

애자의 소음 분석을 통한 애자 고장 탐지 가능성 연구

A Study on Possibility of Detection of Insulators' Faults by Analyses of Radiation Noises from Insulators

박 규 칠*, 윤 종 략*, 이 재 훈**
(Kyu-Chil Park*, JongRak Yoon*, Jae Hun Lee*)

*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부, **(주) 대흥전력
(접수일자: 2009년 8월 28일; 수정일자: 2009년 10월 22일; 채택일자: 2009년 11월 11일)

애자는 송전선 시스템에서 전기적으로나 기계적으로 매우 중요한 소자이다. 송전선 시스템에 설치된 이후 애자의 열화 등에 의해 고장이 난 애자를 찾아내기 위해 애자로 부터의 방사 소음을 측정하여 분석하였다. 대상으로 한 제품은 2종류의 현수 애자, COS, 2종류의 Line Poster, 피뢰기이며, 이들 제품의 정상 상태와 고장 상태의 방사 소음을 각각 측정하여 시간 파형, 주파수 스펙트럼, 피크 검출의 결과를 서로 비교하여 그 차이점을 제시하였다. 또한, 이들 바탕으로 방사 소음으로부터 고장 상태의 애자의 검출의 가능성 및 그 방법을 제시하였다.

핵심용어: 현수 애자, 컷 아웃 스위치, 라인 포스터, 피뢰기, 애자 방사 소음, 주파수 스펙트럼, 피크 검출, 필터 뱅크
투고분야: 음향 신호처리 분야 (1.1), 소음 및 공력음향 분야 (10.2)

The porcelain insulators are important devices, that are used to isolate electrically and hold mechanically in the high-voltage power transmission systems. The faults of the insulators induce very serious problems to the power transmission line. In this paper, we introduce techniques for fault detections of insulators by acoustic radiation noises from them. We measured radiation noises from normal state insulators and fault state insulators. The used insulators were two different type porcelain insulators, a cut out switch, two different type line posters, and a lightning arrester. Each results was compared each other in time domain, frequency domain and filter banks' outputs. We found the possibility of detection of insulators' faults and also suggested techniques for fault detections.

Keywords: Porcelain insulator, Cut Out Switch, Line poster, Lightning arrester, Radiation noise, Frequency spectrum, Peak detection, Filter bank

ASK subject classification: Acoustic Signal Processing (1.2), Noise and Aeroacoustics (10.2)

1. 서론

일반적으로 애자는 송전선 시스템과 같은 전력 설비에 있어 공중에서 전선을 기계적으로 고정시키고 전기적으로 절연시켜주는 중요한 소자이다. 이러한 애자의 고장은 고품질의 전력을 공급하는 데 있어 커다란 문제를 일으키게 되므로, 전력 계통의 안정성 및 신뢰성 향상을 위해 불량 애자의 검출, 교체 및 보수는 필수적이다 [1-4]. 애자의 고장 원인으로는 제조공정상의 미세한 결함 또는

균열과 같은 문제와 전력 설비에 설치된 이후 낙뢰, 냉열, 염분, 수분 등에 의한 열화 문제로 크게 분류가 된다. 제조 공정상의 문제는 설치 이전에 충분한 검사를 거치면 검출되지만, 설치 이후의 열화에 대한 문제는 주기적인 진단이 필요한 부분이다 [1-3].

애자의 고장 과정을 간단히 살펴보면, 애자가 노후, 훼손되면 미약한 방전이 생기고, 산화막의 전기적 파괴가 일어나 애자의 절연 기능이 파괴되는 것으로 알려져 있다. 애자의 산화막의 두께는 0.001~0.01 인치이므로 파괴 과정은 아크 혹은 스파크로 고려되지 않고 마이크로 스파크로 정의하고 있으며 전압이 산화막 파괴전압의 문턱치보다 크게 되면 파괴가 일어난다고 알려져 있다 [1-3][5-6]. 이러한 애자의 절연기능이 저하된 불량애자를 검출하기

위한 방법으로 분단 전압 및 절연 저항을 활용한 측정 방법, 전계 측정에 의한 방법, 초음파를 이용하는 방법, 적외선/자외선 센서 카메라에 의한 방법 등이 사용되고 있다. 물론 각각의 방법은 검출 결과의 신뢰성, 시간적 경제성, 가격적 경제성, 안정성 등에서 서로 장단점을 가지고 있어, 이 중 하나의 방법으로 모든 애자의 결함을 완벽하게 검출하는 것은 불가능하므로 여러 가지 측정 방법을 병행하여 고장 여부를 판단할 필요가 있다[1-3][6-7].

본 논문에서는 22.9KV의 배전선로에 설치된 애자의 고장 여부를 판단하기 위해 전주의 최상부 와이어에서 동작하는 로봇에 장착될 음향 탐지 시스템을 위해 애자로부터의 방전 소음을 측정, 분석하는 방법을 시도하였다. 대상으로 한 애자로는 그림 1에 나타낸 것과 같이 전선의 장력을 흡수하고 전선과 구조물을 절연시켜주는 데 사용되는 현수 애자 1 (3장으로 구성된 애자), 현수 애자 2 (2장으로 구성된 애자), 전선을 받쳐주면서 구조물과 절연시키는 라인 포스터 (Line Poster)1, 라인 포스터 2 (타 제작사), 변압기의 전원 연결 및 차단하는 COS (Cut Out Switch), 뇌전압이나 이상전압시 접지측으로 방전에 사

용되는 피뢰기의 총 6가지로 하였다. 비교를 위해 정상 상태의 애자와 절연이 파괴되어 일선지락 (一線地絡)이 일어난 상태의 애자의 방전 소음을 측정하여 그 주파수 스펙트럼 특성을 분석하고, 이 결과를 바탕으로 고장 진단을 위한 방법을 제시하고자 한다.

