

## 자동차 유리창 개폐장치의 불량판정을 위한 진동 모니터링에 관한 연구

전종균<sup>1\*</sup>, 박삼진<sup>1</sup>, 이규세<sup>2</sup>, 마양수<sup>3</sup>

### A Study on Vibration Monitoring for Inferior Window Regulator Selection

C. K. Chun<sup>1\*</sup>, S. J. Park<sup>1</sup>, G. S. Yi<sup>2</sup> and Y. S. Ma<sup>3</sup>

**요약** 진동원을 포함하고 있는 제품이 불량품일 경우 비정상 소음진동이 발생하게 된다. 최근 자동차 부품업체 등에서 생산되는 제품의 진동소음 관련 품질을 판별하는데 있어 주로 사람의 청각을 사용하여 판별하는 소음감각 판정 방법을 개선하여 제품의 진동신호를 계측 및 분석하여 판별하는 시스템의 도입이 시도되고 있다. 이러한 추세에 따라 Window Regulator Module에 대한 판별과정에 자동화된 품질 판단시스템의 필요성이 대두되고 있다. 이를 위해 LabVIEW를 이용한 진동모니터링 프로그램을 개발하였으며, 가속도계를 이용하여 Sector gear 이음부분의 진동신호를 계측 및 분석하여 모니터링 하였다. 양품과 불량품의 진동신호 특성을 분석하여 모니터링 함으로써 보다 정확하게 양품여부를 판명할 수 있게 되었다.

**Abstract** If an error occurs in a product that contains a source of vibration, an abnormal noise vibration will occur. Recently a system that has been modified from the previous method of noise detection-a method of appraising the quality of manufactured automobile part by using human ears-is being implemented in the industries of automobile parts. This new system distinguishes the product's vibration signals by measuring and analyzing the signals. Following the recent trend, it has been concluded that the appraisal process of Window Regulator Module needed an improvement. Thus, a vibration monitoring system using LabVIEW, which measures and analyzes vibration signals from a sector gear's connected part by using an accelerometer, has been developed. By analyzing the characteristics of vibration signals of both inferior and superior goods, now the quality of the product can be evaluated much more accurately.

**Key Words** : Vibration Monitoring System, Sector Gear, Window Regulator Module, LabVIEW.

## 1. 서론

최근 자동차 부품 업체에서 생산되는 제품의 품질을 판별하는데 있어 주로 사람의 감각을 이용하여 수동으로 판별하는 방법을 사용하고 있다. 하지만 이러한 방법은 측정자의 경험에 의존할 수밖에 없고 측정자의 감정 상태, 현장의 소음 등의 요인에 따라 판정이 달라질 수 있기 때문에 여러 종류의 센서와 이를 모니터링 하는 프

그램을 개발하여 제품에 대한 객관적 신뢰도와 안정성을 얻기 위해 새로운 생산 시스템의 도입이 필요하게 되었다. 현재 선박용 디젤엔진[1], 대형 구조물[2] 등의 모니터링 연구[3]는 활발히 이루어져 있으나 아직까지 자동차 부품 업체에서 필요로 하는 모니터링 시스템의 연구는 활발하지 않은 단계이다. 이에 본 연구에서는 자동차 부품의 하나인 Window Regulator Module에 가속도계를 부착하여 부품의 진동특성을 분석하고[4],[5] 이에 적절한 모니터링 프로그램을 개발하여 기존 불량품 판별 방식의 문제점을 보완할수 있는 새로운 생산 시스템 적용 방안을 연구하였다.

<sup>1</sup>선문대학교 기계공학부

<sup>2</sup>선문대학교 토목공학부

<sup>3</sup>한국폴리텍II 인천대학 컴퓨터응용기계학과

\*교신저자: 전종균(ckchun@sunmoon.ac.kr)

## 2. 진동신호 계측 및 분석

### 2.1 진동신호 계측

Window Regulator Module의 진동신호를 계측하여 불량 판정을 내리기 위해 부품의 특성이 가장 크게 나타나는[1],[7] Sector Gear 이음 부분에 가속도계를 부착하여 진동신호를 계측하였으며 가속도계는 측정범위, 주파수 범위, 분해능, 측정환경 등을 고려하여 ICP TYPE의 Dytran 6258(100mv/G)을 사용하였다.

