
디젤 발전기 출력 신호의 모니터링 및 엔진제어 릴레이 구동을 위한 입출력 인터페이스 회로 설계

주재훈 · 김진애 · 최중경

국립창원대학교

The Design of a I/O Interface Circuits for the Signal Driver of the Engine Control Relays and the Output Signal Monitoring of Diesel Generator

Jae-hun Joo · Jin-ae Kim · Jung-Keyng Choi

Changwon National University

E-mail : j2hoon2518@nate.com

요 약

본 논문에서는 선박용 비상 디젤 엔진 발전기 제어 및 모니터링을 위해 제안된 디지털 기반의 입/출력 인터페이스 회로를 소개한다.

선박용 비상 발전기의 동작 상태를 모니터링 하고 제어하기 위해 제어 및 감시 회로는 5개의 아날로그 입력 채널과 2개의 픽업(Pick-up) 코일 계측 회로, 브로큰 와이어(Broken Wire) 감지 기능을 가지는 10개의 디지털 입력 채널 및 7개의 릴레이 제어 신호 출력 채널이 요구된다.

본 연구에서는 아날로그 입력 단에 간단한 필터 회로와 포토커플러, 비교기 회로를 이용하여 입력 신호에 대한 신호처리를 수행하였으며, 중요한 릴레이 출력 신호들은 이중으로 단속될 수 있도록 설계하여 오동작을 철저히 방지하였다. 그리고 픽업코일 신호를 디지털 처리하는 회로를 적용하여 속도 신호 입력의 정확성을 향상 시켰다.

ABSTRACT

This paper presents a digital based input/output interface circuit for controlling and monitoring the Diesel Engine Generator for Emergency.

In order to monitor and control of the Emergency Diesel Engine Generator, controlling and monitoring circuits need 5 analog input channels, 2 pick-up coil measuring circuits, 10 digital input channels containing Broken Wire Detect function, and 7 relay control signal output channels.

This system performs signal processing of input signal taking advantage of simple filter circuit, photo-coupler and comparator circuit at analog input parts, and output signals for main relay is designed acting by double control, so it prevents malfunction completely. And it improves accuracy of speed input signal by applying digital circuit that processes pick-up coil signal.

키워드

비상용 디젤 엔진 발전기, Broken Wire, Pick-up Coil

1. 서 론

비상용 발전기는 상용의 전원이 정지되었을 경우 비상용 전원을 필요로 하는 중요 설비나 시설에 대하여 전원을 공급하기 위한 발전 장치를 말한다. 특히 선박용 비상 발전기는 선박이 운항 중 상시 전원이 정지하였을 경우 대체 전력 생산 장치로서 선박의 안전을 보장해주는 중요한 장치라

할 수 있다.

선박용 비상 디젤 엔진 발전기 시스템에서는 선급에서 규정한 파라메타들이 모니터링 가능하도록 규정하고 있다. 본 연구에서 설계한 비상 전력 발전기 제어 시스템은 노르웨이 선급 기준인 DNV (Det Norske Veritas)의 요구 사항에 맞추어 설계되었다. DNV 선급에서 요구하는 선박용 비상 디젤 엔진 발전기 시스템의 모니터링 파라

메타와 센서 신호는 표 1과 같이 정의된다.

따라서 본 연구는 선박용 비상 디젤 엔진 발전기의 구동을 위한 릴레이 제어 회로와 엔진 구동 상태를 모니터링 할 수 있도록 온도, 압력, 배터리 전압, 엔진 회전 속도를 모니터링 하기 위한 센서 인터페이스 회로와 디젤 엔진 동작 중 발생할 수 있는 이상 검출, 경고 호출 및 브로큰 와이 어 기능을 가진 스위치 입력 회로를 소개한다.

표 1. DNV용 비상 디젤 엔진 발전기의 모니터링 지침

No	Description	Sensor	output
1	엔진 회전 속도	Pickup coil	sinwave
2	엔진 overspeed	Pickup coil	sinwave
3	엔진 윤활유 압력	Pressure Transmitter	0~20mA
4	엔진 윤활유 온도	PT100Ω, Transmitter	0~20mA
5	연료유 누출	Switch Input	0~20mA
6	냉각수 압력	Pressure Transmitter	0~20mA
7	냉각수 온도	PT100Ω, Transmitter	0~20mA
8	배터리 충전 전압	Voltage	0~30V

II. 센서 인터페이스부

센서 인터페이스부는 비상용 디젤 엔진 발전기에 장착되어 있는 각종 센서 입력을 디지털 신호로 변경시켜 주는 기능을 한다. 그림 1은 비상 디젤 엔진 발전기의 상태를 모니터링하기 위한 센서 인터페이스부의 구조를 나타내는데, 5개의 아날로그 입력 채널과 2개의 주파수 입력 채널, 10개의 디지털 입력 채널로 구성되어 있으며, 디젤 엔진 제어를 위해서는 7개의 디지털 출력 채널을 가진다.

