

Development of Automotive Coolant Level Detector Using Magnetic Sensor: An Industry Related Capstone Design Case

Tae-Geon Lee, Jin-Seon Kwon, Seung-Ah Jeong, Sang-Ho Lee, and Jong-Hyun Lee

Department of Physics, Andong National University, Andong 36729, Korea

Byeonghwa Lim and Seok-Soo Yoon*

*Department of Smart Sensors Engineering, School of Electric and Mechanical Engineering,
Gyeongbuk National University, Andong 36729, Korea*

(Received 30 March 2025, Received in final form 22 April 2025, Accepted 22 April 2025)

These days, many universities offer various capstone design courses that connect students with industry partners, allowing them to creatively solve real-world problems proposed by companies. Through these programs, students enhance their problem-solving skills and develop into industry-ready professionals. H Corporation, a manufacturer of automotive components, has been facing persistent challenges with its coolant level sensors that utilize reed switch technology since these sensors are prone to damage during manufacturing or handling. This paper presents the process and outcomes of a capstone design project conducted in collaboration with H Corporation, aimed at developing a new type of coolant level sensor. As a result of this project, a Hall-effect sensor-based coolant level detector was developed, which was evaluated by the company as a viable alternative that resolves the weaknesses of the current product. This case may serve as a valuable reference for researchers and educators interested in operating capstone design programs in partnership with industry, particularly in the field of magnetics.

Keywords : Capstone design course, Automotive sensors, Coolant level sensor, Magnetic Sensor, Hall sensor

자기센서를 이용한 자동차용 냉각수 레벨 감지기 개발: 기업 연계 캡스톤디자인 사례

이태건 · 권진선 · 정승아 · 이상호 · 이종현

국립안동대학교 물리학과, 경북 안동시 경동로 1375, 36729

임병화 · 윤석수*

국립경국대학교 전자·기계공학부 스마트센서공학 전공, 경북 안동시 경동로 1375, 36729

(2025년 3월 30일 받음, 2025년 4월 22일 최종수정본 받음, 2025년 4월 22일 게재확정)

요즘 대부분의 대학들은 학부 교육과정으로 기업에서 제시한 문제를 학생들이 창의적으로 해결하는 기업연계 캡스톤디자인 교과목을 다양하게 개설하고 있으며 이를 통해 학생들의 문제해결 능력을 기르고 기업 맞춤형 인재를 양성하려 노력하고 있다. 자동차용 부품을 생산하는 H사는 냉각수 탱크와 함께 납품하고 있는 리드스위치 방식의 냉각수 레벨 감지기가 제조나 취급 단계에서 파손이 자주 일어나는 애로사항을 겪고 있다. 본 논문은 H사와 연계하여 기존의 냉각수 레벨 감지기의 단점을 해결할 수 있는 새로운 방식의 냉각수 레벨 감지기를 개발하는 것을 캡스톤디자인 교과목의 과제로 수행한 과정과 결과를 소개하고자 한다. 본 과제를 통해 Hall 센서 기반의 냉각수 레벨 감지기를 개발하였으며 기업으로부터 기존 제품의 단점을 해결할 수 있는 대안이 될 수 있다는 평가를 받았다. 이 과제는 기업과 연계하여 캡스톤디자인 교과과정을 운영하려는 자기학 관련 교육자와 연구자들에게 참고 사례가 될 것으로 기대한다.

주제어 : 캡스톤디자인, 자동차 센서, 냉각수 레벨센서, 자기 센서, Hall 센서

I. 서 론

요즘 대부분의 대학들은 학부 교육과정으로 기업에서 제시한 문제를 학생들이 창의적으로 해결하는 기업연계 캡스톤디자인 교과목을 다양하게 개설하고 있으며 이를 통해 학생들의 문제해결 능력을 기르고 기업 맞춤형 인재를 양성하려 노력하고 있다[1,2]. 한국자기학회지를 통해 기업연계 캡스톤디자인 교과목에서 자기기술 관련 주제들을 수행한 사례를 공유하는 것도 자기학 관련 기술에 관심을 가지는 인재를 양성하고 산업체와의 협력을 활성화하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

내연기관 자동차에는 엔진의 과열을 막기 위해 냉각수가 필요하다. 전기자동차에도 배터리의 온도를 관리하기 위해서 냉각수가 필요하다. 특히 전기자동차에는 충전이 가장 잘 되는 온도를 유지하기 위한 따뜻한 냉각수와 배터리 과열을 막기 위한 차가운 냉각수가 모두 필요하다. 따라서 냉각수가 부족한 경우 모든 자동차는 심각한 문제가 발생할 수 있으며 이를 미리 방지하기 위해 냉각수 레벨 감지기가 냉각수 탱크에 장착되고 있다. 냉각수 레벨 감지기로 리드스위치 방식[3], 정전용량 방식[4], 초음파 방식[5], 광전자 방식[6], 자성박막센서[7] 등이 개발되어 사용되고 있다.