### 2.2 LabVIEW 진동측정 프로그램 개발

비용절감 효과와 데이터 측정 및 저장을 위해 LabVIEW[6]를 이용한 진동측정 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 Set Up, Channel, Measurement 라는 3개의 Sheet로 구성되어있다. SetUp Sheet에서는 프로젝트 파일, 레코드 파일의 저장위치, A/D Card Setting 등 기본적인 설정을 하게 되어있고 Channel Sheet에서는 기전력 및 진동응답 측정 채널과 이의 감도를 지정한다. 마지막으로 Measurement Sheet는 실제 계측을 제어하는 곳으로 시간이력 계측자료의 분석방법(Time Overlap, Window, Averaging Mode, FRF Mode)을 달리 하여 측정할 수도 있으며 저장된 계측 자료를 재분석할 경우에도 필요한 기능을 제공한다(그림 1).

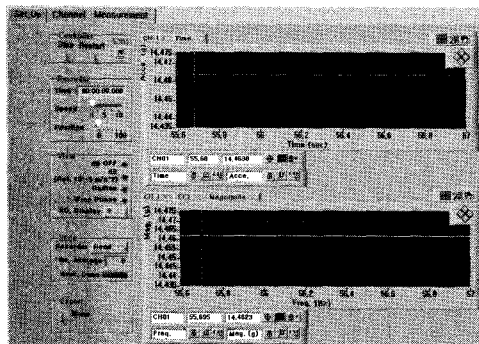
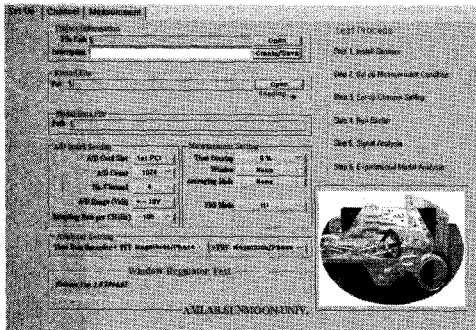


그림 1. LabVIEW를 이용하여 개발된 진동측정 프로그램

### 2.3 Window Regulator Module의 특성

성능 평가의 대상이 되는 제품인 Window Regulator Module의 용도[7]는 차체 Door에 장착되어 Window를 올리거나 내리기 위해서 사용되는 자동차용 부품이다. 실험 대상인 Window Regulator Module의 구동원리는 모터 작동에 의해 모터기어와 맞물려진 Regulator Sector 기어가 회전함으로써 기어의 회전운동을 Shaft를 이용하여 상하운동으로 바꾸어 줌으로써 Window를 개폐하게 된다 [7]. 즉, 그림 2에 나타났듯이 내부 감속비가 73:1인 모터가 회전함으로써 8개의 이를 가진 모터기어가 회전하고 이 8개의 회전하는 기어와 맞물린 Sector 기어가 회전하면서 Delivery Position에 부착되어 있는 Window가 상하운동을 하게 된다. 이때 Sector 기어는 총 29개의 유효 이로 구성되어 있으며 이 중에서 정격 부하가 걸리게 되면 모터 기어의 회전수는 약 60 rpm( $\pm 13$  rpm)이 되며 실제 Window 상승 시간이 2.4초 동안에 21개의 이가 모터기어에 의해 회전하게 된다.

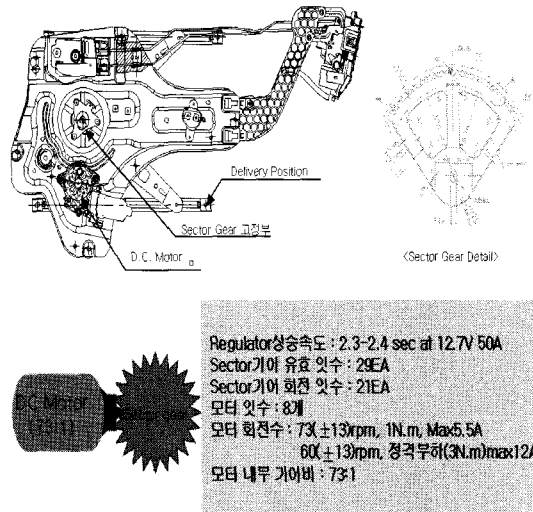


그림 2. Window Regulator Module 의 개략도와 Sector Gear의 특성

### 2.4 계측위치 선정

계측위치 선정[1][8]에 다음과 같은 4가지 조건을 부가하였다

- 1) 작동 부하의 변동이 가장 크게 나타날 수 있는 곳
- 2) 지그 부착시 경계조건에 가장 영향을 적게 받는 곳
- 3) 검사하고자 하는 대상 결함을 모두 취득할 수 있는 곳
- 4) 시스템 설계시 부착이 용이한 곳

이러한 사항들을 고려하여 반복 계측하여 불량품 판별이 가장 용이하고 불량부위에서 가장 가까운 위치인 Sector Gear 이음부분 윗부분을 진동신호 계측부로 결정하였다.