2.1 온도/압력 센서 계측

디젤 엔진에는 윤활유 온도/압력, 냉각수 온도/압력 값을 계측하기 위해 온도 센서와 압력 센서가 장착되어 있다. 본 시스템에서는 온도 계측을 위해 -50 ~ 200℃까지 측정이 가능한 PT100Ω 센서(MBT5250)와 PT100Ω 신호를 4 ~ 20mA 변환하기 위해 온도 트랜스미터(MBT9110)를 사용하였



그림 1. 온도센서(MBT5250)와 압력 트랜스미터(MBT9110)



그림 2. 센서 인터페이스부의 구조

다. 그리고 압력을 측정하기 위해 0 ~ 16 bar를 4 ~ 20mA로 변환해주는 압력 트랜스미터(ECO-1)를 사용하였다.

센서 신호가 트랜스미터를 통해 변환된 4~20mA의 전류를 0.6~3V의 전압으로 변환해주는 변환 회로는 그림 3과 같다.

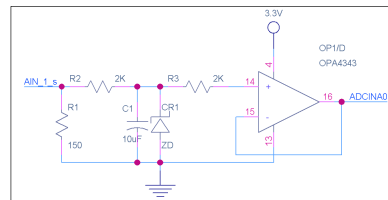


그림 3. 전류입력 신호 변환 회로

저항 R1에 의해 0~20mA의 전류를 0~3V의 전압으로 변환하고 R2, C1에 의해 1차 저역통과필터의 차단 주파수 f_c 가 결정되는데 f_c 가 3dB일때,

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

수식 (1)에 의해 약 8kHz 이상의 주파수를 차단할 수 있도록 설계되었다.

그림 4는 설계된 필터 회로의 시뮬레이션 결과이다. 0.1V, 10kHz의 노이즈가 포함된 입력 전압이 1차 저역통과 필터를 통해 제거가 됨을 확인할 수 있다.

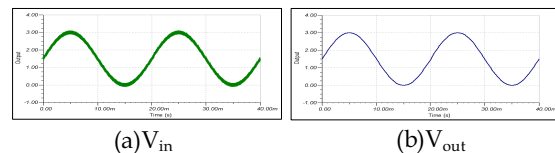


그림 4. 1차 저역통과 필터를 적용한 시뮬레이션 결과

2.2 픽업(Pickup) 센서

픽업 센서는 픽업 코일에 자속이 통과하게 되면 전자기 유도 현상으로 유도 기전력이 발생하는 원리를 이용하는데 크랭크 샤프트에 일정한 마그네트를 연결하여 회전할 때 발생하는 자속의 변화량을 회전속도와 비례하는 주파수를 가지는 정현파로 변환하는 전기적 출력 특성을 가진다.

본 시스템에서는 엔진 RPM을 모니터링하기 위해 RPM 센서를 두 개 할당하였다. 이를 픽업1, 픽업2라고 나타내었는데, 두 개의 다른 픽업 센서로부터 측정되어지는 RPM이 100rpm 이상 차이가 날 경우 알람을 발생하기 위해서이다.

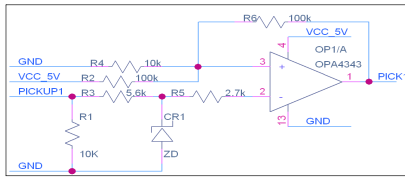


그림 5. 픽업코일 신호 변환회로

픽업 센서로부터 입력되는 진폭 10V의 정현파 신호를 최대치 5V와 최소치 0V를 갖는 구형파로 변환하기 위해 비교기 회로에 히스테리시스 기능을 추가하였다. 먼저 픽업 센서 신호 V_{in} 이 OP-Amp 비반전 입력의 최대치보다 충분히 낮은 전압이면 출력 V_o 는 '+' 공급전압인 V_{CC} 가 될 것이다. 이때 OP-Amp의 비반전 입력 핀의 전압 V_H 는 아래 식과 같다.