국내 자동차 소재 및 부품 전문기업 중 하나인 H사는 자동차용 냉각수 레벨 감지기 제품을 생산하여 여러 자동차에 공급하고 있으나 기존 제품에서 애로사항이 발생하고 있어 이를 해결하기 위해 본 학과로 자문을 요청하였다(기업명은 비공개 방침에 의해 이니셜로 표시하였음). 이 애로사항을 본 학과의 캡스톤디자인 교과목의 과제로 채택하여 수행하기로 상호 합의하였으며, 그 과정과 결과를 자기기술 분야 기업연계 캡스톤디자인 사례로 소개하고자 한다.

II. 캡스톤디자인 과제 계획 수립

본 캡스톤디자인 과제의 계획을 수립하기 위해 제일 먼저 H사의 애로사항과 요구사항을 미팅을 통해 파악하였다. H사는 자동차용 냉각수 탱크와 냉각수 탱크에 설치된 냉각수 레벨 감지기를 일체형으로 자동차 회사에 납품하고 있다. H사가 사용하고 있는 냉각수 레벨 감지기 시스템은 Fig. 1과 같이 영구자석이 부착되어 냉각수에 떠 있는 플로터(floater)와 냉각수 탱크 외부 하단의 슬롯에 장착된 리드스위치로 구성되어 있다. 리드스위치 구조는 두 개의 마주하고 있는 NiFe 강자성 날이 질소 가스로 채워진 유리관 속에 밀봉되어 있는 구조이다[8,9]. 플로터에 부착된 영구자석은 디스크형 페라이트 자석으로 직경방향으로 N과 S극이 형성되어 있다. 탱크의 수위가 낮아져서 영구자석과 리드스위치 사이의 거리가 가까

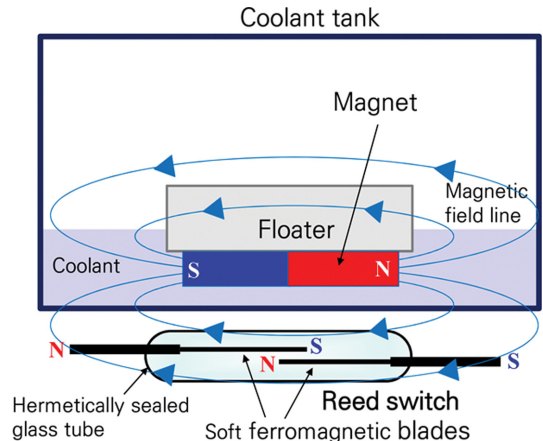


Fig. 1. (Color online) Structure of the coolant level sensor based on a reed switch.

워지면 영구자석이 만드는 자기장이 두 강자성체 날의 두 끝을 반대 극성으로 자화시켜 자기력에 의해 서로 붙게 되어 리드스위치가 ON 상태가 된다. 리드스위치의 두 전극은 외부전원으로 연결되어 있어 ON, OFF 상태를 전자적으로 감지할 수 있도록 되어 있다. 현재 채택하고 있는 리드스위치 방식은 가격이 저렴하며 전력소모가 적으며 밀봉되어 있어 부식 등 외부 환경에 영향을 받지 않는 장점을 지니고 있다. 그런데 현재의 리드스위치는 유리관 속에 밀봉되어 있어 제조, 이동, 설치 등의 과정에서 파손되는 일이 자주 발생하는 어려움을 H사는 겪고 있으며, 이 문제를 해결할 수 있는 새로운 방식의 자동차용 냉각수 레벨 감지기 개발을 필요로 하고 있다. H사가 요구하는 새로운 냉각수 레벨 감지기는 기존 제품에 비해 안정성과 신뢰성이 높으면서 제조 단가는 크게

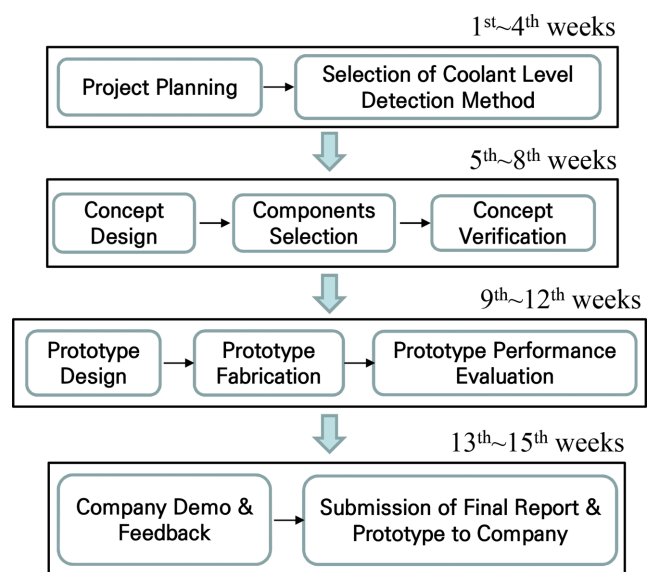


Fig. 2. (Color online) Project workflow.