II. 애자 소음 측정 시스템 및 분석 방법

무향실에서 그림 2와 같이 시스템을 구성한 다음 먼저 주변 잡음을 측정하였다. 전주의 최상부 와이어에서 동작하는 로봇에 장착될 음향 탐지 시스템이 음원으로부터 전방 3m 이내의 방전 소음을 탐지할 것이 목적이었으므로, 무향실에서는 2.5m 거리를 두고 측정하였다. 고전압 기기인 내전압시험기 (출력 전압 : AC 0V~67kV)에 애자를 연결하여야 하는 문제로 인해 무향실을 완전 빈폐하는 것이 곤란하였으며, 측정 실험 준비를 마친 상태에서 주변 잡음을 측정하였기에 시간 파형에 무시할 수 없는 정도의 노이즈가 포함되어 있음을 미리 알려두고자 한다. 소음 신호는

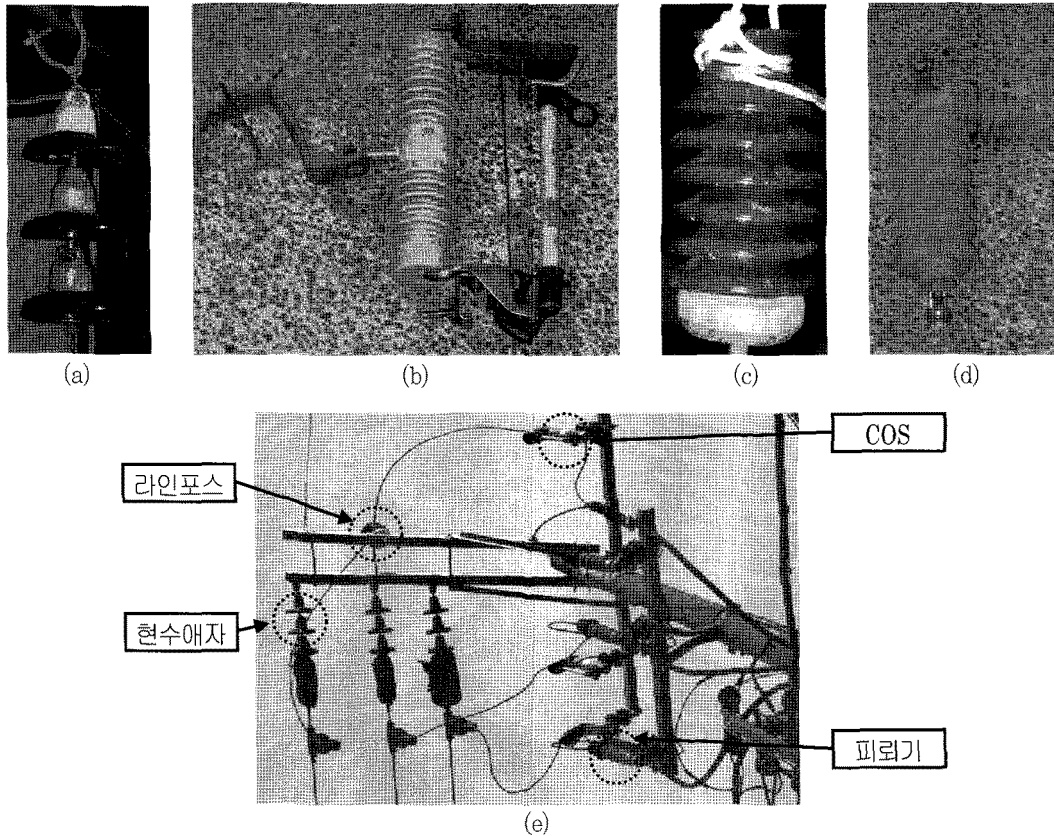


그림 1. 실험에 사용된 애자의 샘플

(a) 현수 애자 1, (b) COS, (c) 라인 포스터 1, (d) 피뢰기, (e) 실제 적용된 예

Fig. 1. Samples of insulators which were measured.

(a) porcelain insulator type 1, (b) COS, (c) line poster type 1, (d) lightning arrester, (e) an applied example.

B&K 1/2 인치 컨덴서 마이크로폰 Type 4130, 프리 앰프 B&K Type 2642, 전원 공급 장치 B&K Type 2810, 그리고 데이터 수집 장치(Data Acquisition, DAQ) NI USB-9233 를 사용하여 컴퓨터의 데이터로 입력 받아 처리하였다. 마이크로폰의 수음 주파수 영역은 5Hz~12.5kHz이므로, 샘플링 주파수는 40kHz로 하였다. 정상 상태 애자의 소음을 먼저 측정하고, 고장 상태 애자의 소음을 측정하는 순으로 하여 전체 애자의 소음을 측정하였다.

분석 방법으로는 측정된 시간 신호를 주파수 분석하여 광대역 (0~20kHz)에 걸쳐 전체적인 주파수 스펙트럼의 특성을 살펴보고, 밴드폭 1kHz의 필터 बैं크를 이용하여 각 밴드별 스펙트럼의 특성을 비교하였으며, 또한 고조파 분석을 위해 협대역 (0~1kHz)으로 한정하여 피크 주파수 검출을 시도하였다. 이 결과를 바탕으로 측정된 시

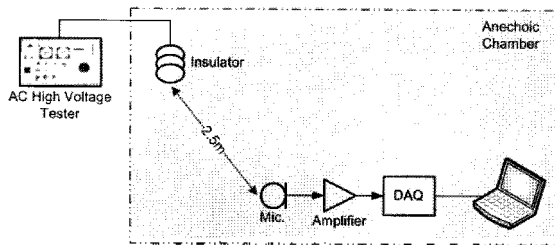


그림 2. 소음 측정 실험 구성도
Fig. 2. Block diagram for measurements of radiation noises from insulators.

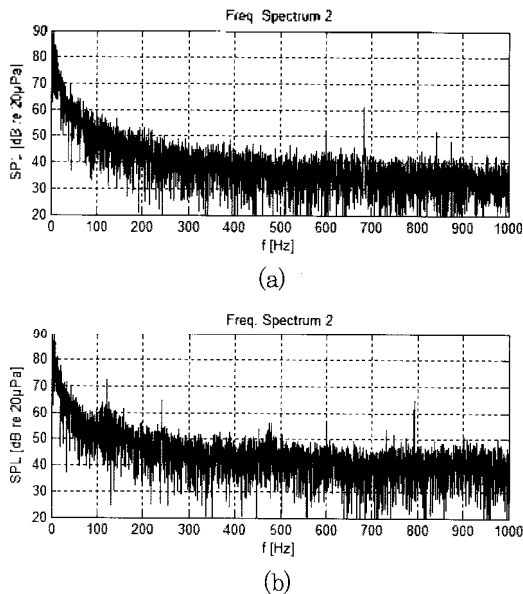


그림 3. 측정된 애자의 주파수 성분 예
(a) 정상 상태의 애자의 주파수 성분,
(b) 고장 상태의 애자의 주파수 성분
Fig. 3. Examples of frequency spectrums from insulators,
(a) the frequency spectrum in normal state,
(b) the frequency spectrum in fault state.

