 가지고 있어야 한다. 따라서 측정시스템의 검출부분은 초광대역에서 측정을 할 수 있는 UHF coupler, 이중대역앰프 그리고 측정파형을 정형화 하는 정형기로 구성된다. 그리고 측정시스템의 측정부분은 스펙트럼 분석기(Advantest, R313A, 9kHz - 3GHz)와 디지털 오실로스코프(LeCroy, wavePro 960, 2 GHz /16GS/s)를 사용하였다. UHF 주파수대역에서 초광대역 특성을 가질 수 있는 대수주기형 안테나를 주파수대역이 0.5 GHz - 3.0 GHz 인 것으로 설계하고 제작하여 커플러로 개발하였다.

† 교신저자, 正會員 : 한국전기연구원 책임연구원
E-mail : khkim124@keri.re.kr

* 正會員 : 한국전기연구원 연구원

** 正會員 : 한국전기연구원 책임연구원

*** 正會員 : 한국전기연구원 그룹장

接受日字 : 2005年 10月 18日

最終完了 : 2006年 1月 27日

이의 형상과 특성은 그림 1이며 구성은 대수주기형 안테나와 정합용 동축 테이퍼 발룬으로 되어 있다. 이 커플러로 얻어지는 부분방전 신호를 측정하기 위해서 적절하게 증폭해야 하므로 커플러가 갖는 주파수대역을 증폭할 수 있는 저잡음 증폭기(LNA)의 설계와 제작을 하였다. 이 증폭기는 하나의 입력 단자와 이증대역을 할 수 있도록 2개의 출력단자로 그림 2와 같이 구성하였다. 이것을 이증대역 증폭기라 하고 2개의 출력단자는 각각 Full band 와 High band 라 명명하였다. Full Band는 주파수대역이 0.5 - 2GHz, 증폭율이 42dB로, High Band는 주파수대역이 1 - 2GHz, 증폭율이 53dB로 설계하였으나, 실제의 대역은 고주파 차단 주파수가 2GHz보다 높게 제작되었다.

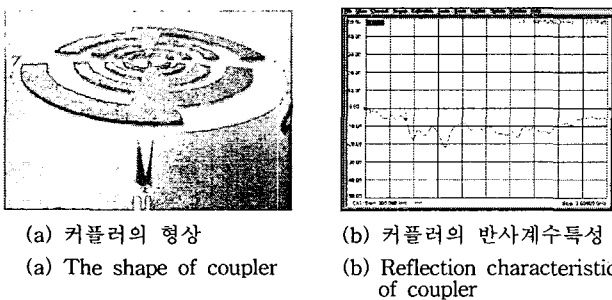


그림 1. UHF 초광대역용 커플러 형상과 특성
Fig. 1. The Shape and characteristics of Ultra Wide Band UHF coupler

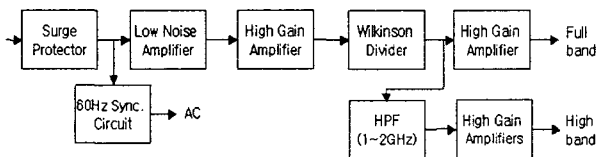


그림 2. 이증대역 앰프의 블록도
Fig. 2. Schematic block diagram of UWB LNA

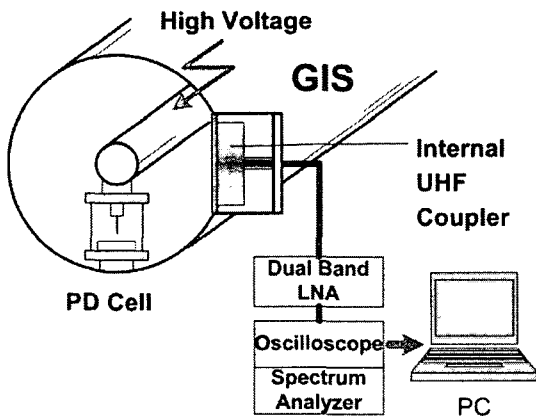


그림 3. 부분방전용 GIS 챔버 및 측정시스템 구축도
Fig. 3 Experimental setup for PD detection in GIS chamber

실험용 GIS 챔버는 362kV급의 크기로 제작된 것으로 그림 3과 같고, 탱크의 내부 직경이 500mm, 내부 도체직경이 120mm 크기로 설계하고 제작하였다. 탱크의 길이는 10m이다. GIS에서 부분방전을 측정하기 위한 커플러 설치를 위한 홈을 설치하였다.