오르지 않아야 하며 -40°C 에서 150°C 의 자동차 부품 동작조건을 만족할 수 있어야 한다. H사의 애로사항과 요구사항에 따라 본 캡스톤디자인 과제의 목표는 “기존 리드스위치 감지기를 대체할 수 있는 새로운 방식의 자동차용 냉각수 레벨 감지기 개발”로 설정하였으며, 레벨 감지기의 세부 목표 사양으로는 1) 레벨감지 분해능이 5 mm 이하이며 2) 자동차용 부품에 요구되는 -40°C 에서 150°C 의 온도 범위에서 안정적으로 동작하여야 하며 3) 사용되는 부품의 단가가 높지 않으며 부품의 수급에 문제가 없어야 한다는 것으로 정하였다. 과제 목표를 정한 후 세부 과업과 일정 그리고 팀원들의 역할 분담 등을 담은 실행계획을 수립하였다. Fig. 2는 세부 과업의 실행순서와 일정을 보여준다.

III. 캡스톤디자인 수행 단계별 결과

1. 냉각수 레벨 감지 방식 결정 및 개념 설계

본 과제 수행의 첫 단계로 개발 목표에 맞는 자동차용 레벨 감지기를 어떤 기술을 기반으로 개발할 것인가를 검토하였다. 검토 결과 Fig. 3과 같은 개념의 자기센서 기반으로 개발하기로 결정하였다. 기존의 리드스위치 방식에서 사용하는 영구자석이 부착된 플로터와 냉각수 탱크 구조는 그대로 유지하고 영구자석이 만드는 자기장을 자기센서로 감지하는 방식이다. 자기 센서로는 홀 센서를 적용하기로 하였으며 홀 센서가 센서 면에 수직 자기장을 감지하기 때문에 플로터에 부착된 영구자석의 극성이 상하로 착자된 것을 사용하기로 하였다. 이 방식을 채택하면 기존 냉각수 탱크구조를 변경할 필요가 없으며 홀 센서의 경우 IC화 되어 대량으로 생산되는 다양한 제품이 출시되어 있기에 부품의 단가와 수급에서 장

점이 있다.

2. 부품 선정

본 과제 수행의 다음 단계로 핵심 부품인 플로터에 부착할 영구자석과 홀 센서를 선정하였다. 사용할 영구자석의 후보군으로는 네오디뮴(Nd), 페라이트, 싸마륨코발트(SmCo), 알리코(Alico) 등을 대상으로 자기적 특성, 가격, 내부식성, 내구성 등을 종합적으로 검토하였다. 네오디뮴 자석의 경우 잔류자속밀도가 필요 이상으로 높아 취급시 주위가 필요한 점과 부식과 산화에 취약하기 때문에 냉각수 속에 잠겨있어야 하는 상황에 적합하지 않다는 판단에서 제외하였다. 알리코 자석의 경우 내부식성은 좋으나 보자력이 상대적으로 약한 단점이 있어 후보군에서 제외하였다. SmCo 자석의 경우 잔류자속밀도와 보자력 특성이 좋으며 내부식성도 좋으나 깨지기 쉽고 가격이 높다는 단점이 있다. 페라이트 자석의 경우 잔류자속밀도와 보자력 특성은 보통이나 내부식성, 내구성이 좋으며 가격이 저렴하다는 장점이 있다. 이러한 검토 결과를 바탕으로 플로터에 부착할 영구 자석으로 페라이트 자석을 우선 선정하였다. 다만 페라이트 자석의 경우 잔류 자속밀도의 온도 계수가 20°C 에서 150°C 의 범위에서 $-0.19\%/^{\circ}\text{C}$ 로 SmCo 자석의 $-0.045\%/^{\circ}\text{C}$ 에 비해 높다[10]. 따라서 페라이트 자석을 사용하는 경우 온도가 높아지면 자기장의 세기가 약해지기 때문에 자기장의 세기를 자기센서로 감지하는 방식에서 냉각수 레벨에 오차를 발생하게 되는 단점이 있어 최종 선정하는 것은 일단 보류하였다.

영구자석과 함께 핵심 부품인 Hall 센서를 선정하기 위한 검토도 진행하였다. Hall 센서 선정 기준으로 센싱요소와 신호회로가 하나의 패키지에 IC로 만들어 진 것, 5 V의 입력전압으로 동작이 가능한 것, 자동차용 부품의 동작온도 조건을 만족하는 것 등을 기준으로 정하였다. 이 기준으로 Hall 센서를 검색하던 중에 이러한 조건을 모두 만족하면서 자기장에 대한 민감도가 온도에 따라 선형적으로 증가하도록 하여 페라이트 자석의 자기장 세기가 온도에 따라 감소하는 것을 보정하는 기능을 가진 제품이 있다는 것을 알게 되었다. 이 제품은 미국 텍사스인스트루먼트 사의 “DRV5056A4 Linear Hall Effect Sensor”이다. 이 제품을 Hall 센서로 선정하면서 온도 특성으로 인해 보류했던 페라이트 자석을 플로터에 부착할 자석으로 선정하기로 결정하였다. DRV5056A4 Hall 센서는 5 V 입력에서 자기장이 0일 때 출력전압이 0.6 V이며 민감도가 25°C 기준으로 25 mV/mT, 최대 측정 범위가 158 mT인 사양을 가지고 있으며 민감도가 온도에 따라 증가하는 특성이 있다(제조사 데이터시트 참조). 페라이트 자석으로 선택한 제품은 한국 다운마그네트 사의 “DMFC-123 원형 페라이트 자석”으로 지름 12 mm, 두께 3 mm,