### 2.5 Sector Gear 진동 특성 실험

Sector 기어의 정상작동 및 이상작동시 발생하는 진동 특성을 계측하기 위하여 정상 제작된 1개의 샘플과 Sector 기어 간격을 인위적으로 비정상 상태로 제작한 1개의 샘플에 대하여 진동실험을 수행하였다. 현장 검사용 지그와 유사한 경계조건에서의 실험을 위하여 현장지그와 유사한 경계조건을 갖는 Regulator 부착 지그를 제작하였다. Regulator Module 작동시 발생하는 진동의 특성을 분석하기 위하여 아날로그 형태의 진동신호를 샘플링하여 디지털화 시켜 분석하는 과정이 요구된다. 이를 위해 Sector Gear 이음부분에 가속도계를 부착<sup>(118)</sup>하여 진동신호를 계측하였다(그림 3).

Regulator Module의 진동 특성을 분석하기 위하여 설정된 분석 환경을 통하여 계측된 주파수 영역에서의 특성을 고찰하면 그림 4에서 알 수 있듯이 100 Hz 미만의 Sector 기어 주파수 가진영역의 경우 모터기어와 Sector 기어가 맞물려 돌아가면서 발생하는 동하중에 의한 가진영역이므로 Sector 기어의 진동 특성이 직접적으로 나타나는 영역이며 기본 주파수는 상승시간 동안에 회전하는 잇수에 상승시간을 나누어 줌으로써 얻을 수 있다.

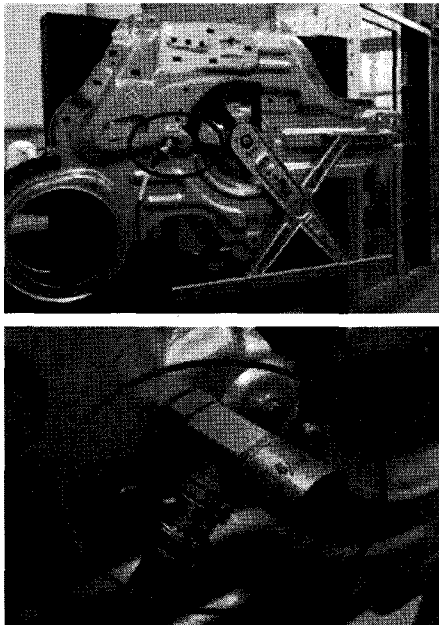


그림 3. Regulator Module 샘플과 가속도계 부착

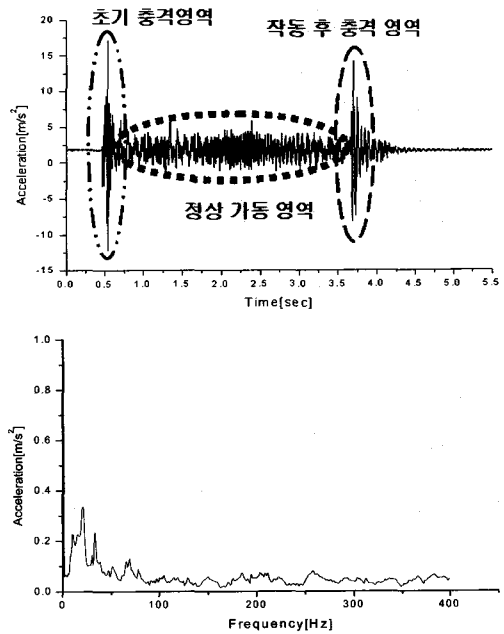


그림 4. Regulator Module의 진동 특성

### 3. 진동신호 계측결과

실험은 Regulator Module이 올라갈 때(UP)와 내려갈 때(DOWN) 양품과 불량품을 이용해 실시하였다. 정상 Window Regulator Module이 UP 작동시의 계측결과를 그림 5에 나타내었고 DOWN 작동시의 계측결과를 그림 6에 나타내었다. 불량 Window Regulator Module 계측 결과는 UP 과 DOWN 작동시 각각 그림 7, 8에 나타내었다. 또한 양품과 불량품의 차이를 비교하여 그림 9, 10에 나타내었고 표 1에 계측 결과 수치를 나타내었다.