$$V_H = \frac{R_2}{R_4 // R_6 + R_2} \times V_{CC} \quad (2)$$

반대로 픽업 센서 신호 V_{in} 이 OP-Amp의 비반전 입력의 최소치보다 충분히 큰 전압이면 V_o 는 '-' 공급전압인 GND가 될 것이다. 이때 OP-Amp의 비반전 입력 핀의 전압 V_L 는 아래 식과 같다.

$$V_L = \frac{R_2 // R_6}{R_2 // R_6 + R_4} \times V_{CC} \quad (3)$$

결국 히스테리시스 전압은 $V_H - V_L \approx 0.4V$ 가 되며, 그림 6은 히스테리시스 회로를 추가한 비교기 회로의 시뮬레이션한 결과이다. 그림 7은 픽업 코일로부터 인가되는 정현파 신호를 디지털 신호인 구형파로 변환하여 측정한 파형이다.

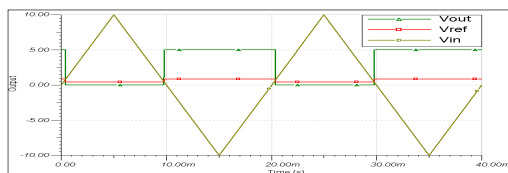
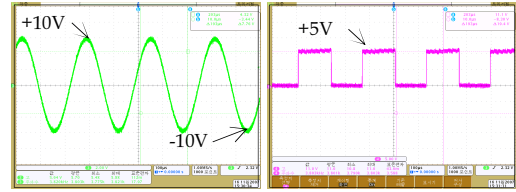


그림 6. 픽업센서 변환회로 시뮬레이션 결과



(a) 픽업 코일 센서 출력 (b) 디지털화된 출력신호

그림 7. 픽업센서 변환회로 측정 결과

2.3 브로큰 와이어 검출이 가능한 디지털 입력

엔진 윤활유 누설, 배터리 충전 실패, 냉각수 레벨 실패 등과 같은 디젤 엔진 동작 중 발생할 수 있는 이상 상태를 검출하고 알람 상황을 확인하기 위해 사용되는 디지털 입력 처리부는 외부로부터 전달되는 케이블의 단선 여부를 확인할 수 있는 브로큰 와이어 감지 기능이 필요하다.

본 시스템에서는 케이블의 단선 여부를 확인하기 위해 디지털 접점 신호를 전달하는 스위치와 병렬로 10kΩ의 저항을 병렬로 연결하고, 2중의 디지털 신호를 입력받도록 하였다. 그림 8은 브로큰 와이어 감지 회로이다.

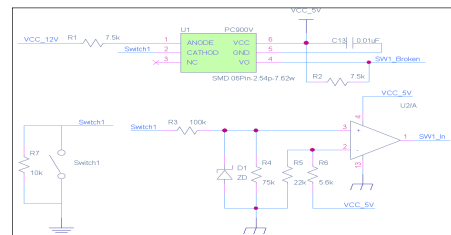


그림 8. Broken Wire Detect 회로

먼저 PC900V 포토커플러를 사용하여 Switch1이, Normal 상황에서는 5V(High) 신호를, 케이블이 단선된 경우 0V(Low) 신호를 디지털 제어부로 전달하도록 하였다. 그리고 비교기 OPA4343의 switch1 입력을 통해 디지털 입력의 ON/OFF 상태를 확인한다. 비교기의 기준전압 V_{ref} 는 수식 (4)에 의해 약 4V가 된다.

$$V_{ref} = 5V \times \frac{R_5}{R_5 + R_6} \quad (4)$$

스위치 입력이 오픈 되어 있을 때 비교기의 입력 전압 V_{in} 은 수식 (5)에 의해 약 7V가 되는데, Opamp의 (+)단 입력에 5.6V 제너 다이오드를 병렬로 연결하였기 때문에 입력 전압은 5.6V가 된다. 따라서 비교기 출력은 5V(High) 신호를 출력하게 된다.

$$V_i = 12V \times \frac{R_7}{R_1 + R_7} \quad (5)$$

스위치 입력이 클로즈 되었을 때는 비교기의 입력 전압 V_{in} 은 0V가 되고 비교기 출력은

0V(Low) 신호를 출력하게 된다.