간 파형, 광대역 주파수 스펙트럼, 정상 상태의 애자와 고장 상태의 애자의 밴드별 주파수 스펙트럼 비교 및 피크 검출의 순으로 분석하였다.

이거시 피크 검출에 관해 살펴보기 위해, 정상 상태 및 고장 상태의 애자의 측정된 소음의 주파수 성분의 예를 그림 3에 나타내었다. 그림에서 주파수가 높아짐에 따라 지수 함수적으로 감소하는 특성을 확인할 수 있고, 특히 고장 상태의 애자의 경우 피크 주파수 성분도 함께 포함되어 있음을 확인할 수 있다. 지수 함수적으로 감소하는 특성을 없애고 피크 주파수 성분을 효과적으로 검출하기 위해 소나 신호 처리에서 잡음 평균을 제거하기 위해 사용되는 sector space averaging 기법을 아래와 같이 적용하였다 [8].

$$y[n] = x[n] - \frac{1}{2N} \sum_{k=1}^N \{x[n-k] + x[n+k]\} \quad (1)$$

여기서, $N=100$. 필터 계수 및 그 주파수 성분을 살펴 보면, 그림 4와 같은 이상적인 저역 저지 필터 특성을 보였다. 또한 필터를 적용한 결과는 그림 5와 같은 평탄한 주파수 스펙트럼과 피크 주파수 성분을 뚜렷하게 확인할 수 있음을 알 수 있다.

III. 애자 소음 측정 분석 결과

먼저 그림 6에 무향실의 주변 잡음의 결과를 나타내었

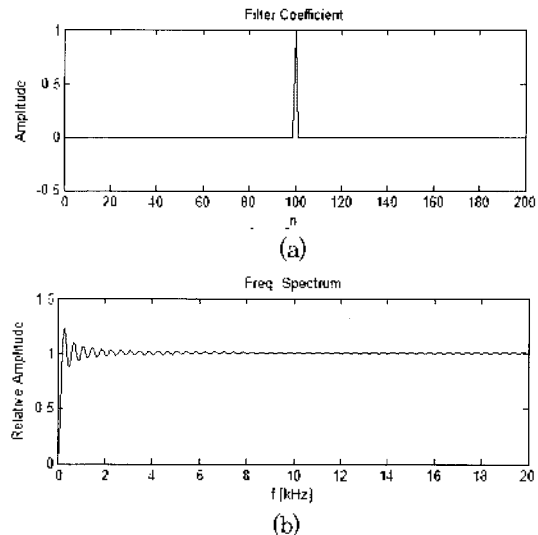


그림 4. 피크 검출에 사용된 필터의 계수 및 주파수 성분
(a) 계수, (b) 주파수 성분
Fig. 4. The filter coefficient and its frequency spectrum,
(a) The filter coefficient, (b) frequency spectrum.

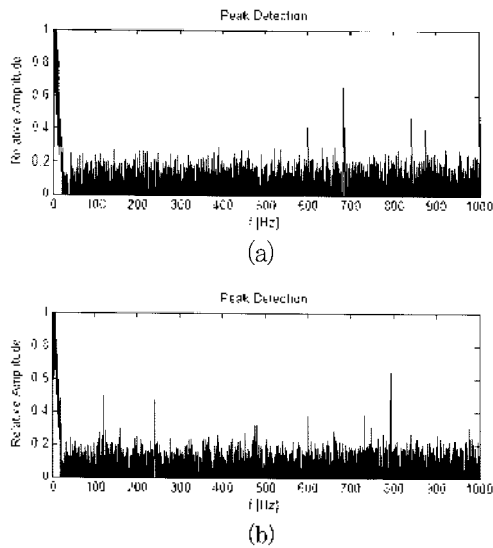


그림 5. 피크 검출 결과의 예
 (a) 정상 상태의 애지의 주파수 성분.
 (b) 고장 상태의 애지의 주파수 성분
 Fig. 5. Examples after peak detections,
 (a) the frequency spectrum in normal state,
 (b) the frequency spectrum in fault state.

다. (a) 시간 파형, (b) 광대역 주파수 스펙트럼, (c) 협대역 주파수 스펙트럼, (d) 협대역 피크 검출 결과, (e) 필터 बैं크 분석 결과에 해당된다. 이 중 광대역 주파수 스펙트럼을 살펴보면, 약 800Hz, 1.6kHz, 12kHz, 15kHz, 17kHz 부근에 다소 강한 피크가 검출되고 있어 앞서 밝혔듯이 노이즈 등으로 인해 완전한 무향실의 상태가 아님을 알 수 있다. 이후 측정된 데이터도 비슷한 양상을 보이므로 이 주파수 성분을 감안해 분석하고자 한다. 또한 필터 बैं크 분석 결과를 살펴보면, 1kHz 미만의 스펙트럼을 제외하면 전체적으로 평탄한 특성을 보이고 있으며, 가로선은 측정된 주변 노이즈의 전체 평균 레벨을 나타내며 약 31dB로 나타났다. 협대역 피크 검출의 결과에서도 약 800Hz의 주파수 성분을 제외하면 뚜렷한 피크가 검출되지 않음을 알 수 있다.

그림 7에 정상 상태의 현수 애지 1에서 측정된 신호의 스펙트럼을 나타내었다. 그림 6의 무향실의 주변 잡음 스펙트럼과 마찬가지로 약 700Hz, 12kHz, 17kHz 부근에 피크를 가지고 있음을 알 수 있으며, 그 외 전체적으로 뚜렷하게 비교될 만한 스펙트럼 성분은 나타나지 않음을 알 수 있다. 그림 (b)의 필터 बैं크 스펙트럼에서도 1kHz, 18kHz를 제외한 전 영역에서 0.5dB 정도의 작은 차이만이 존재하므로 주변 잡음과 크게 차이 나지 않음을 알 수 있다. 또한 전체 평균 레벨 역시 약 33dB로 큰 차이를 보이지 않는다. 그림 7 (b)의 가로선은 필터 बैं크 스펙트

