

전기동력 자동차 구동부와 제어부 간 절연고장 검출 방법

박 현석¹⁾, 조 세봉²⁾, 전 윤석³⁾

The Method for detecting ground fault between power part and controller part of a electricity vehicle

Hyunseok.Park, Sebong.Cho, Ywunseok.Jeon

Key words : Ground Fault Detection(절연고장 검출), Isolation resistance(절연 저항)

Abstract : Because of accident or leak of electricity, high voltage electricity can be conducted to vehicle chassis and damage human. Therefore the unit for detecting ground fault is necessary to minimize loss of life or equipment damage. Isolation resistance must be monitored for detecting ground fault. GFD(Ground Fault Detection) unit continually generate the pulse voltage between high voltage network and chassis. This will be sensing the returned current, calculate the isolation resistance and make decision the ground fault. This paper describes the method detecting ground fault.

1. 서 론

최근 자동차 산업의 급속한 발달과 더불어 지구 온난화, 산성비, 오존층 파괴 등 화석연료 자동차의 운행으로 인한 환경오염이 갈수록 심각해지고 있으며, 이에 따라 미국, 유럽 등 세계 각국에서는 환경 및 대기오염문제를 해결하기 위한 배출가스 규제를 한층 강화하고 있다.¹⁾

이와 같은 환경문제뿐만 아니라 주 에너지원인 석유자원이 점점 고갈되고 있는데다가 매장지역도 정치상황이 불안정한 중동에 편중되어 있기 때문에 언제 공급이 중단될지도 모른다는 우려도 더욱 커져서 자동차를 제조하고 있는 모든 국가들은 차량의 연비향상과 대체에너지 개발을 위해 많은 노력과 투자를 하고 있다.²⁾

이러한 문제를 해결하기 위한 일환으로, 21C 첨단 전자제어 및 축전지 기술을 접목한 전기자동차가 소량 양산되어 시장에 투입되었으나 기존 내연기관을 대체할 수 있는 만큼의 성능 및 가격 경쟁력을 확보하지 못하였다.³⁾ 그러나 배터리 기술과 모터의 기술이 향상되면서 전기자동차의 상용화에 대한 기대가 더 커지고 있다. 미국의 무공해 자동차 의무 판매 규정과 유럽의 이산화탄소 규제를 만족하기 위해 국내의 자동차 회사는 하이브리드 자동차와 연료전지 자동차 개발에 박차를 가하고 있다.⁴⁾

위에서 언급한 전기자동차, 하이브리드 자동차, 연료전지 자동차의 구동부는 공통적으로 전기 에너지를 사용하는 자동차이다. 전기에너지는 적

게는 100~200[Vdc]에서 크게는 1000[Vdc] 정도의 전압을 사용하고 있다. 이러한 전기를 사용하는 자동차에서는 비상시에 부하에 전달되는 전력을 차단하는 장치가 필요하며 구동부와 제어부 간의 절연이 필수적이다. 만일 절연이 약해지거나 파괴되었을 때는 시스템이 파손되거나 인명에 큰 피해를 줄 수도 있으므로 이러한 절연고장을 검출하는 것은 중요하다고 할 수 있다.

하지만, 절연고장 검출 장치는 선진국의 고가의 장치를 구입하여 사용하고 있는 실정이므로 연료전지 자동차 등의 가격 경쟁력을 확보하기 위해 개발한 절연고장 검출 방법에 대해 기술하기로 한다.

2. 절연고장 검출장치 구성

본 논문에서 연료전지 자동차에 적용하고자 하는 절연고장 검출 장치의 구성은 그림 1과 같다. 구동부 전원과 부하 사이에 절연고장 검출 회로가 연결되고 구동부 +측과 -측에 절연고장이 발생되었을 때의 회로 구성을 보여지고 있다.