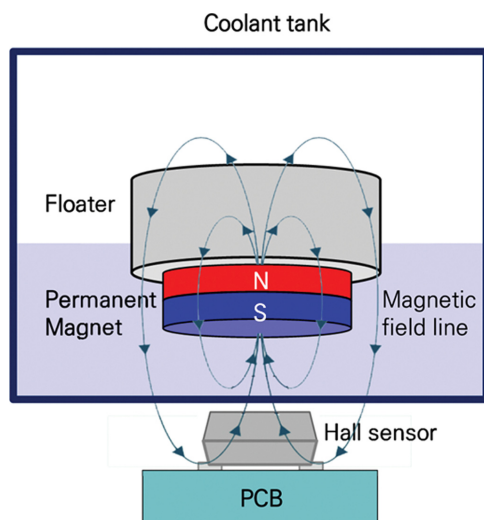


Fig. 3. (Color online) Conceptual design of the coolant level detector using a Hall-effect magnetic sensor.

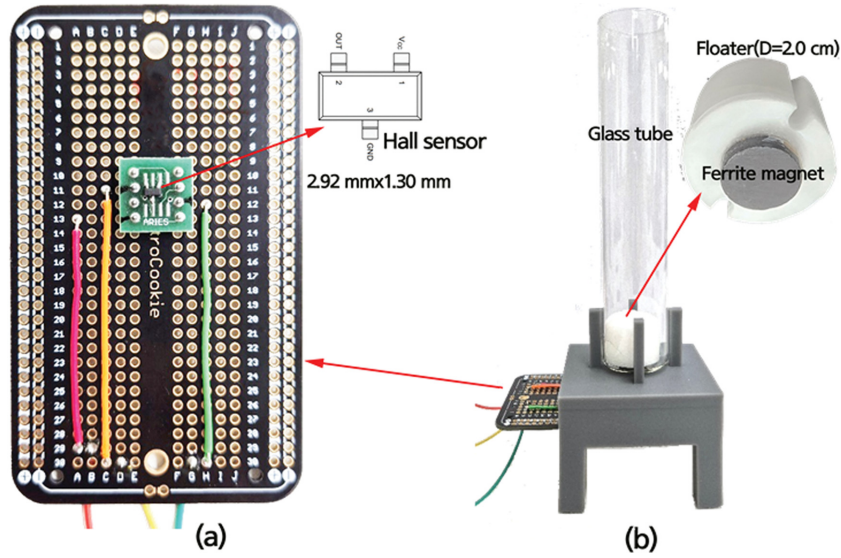


Fig. 4. (Color online) Experimental setup for concept validation.

표면자속밀도의 크기가 90 mT인 제품이다.

3. 개념 설계 검증

선정한 페라이트 자석과 Hall 센서를 구매한 후 Fig. 3의 개념 설계를 검증하기 위한 측정기구를 제작하고 실험장치를 구성하였다. Hall 센서 IC는 Fig. 4(a)와 같이 변환기판 위에 솔더링하고 입력전압을 공급하고 출력전압을 측정할 도선을 연결하였다. H사에서 냉각수 탱크에 실제 사용하고 있는 플로터를 받아 구매한 원형 페라이트 자석을 부착하였다. 물과 플로터를 넣을 기구로는 유리관을 이용하였으며 유리관과 변환기판을 고정할 받침대는 3D 프린터로 제작하였다. Fig. 4(b)는 플로터의 레벨에 따른 Hall 센서의 출력전압을 측정하는 전체 장치를 보여준다. Hall 센서에 5.0 V의 입력전압을 가한 상태에서 유리관에 넣은 물의 양을 일정하게 증가시키면서 상온에서 플로터에 부착된 자석과 Hall 센서와의 수직