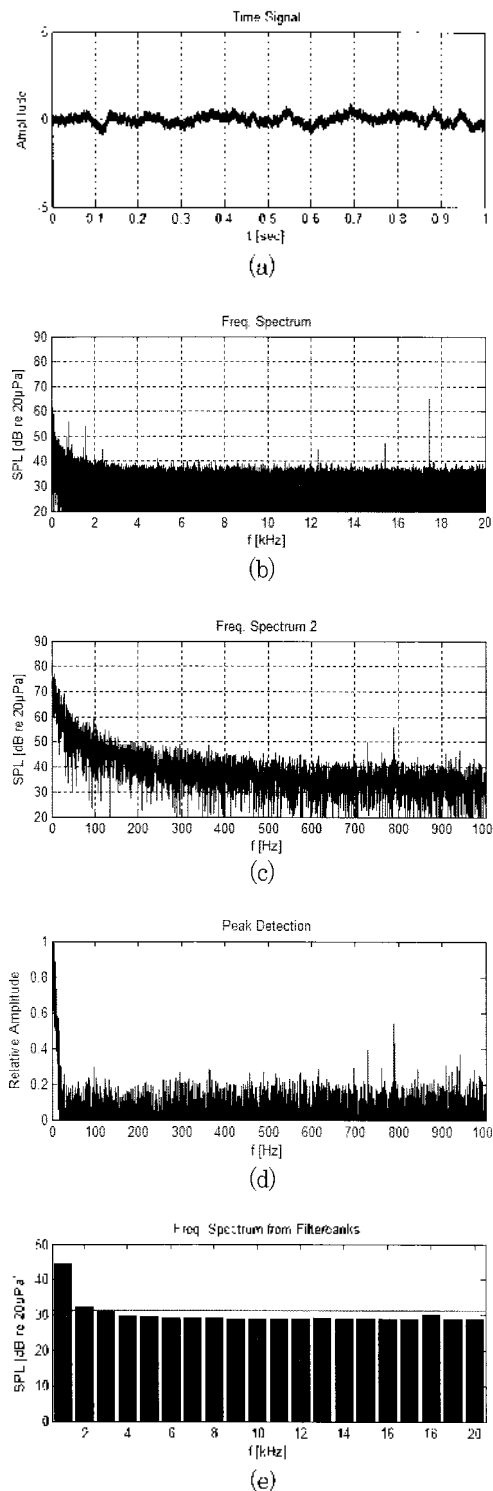


그림 6. 무향실의 주변 잡음 특성
 (a) 시간 파형, (b) 주파수 스펙트럼,
 (c) 협대역 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출,
 (e) 필터 बैं크 스펙트럼
 Fig. 6. Characteristics of the ambient noise in the anechoic chamber,
 (a) time signal, (b) frequency spectrum,
 (c) frequency spectrum in narrow band,
 (d) peak detection, (e) filter bank spectrum.

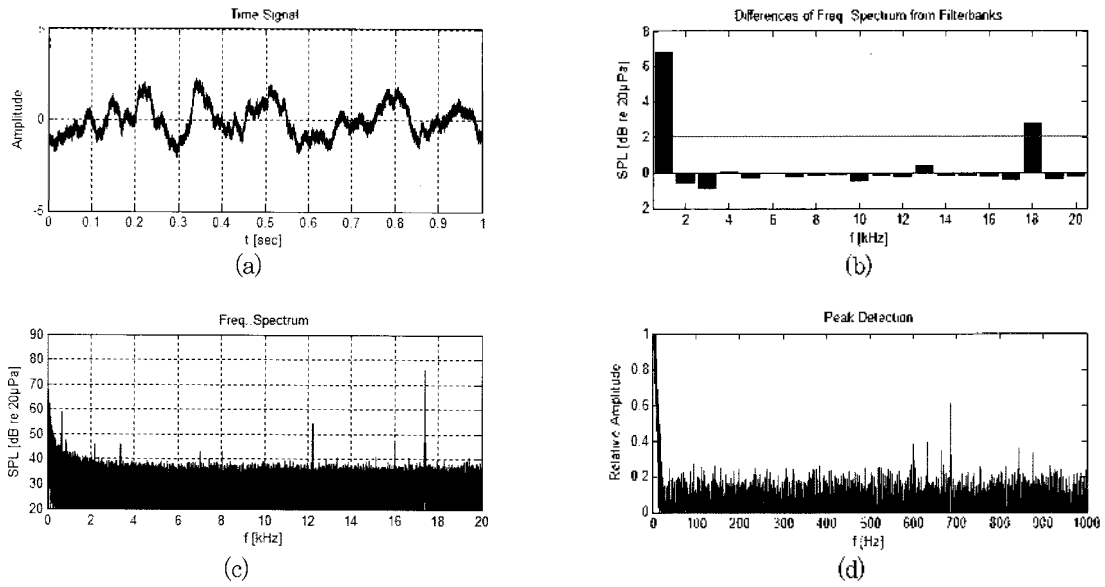


그림 7. 정상 상태의 현수 애자 1의 소음 특성

(a) 시간 파형, (b) 필터 बैं크 스펙트럼의 차, (c) 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출
 Fig. 7. Characteristics of the porcelain insulator type 1 in normal state.

(a) time signal, (b) differences of filter bank spectrum from ambient noise's, (c) frequency spectrum, (d) peak detection.

표 1. 정상 상태 애자의 소음 레벨 비교

Table 1. Comparison of noise levels of normal state insulators.

	전체 평균	120Hz	240Hz	360Hz	480Hz	600Hz	피크 평균
주변잡음	31.16	52.75	46.10	43.31	40.58	42.19	45.41
현수애자1	33.24	56.57	46.81	47.15	41.90	49.59	48.40
현수애자2	32.65	56.43	49.19	46.16	42.71	51.91	49.28
COS	31.30	56.09	46.45	45.13	44.72	40.41	46.56
라인포스터1	31.40	58.03	47.53	43.04	40.22	39.42	45.65
라인포스터2	31.30	56.14	49.58	43.62	42.07	42.80	46.84
피뢰기	31.31	56.11	45.77	46.00	43.23	40.37	46.30
표준편차	0.83	1.59	1.50	1.61	1.55	4.92	1.42

범의 평균에 해당한다.

정상 상태의 현수 애자 2, COS 및 라인 포스터 1, 라인 포스터 2, 피뢰기의 소음을 측정 분석하였으나 약 800Hz 부근의 주파수 성분을 제외하면 별다른 피크 주파수를 발견할 수가 없었으며, 맨드렐 주파수 스펙트럼에서도 약 1dB 이하의 차이로 주변 잡음의 특성과 별다른 차이가 없었다. 주변 잡음과 정상 상태의 애자와의 비교 결과를 표 1에 나타내었다. 주변 잡음의 특성과 별다른 뚜렷한 차이점을 발견할 수 없으므로, 정상 상태의 애자 소음은 거의 존재하지 않는다고 볼 수 있겠다.

