

홀 IC를 이용한 능동형 차륜 속도센서

김성우*·박성현**·류지열*·이동현*·노석호***

부경대학교 정보통신공학과*, 동의대학교 융합부품공학과**, 안동대학교 전자공학과***

Active Wheel Speed Sensor using Hall IC

Sung-Woo Kim*·Sung-Hyun Park**·Jee-Youl Ryu*·Dong-Hyun Lee*·Seok-Ho Noh***

Pukyong National University*, Dong-Eui University**, Andong National University***

E-mail : nsup@pknu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 홀 효과를 이용하여 차축(Tone Wheel) 회전에 따른 자속밀도의 변화를 감지하여 속도를 검출하는 자동차용 차륜 속도센서를 개발 제작하였다. 개발된 센서는 능동형 차속센서로서 마그네트 내장형 2-wire 홀 IC와 케이블 연결부를 ABS를 이용 하우징한 모형 구조로 제작 실험하였다. 기존의 능동형 차속센서 중 1개사의 자동차용 차속센서 부품의 특성을 분석하여 본 논문에서 제작한 센서와 각 특성을 비교하였다. 본 논문에서 개발된 차속센서는 12km/h 이하에서의 최소 감지스피드 성능, 80℃이하의 작동온도, 49% ~ 51%의 듀티 사이클 $[T_{on}/(T_{on}+T_{off})]$ 동작 특성을 보였다. 본 논문에서 제작한 능동형 차속센서는 수동형과 비교하여 부품수가 적고 소형화 및 경량화, 에어 갭(Air Gap) 변화에도 민감하지 않으며 듀티 사이클과 저속에서의 검출능력이 우수한 특성을 지닌다.

I. 서 론

자동차가 제동시 바퀴의 Lock을 방지하기 위한 시스템으로 ABS(Anti Lock Brake System)가 있는데, 이는 차륜속도 센서, ECU, Modulator, ABS Relay로 구성되어 있다. 이때 타이어의 회전속도 검출을 위해 4개의 타이어에는 회전속도센서인 차륜속도센서를 장착하며 이 센서로부터 입력된 속도를 비교하여 휠의 Lock을 판단 후, 브레이크 유압라인에 증, 감, 압의 명령을 ECU가 수행하게 되고 Modulator는 ECU로부터 명령을 통해 휠 실린더의 액압을 조정하게 된다. 따라서 차륜속도센서는 차륜 회전수를 검출하여 ABS에 전달, 최적의 운전을 가능하게 하는 장치로 최근에는 홀 IC를 이용한 능동형 타입이 늘고 있다. 차륜속도 센서를 사용하는 주요 시스템으로는 ABS 이외에 TCS(Traction Control System : 구동력 제어장치), CCS(Cruise Control System : 자동정속장치), 및 ABS와 TCS계통을 통합 제어하여 차량의 안정을 꾀하는 장치인 ESP(Electronic Stability Program)가 있다.

차륜 속도센서는 수동형과 능동형으로 구분되는데 수동형은 마그네틱 픽업코일 방식으로 자기 유도 작용을 이용한 방식이며 기존 차륜속도 센

서에 대부분 적용되고 있다. 능동형은 홀 IC를 이용한 방식이 대표적이며 3선이 아닌 2선으로 구성되어 있는 것이 특징으로 수동형에 비해 소형이며 차륜 속도를 0Km/H까지 감지가 가능하고 에어갭 변화에도 민감하지 않으며 노이즈 내성도 우수한 특성과 디지털 출력으로 신호 처리에 용이한 특성을 지닌다. 차륜 속도센서는 유럽을 중심으로 부품수가 적고 소형, 경량화가 가능한 능동형 센서가 주류를 이루고 있어 관련 시장은 3~4%정도 증가할 것으로 추측되고 있다.[1]

본 연구를 통해 차륜 속도센서의 개발을 통한 국산화가 실현된다면 센서와 센서가 채용되는 관련 시스템으로의 확장 개발 및 상용화를 통한 수출 증대에 기여할 것으로 기대된다.

II. 능동형 차륜 속도센서 분석 및 개발

1. 능동형 차륜 속도센서 기성품 분석

능동형 차륜 속도센서 개발에 앞서 기성품을 수배하여 분석하였으며, 이를 표 1에 나타내었다.

표. 1. 기성품 차종 및 수량

차종명	수량
YF 소나타	1set(Rear)

그림 1은 분석한 기성품의 외형사진을 나타낸 것

으로, 크게 홀 IC 센서, 마그네트와 연결을 위한 케이블, 그리고 외부 하우징으로 구분할 수 있다.