거리(d)와 Hall 센서 출력전압(V_o)의 변화를 디지털 멀티미터로 측정하였으며 그 결과를 그래프로 그린 것이 Fig. 5이다. Fig. 5는 Hall 센서의 출력전압이 자석과의 거리가 증가함에 따라 민감하게 감소한다는 것을 보여준다. Fig. 6은 d 를 8.0 mm로 고정한 상태에서 Fig. 4(b)의 기구를 오븐 속에 넣어 온도를 30°C에서 120°C까지 증가시키면서 V_o 를 측정한 결과를 보여준다. 이 결과로부터 계산한 출력전압의 온도계수는 $-0.006\%/^{\circ}\text{C}$ 로 페라이트 자석의 잔류자화의 온도계수 $-0.19\%/^{\circ}\text{C}$ 와 비교하면 매우 낮은 값을 보여준다. 이 결과로부터 DRV5056A4 Hall 센서가 페라이트 자석의 세기가 온도에 따라 감소하는 것을 적절히 보정하여 준다는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 5와 6의 결과로부터 페라이트 자석과 DRV5056A4 Hall 센서를 사용하면 자동차 부품이 요구하는 온도 범위에서 안정적으로 동작하는 냉각수 레벨 감지기 개발이 가능하

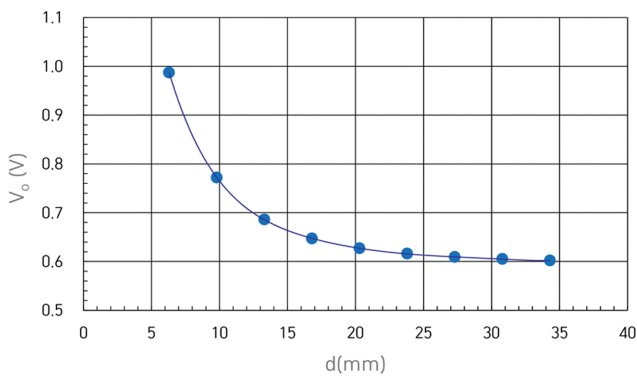


Fig. 5. (Color online) Variation of Hall sensor output voltage with the distance between the sensor and the magnet.

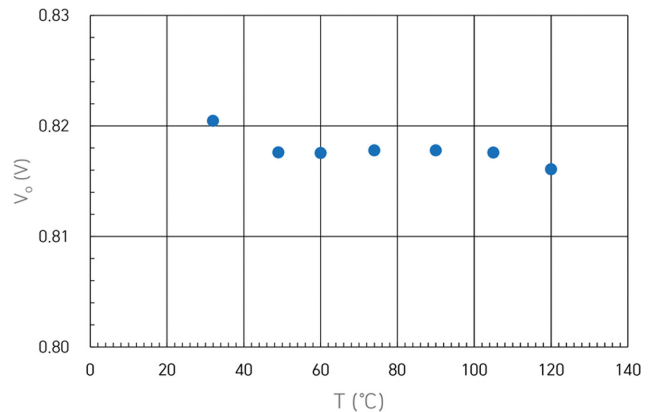


Fig. 6. (Color online) Variation of Hall sensor output voltage with temperature at a fixed $d = 8$ mm.

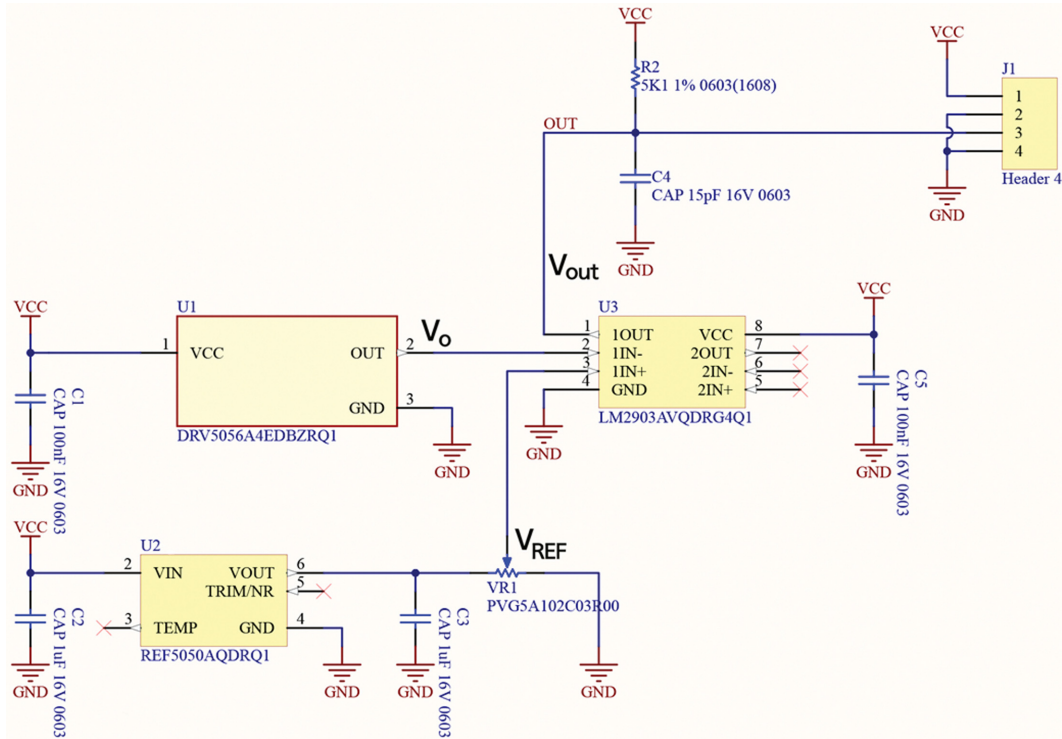


Fig. 7. (Color online) Circuit diagram of the coolant minimum-level detector using the Hall sensor.

