

인체영향 조사를 위한 RF 안테나를 이용한 아크방전 대역별 주파수 분석에 대한 기초연구

유래현, 김재호, 김경호
단국대학교

Basic research on frequency analysis by arc discharge band using RF antenna for human body effect investigation

Rae-Hyun Yu, Jae-Ho Kim, Kyung-Ho Kim
Dankook University

Abstract - 매년 증가하는 전기재해 속 인명사고는 아크성 재해가 대부분 원인을 차지하고 있으며, 수/배전반의 부분 방전(Partial Discharge, PD)을 사전에 검출하여 아크성 사고를 예방하기 위한 기술 및 연구가 진행 중이다. 기술개발이 활발한 부분 방전 진단 시스템의 큰 단점은 부품대비 고가의 가격으로 배전반의 일체형 또는 휴대성이 불편한 반면에 휴대용의 간편성과 경제성을 모두 갖춘 RF 안테나 기술이 떠오르고 있다. 본 논문은 RF 안테나 probe 센서를 이용하여 아크 발생 시 나타나는 주파수 대역을 검출한다. 검출한 주파수 대역을 이용하여 추후에 인체에 어떠한 영향이 있는지 조사하기 위한 기초 연구 논문이며, 이번 논문은 아크 발생 시 생기는 온도 증가 현상을 조사하였다. 또한, EMI, EMC near field probe 센서를 이용하여 아크 발생 시 나타나는 주파수 대역을 확인과 동시에 주변 온도가 상승하는 것을 확인하였다.

1. 서 론

그림 1은 한국전기안전공사의 자료이며 2009~2020년까지 총 화재 발생과 전기재해 통계로 전체 화재 발생 중에 전기화재 발생이 평균적으로 약 20%로 가장 높은 것을 나타내고 있다. 또한, 2020년 전기재해 인명사고 통계를 보면 전체 중에 아크성 재해가 90% 이상을 나타내고 있으며, 지금까지 높은 비율을 보이고 있다.[1]

연도	총화재건수	전기화재건수	점유율(%)	인명피해(사망)	인명피해(부상)	재산피해(백만원)
2009	47318	9391	20	43	283	58190
2010	41862	9442	23	48	217	61430
2011	43875	9351	21	27	235	54266
2012	43249	9225	21	49	349	69812
2013	40932	8889	22	43	285	73718
2014	42135	8287	20	31	295	70597
2015	44435	7760	18	36	264	72253
2016	43413	7563	17	46	282	62731
2017	44178	8011	18	32	185	104762
2018	42337	9240	22	85	440	112995
2019	40102	8155	20	41	295	220724
2020	38659	8170	21	38	341	119714

<그림 1> 2020년 전기재해 통계

수/배전반은 한국전력에서 전기를 인수받아 300kW 이상 고압을 저압으로 변환하기까지의 시스템에서 사용량이 급격하게 증가하게 되면 접촉 불량 및 부품 훼손 등으로 사고가 발생하게 된다. 연마다 증가하고 있는 사고에 수/배전반의 안정성에 관해서 관심이 높아지고 있는 동시에 전력설비 진단 시스템을 위한 알고리즘 및 S/W 등의 연구가 활발히 진행되고 있다.[2]

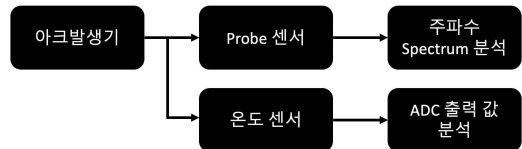
부분 방전을 진단하는 시스템 개발은 현재까지도 활발히 진행되고 있지만, 검출 정확도가 떨어지고 방전 시 나타나는 종류에 따라서 인지를 못 하고 있다. 부분 방전 시 종류별로 나타나는 특성에 따라 검출 능력의 정확도를 높이는 동시에 휴대용으로 진단이 가능한 RF 안테나 기술을 접목한 진단 시스템 기술이 연구되고 있다.[3] 본 연구는 전극에 전위차가 발생하여 전극 사이의 기체에 지속해서 발생하는 절연 파괴의 일종인 아크방전을 인위적으로 발생시켜 나타나는 주파수 대역을 EMC, EMI near field probe 센서를 통하여 검출하고 약 400MHz 이하의 대역인지 확인한다.[4] 주파수 스펙트럼 분석과 동시에 추후 연구에 있