그림 1. YF Sonata 차륜 속도센서 외형

그림 2는 기성품을 CT(2D) 촬영한 사진으로 센서의 전단부에는 Hall 센서와 마그네트가 일체화 되어 있으며, 후단의 케이블까지 커넥터 프레임이 연결되어 있고 외부 센서의 고정을 위한 플랜지가 전단부 후단에 성형되어 있음을 알 수 있었다.

따라서, 기성품은 홀 IC와 Magnet을 함께 사출 및 성형한 플라스틱 사출·성형 구조임을 예상할 수 있다.

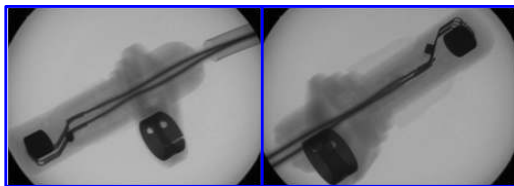


그림 2. YF Sonata CT(2D)

2. 능동형 차륜 속도센서 시제품 개발

그림 3은 제작할 시제품에 채용 삽입한 알레그로 칩사의 홀 IC의 내부 모식도를 나타낸 것으로, 내부에는 디지털 신호처리 블록과 2개의 홀 소자, Core 형식의 폴 피스 그리고, 내부 영구자석으로 구성되어 있으며 2핀(테스트 핀 제외)으로 동작된다.[3]

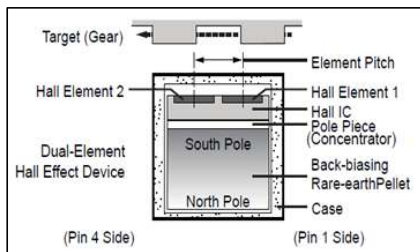
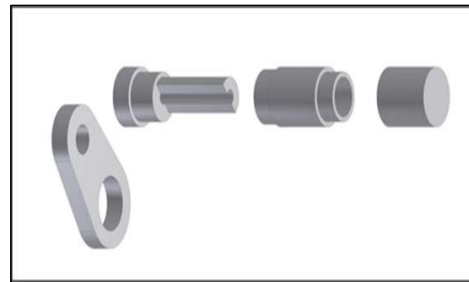


그림 3. 홀 IC [Allegro Chip]

그림 4는 제작된 시제품과 전개도를 나타낸 것으로 ABS 수지를 이용하여 Cap, Joint, Base 그리고 Bush(Flange)를 각각 파트별로 제작 후, 홀 IC를 삽입

·결합하여 구동 실험하였다. 이를 바탕으로 향후 사출·성형 제작이 가능하다.



(a) 전개도(3D)



(b) 개발 시제품

그림 4. 개발 시제품 및 전개도

III. 실험 및 결과

능동형 차륜 속도센서 기성품 및 개발 시제품의 구동 실험 및 특성 평가를 위해 그림 5와 같이 실험 환경을 구성하였다. High Track Machine에 톤 휠을 장착하여 RPM을 저속에서 고속으로 변화에 따른 센서의 감지 특성을 살펴 보았으며, 센서와 톤 휠 사이의 간격, 즉 에어갭을 0.5mm 간격을 두고 테스트 하였으며 그 출력변화를 오실로스코프를 통해 실시간 체크하였다. 테스트에 사용한 장비를 표 2에 나타내었다.



(a) 센서 실험 장비 및 환경

(b) RPM 표시



(c) 톤 휠, 허브 베어링 및 센서 장착

그림 5. 센서 실험 환경 및 Wheel & Sensor Ass'y

표. 2. 실험 장비 목록

번호	장비명	규격
1	Hi-Track Machine & Tools	Motor : 600W, 200V-60Hz, 70 ~ 2,500RPM
2	오실로스코프	ReCroy WaveRunner 44Xi(400MHz)
3	DC Power Supply	GP 1303DU(EZ)
4	Tone Wheel & Hub-bearing	YF Sonata 47Tooth(Rear)

그림 6은 테스트에 사용된 YF Sonata Rear형 톤 휠 (47Tooth)과 오실로스코프를 통한 구동 출력화면을 나타낸 것으로 표 3과 같이 RPM 입력 변화에 따른 출력변화를 주파수 및 듀티 사이클을 확인 및 분석하였다.

