

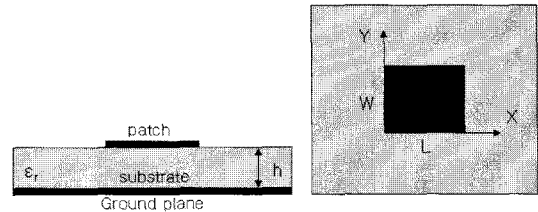
회전기 고정자 권선의 부분방전 진단을 위한 평면 Patch Sensor 설계

양상현, 임광진, 박노준, 박대희
원광대학교

The Design of a patch Sensor for Partial Discharge diagnosis in Rotating Machine Stator Windings

Sang-Hyun Yang, Kwang-Jin Lim, Noh-Joon Park, Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract - In 6.6kV Rotary Machine Stator Windings, Corona Discharge, Discharge at Conductor Surface, Slot Discharge and Endwinding Discharge is happened by electronic degradation. Also, if Partial Discharge cause in inner-part of Rotary Machine Stator Windings, it will be happened voltage and current pulse. In case of discharge spark, RF electromagnetic wave, which transmits at discharge position, can happen. To detect this kind of RF electromagnetic wave efficiently, we have designed Planar Antenna Sensor with the CST MWS simulation program. Also we have confined the application possibility, which can analyzes the partial discharge in Rotary Machine Stator Windings. In the Future, sample of planar antenna sensor will be able to compare with the data of simulation by CST MWS program.



<그림 1> 마이크로스트립 패치 센서 구조

1. 서 론

전력설비 용량의 증가에 따른 회전기가 대용량화, 고전압화 됨으로서 절연 고장 예방을 위한 절연진단이 중요시되고 있다. 이들 회전기 고장의 대부분은 권선 소손이며 절연체 중에서 가장 중요한 부분은 고정자 권선이다[1].

고압회전기에서 고정자 권선은 운전 중에 열적, 기계적, 전기적 응력 (Stress) 및 외부환경에 의한 열화요인이 단독 혹은 복합적인 작용으로 부분방전이 발생된다. 이러한 열화로 회전기 고정자 권선 내부에서 부분방전이 일어나면 전압과 전류 펄스가 발생되며, 이로 인한 펄스에 의해 RF 전자파가 발생된다.

부분방전에 의해 발생하는 전자기 왜란은 수백[kHz] ~ 수백[MHz]범위에서 RF 주파수를 갖는다. 전자기 왜란을 측정하기 위해 RF 안테나를 사용한다면, 고정자 권선에서 부분방전 유무 및 발생 위치를 확인할 수 있다[1]. 특히 평면 안테나 센서를 이용할 시 검출감도가 좋고, 검출범위가 넓어 보다 효율적으로 부분방전 신호를 검출할 수 있다[2][3].

따라서 본 연구에서는 수백[kHz] ~ 수백[MHz] 범위에서 발생하는 부분방전 신호를 측정하기 위해 CST MWS(Computer Simulation Technology Microwave Studio)시뮬레이션을 이용하여 마이크로스트립 형태의 평판 안테나를 설계하고자 한다.

2. 본 론

2.1 급전방식

<그림 1>에서 보는 바와 같이 마이크로스트립 안테나는 아주 얇은 ($t \ll \lambda_0$ 는 자유공간의 파장) 금속체(스트립)를 접지면 위에 파장에 비해 아주 작은 두께 ($h \ll \lambda_0$, 보통 $0.0003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$)로 되어 있고 여기모드를 적당하게 선정함으로써 방사모드가 결정된다. 사격형 패치의 경우, 길이 L은 일반적으로 $\lambda_0 / 3 < L < \lambda_0 / 2$ 이다.

스트립(패치)과 접지면은 <그림 1>에서와 같이 유전체(기판)에 의해 분리되어 있다. 마이크로스트립 선로에서의 전기력선은 기판에 존재하고 그 일부는 공기에 존재한다. $L/h \gg 1$ 이고, $\epsilon_r \gg 1$ 이므로 전기력선은 기판에 거의 집중된다. 파의 일부는 기판에, 다른 일부는 공기로 진행하기 때문에 실효 유전율 ϵ_{eff} 을 도입한다.

$W/h > 1$ 인 경우

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (1)$$

정규화된 확장 길이에 대한 대략적인 관계는

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2)$$

패치 길이는 양측으로 ΔL 만큼 확장되었으므로 패치의 실효길이는

$$L_{reff} = L + 2\Delta L \quad (3)$$

이다.

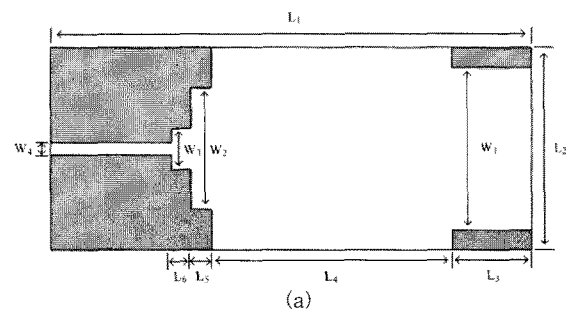
기본 모드 TM_{010} 인 경우, 마이크로스트립 안테나의 공진주파수는 길이 함수로 일반적으로 다음식과 같다.