부분방전을 발생시키기 위한 결함용 셀(Cell)을 그림 4와 같이 제작하였으며, 그림 4(a)는 침상 결함을 모델화 한 셀이고 그림 4(b)는 절연체 표면상의 침상결함셀이며, 그림 4(c)는 금속구로 된 자유이물 결함 셀이다. 이들은 중심도체와 외함 사이에 설치하고 전압을 인가하여 부분방전을 발생시켜서 실험하였다.

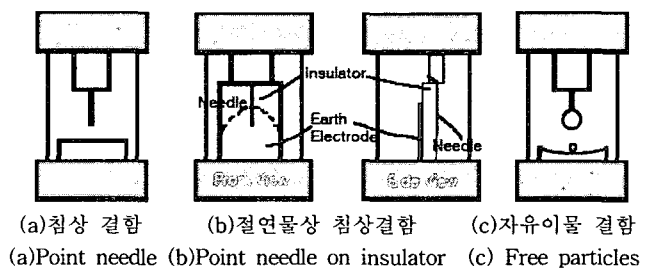


그림 4. GIS 부분방전 실험용 결함 셀
Fig. 4. The test cells to model defects of GIS

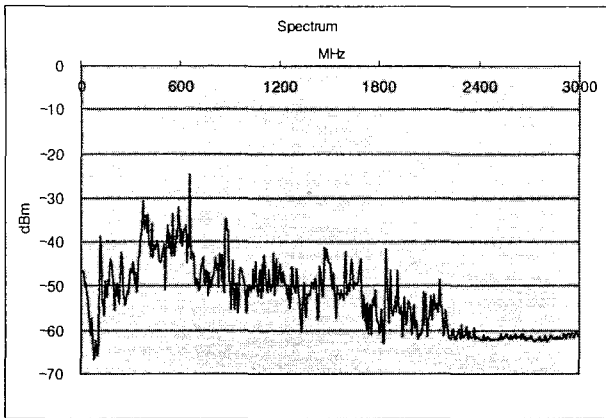
부분방전 실험에서 부분방전 발생조건은 위의 결함 셀을 사용하여 1bar, 2 bar 그리고 3bar의 가스압력에서 방전을 발생시키는 것이다. 이 때 홈에 설치된 커플러로 신호를 검출하고 이를 이증대역 앰프로 증폭하여 스펙트럼 분석기와 오실로스코프에서 측정하였고 그 결과를 저장장치에 저장하였다.

3. 결함에 따른 부분방전

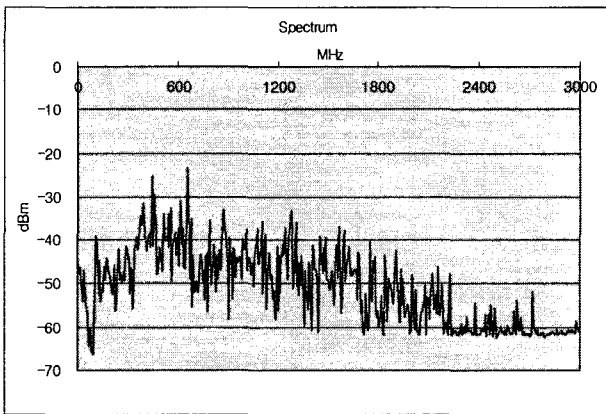
부분방전은 방전이 일어날 때의 조건에 따라 방전의 상태가 다르므로 이로 인하여 발생하는 펄스 전류의 크기, 상승시간과 하강시간 등이 다르다. 따라서 부분방전의 결함 조건에 따른 스펙트럼을 알기 위하여 그림 4의 3가지 부분방전 결함 셀을 사용하여 GIS 챔버에서 스펙트럼을 측정하였다.

각 결함셀에서 발생한 부분방전을 이증대역 부분방전 측정시스템의 Full Band에서 측정된 스펙트럼은 그림 5이다. 이 그림에서 그림 5(a)는 침상 결함 셀의 것이고, 그림 5(b)는 절연물상 침상 결함 셀의 것이며, 그림 5(c)는 자유이물 결함 셀의 것이다 이 결과에서 가장 높은 주파수까지 스펙트럼이 존재하는 것은 자유이물 셀의 경우이고, 최대 3GHz까지 존재하는 것으로 보이며 각 결함 셀의 스펙트럼의 주파수 성분 분포도가 다른 것을 알 수 있다.