1) 책임 저자의 소속

E-mail : hyunseok.park@kefico.co.kr
Tel : (031)450-9274 Fax : (031)450-9278

2) 저자2의 소속

E-mail : Sebong.Cho@kefico.co.kr
Tel : (031)450-9559 Fax : (031)450-9278

3) 저자3의 소속

E-mail : Ywunseok.Jeon@kefico.co.kr
Tel : (031)450-9273 Fax : (031)450-9278

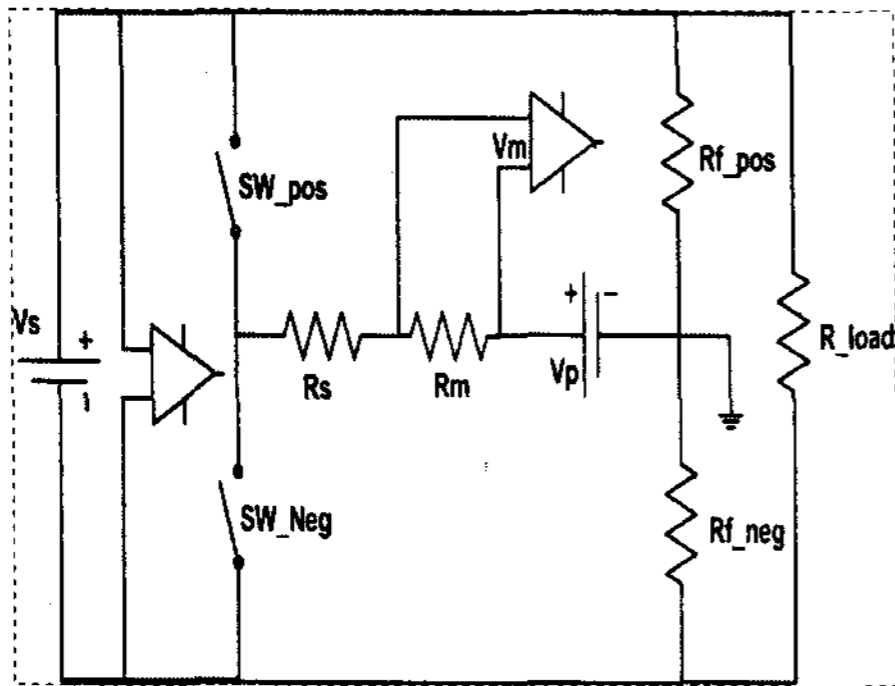


Fig. 1 Configuration of Ground Fault Detection

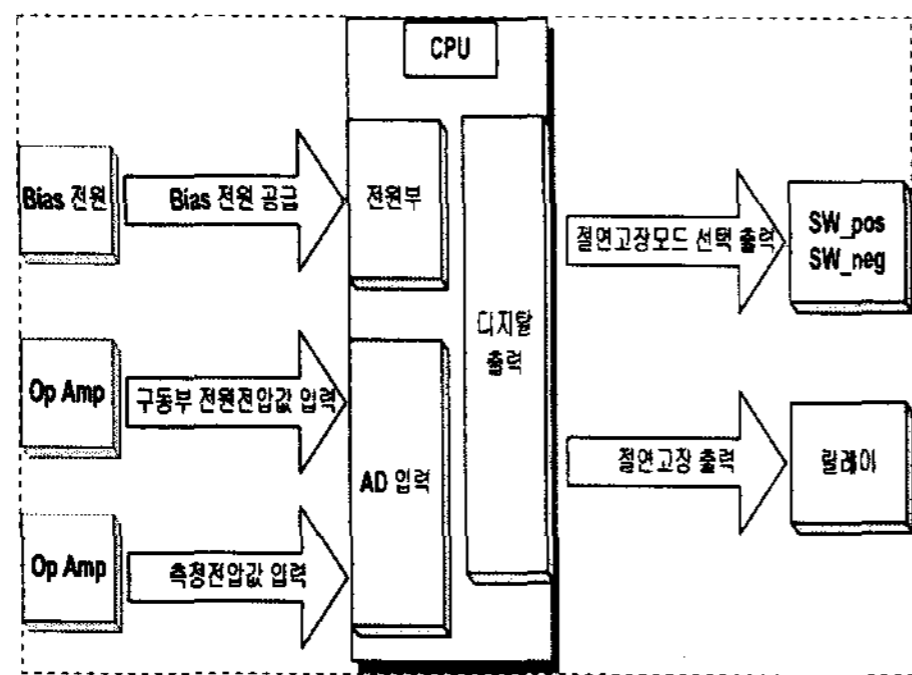


Fig. 2 Block Diagram of Ground Fault Detector

그림 2는 절연고장 검출을 위한 제어보드의 블록 다이어그램이다. 절연고장 검출 장치는 측정회로 전원(V_p), 측정회로 전원과 구동부 전원 라인 사이의 직렬저항(R_s), 직렬저항과 측정회로 전원 사이의 측정저항(R_m), 측정저항의 검출된 값을 제어기로 보내주는 차동증폭기, 구동부의 전압값을 센싱하는 센싱부(V_s), 구동부의 +측과 -측을 교번하면서 회로를 선택적으로 연결해 주는 스위치(SW_{pos} , SW_{neg}), 고장발생신호를 상위 제어기에 출력해 주는 릴레이 등으로 구성되어 있다.