어서 VHF(Very High Frequency)로 인체에 영향을 끼치는지, probe 센서 주변으로 온도 센서를 이용하여 발생하는 온도 증가 값을 확인한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

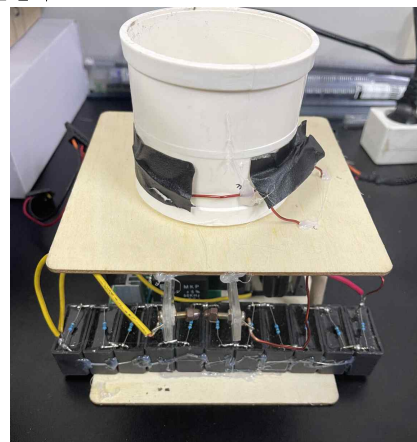
본 연구개발에 앞서서 전체적인 시스템 블록은 그림 2와 같다. 부분 방전 시뮬레이션을 위해서 인위적으로 아크를 발생시킬 수 있는 아크 발생기를 자체 제작하여 실험 환경을 구성하였다. 이후, 주파수 대역별로 특성이 각각 다른 probe 센서를 이용하여 아크가 발생 시, 나타나는 주파수 대역을 spectrum 분석기를 통해 확인한다. 동시에, 고정된 probe 주변에 온도 센서 모듈을 이용하여 아두이노 ADC 출력값을 분석하는 시스템을 구성하였다.



<그림 2> 시스템 블록도

2.1.1 아크 발생기

수/배전반에서 부분 방전으로 나타나는 빛의 형태인 아크(스파크)와 소음을 제한하기 위해 그림 3처럼 아크 발생 시뮬레이터를 자체 제작하였다. 아크 발생기의 원리는 맥스웰 방정식의 4가지 법칙 중 하나로 전류가 흐를 때 주변으로 자기장이 형성되는 암페어 법칙과 자기장이 변할시, 기전력이 생기는 패러데이 법칙에 따라 동작한다. 인가전압으로 DC to DC의 12V를 사용했으며 또한, Flyback Transformer를 이용하여 회로를 구성하여 제작하였다. 아크 발생기의 On, Off 동작을 위해 스위칭 회로를 추가하였으며 동작 시, 고온의 열과 함께 아크(스파크)와 소음을 동반한다.



<그림 3> 아크 발생 시뮬레이터

2.1.2 Near Field Probe 센서

아크 발생 시, 나타나는 주파수 대역을 확인하기 위하여 그림 4와 같이 EMC/EMI Probe 센서를 사용하였다. 일반적으로 EMC(Electromagnetic Compatibility, EMC)라고 부르며, 노이즈의 영향을 얼마만큼 발생시키는 지 전자 방해(Electromagnetic Interference, EMI)로 분류되고 9kHz~7GHz 범위를 갖는 Near Field Probe 센서이다. 본 연구에서는 10MHz~1GHz 사이의 응답 주파수 대역을 갖는 probe를 사용하였다.



〈그림 4〉 EMC/EMI Near Field Probe 센서

2.1.3 주파수 분석기

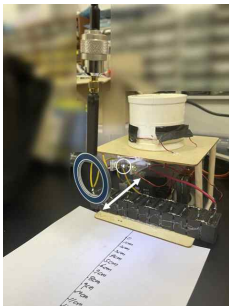
Anritsu사의 MS2721A로 3G, 초광대역, Wimax 및 무선 의료 환자 모니터링 시스템을 포함하여 정확한 분석을 수행할 수 있도록 휴대용 스펙트럼 분석기이다. Center Frequency는 275MHz, Start Frequency는 150MHz, Stop Frequency는 400MHz, 그리고 Span은 250MHz로 설정하여 측정하였다.

2.1.4 온도 측정 센서

아크 발생 시, 생기는 고온의 빛에 의해 변화되는 온도를 측정하기 위하여 5V 동작의 DS18B20 온도 센서 모듈을 사용하였다. 실시간 온도의 변화를 측정하기 위하여 Arduino UNO 모듈과 연결하고 10초마다 데이터를 시리얼 모니터로 확인하였다.