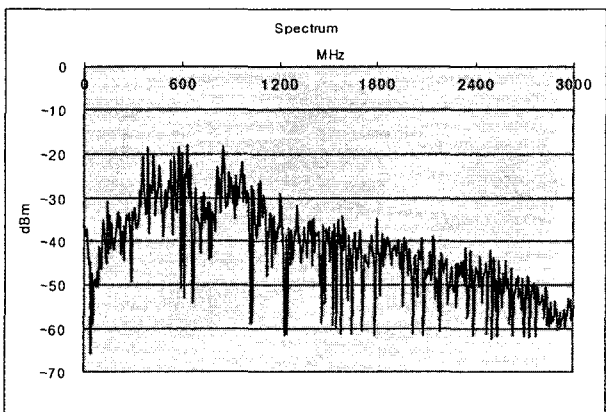
그림 6은 앞에서 기술된 침상 셀에서 이증대역 부분방전 측정시스템으로 측정된 부분방전을 수치처리를 하여 나타난 위상 분포도이다. 그림 6(a)는 Full Band에서 측정된 부분방전 펄스의 피크값을 나타낸 것이며, 그림 6(b)는 High Band에서 얻은 부분방전 펄스의 피크 값이다. 그림 6(c)는



(a) 침상 결함 셀
(a) Spectrum in point type cell



(b) 절연체상의 침상 결함 셀
(b) Spectrum in point on insulator type cell



(c) 자유이물 결함 셀
(c) Spectrum in free particles type cell

그림 5. 각 결함 셀에서 측정된 부분방전의 주파수 스펙트럼
Fig. 5 The spectrum of PD measured in each test cell

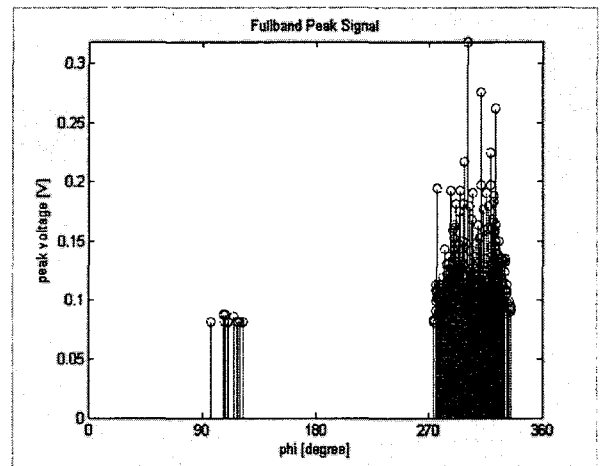
그림 6(a)와 그림 6(b)에서 얻어진 값으로부터 Full Band 값에 대한 High Band 값의 비를 구하여 그린 것이다. 이것은 부분방전 펄스의 대역별 스펙트럼 특성을 나타내는 비 값으로 높은 주파수 대역인 High Band 신호의 성분이 차지하는

비율을 나타낸 것이다. 이하에서 이 비값을 H/F 비 값이라고 한다. 따라서 이 그림에서 H/F 비는 신호의 주파수 스펙트럼적인 성분 특성을 나타낸 것이다.

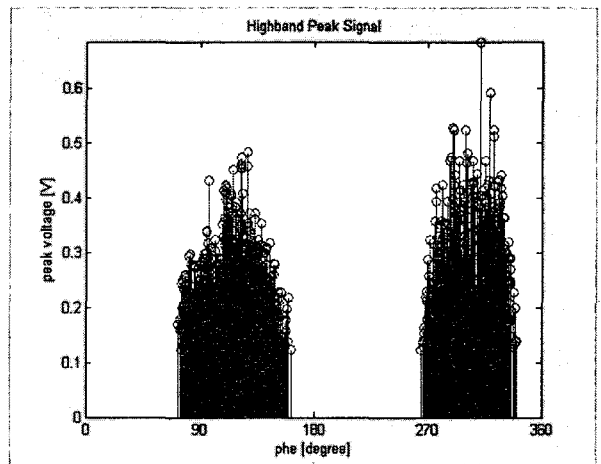
그림 7은 각 가스압력조건에 따른 침상 결함의 부분방전 특성으로서 H/F 비의 위상특성을 보여준다. 이 H/F 비의 특성에서 보면 정극성에서 발생한 부분방전의 경우가 부극성의 것보다 큰 값을 갖는 것으로 분석되고 있으며 압력이 증가함에 따라 H/F 비 값이 증가하는 경향이 있다.

그림 8은 절연물상의 침상 결함에서 발생한 부분방전의 H/F 비의 위상특성을 보여준다. 이 H/F 비 값은 침상 결함의 경우와 달리 정극성의 비값과 부극성의 비값이 큰 값 차이가 없는 것으로 분석되고 있으며 압력이 증가함에 따라 H/F 비 값이 증가하는 경향이 있다.