다는 것을 확인하였다.

4. 시작품 설계 및 제작

플로터에 부착된 페라이트 자석과 Hall 센서를 이용하여 냉각수의 레벨이 최소 수준 위에 있을 때는 5 V 최소 수준 이하일 때는 0 V를 출력하는 전자회로를 설계하였다. 설계한 회로도는 Fig. 7과 같다. 이 회로도에서 U1은 DRV5056A4 Hall 센서 IC이다. U2는 텍사스인스트루먼트사의 REF5050 Voltage Reference IC로 온도에 무관하게 5.0 V의 일정한 전압을 출력해 주는 IC이다(제조사사의 데이터 시트를 참고하면 출력전압은 2.5 ppm/°C의 매우 낮은 온도 의존성을 가짐). REF5050의 출력전압 5.0 V는 1 kΩ의 Trimmer Potentiometer인 VR1에 연결되어 최소 냉각수 레벨에서 Hall 센서 IC의 출력전압에 해당하는 기준 전압값 V_{REF} 으로 조정되어 U3로 입력된다. 여기서 U3은 Comparator IC로 Hall 센서 IC의 출력전압 V_o 와 V_{REF} 값을 비교하여 $V_o > V_{REF}$ 이면 비교기의 출력(V_{out})을 0 V로 $V_o < V_{REF}$ 이면 출력전압을 5 V로 출력한다. Fig. 7의 회로에 사용된 모든 부품은 자동차 부품이 요구하는 온도 범위에서 동작하는 것으로 선택하였으며 회로의 전원 V_{cc} 는 자동차 ECU에서 기본으로 제공되는 5.0 V의 전원을 이용한다. Fig. 7의 회로를 브레드 보드에 구성하여 정상 동작함을 확인한 후 PCB를 설계하였다. Fig. 8(a)는 PCB 설계도를 보여주며 Fig. 8(b)는 제작된 PCB위에 부품을

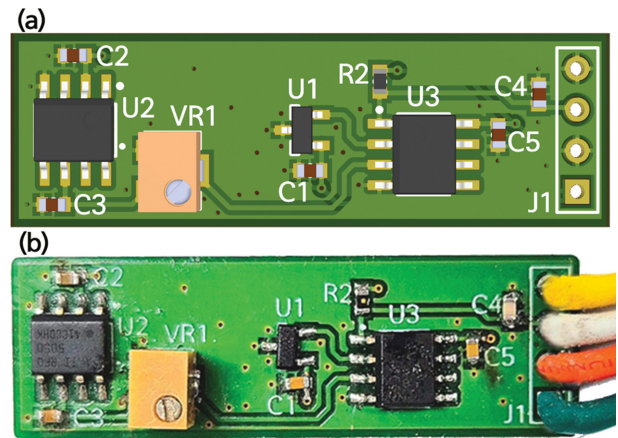


Fig. 8. (Color online) (a) PCB layout of the coolant minimum-level detector using the Hall sensor; (b) Assembled PCB with soldered components.

솔더링하여 완성한 냉각수 레벨 감지기 회로 사진이다. PCB의 크기는 37 mm × 12 mm로 H사의 냉각수 탱크 아래쪽에 있는 슬롯에 설치될 수 있도록 맞추었다.

5. 시작품 성능 측정

완성한 냉각수 레벨 감지기의 성능을 측정하기 위해 $V_{cc} = 5.0$ V의 전원을 연결한 후 최소 기준 레벨을 14 mm로 정하고 이에 맞게 Potentiometer VR1을 조정하여 V_{REF} 값을