3. 절연고장 검출 방법

구동부 전원라인 +측의 절연고장이 발생하였을 때와 -측의 절연고장이 발생하였을 때의 두 가지 모드를 이용한다. 물론 +측, -측 모두 절연고장이 발생하였을 때도 위 두 가지 모드로 검출이 가능하다.

3.1 구동부 +측 절연고장 검출 모드

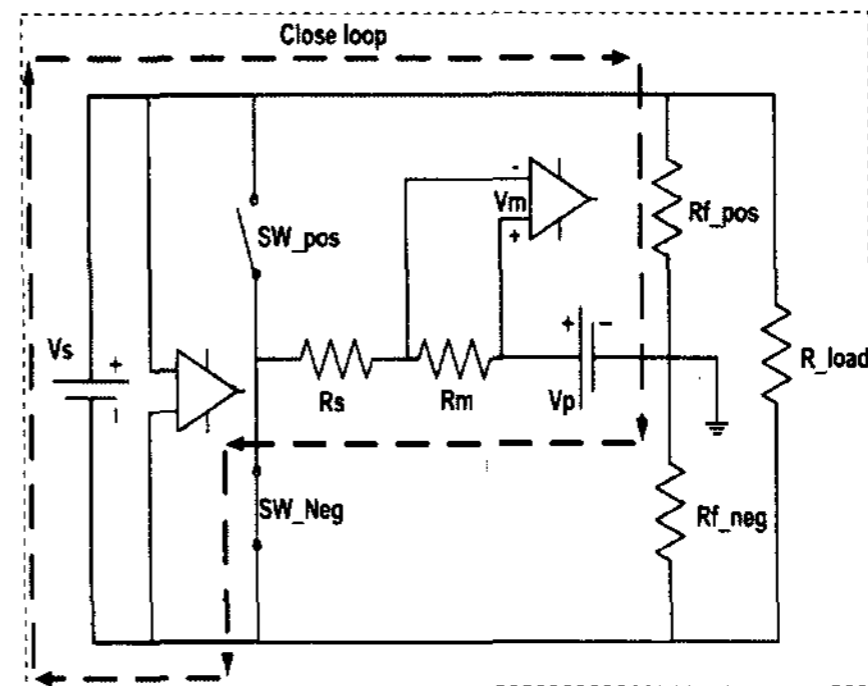


Fig. 3 + side ground fault detection mode

그림과 3과 같이 구동부 +측 절연고장을 검출하기 위해서 SW_{neg} 스위치를 선택하여 구동부 -측 라인과 측정회로를 연결시키고, 측정전원 V_p 가 +측이 구동부 라인측 방향으로 연결되도록 한다. 이 상태에서 절연고장이 발생하지 않아 절연저항이 일정값 이상의 큰 저항값을 가지게 되면 측정회로는 오픈되어서 측정저항을 통해 전류가 흐르지 않고 측정저항을 통해 얻은 값 또한 정해 놓은 절연고장 전압 미만이 되어 정상 상태로 판단하게 된다. 그러나, 절연고장이 발생하여 절연저항값이 일정값 이하로 낮아지게 되면 측정회로가 폐루프가 되어서 측정저항을 통해 전류가 흐르게 된다. 이 때 측정저항을 통해 얻은 전압값이 정해 놓은 절연고장 전압값 이상이 되면 절연고장 상태라고 판단하게 되고 상위 제어기에 고장 신호를 출력하게 된다.