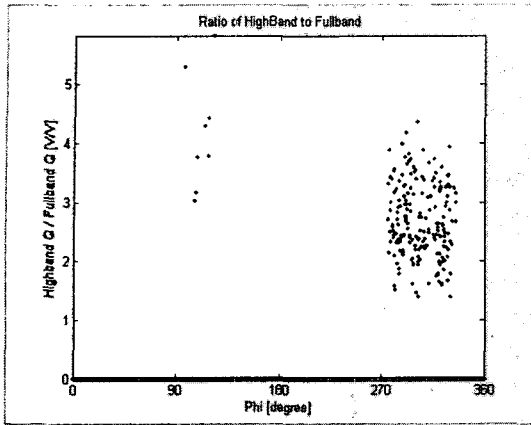
그림 9는 자유이물 결함에 의해 발생된 부분방전의 H/F 비의 위상특성을 보여준다. 부분방전은 일정 위상에 집중되어 나타나지 않고 전구간에 걸쳐서 분산되어 나타나고 있으며 전구간의 H/F 비 값은 거의 같은 값을 나타내고 있는 것으로 분석되고 있으며 압력이 증가함에 따라 H/F 비 값이 증가하는 경향이 있다.



(a) Full Band 에서의 부분방전
(a) PD quantities in the Full Band

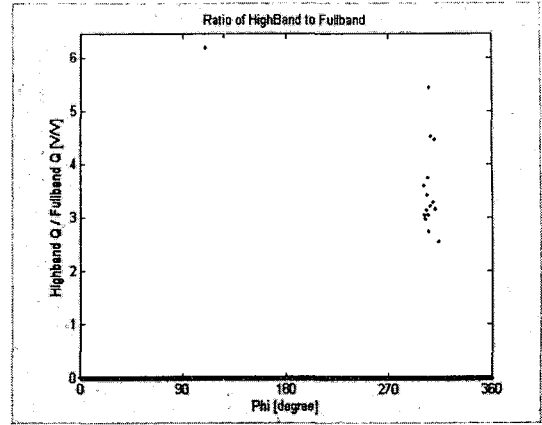


(b) High Band 에서의 부분방전
(b) PD quantities in the High Band



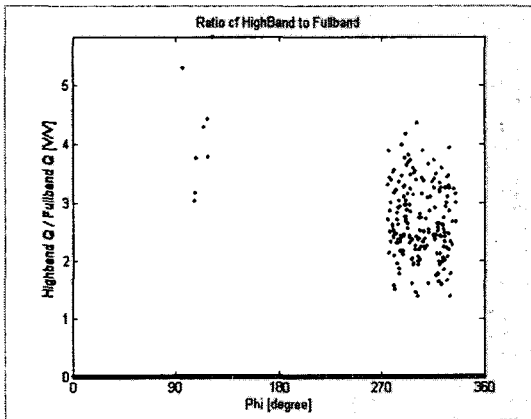
(c) Full Band의 부분방전에 대한 High Band의 부분방전
비값(1bar 침전극)
(c) The ratio of PD quantities in the Full Band to PD
quantities in the High Band

그림 6. 이중대역 부분방전 측정시스템에서 측정된 부분방전
과 비값으로 처리된 부분방전
Fig. 6 The measured quantities and the processed ratio in
the dual PD measurement system

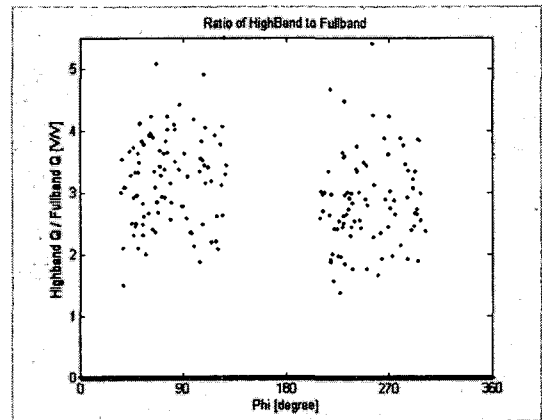


(c) 3 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(c) H/F ratio of PD in 3bar gas pressure

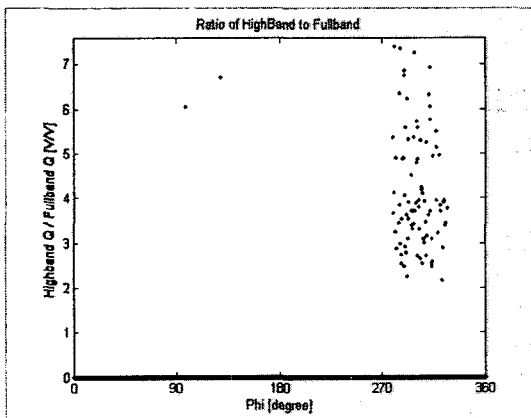
그림 7. 침전극에서 가스압력에 따른 부분방전의 H/F 비 값
특성
Fig. 7. PD ratio characteristics in point defect type according
to gas pressure