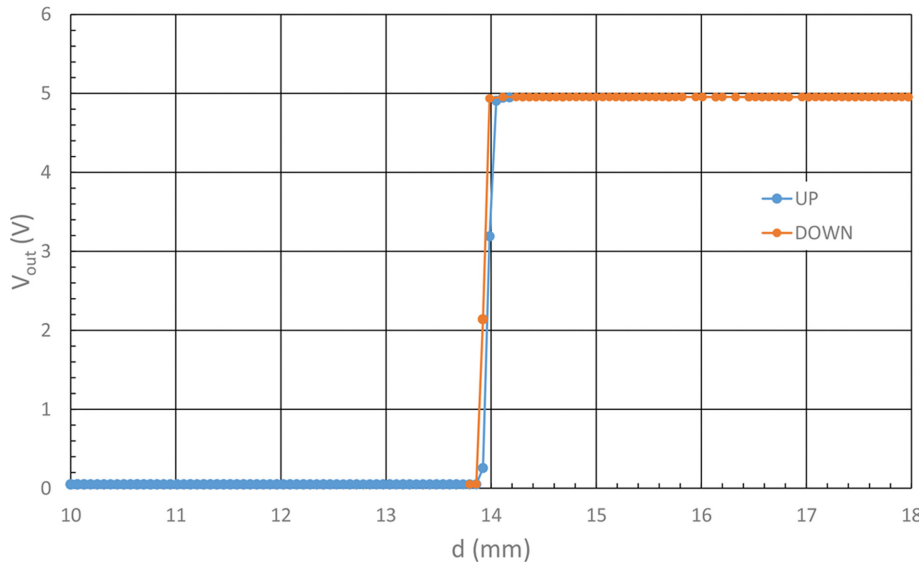


Fig. 9. (Color online) Output performance of the developed coolant minimum-level detector.

설정하였다. V_{REF} 값을 설정한 후 플로터에 부착된 자석과 Hall 센서 IC의 사이의 수직거리 d 를 연속적으로 증가시키면서 그리고 다시 감소시키면서 감지기의 출력전압 V_{out} 을 측정 한 결과가 Fig. 9이다. 이 결과를 보면 d 가 증가하다 13.8 mm에 도달하면 출력전압이 0 V에서 5 V로 바뀌었다. 이 결과로부터 최소 기준 레벨에 도달했다는 것을 0.2 mm 오차 내에서 감지할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. d 가 증가 할 때와 감소할 때의 결과를 비교하면 히스테리시스 오차도 약 0.1 mm로 측정되었다. 이러한 정도의 오차는 목표 값 0.5 mm보다 낮은 수준이다. 따라서 본 과제를 통해 개발한 장치는 자동차 냉각수 레벨이 최소 기준에 도달했는지를 충분히 감지할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

6. 과제 마무리

과제의 마무리 단계에서 개발한 냉각수 레벨 감지기의 동작을 H사 관계자를 초청하여 데모한 후 피드백을 받았다. 데모 과정에서 개발된 감지기가 기존 리드스위치 방식에 비해 파손의 위험성이 낮으며 냉각수 최소 레벨을 조정할 수 있다는 장점이 있다는 것을 강조하였다. H사 관계자는 데모 후 본 감지기가 기존 리드스위치 감지기의 문제점을 해결할 수 있는 대안이 될 수 있다는 평가를 하였으며, 실제 제품화 여부는 제조 단가와 부품공급망 등을 종합적으로 검토하여 결정하겠다고 하였다. 데모 후 피드백 받은 주요 사항으로는 개발한 감지기의 경우 자석의 S극이 아래로 향하도록 플로터에 부착해야 하는데, 만약에 작업자가 반대로 부착하는 경우 본 감지기는 동작하지 않는 문제가 있다는 것이었다. 데모를 마친 후 피드백 받은 사항에 대해 검토하였으며 자석의 S극에

특정 색을 칠하면 해결할 수 있을 것으로 판단하였으며, 자석 제조업체에 문의한 결과 색을 칠하는 것은 대량주문의 경우 추가 비용 없이 가능하다는 것을 확인하였다. 자석의 극성 방향을 잘못 부착하는 것을 방지하는 해결책으로 자석의 S극에 특정 색을 칠하는 것을 H사에 제시하였으며 H사도 이 해결책에 동의하였다.

기업 데모 및 피드백을 거친 후 개발한 자동차 냉각수 레벨 감지기 구성품을 개발 보고서와 함께 H사에 전달하는 것으로 본 과제를 마무리하였다. Fig. 10(a)는 전달한 구성품 사진이며 여기에는 자동차 ECU로 연결할 연결선도 포함되어 있다(이 사진에 들어있는 사진은 크기를 보여주기 위한 것임). Fig. 10(b)는 H사의 냉각수 탱크에 구성품이 장착된 모습이다. H사의 냉각수 탱크는 탱크 하단에 감지기를 설치할 수 있는 슬롯이 있으며 여기에 개발한 감지기 PCB를 장착하였으며, 탱크 내부에는 플로터 양쪽에 있는 홈을 이용하여 플로터를 끼워 넣을 수 있는 슬롯도 갖추고 있다. 이 슬롯은 플로터가 수평 방향으로 움직이지 않고 냉각수의 레벨에 따라 수직으로만 움직일 수 있도록 한다. Fig. 10(b)는 탱크 내부 슬롯에 플로터가 설치되는 모습을 보여주기 위해 실제 냉각수 탱크의 위쪽 반을 제거한 것이다. 탱크 외부면에는 냉각수의 최소 레벨을 표시한 “MIN” 표식이 있다(냉각수 탱크 하단 슬롯에 장착된 Hall 센서로부터 “MIN” 표식까지의 거리는 약 30 mm 인데 실제로 냉각수가 들어가면 플로터가 수면으로부터 상당부분 잠긴 채 떠 있기 때문에 센서와 자석 간의 실제 거리는 30 mm보다 더 가깝다). 개발품을 전달받은 후 H사는 냉각수 내부에는 어떤 것도 넣거나 설치할 필요가 없이 탱크 외부에만 장착하면 되는 비접촉식 감지기도