2.2 실험 방법

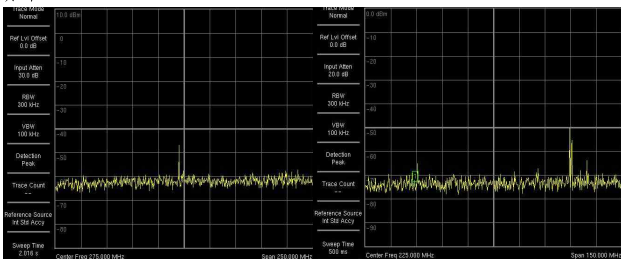
그림 5의 중앙 흰색 부분은 아크 발생기를 On 시켰을 때 소음과 동반하는 빛의 형태의 아크를 나타내며, 주파수 분석기와 probe를 연결하고 거리별로 측정할 수 있도록 지지대와 함께 고정하여 측정하였다. 1MHz~6GHz의 Magnetic field within 10cm Bundle4, 1MHz~6GHz의 within 3cm Bundle3 총 2가지 probe를 사용하여 실험을 진행하였다.



〈그림 5〉 센서와 거리별 측정

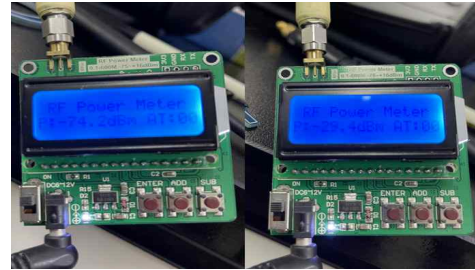
2.3 실험 결과

그림 6은 within 10cm probe와 within 3cm probe를 이용하여 아크 발생 시, 나타나는 주파수 스펙트럼 결과이다. x축의 dBm peak는 probe와 아크 사이의 간격이 1~2cm 일 때 가장 두드러지게 나타났으며 약 270~300MHz 사이에 주파수 대역을 확인하였다.



〈그림 6〉 주파수 스펙트럼 결과

그림 7은 RF Power Meter를 이용하여 아크 발생 전과 후, probe의 dBm 변화를 관측하기 위하여 측정하였다. 측정 결과 within 10cm의 probe의 dBm 변화가 가장 컸으며 아크 발생 전에는 -74.2, 아크 발생 후에는 -29.4로 약 44.8의 dBm 변화가 나타났다.



〈그림 7〉 아크 발생 전과 후 dBm 변화

〈표 1〉 probe 주변 온도 변화

	1초	10초	20초	40초	60초	100초
아크 발생 전	21°C	21°C	21°C	21°C	21°C	21°C
아크 발생 후	21.5°C	30°C	40°C	45°C	50°C	65°C

표 1은 아크 발생 전과 후, 온도 센서를 이용하여 probe 주변 온도의 변화를 측정하였다. probe와 아크 사이의 간격은 2cm일 때의 온도 변화를 측정하였으며 100초일 때 65°C로 1초일 때와 약 43.5°C 상승하였다.

3. 결 론

본 연구개발은 추후에 VLF부터 VHF 그리고 GHz 대역까지 발생하는 부분 방전 주파수 대역별로 인체에 영향이 있는지 조사하기 위한 기초 연구이다. 아크 발생 시 나타나는 소음과 빛의 형태인 스파크는 270~300MHz 대역에 존재했으며, 동시에 probe 주변 온도는 초반 온도보다 약 44°C 상승한 것을 보였다. 추후 연구에서는 GHz 대역까지 대역별 주파수 스펙트럼을 측정 및 분석하고 수/배전반 현장에서 RF 안테나를 이용하여 부분 방전 진단 시스템을 이용할 수 있는 기대를 보인다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No. 2018R1D1A1B07049973)

참고 문헌

- [1] 산업통상자원부 전기안전종합정보시스템 전기안전정보공개-전기안전통계-전기재해 통계 보고서,2020,https://url.kr/7auhz8
- [2] S. O, You, S. C. Kim, "Development of Electrical Fire Alarm System Using Predicting Precursory Signals of Electrical Fires", Fire Technology Research, pp.152-161, 2009.
- [3] 윤성호, 김우빈, 윤지섭, 김지호, 김정태.(2015).안테나 센서를 이용한 고체 절연 결합의 부분방전 특성 분석.대한전기학회 학술대회 논문집,(),69-70.
- [4] 이종건, 주형준, 한기선, 강지원.(2021).접속함 부분방전 진단을 위한 최적 주파수대역 도출.대한전기학회 학술대회 논문집,(),180-181.
- [5] 고현상, 윤성호, 김정태.(2019).배전용 가스절연개폐기 부분방전 진단의 적정 주파수 분석.전기학회논문지,68(11),1382-1388.