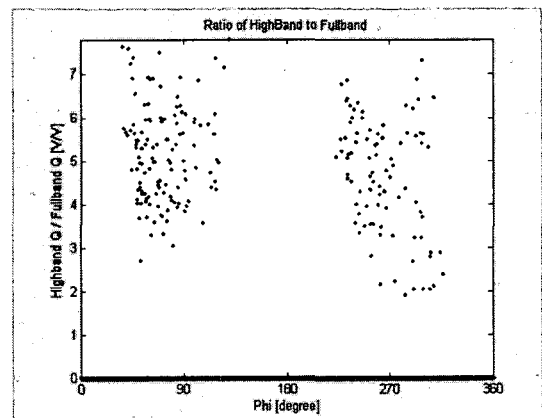
(a) 1 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(a) H/F ratio of PD in 1bar gas pressure



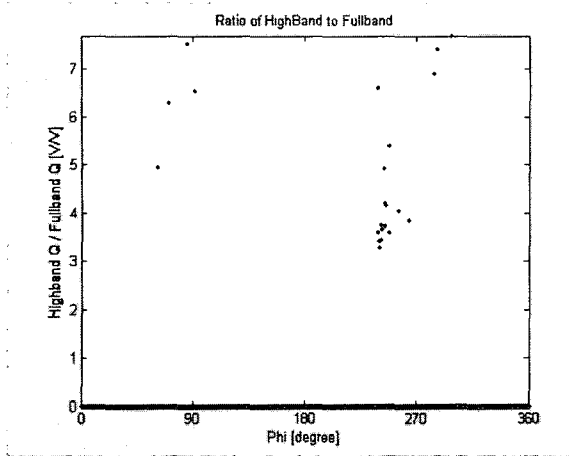
(a) 1 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(a) H/F ratio of PD in 1bar gas pressure



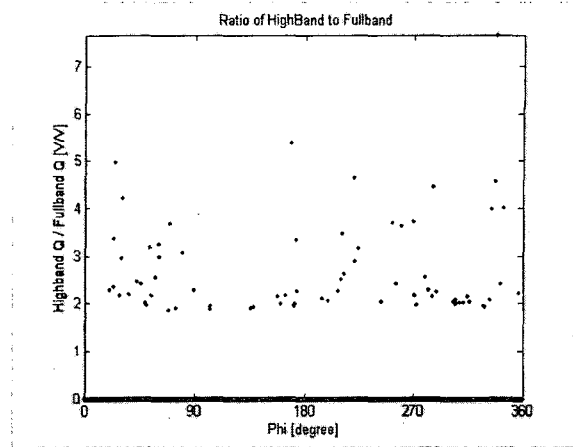
(b) 2 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(b) H/F ratio of PD in 2bar gas pressure



(b) 2 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(b) H/F ratio of PD in 2bar gas pressure



(c) 3 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(c) H/F ratio of PD in 3bar gas pressure



(c) 3 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(c) H/F ratio of PD in 3bar gas pressure

그림 8. 절연물상의 침전극에서 가스압력에 따른 부분방전의 비값 특성
Fig. 8. PD ratio characteristics in insulator on point defect type according to gas pressure

그림 9. 자유이물에서 가스압력에 따른 부분방전의 비값 특성
Fig. 9. PD ratio characteristics in free particle defect type according to gas pressure