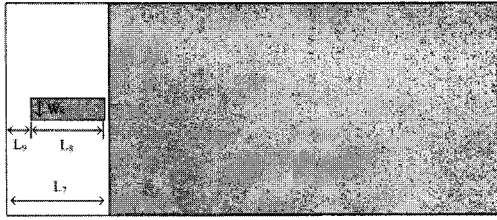
$$(f_r)_{010} = \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

여기에서 c는 자유공간에서 빛의 속도이다.[4]

2.1 안테나 구조

본 논문에서 제안한 평판 안테나 센서의 설계구조는 <그림 2>와 같다.





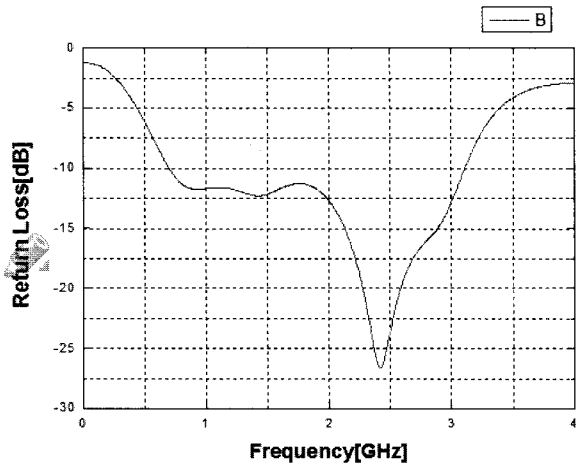
(b)

<그림 2> 제작된 패치 센서의 구조

제안한 안테나 센서의 제작 시 사용한 기판은 FR-4 기판이다. 따라서 비유전율은 $\epsilon_r=4.6$, 두께는 1.6[mm]이며 그외에 안테나 센서의 파라미터 값은 <표 1>과 같이 설정하였다.

<표 1> 패치 센서 파라미터

parameter	value[mm]	parameter	value[mm]
L_1	120	L_8	18
L_2	50	L_9	6
L_3	20	W_1	40
L_4	60	W_2	30
L_5	5	W_3	10
L_6	5	W_4	3
L_7	25	W_5	5



<그림 3> 시뮬레이션의 반사계수

설계된 평면 안테나 센서의 반사계수 출력이 2.4[GHz] 임을 알 수가 있다. 안테나의 반사계수는 -20[dB] 이하의 값에서 안테나의 측정주파수 대역을 결정함으로써 신뢰성을 가진다. 하지만, 일반적으로 -10[dB] 이하의 값을 갖는 주파수 대역을 그 안테나의 측정주파수 대로 사용한다. 따라서 그림 3에서 보는 것과 같이 -10[dB]이하의 값을 갖는 주파수 대역은 약 700[MHz] ~ 3.1[GHz] 사이에서 나타나고 있으며, 안테나 설계 시 고려한 100[kHz] ~ 수백 [MHz] 범위에서 발생하는 부분방전 신호를 측정하기 위한 대역을 만족하지는 못하였다.

3. 결 론

본 논문은 절연진단기술에 적용을 위하여 마이크로스트립 패치 센서 설계를 통해 적용가능성을 검토한 연구이다. 회전기 고정자 권선 내부에서 발생하는 부분방전 신호를 검출 감도가 좋고, 보다 효율적으로 검출하기 위해서 CST MWS 프로그램을 이용하여 평면 안테나 센서 설계를 하였다. 설계된 평면 안테나 센서는 시뮬레이션을 통하여 나타난 반사계수가 약 600[MHz] ~ 1[GHz]로 부분방전 신호가 발생하는 100[kHz] ~ 수백 [MHz] 대역 특성중에서 수백[kHz]대역 확보가 안되었다.

앞으로 본 논문에서 설계된 마이크로스트립 패치 센서의 측정대역을 회전기 부분방전 측정 대역으로 조정할 후 모의 6.6kV 회전기 고정자 권선의 부분방전 측정에 적용하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 전력산업연구개발의 지원에 의하여 한전전력연구원 지원사업(R-2006-1-241-003)에 의해 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김진구, "고압회전기의 절연진단 기술", 전기저널, NO. 287, pp.48-53, 2000.
- [2] IEEE Std 1434-2000, IEEE Trial-Use Guide to the Measurement of PD in Rotating Machinery, 2000.
- [3] H. Okubo, H. Yamashita, N. Hayakawa, T. Ueda, M. Hikita, "Electromagnetic Spectrum Radiated from Gas Discharges and its Relation to partial-Discharge characteristics", ETEP Vol.7, No.1, pp. 57~63, January /February 1997.
- [4] S.-W Su, K.-L. Wong, and C.-L. Tang, "Ultra -Wide band square planar monopole eantenna for IEEE 802 .16a operationin the 2-11 GHzband, "Microwave Opt Technol Lett 42, 2004.