다음으로 고장 상태의 애자에 대한 측정 결과를 제시하고자 한다. 그림 8에 현수 애자 1의 고장 상태의 측정 결과를 나타내었다. 그림 (a)에서 살펴보면, 정상 상태의 현수 애자와 달리 시간 파형에 많은 스파크가 나타나 있음을

알 수 있다. 또한 주파수 스펙트럼을 보면 넓은 범위에 걸쳐 스펙트럼의 증가도 확인할 수 있다. 현대역에서도 몇 군데의 피크를 확인할 수 있는데, (b)에서와 같이 피크 검출의 결과를 보면 120Hz, 240Hz, 480Hz, 600Hz, 720Hz 등으로 120Hz의 하모닉 성분을 확인해 볼 수 있다. 즉, 시간 파형에서의 스파크의 기본 주파수가 120Hz임을 알 수 있는 부분이다. 또한 정상 상태와 필터 बैं크 스펙트럼을 비교하여 보면, 3kHz~14kHz의 범위에 걸쳐 주파수 스펙트럼 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 전체 평균 레벨은 약 41dB로 측정되었으며, 이는 정상 상태와 비교하면 7.44dB 정도의 높은 값이다. 또한 120Hz의 하모닉 성분을 살펴보면, 정상 상태와 비교하여 120Hz, 240Hz에서 각각 11.13dB, 19.78dB로 높은 값의 차를 보였다 (표 2 참조).

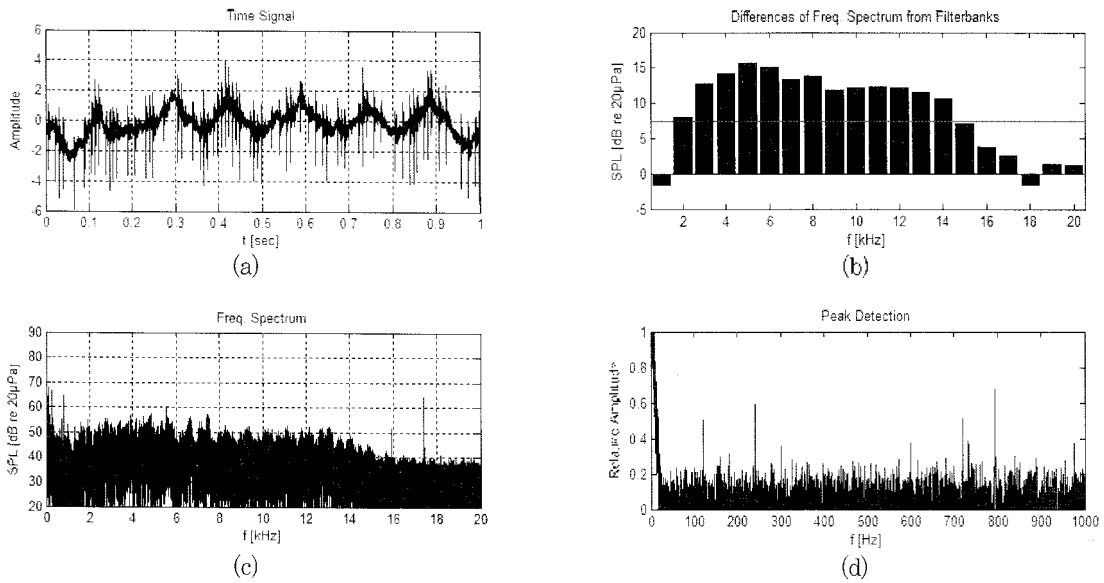


그림 8. 고장 상태의 현수 애자 1의 소음 특성

(a) 시간 파형, (b) 필터 बैं크 스펙트럼의 차, (c) 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출

Fig. 8. Characteristics of the porcelain insulator type 1 in fault state,

(a) time signal, (b) differences of filter bank spectrum from its normal state's, (c) frequency spectrum, (d) peak detection.

표 2. 현수 애자 1의 소음 레벨 비교

Table 2. Comparison of noise levels of porcelain insulator type 1.

	전체 평균	120Hz	240Hz	360Hz	480Hz	600Hz	피크 평균
고장	40.68	67.69	66.59	49.82	49.22	51.24	56.91
정상	33.24	56.57	46.81	47.15	41.90	49.59	48.40
차	7.44	11.13	19.78	2.67	7.32	1.65	8.51

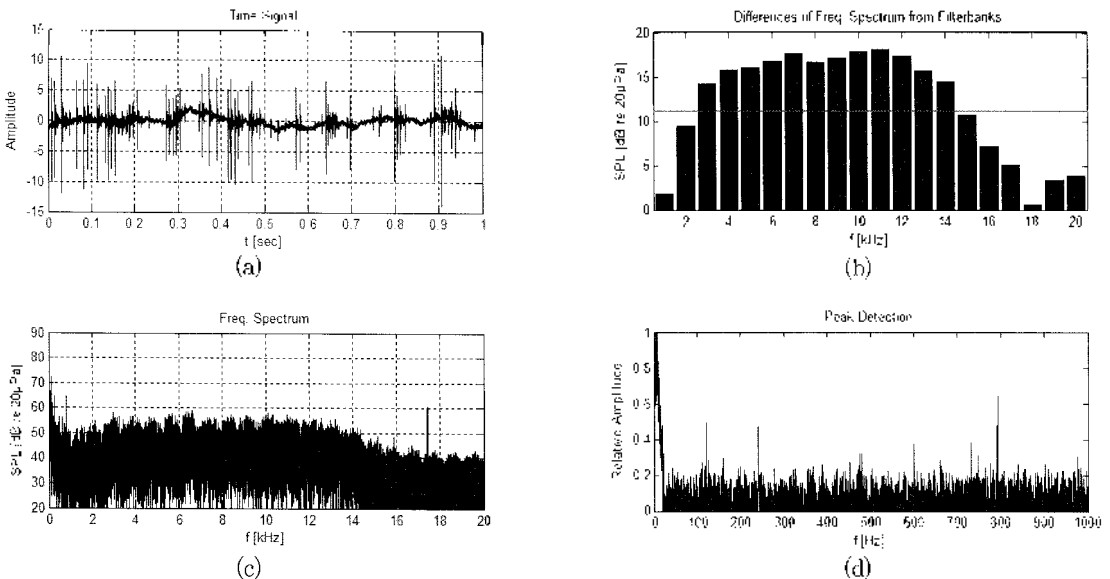


그림 9. 고장 상태의 현수 애자 2의 소음 특성

(a) 시간 파형, (b) 필터 बैं크 스펙트럼의 차, (c) 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출

Fig. 9. Characteristics of the porcelain insulator type 2 in fault state,

(a) time signal, (b) differences of filter bank spectrum from its normal state's, (c) frequency spectrum, (d) peak detection.