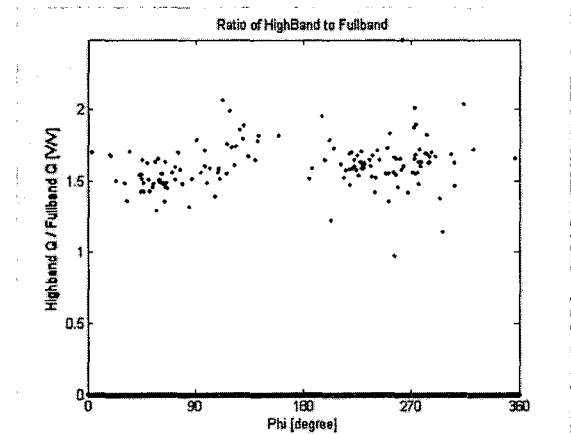
4. 실험결과와 검토

그림 7, 그림 8 및 그림9의 결과를 정극성과 부극성에 대하여 압력에 대한 H/F 비의 값을 구하면 다음 표 1과 표2와 같다. 표 1은 개별 펄스의 H/F 비 값을 구하여 계산된 평균 값이고, 표 2는 형성된 피크 데이터에서, 한주기(360도)를 4000개로 나눈 window하나당 부분방전량의 평균 Q(V)와 부분방전 횟수 N값을 조건별로 중첩하여 구한 후, 계산된 평균 값이다.[9,10] 표1과 표2의 값의 차이는 크지만, 압력에 따라 H/F 비 값의 추세는 비슷하였다. 그러므로 비값의 특성은 부분방전 발생 조건에 크게 의존한다고 볼 수 있다.

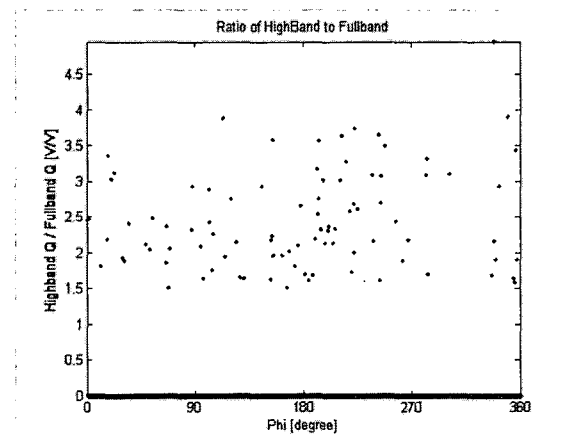
본 실험에 측정된 그림 5의 부분방전 스펙트럼과 이중대역 방법에 의한 표1과 표2의 H/F 비값과 비교하면 침상 결함의 스펙트럼과 절연물상의 침상 결함의 스펙트럼은 0.5 - 0.7 GHz 범위와 0.7 - 1.8 GHz범위의 값을 비교하면 침상 결함에서는 약 9-8dB 정도의 차이, 절연물상의 침상 결함에서는 7-8dB 정도 차이로 저주파영역이 크다. 자유이물 결함의 경우는 0.5 - 1.2 GHz 범위와 1.2 - 1.8 GHz고 범위의 값을 비교하면 약 10dB 정도의 차이로 저주파 영역이 크지만 High Band 영역까지 큰 값의 주파수 스펙트럼 성분이 존재하고 있다.

침상 결함과 절연물상의 침상 결함인 경우에는 큰 값을 갖지만, 자유이물 결함인 경우는 작은 값을 갖는 것으로 분석되었다. 따라서 자유이물의 경우가 다른 것들에 비하여 1GHz 이상의 주파수 성분이 상대적으로 크다는 것을 의미하고 있다. 따라서 스펙트럼의 결과인 그림 5에서 보면 1.2 GHz까지 높은 값의 스펙트럼이 존재하므로 비의 값이 작은 것으로 분석된다. 따라서 이중대역의 부분방전량의 비 값의 특성으로부터 스펙트럼의 개략적인 특성을 알 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

표 1의 값으로 압력에 대한 H/F 비 값을 그리면 다음 그림 10과 같다. 이들의 값을 정량적으로 해석하기 힘들지만, 정성적으로 비의 값과 특성을 분석해보면 다음과 같이 설명할 수 있다.



(a) 1 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(a) H/F ratio of PD in 1bar gas pressure



(b) 2 bar에서의 부분방전의 H/F 비
(b) H/F ratio of PD in 2bar gas pressure

표 1. 가스압력에 따른 각 결함의 평균 H/F 비의 특성 (개별 펄스처리)

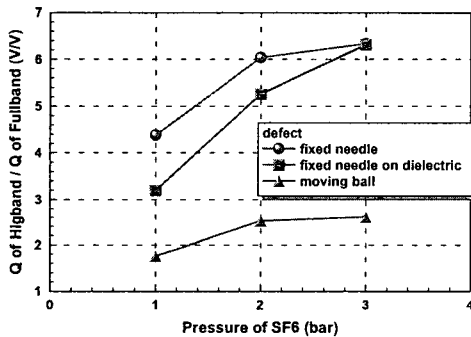
Table 1. Average H/F ratio characteristics in each defect type according to gas pressures(each pulse process)

극성	결함종류	1bar	2bar	3bar
정주기	침상	4.38	6.04	6.34
	절연상 침	3.20	5.26	6.32
	자유이물	1.76	2.52	2.61
부주기	침상	2.74	4.01	3.49
	절연상 침	2.87	4.43	4.46
	자유이물	1.77	2.55	2.80