표. 3. RPM 입력

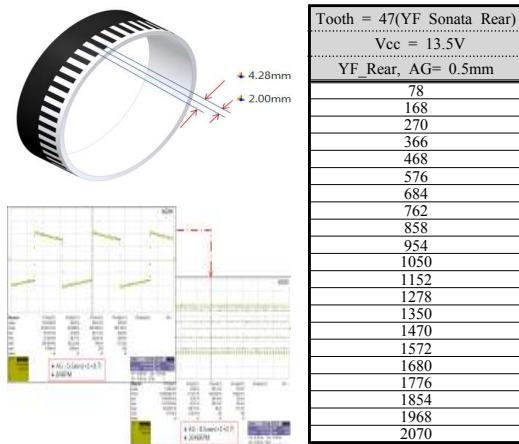
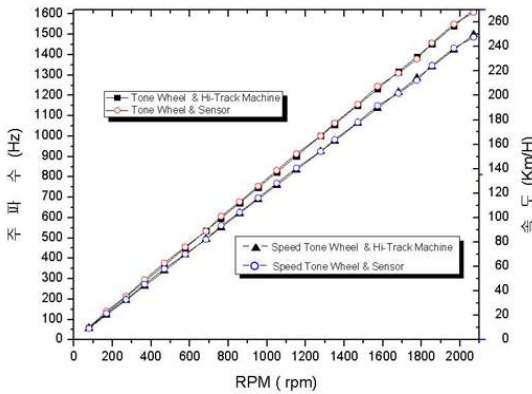
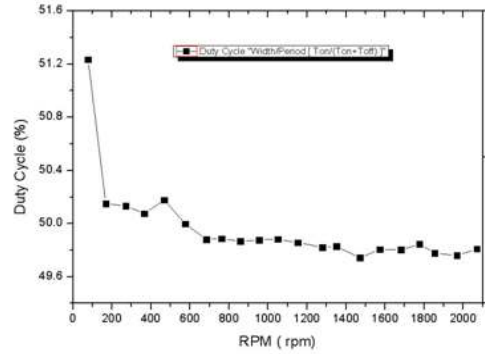


그림 6. 톤 휠 및 테스트 출력화면

그림 7은 기성품 차륜 속도센서의 구동 실험 결과의 그래프로 RPM 변화에 따른 주파수 및 속도변화를 실제 계산 값과 실험 결과 값을 비교하여 나타낸 것으로 거의 일치 하게 나타남을 확인 할 수 있었고, 듀티사이클은 49% ~ 52% 범위에 있음을 알 수 있었다. 이를 기준으로 제작 시제품을 동일하게 실험하여 비교하고자 하였다.



(a) RPM 변화에 따른 주파수 및 속도 특성



(b) RPM 변화에 따른 듀티사이클

그림 7. YF Rear형 센서의 RPM 변화에 따른 출력

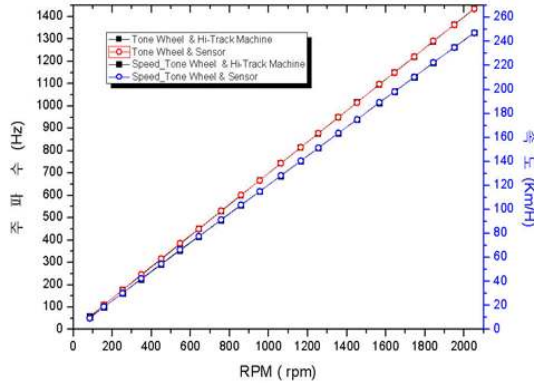
본 논문에서 개발 제작한 차륜 속도센서의 RPM 변화에 따른 구동 출력 결과를 표 4에 나타내었다.

42Tooth 톤 휠을 테스트 장비에 장착하여 제작된 센서와 톤 휠의 에어갭을 0.5mm로 고정 한 후, 84 ~ 2052 RPM 사이의 속도 변화에 따른 센서의 감지 특성을 주파수 출력, 듀티 사이클 그리고 입력력 주파수의 오차를 확인하였다.