다음으로 그림 9에 현수 애자 2의 고장 상태의 측정 결과를 나타내었다. 그림 (a)에서 살펴보면, 현수 애자

1과 같이 시간 파형에 많은 스파이크가 나타나 있음을 알 수 있다. 또한 주파수 스펙트럼을 보면 넓은 범위에 걸쳐

스펙트럼의 증가도 확인할 수 있다. 협대역에서의 피크 검출의 결과를 보면 현수 애자 1의 경우와 마찬가지로 120Hz의 하모닉 성분을 확인해 볼 수 있다. 또한 필터뱅크 스펙트럼도 3kHz~14kHz의 범위에 걸쳐 주파수 스펙트럼 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 전체 평균 레벨은 약 44dB로 측정되었으며, 이는 정상 상태와 비교하면 11.10dB 정도의 높은 값이다. 또한 120Hz의 하모닉 성분을 살펴보면, 정상 상태와 비교하여 120Hz, 240Hz에서 각각 16.06dB, 15.36dB로 높은 값의 차를 보였다 (표 3 참조).

다음으로 그림 10에 COS의 고장 상태의 측정 결과를 나타내었다. 고장 상태의 현수 애자와 마찬가지로 시간 파형에서 많은 스파크와 넓은 범위에 걸친 스펙트럼 증가

를 확인할 수 있으며, 협대역에서도 120Hz의 하모닉 성분을 확인해 볼 수 있다. 또한 필터뱅크 스펙트럼도 3kHz~14kHz의 범위에 걸쳐 주파수 스펙트럼 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 전체 평균 레벨은 약 36dB로 측정되었으며, 이는 정상 상태와 비교하면 4.73dB 정도의 높은 값이다. 또한 120Hz의 하모닉 성분을 살펴보면, 정상 상태와 비교하여 120Hz에서 600Hz까지 9.71dB~21.49dB로 높은 값의 차를 보였다 (표 4 참조).

다음으로 그림 11, 12에 라인 포스터 1, 2의 고장 상태의 측정 결과를 나타내었다. 고장 상태의 현수 애자와 COS와 같이 시간 파형과 주파수 스펙트럼에서 유사한 특성을 보이고 있음을 알 수 있다. 전체 평균 레벨은 두 종류 모두 약 37dB로 측정되었으며, 이는 정상 상태와 비교하면 약

표 3. 현수 애자 2의 소음 레벨 비교

Table 3. Comparison of noise levels of porcelain insulator type 2.

	전체 평균	120Hz	240Hz	360Hz	480Hz	600Hz	피크 평균
고장	43.75	72.48	64.55	51.42	56.12	56.13	60.14
정상	32.65	56.43	49.19	46.16	42.71	51.91	49.28
차	11.10	16.06	15.36	5.26	13.41	4.22	10.86

표 4. COS의 소음 레벨 비교

Table 4. Comparison of noise levels of COS.

	전체 평균	120Hz	240Hz	360Hz	480Hz	600Hz	피크 평균
고장	36.03	68.59	67.94	65.32	55.38	50.12	61.47
정상	31.30	56.09	46.45	45.13	44.72	40.41	46.56
차	4.73	12.50	21.49	20.19	10.66	9.71	14.91

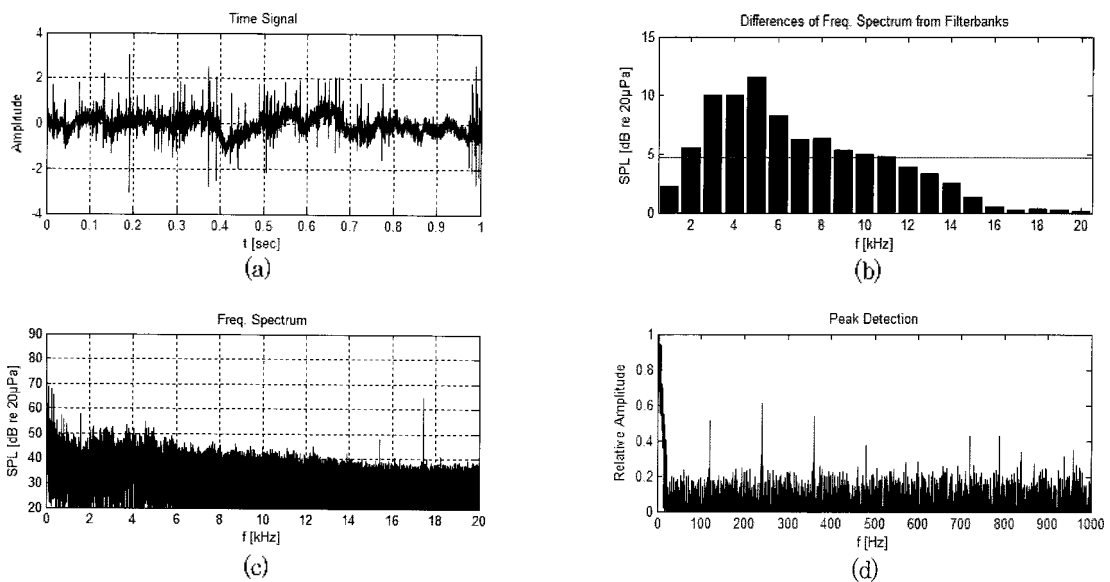


그림 10. 고장 상태의 COS의 소음 특성

(a) 시간 파형, (b) 필터뱅크 스펙트럼의 차, (c) 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출

Fig. 10. Characteristics of the COS in fault state.

(a) time signal, (b) differences of filter bank spectrum from its normal state's, (c) frequency spectrum, (d) peak detection.