표 2. 가스압력에 따른 각 결함의 평균 H/F 비의 특성(펄스 평균화 처리)

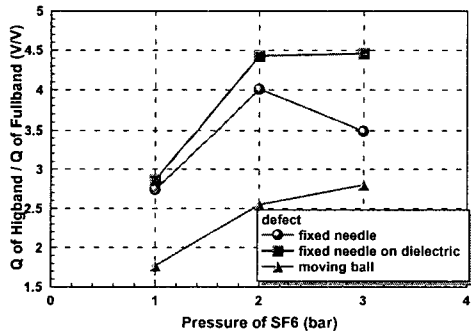
Table 2. Average H/F ratio characteristics in each defect type according to gas pressures(pulses averaging process)

극성	결함종류	1bar	2bar	3bar
정주기	침상	1.61	2.59	3.43
	절연상 침	1.76	2.97	3.67
	자유이물	1.29	1.93	2.57
부주기	침상	1.34	2.54	2.23
	절연상 침	1.69	2.84	3.15
	자유이물	1.32	2.00	2.70



(a) 정극성에서의 비 값

(a) The ratios in the positive polarity



(b) 부극성에서의 비 값

(b) The ratios in the negative polarity

그림 10. 가스압력에 대한 결함별 극성에 따른 부분방전량의 비 값

Fig. 10. The PD ratio values versus gas pressure in polarity according to each defect type

이 그림들에 따르면 압력이 증가함에 따라 비의 값이 증가하였으나, 침상결함의 부극성에서는 2bar에서 3bar로 증가하면서 감소된 결과를 나타내고 있다. 이것은 참고문헌[2]의 그림 8에 의하면 압력이 2.5bar 정도까지 증가할 때 침상결함 방전펄스의 상승시간이 감소하고 압력이 3bar로 증가하며 펄스 상승시간이 증가하였다가 압력이 더 높아지면 감소하는 것을 보여주고 있다. 이때의 변화의 원인으로 방전의 상태가 스트리머형보다 리더형이 더 많이 발생하는 것으로 설명하고 있다.[2] 펄스의 상승시간이 감소하면 주파수 스펙트럼에서 고주파 성분이 증가할 것이므로 그림 10의 침상결함의 부극성 결과와 일치하는 것으로 볼 수 있으며 이것으로부터 방전의 상태 변화를 읽을 수 있는 요소가 되므로 위험도 분석에 적용이 가능하다.

침상결함의 방전에서 극성에 따른 차이가 다른 결함의 것보다 큰 이유는 전자와 이온의 이동도 차이에 의한 극성효과로 사료되며, 절연물상의 침상결함은 절연체에 전자의 부착효과로 인하여 침전극과 같은 극성효과가 줄어드는 것으로 사료되고, 자유이물의 경우는 아주 짧은 간격에서 방전이 발생함으로 역시 극성효과가 거의 없는 것으로 사료됩니다.

그리고 결함에 따른 극성별 비값을 부극성의 비값에 대한 정극성 비값의 백분율로 평가하면 침전극은 약 150% - 180% 정도의 값이고, 절연물상의 침전극은 110% - 140% 정도의 값이며 그리고 자유이물의 경우는 93% - 99%로 아주 편차가 작은 값이다. 그러므로 기존의 결함 구분법인 위상패턴법은 왜형도, 대칭도 여러 가지 통계인자로 구분하여야 하지만, 본 방법에서는 정극성과 부극성의 비값들의 백분율로 표시한 방법에서 구분이 가능함을 보여주고 있다.

제안된 이상의 방법들에 대해서는 앞으로 기존 평가방법과 병행하여 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

5. 결론

이상과 같은 이중대역법으로 부분방전을 측정하는 방법을 제안하고 이들의 장치를 개발하여 3개의 대표적인 결함을 만들어 부분방전을 측정하고 그 결과를 분석한 것으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

가. 초광대역으로 측정이 가능한 커플러 및 발룬, 이중대역 앰프와 부분방전펄스의 크기를 정형화하는 장치로 부분방전의 방전량뿐만 아니라, 스펙트럼적인 요소를 알 수 있는 이중대역 부분방전 측정기술을 제안하였다.

나. 부분방전의 기존의 위상패턴에 의한 분석과 부분방전 펄스의 H/F 비 값을 병용하여 사용할 수 있는 이중대역 부분방전 측정기술은 기존의 부분방전 분석에서 H/F 비 값으로 스펙트럼적인 요소가 부가되므로 진단의 신뢰도를 높일 수 있다.