표 1. Window Regulator Module 진동 계측 결과

Sample	Peak freq. (Hz)	Vib. Level (ms <sup>-2</sup> )	Time Peak Level (ms <sup>-2</sup> )	
양품	UP1	21.09	33.99	4.46
	UP2	21.09	34.78	5.16
	UP3	21.09	37.36	5.98
	UP4	21.09	36.62	5.77
	UP5	21.09	32.34	4.33
	DOWN1	96.09	74.85	7.23
	DOWN2	96.09	90.61	7.66
	DOWN3	96.88	100.16	7.20
	DOWN4	88.28	66.24	6.10
	DOWN5	86.28	67.43	6.89
불량품	UP1	21.88	33.99	26
	UP2	11.72	50.27	19.04
	UP3	11.72	47.11	18.68
	UP4	12.5	54.04	18.93
	UP5	11.72	49.83	19.38
	DOWN1	92.97	75.37	6.16
	DOWN2	92.19	82.33	12.78
	DOWN3	93.75	69.66	17.24
	DOWN4	92.97	73.91	13.31
	DOWN5	94.53	46.56	14.53

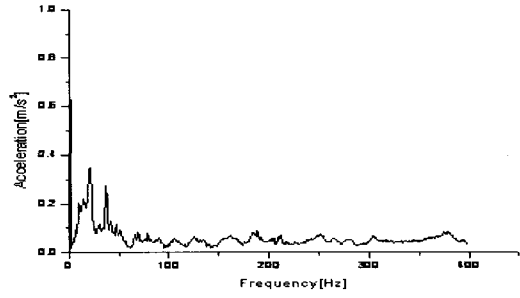
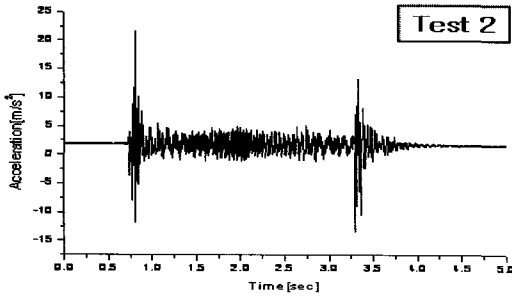
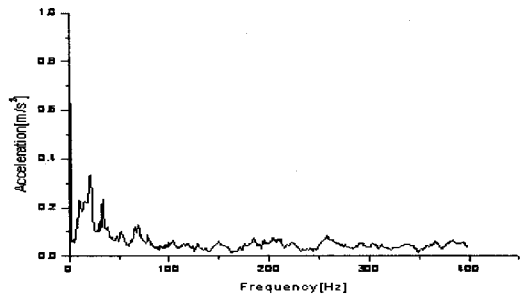
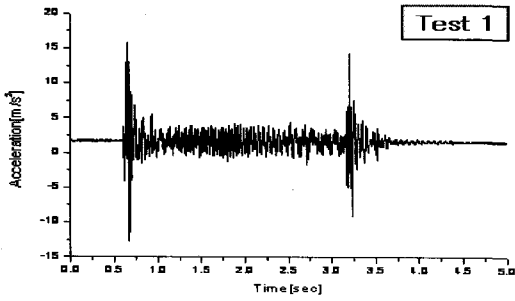


그림 5. 양품 Regulator Module (UP 상태)