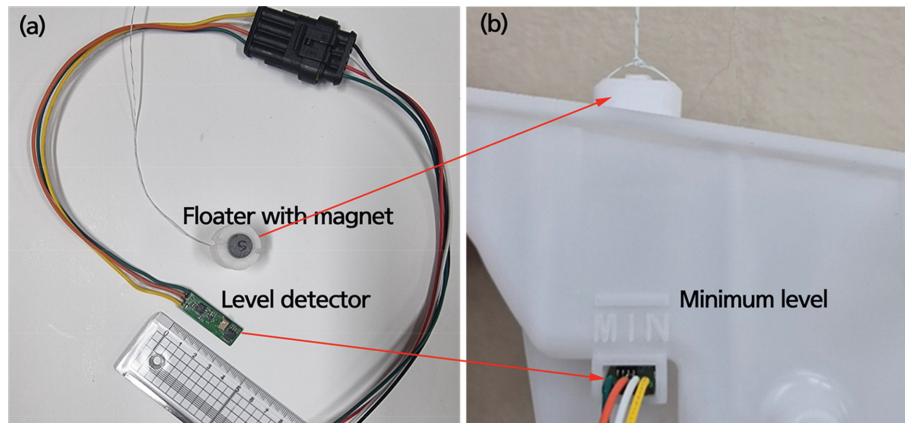


Fig. 10. (Color online) (a) Final components of the developed coolant minimum-level detector; (b) Installed view of the components in the coolant tank.

개발해보자는 제안을 했으며 향후 캡스톤디자인 과제로 검토하기로 하였다.

IV. 결 론

H사가 자동차 기업에 냉각수 탱크와 함께 납품하고 있는 리드스위치 방식의 냉각수 레벨 감지기는 제조나 취급 단계에서 파손이 자주 일어나는 애로사항이 있으며 이를 해결하는 것을 캡스톤디자인 교과목의 과제로 선정하였다. 먼저 해당 기업의 요구사항을 파악한 후 과제계획을 수립하고 개념 설계와 검증, 시작품 제작 및 성능평가, 기업체 데모 및 피드백 등의 단계로 과제를 수행하였다. 이 과정을 통해 개발한 Hall 센서 기반의 냉각수 수위 감지기는 기업체로부터 기존 제품의 단점을 해결할 수 있다는 평가를 받았다. 기업의 애로사항을 직접 해결하는 경험을 한 참여 학생들의 본 캡스톤디자인 과정에 대한 만족도는 매우 높았으며, 이 과제를 수행한 팀은 교내 캡스톤디자인 우수작들을 대상으로 개최한 경진대회에서 최우수상을 수상하기도 하였다. 이 과제는 기업과 연계하여 캡스톤디자인 교육과정을 운영하려는 자기학 관련 연구자들에게 참고할 만한 사례가 될 것으로 기대된다. 아울러 본 과정을 통해 개발한 수위 센서는 최소 수위 도달 여부를 비교기 회로를 통해 ON, OFF 방식으로 감지하도록 설계하였으나, 출력 전압신호가 자기장에 비례하며 온도에 민감하지 않은 특성을 나타내므로 센서의 출력전압을 자동차의 ECU에서 읽어 플로터 자석과의 거리로 환산하면 자동차 냉각수의 현재 수위를 % 값으로 표시하는 것도 가능하다. 따라서 기존

의 리드 스위치 방식이 최소 수위 도달 여부를 감지하는 단점도 보완할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 캡스톤디자인 과정은 2024학년도 글로벌사업 지원으로 수행되었음.

References

- [1] W. W. Huh, J. Korea Convergence Soc. **11**, 119 (2020).
- [2] S. B. Wee and T. H. Kim, JEER **25**, 3 (2022).
- [3] <https://www.littelfuse.com/products/sensors/fluid-level-position-sensors/reed-switches>
- [4] <https://www.reventec.com/technologies/capacitive-liquid-level-sensing/>
- [5] <https://controlbyweb.com/liquid-level-sensors/>
- [6] <https://www.gemssensors.co.uk/level/single-point-level-switches/electro-optic>
- [7] J. G. Choi, K. J. Kwang-Jun, and S. S. Lee, J. Magn. **17**, 214 (2012).
- [8] H. W. Kim, M. S. Seo, S. D. Kim, D. H. Park, and G. J. Park, Sensor Engineering for Semiconductor Display Engineering, Naeha, Seoul (2017) pp. 62-63.
- [9] <https://standelexelectronics.com/reed-switch-technology/magnet-interaction-effects-on-reed-switch-operations/>
- [10] <https://blog.naver.com/kspark222/221735816741>