다. 가스의 압력변화에 따른 부분방전의 H/F 비 값의 변화를 구하였으며 압력증가에 따라 이 비 값이 침전극의 부극성을 제외하고 증가하는 경향을 얻었으며 이것은 부분방전의 발생 상태와 관계가 있는 것으로 사료되고 압력과 같은 인자에 민감함을 알 수 있으므로 부

분방전의 위험도와 같은 요소를 분석할 수 있는 인자로 사용할 수 있다.

라. 결함에 따라 부극성 비값에 대한 정극성 비값의 백분율로 보면 결함의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 평가되어 결함의 구분의 한 인자로 이용할 수 있어 기존의 위상패턴법과 함께 사용하면 진단의 신뢰성을 더 높일 수 있는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] J. S. Pearson, B. F. Hampton and A. G. Sellars, " A continuous UHF monitor for gas-insulated substation", IEEE trans Electrical Insulation Vol. 26 No. 3 June, 1991, pp 469 - 478

[2] H. Okubo, T. Takahashi, T. Yamada and M. Hikita, "Discrimination of streamer/leader type partial discharge in SF6 gas based discharge mechanism", Gaseous Dielectrics VIII, Plenum Press, pp 269 - 274, 1998.

[3] T. Utsumi, F. Endo, T. Ishikawa, S. Iwasa, T. Yamagiwa, " Preventive maintenance system with a different gas injecting facility for GIS", IEEE Power Delivery Vol. 8, No. 3 July 1993 pp 1107 - 1112

[4] Sander Meijer, Andrea Bovis, Edward Gluski, John J. Smit and Alian Girodet, "Analysis of the sensitivity of the UHF PD measuring technique", Conference Record of 2000 IEEE international Symposium on Electrical Insulation, April 2000, pp 395 - 399

[5] R. Feger, K. Feser, C. Neumann, V. Rees, "Non-conventional UHF sensors for PD measurements on GIS of different design", Conference Record of 2000 IEEE international Symposium on Electrical Insulation, April 2000, pp 1395 - 1400

[6] M. Knapp, R. Feger, K. Feser, "Application of the CIGRE-Sensitivity verification for UHF PD detection in Three-Phase GIS", High Voltage Engineering Symposium, August 1999, 5

[7] H. Okubo, M. Yoshida, T. Takahashi, T. Hoshino, "Partial discharge measurement in a long distance SF6 gas insulated transmission line(GIL)", IEEE Trans. Power Delivery Vol.13, No.3 July 1998, pp. 683-690

[8] T. Sakakibara, H. Murae, E. Haginomori, S. Wakabayashi, K. Emoto, A. Ogawa, "Study of propagation phenomena of partial discharge pluses in gas insulated substation", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 13, No.3 July 1998, pp768-776

[9] Kwang Hwa Kim, Jae Gu Choi, Sang Hwa Yi, Jong Ho Sun , "Measurement and Analysis of Partial Discharge by using Dual UHF Bands Method in GIS", Proceeding of 14th International Symposium on High Voltage Engineering. August 2005, pp. 384.

[10] K. H. Kim, J. G. Choi, S. H. Lee and J. C. Kim, "The characteristics of GIS partial discharges measured in two UHF bands", Proc. of 2003 J-K Sym. on electrical discharge & High Voltage Eng. November 2003, pp61-64

저 자 소 개



김 광 화 (金光和)

1956년 5월 12일생. 1981년 부산대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국전기연구원 산업전기연구단 전력설비진단 연구그룹 책임연구원

Tel : 055-280-1570, Fax. : 055-280-1547
E-mail : khkim124@keri.re.kr



이 상 화 (李相和)

1978년 1월 25일생. 2001년 고려대 전기전자전파공학부 졸업. 2003년 포항공대 대학원 전자컴퓨터공학과 졸업(석사). 현재 한국전기연구원 산업전기연구단 전력설비진단 연구그룹 연구원

Tel : 055-280-1556, Fax : 055-280-1547
E-mail : shyi@keri.re.kr



선 중 호 (宣鍾好)

1962년 10월 10일생. 1986년 부산대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국전기연구원 산업전기연구단 전력설비진단 연구그룹 책임연구원

Tel : 055-280-1578, Fax. : 055-280-1547
E-mail : jhsun@keri.re.kr



강 동 식 (姜東植)

1956년 10월 13일생. 1983년 부산대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1987년~현재 한국전기연구원 책임연구원, 현재 산업전기연구단 전력설비진단연구그룹장

Tel. : 055-280-1405, Fax. : 055-280-1547
E-mail : dskang@keri.re.kr