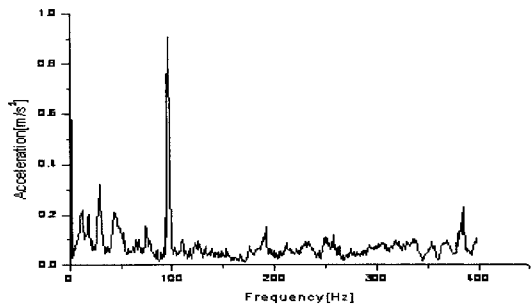
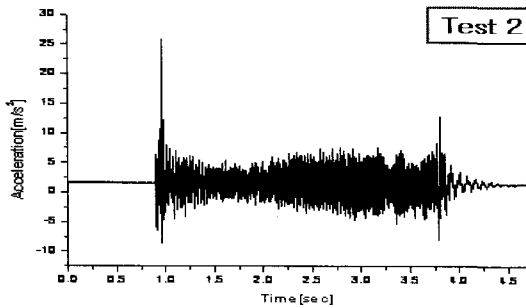
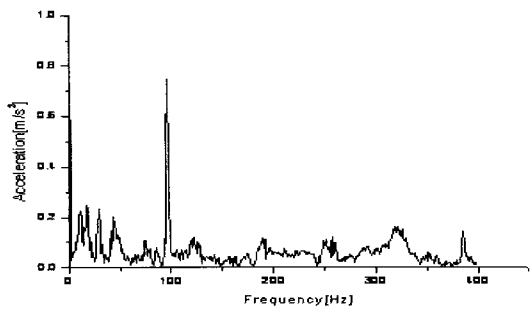
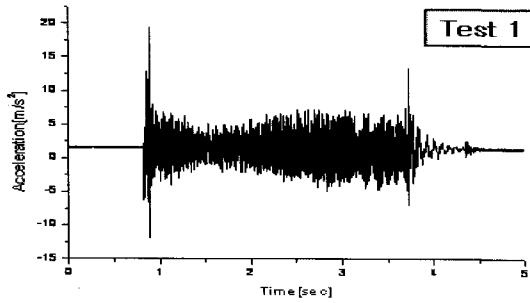


그림 6. 양품 Regulator Module (DOWN 상태)

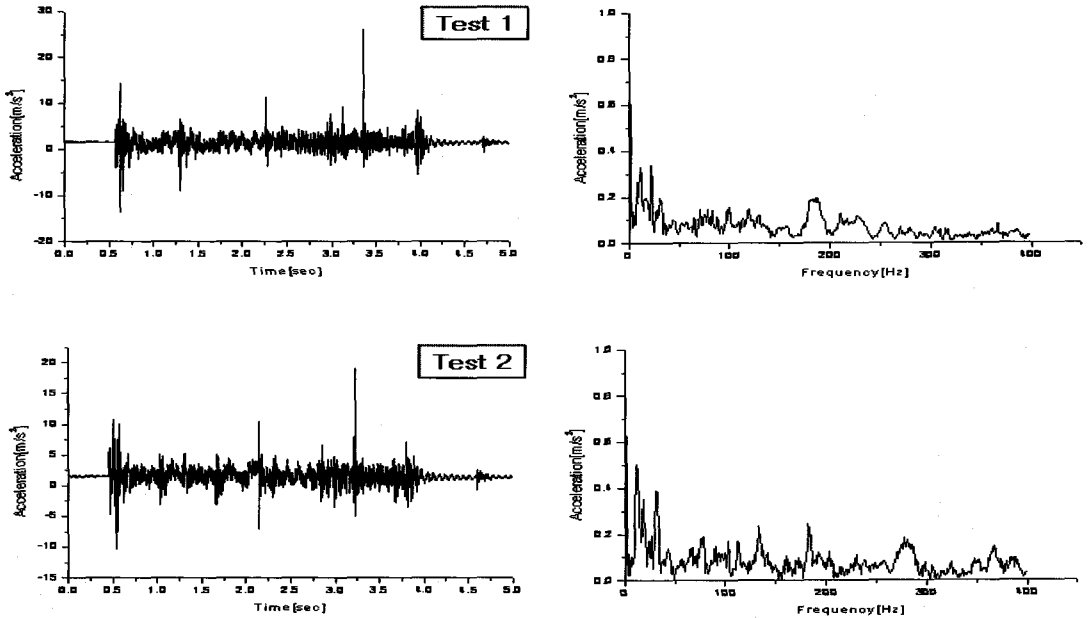


그림 7. 불량 Regulator Module (UP 상태)