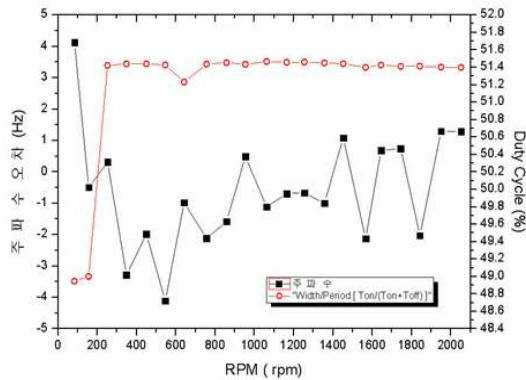
표. 4. 개발 시제품의 RPM 속도변화에 따른 출력 데이터

Tone Wheel Tooth = 42, Vcc = 13.5V				
RPM	주파수	주파수	Duty Cycle	주파수 오차
(rpm)	(Hz)	(Hz)	(%)	(Hz)
Hi-Track Machine	ToneWheel & Hi-Track Machine	Tone Wheel & Sensor	Width/Period [Ton/(Ton+Toff)]	100(±5) 1000(±10)
84	58.8	56.461946	49.4778	2.338054
186	130.2	131.765545	49.4456	-1.565545
240	168	167.995624	49.4485	0.004376
354	247.8	245.12776	50.4566	2.67224
468	327.6	326.43655	50.4459	1.16345
564	394.8	391.42288	50.4319	3.37712
678	474.6	476.36233	50.3943	-1.76233
750	525	528.2745	50.4451	-3.2745
840	588	587.91171	50.4117	0.08829
960	672	671.89356	50.4141	0.10644
1056	739.2	736.33327	50.3845	2.86673
1158	810.6	811.42915	50.3962	-0.82915
1248	873.6	877.13532	50.4021	-3.53532
1344	940.8	945.1903	50.3851	-4.3903
1446	1012.2	1013.20205	50.3705	-1.00205
1566	1096.2	1097.99313	50.3511	-1.79313
1656	1159.2	1158.45396	50.3381	0.74604
1746	1222.2	1220.58952	50.3406	1.61048
1848	1293.6	1295.40315	50.3156	-1.80315
1968	1377.6	1373.72695	50.3108	3.87305
2052	1436.4	1432.221213	50.3004	4.178787
MAX	1436.4	1432.221213	50.4566	4.178787
MIN	58.8	56.461946	49.4456	-4.3903

RPM 속도 변화에 따른 센서의 감지특성 결과는 그림 8에서 보듯이 실제 값과 개발 센서의 감지결과가 허용오차 범위 내에서 일치하는 우수한 특성을 보였다.[2] 듀티 사이클은 49% ~ 51% 범위로 우수한 결과를 보였다.



(a) RPM 속도 변화에 따른 센서의 주파수 및 속도 출력



(b) RPM 변화에 따른 센서의 주파수오차 및 듀티 사이클
그림 8. 개발 시제품 센서 감지 특성

제작된 시제품의 주요 성능 지표를 세계 및 국내 기술 수준과 비교하여 표 5에 나타내었다. 듀티 사이클 및 최소 감지스피드에서 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

표. 5. 차륜 속도센서의 주요 성능별 수준 비교

주요 성능	단위	세계최고 수준보유국 ()	연구개발전 국내수준	This Work	평가 방법
		성능수준	성능수준	성능수준	
최소감지스피드	Km/h	10 (독일)	20	12 이하	동작 시험
작동온도	℃	-40~115 (미국)	-20 ~ 80	-20 ~ 80	동작 시험
Duty Cycle	%	41~61 (미국)		49 ~ 51	동작 시험

IV. 결 론

본 논문에서는 차량의 회전수를 감지하여 바퀴의 제동 및 차량 자세 안정화를 제어하는 차륜 속도센서를 개발 및 구동 실험하였다. 제작된 센서는 홀 IC를 이용한 능동형 차륜 속도감지 센서로서 감지특성이 12Km/H 이하의 최소감지스피드와, 49% ~ 51%범위의 우수한 듀티 사이클 $[T_{on}/(T_{on}+T_{off})]$ 특성을 보이며 정상 동작함을 확인 하였다.

이는 제작된 차륜 속도센서가 실제 차량의 장착 구동시 고온(약 130℃)의 영향에 따른 회전 속도 감지 특성과 같은 신뢰성에 대한 추가 연구로 그 추가 성능이 확보 된다면 상용화가 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] “차륜 속도센서”, 사업기획개발센터, 전자부품연구원(KETI) 전자정보센터(EIC), 1-7, September 2006.
- [2] "Wheel Speed Sensor for Automobiles(Reliability)", RS R 0123, 산업자원부 기술표준원, 2007.
- [3] "Miniature, Two-Wire, True Zero Speed Differential Peak-Detecting Sensor IC", Data Sheet, Allegro MicroSystems Inc.
- [4] Joe Gilbert and Ray Dewey, "Linear Hall-Effect Sensor ICs(Application Note 27702A)", Allegro MicroSystems Inc.
- [5] H. Jasberg, "'Differential Hall IC for gear-tooth sensing,'" *Sens. Actuators*, vol. A21-A23, pp. 737-742, 1990.
- [6] D. Draxelmayer and R. Borgschulze, "A dynamic differential Hall IC with current interface for automotive sensor applications" in *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. Dig. Tech. Papers*, 1997, pp. 204-205.