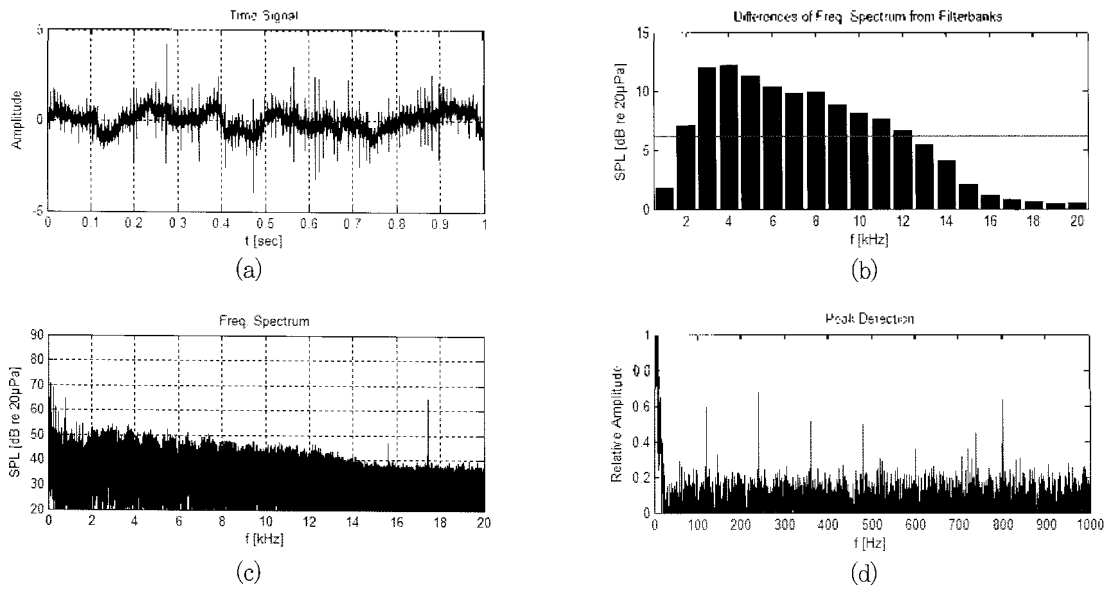


그림 11. 고장 상태의 라인 포스터 1의 소음 특성
(a) 시간 파형, (b) 필터 बैं크 스펙트럼의 차, (c) 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출

Fig. 11. Characteristics of the line poster type 1 in fault state,
(a) time signal, (b) differences of filter bank spectrum from its normal state's, (c) frequency spectrum, (d) peak detection.

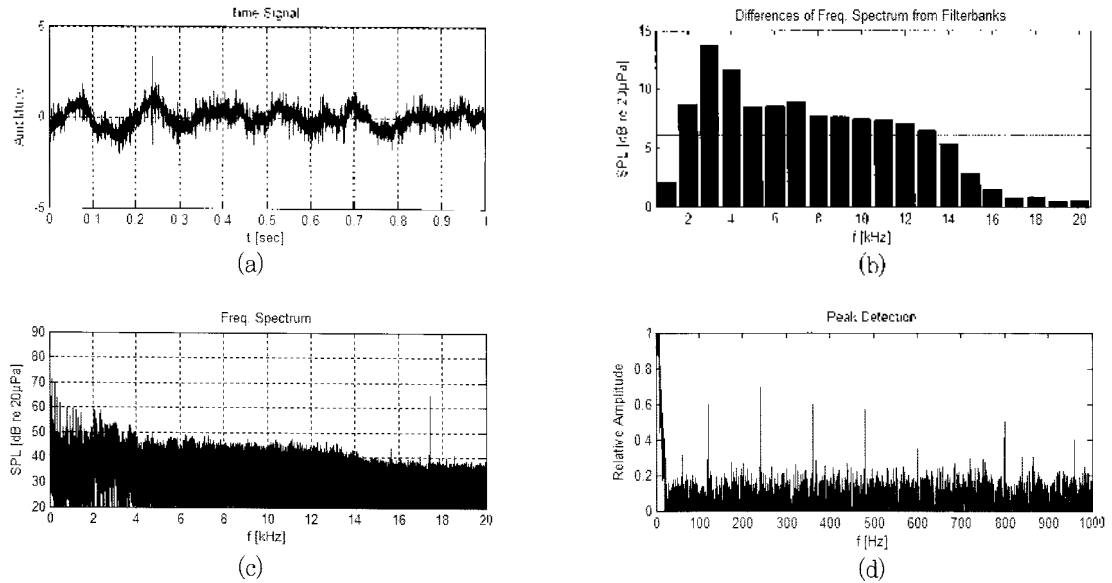


그림 12. 고장 상태의 라인 포스터 2의 소음 특성
(a) 시간 파형, (b) 필터 बैं크 스펙트럼의 차, (c) 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출

Fig. 12. Characteristics of the line poster type 2 in fault state,
(a) time signal, (b) differences of filter bank spectrum from its normal state's, (c) frequency spectrum, (d) peak detection.

6dB 정도의 높은 값이다. 또한 120Hz의 하모닉 성분을 살펴보면, 정상 상태와 비교하여 120Hz에서 600Hz까지 각각 12.48dB~21.68dB, 9.19dB~20.40dB로 높은 값의 차를 보였다 (표 5-6 참조).

마지막으로 그림 13에 피뢰기의 고장 상태의 측정 결과를 나타내었다. 그림 (a)에서 살펴보면, 시간 파형에 노이

즈가 많이 있음을 알 수는 있으나 다른 애자와 달리 스파크는 확인할 수 없음을 알 수 있다. 또한 주파수 스펙트럼 및 필터 बैं크 스펙트럼 역시 별 다른 차이점 보이지 않으며, 현대역에서의 피크 검출의 결과에서도 별 차이점을 발견할 수가 없다. 전체 평균 레벨도 약 32dB로 정상 상태와의 값의 차이를 발견할 수 없었다. 또한 120Hz의 하모

닉 성분에서도 값의 차이를 발견할 수가 없었다.

이상의 결과를 바탕으로 고장 상태의 현수 애자 1, 현수 애자 2, OOS, 라인 포스터 1, 라인 포스터 2의 5 종류의 경우, 3kHz~14kHz의 광범위에 걸친 뚜렷한 주파수 스펙트럼 증가를 확인할 수 있었으며, 4.73dB~11.10dB의 소음 평균 레벨의 차이를 보였다. 기본 주파수 120Hz의 스파크 파형의 하모닉 성분을 관찰할 수 있었으며, 8.51B~16.91dB의 소음 평균 레벨의 차이를 확인할 수 있었다. 이 두 특징으로부터 고장 상태를 검출하는 데는 전체 소음 레벨과 120Hz의 고조파 성분의 값의 차이를 이용하면 탐지가 가능함을 알 수 있다. 하지만 고장 상태의 피뢰기의 경우, 뚜렷한 소음 특성이 발견되지 않아 방사

소음으로 피뢰기의 고장 상태를 검출하는 것은 불가능할 것으로 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 전신주에 설치된 애자의 고장 여부를 판단하기 위한 하나의 방법으로, 전주의 최상부 와이어에서 동작하는 로봇에 장착될 음향 탐지 시스템을 위해 애자로부터의 방전 소음을 측정, 분석하였다. 이를 위해 무향실에서 정상 상태와 고장 상태의 2 종류의 현수 애자, OOS, 2 종류의 라인 포스터, 피뢰기의 방전 소음을 측정

표 5. 라인 포스터 1의 소음 레벨 비교

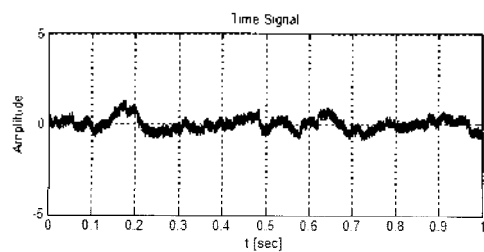
Table 5. Comparison of noise levels of line poster type 1.