2.4 릴레이 출력부

선박용 비상 디젤 엔진 발전기 시스템은 디젤 엔진 구동을 위한 Start, Run, Stop 릴레이 출력이 필요하고, 상위 제어기로 비상용 발전기 정보를 전달하기 위해 Standby, Start Fail, Over Speed, Common Alarm 릴레이 출력 신호가 필요하다.

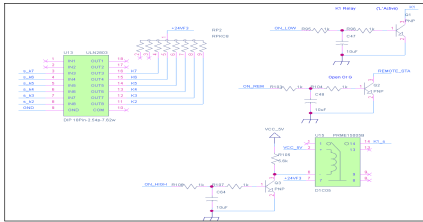


그림 9. Start 모터 릴레이 출력 판정회로

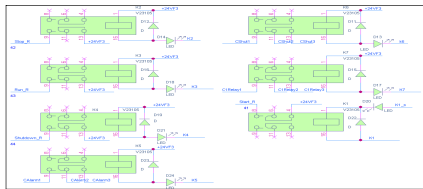


그림 10. 릴레이 출력회로

최초 전원 인가 시 디지털 제어부가 초기화되기 전에 릴레이 모듈이 오동작하는 것을 방지하기 위해 ULN2804를 사용하였다. Start 릴레이의 경우 엔진 시동을 위해 사용되는 Start 모터를 구동하는데 사용되는데, 엔진이 동작 중에 Start 모터가 동작할 경우 엔진이 파괴될 우려가 있기 때문에 Q1, Q3 트랜지스터를 사용하여 이중 처리를 하였다.

III. 전원 안정화 및 노이즈 대책

본 연구에서 개발된 시스템의 전원 회로는 그림 11과 같다. C1, C2, C3은 Varistor 소자로써 전원의 갑작스러운 변화(surge)에 대해 장비를 보호하는 기능을 가지고 있으며, Resettable 퓨즈인 RLD60P090X 소자를 사용하여 배터리에서 공급되는 전원을 보드전원과 릴레이 구동전원, 아날로그 센서 전원 사이에 흐를 수 있는 과전류로부터 보호하였다.

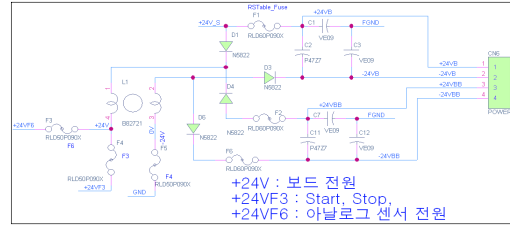


그림 11. 전원 회로

외부 케이블을 통해 들어올 수 있는 노이즈를 제거하기 위해 디지털 입력 라인에 EMI Suppression Capacitor를 사용하였다. EMI Suppression Capacitor는 노이즈 강도가 높은 신호 라인을 고주파에 안정적인 그라운드에 연결시키고, 그것으로 인해 노이즈를 그라운드로 통과 시키는 기능을 가진 소자이다.

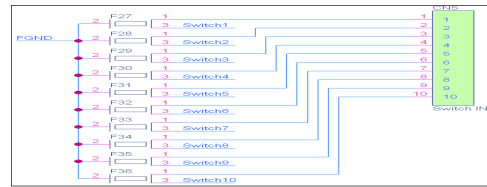


그림 12. 외부 인터페이스 신호 처리

IV. 결 론

본 연구에서는 비상용 비상 디젤 엔진 발전기의 제어와 모니터링을 위해 센서 인터페이스 회로와 디지털 제어를 위한 회로 시스템을 설계하였다. 센서 신호들을 정밀하게 계측하기 위한 신호변환 회로들의 성능을 확인해 보았고, 저역통과 필터, 히스테리시스 회로, Variator, Resettable 퓨즈, EMI Suppression Capacitor를 추가하여, 외부 장치로부터 전달되는 노이즈에 안정적인 동작을 보장하는 성과가 있었다.

[본 연구는 교육과학기술부와 한국산업 기술재단의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 연구결과임]

참고문헌

- [1] Ron Mancini(Editor in Chief), Op Amps for Everyone, Texas Instruments, 2003
- [2] DNV, Environmental test specification for instrumentation and automation equipment, April 2006