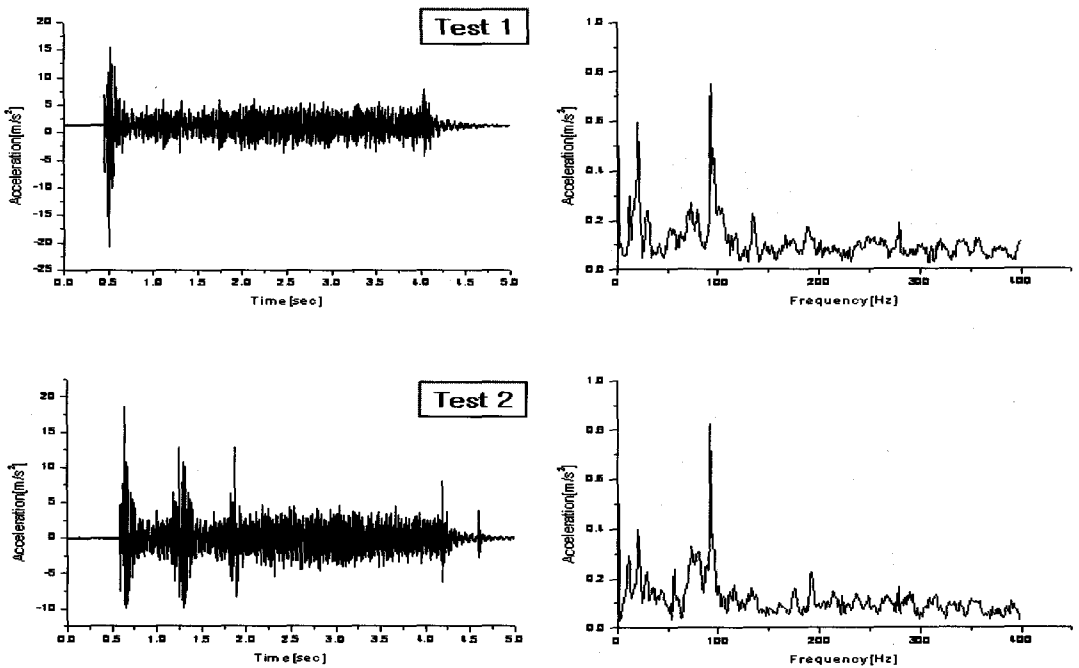


그림 8. 불량 Regulator Module (DOWN 상태)

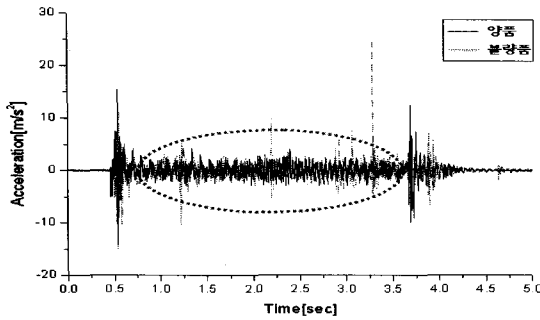


그림 9. UP 과 DOWN 상태 제측결과 비교

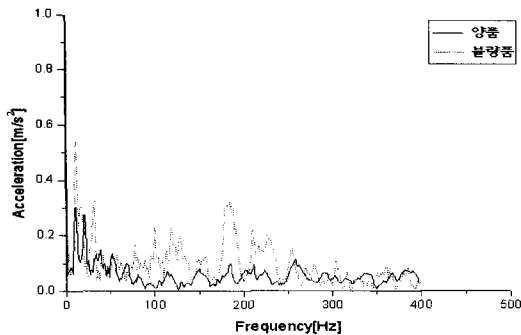
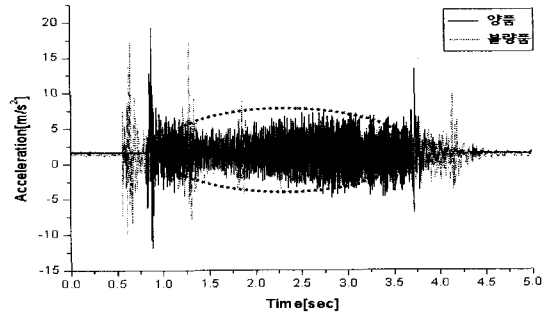


그림 10. 주파수 응답특성 비교

이상의 제측 결과에서 알 수 있듯이, 제측이 수행된 Regulator Module 샘플 모두에서 주파수 응답의 최대값은 저주파수 대역의 sector gear 가진 주파수 영역에서 나타났으며 각 샘플의 주파수 값이 모두 조금씩 다르게 제측되어 나타나고 있는 것으로 보아 장착된 모터의 회전수가 정확히 일치하지 않는 것으로 판단된다. 전반적으로 정상 샘플보다 Sector 기어 간격을 인위적으로 비정상 상태로 제작한 불량품 샘플에서 주파수 응답의 최대치가 다소 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 시간이력 최대치 역시 전반적으로 정상샘플 보다 불량 샘플에서 다소 크게 나타나고 있으며 지그에서의 진동 측정/분석의 주목적은 직접적인 현장에서의 양불 판정을 위한 알람레벨을 결정하기에 앞서 진동 신호특성을 이용하여 양품과 불량품의 이음특성을 검출하여 검사과정에 적용할 수 있는나에 목표를 두었다.