	전체 평균	120Hz	240Hz	360Hz	480Hz	600Hz	피크 평균
고장	37.60	70.51	69.21	61.39	58.85	52.63	62.52
정상	31.40	58.03	47.53	43.04	40.22	39.42	45.65
차	6.19	12.48	21.68	18.35	18.62	13.21	16.87

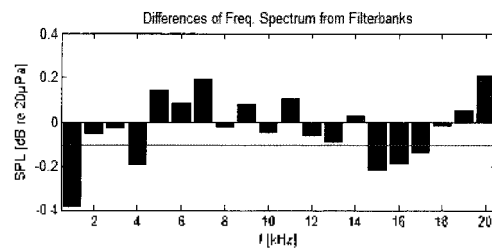
표 6. 라인 포스터 2의 소음 레벨 비교

Table 6. Comparison of noise levels of line poster type 2.

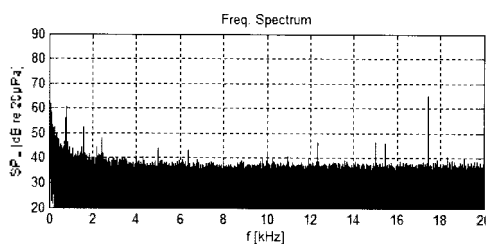
	전체 평균	120Hz	240Hz	360Hz	480Hz	600Hz	피크 평균
고장	37.41	71.24	69.98	63.93	61.63	51.99	63.75
정상	31.30	56.14	49.58	43.62	42.07	42.80	46.84
차	6.11	15.10	20.40	20.31	19.57	9.19	16.91



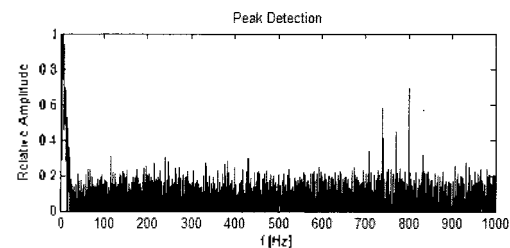
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 13. 고장 상태의 피뢰기의 소음 특성

(a) 시간 파형, (b) 필터 बैं크 스펙트럼의 차, (c) 주파수 스펙트럼, (d) 피크 검출

Fig. 13. Characteristics of the lightning arrester in fault state,

(a) time signal, (b) differences of filter bank spectrum from its normal state's, (c) frequency spectrum, (d) peak detection.

표 7. 피뢰기의 소음 레벨 비교

Table 7. Comparison of noise levels of lightning arrester.

	전체 평균	120Hz	240Hz	360Hz	480Hz	600Hz	피크 평균
고장	31.21	54.25	52.26	46.51	42.01	42.88	47.58
정상	31.31	56.11	45.77	46.00	43.23	40.37	46.30
차	-0.10	-1.86	6.49	0.51	-1.22	2.51	1.29

하여 그 주파수 스펙트럼 특성을 분석하였다. 그 결과, 피뢰기를 제외한 나머지 애지에서 뚜렷한 2가지 특징을 추출할 수 있었다. 하나는 3kHz~1kHz의 광범위에서 약 5dB 이상의 뚜렷한 스펙트럼 증가를 확인할 수 있었다는 것이고, 나머지 하나는 기본 주파수 120Hz의 하모닉 성분을 뚜렷하게 추출할 수 있었다는 것이다. 이 결과를 바탕으로 애지의 방사 소음을 이용하여 애지의 고장 진단을 위해서는 전체 소음 레벨의 차와 전원 주파수 60Hz의 2배에 해당되는 120Hz의 고조파 성분의 레벨의 차를 이용하면 가능할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 김종민 외 2인, "코로나 방전 탐지기술과 수변전설비의 검출사례 분석," *조영·전기설비학회지*, 21권, 5호, 56-62쪽, 2007.
2. 송일근, "배전기자체의 신뢰성 평가기술," *전기설비지*, 7월호, 24-27쪽, 2002.
3. 편집부, "송배전선로의 불량애지 검출기법에 관한 연구," *전기설비지*, 9월호, 44-47쪽, 2003.
4. *Integrated Publishing*, http://www.ipub.com/content/construction/14026/css/14026_101.htm, 2009.
5. Wilbur R. Vincent et al., "Power-Line Noise Mitigation Handbook for Naval and Other Receiving Sites", *Naval Postgraduate School*, 6th ed., Washington, 2007.
6. 윤종락, 박규철, *소음원 탐지시스템 제작 연구*, 부경대학교 음향진동공학연구소 연구보고서, 2008.
7. Hao Lu et al., "Defective Porcelain Insulator Inspection Based on Harmonic Retrieval," *Proc. of the Electronics Eng. of Korea*, vol. 30, no.1, pp. 291-292, 2007.
8. Richard O. Nielsen, *Sonar Signal Processing*, Artech House, Inc., Boston, 1991.

저자 약력

•박규철 (Kyu-Chil Park)

한국음향학회지 제23권 제2호 참조
 2008년 4월 - 현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 재직중
 * 주관심 분야 : 음향정보처리, 수치해석, 최적화 및 역문제

•윤종락 (JongRak Yoon)

한국음향학회지 제21권 제3호 참조
 1990년 4월 - 현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 재직중
 * 주관심 분야 : 선형 방사소음 측정/분석, 음향신호처리, 수중 음향 통신시스템

•이재훈 (Jae Hun Lee)

1999년 ~ 2006년 한국선력공사 협력업체 실무자
 2005년 ~ 현재 : (주) 대용전력 부설 연구소 과장
 2008년 : 한국폴리텍부산대학 전기계측제어학과 (선문학사)
 * 주관심 분야 : 송배전 (송전, 배전) 분야