#### 4. 결과 및 고찰

이와 같은 실험을 통해 Regulator Module의 정상 샘플과 Sector Gear 간격을 인위적으로 변경한 불량 샘플에

대한 시간이력 및 주파수이력 특성을 분석 하여 진동특성의 차이를 확인 할 수 있었으며 그 결과는 불량 제작 Regulator Module 샘플의 경우, 저주파수 대역인 Sector gear 가진 영역에서 특정 주파수의 조화성분에서 상대적으로 큰 진동 응답치를 나타내고 있는것을 확인 할 수 있었다. 따라서 Regulator Module의 이음상태의 불량 여부를 판별하기 위한 검사시스템의 적용 가능성을 확인 할 수 있었으며 추후 모터의 부하상태, 경계조건, 분석 환경 등에 따라 진동 응답치가 달라질 가능성이 있으므로 제측용 지그가 아닌 실제 현장 지그 상태에서의 Regulator Module의 진동 특성 분석이 요구된다. 또한 빠르고 정확한 불량 판정을 위하여 현장실정에 맞는 시스템 개발이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

향후 더 많은 양의 Sample(정상, 비정상) 들에 대한 실험을 통하여 다양한 불량품을 선별할 수 있을것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] 김상환, 김지근, 이돈출, 장석기, “디젤엔진의 비틀림 진동 모니터링 시스템에 관한 연구,” 한국마린엔지니어링학회 학술대회 논문집 추계학술대회 논문집, pp. 197-204, 2003.
- [2] 김성곤, “대형구조물의 모니터링,” 소음진동공학회지, Vol.14, No.6, pp. 29-39, 2004.
- [3] 한민철, “진동 모니터링 및 응용,” 대한조선학회지, Vol.31, No.3, pp. 3048-3051, 1994.
- [4] "Machinery Monitoring," Shipcare and management, 1994.
- [5] P. Eastwood, "The integration of machinery condition monitoring into an overall maintenance programme," Noise & Vibration Worldwide, Vol. 22, No.5, May, 1992.
- [6] National Instrument, LabVIEW7 User's Manual, 2003.

[7] 전상렬, 김권희, "승용차 파워 윈도우의 저온 승하강 특성," 한국자동차공학회 학술대회지, pp. 363-368, 1999.

[8] D. J. Ewins, "Modal Testing : Theory and Practice," Research Studies Press Ltd..

**전 중 균(Chong-Keun Chun)**

[정회원]



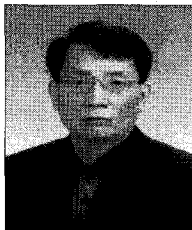
- 1980년 2월 : 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1985년 12월 : University of California, Los Angeles (공학석사)
- 1991년 6월 : University of California, Los Angeles (공학박사)
- 1992년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

응용역학, 소음/진동제어

**박 삼 진(Sam-Jin Park)**

[정회원]



- 1977년 2월 : 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1979년 8월 : 서울대학교 기계설계학과 (공학석사)
- 1984년 1월 : Case Western Reserve Univ. 기계공학과 (공학박사)

• 1984년 4월 ~ 1994년 2월 : 한국기계연구원 CAD/CAM실 실장, 책임연구원

• 1994년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

기계설계, CAD .....

**이 규 세(Gyu-Sei Yi)**

[정회원]



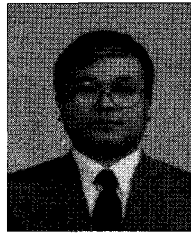
- 1979년 9월 : 고려대학교 토목공학과 (공학사)
- 1983년 8월 : 고려대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1996년 12월 : Utah State Univ. 토목공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>

구조공학, 콘크리트 구조, 구조해석.

**마 양 수(Yang-Soo Ma)**

[정회원]



- 1997년 8월 : 아주대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2006년 8월 : 선문대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 한국폴리텍II 인천대학 컴퓨터응용기계학과 교수

<관심분야>

재료역학, 절삭(CAM/CNC가공), 폴리메카닉