그림 3에서 보여지는 것처럼 절연고장이 발생하여 폐루프가 구성이 되면 구동부 전원 V_s 와 측정전원 V_p 의 전압이 직렬로 더해진다. 구동부 전원이 0 ~ 1000[V]의 범위에서 운전된다고 하면 측정저항을 통해 검출된 측정값은 구동부 전원의 값에 큰 영향을 받게 되므로 직렬저항 R_s 값과 측정저항 R_m 값을 적절하게 설정하여 측정 범위 및 내압에 견디도록 설계하였다. 이 때의 측정전압 V_m 은 식 (1)과 같이 차동증폭기를 통해 제어기로 입력되며, 센싱된 구동부 전원의 전압값 V_s 와 함께 식 (1)을 이용하여 절연고장 저항값을 계산할 수 있다. 식 (1)에서 알 수 있듯이 구동부 전원 V_s 가 0[V]인 상태에서도 측정전원 V_p 에 의한 측정저항값을 검출할 수 있다.

$$V_m = \frac{R_m}{(R_s + R_m + R_f)} * (V_s + V_p) \quad (1)$$

3.2 구동부 -측 절연고장 검출 모드

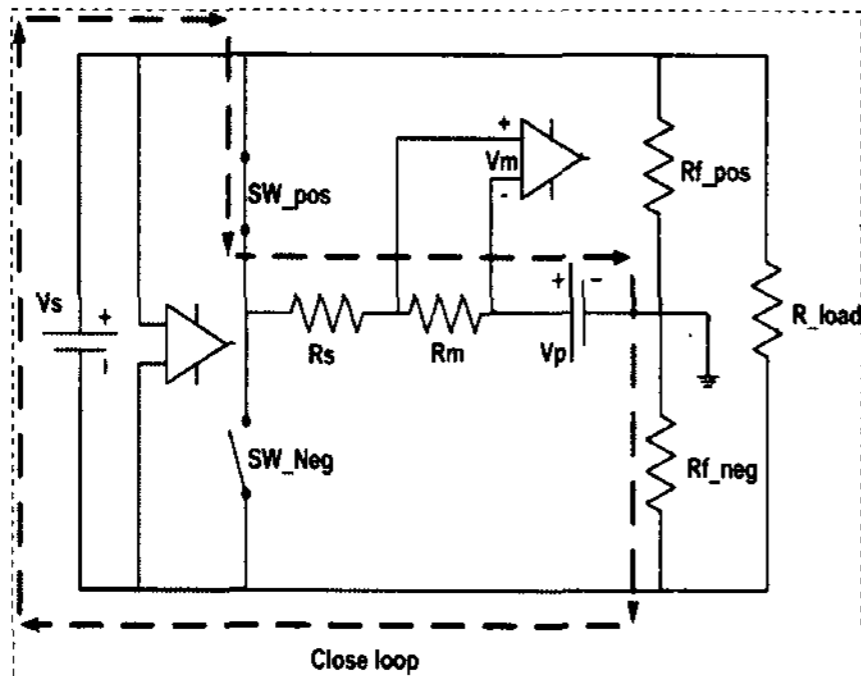


Fig. 4 - side ground fault detection mode

그림 4와 같이 구동부 -측 절연고장을 검출하기 위해서 SW_pos 스위치를 선택하여 구동부 +측 라인과 측정회로를 연결시키고, SW_neg 스위치는 off 한다. 그림 4에서 보여지는 것처럼 절연고장이 발생하여 페루프가 구성이 되면 구동부 전원 Vs와 측정전원 Vp 전압이 직렬로 더해지지만 서로 역방향이므로 측정전압 Vm은 식 (2)와 같이 차동증폭기를 통해 제어기로 입력되며, 센싱된 구동부 전원의 전압값 Vs와 함께 식 (2)을 이용하여 절연고장 저항값을 계산하게 된다. 식 (2)에서 알 수 있듯이 구동부 전원 Vs가 0[V] 인 상태에서도 측정전원 Vp 에 의한 측정 저항값을 +측 절연고장 검출 모드와 동일하게 검출할 수 있다.

$$V_m = \frac{R_m}{(R_s + R_m + R_f)} * (V_s - V_p) \quad (2)$$

그림 4에서 알 수 있듯이 측정원리는 +측 절연고장 검출모드와 동일하지만, 측정저항의 측정 극성이 바뀌므로 추가적인 차동증폭기와 극성을 바꿔주는 스위치를 추가하였다. 하지만 식 (2)에서 알 수 있듯이 구동부 전원 Vs가 측정전원 Vp 보다 작으면 측정저항의 극성이 다시 바뀌게 되므로 +측 절연고장 검출 모드의 차동증폭기 측정회로 상태가 되도록 스위칭하게 된다.

그림 5는 절연고장 검출장치를 포함하고 있는 제어보드를 보여주고 있다.

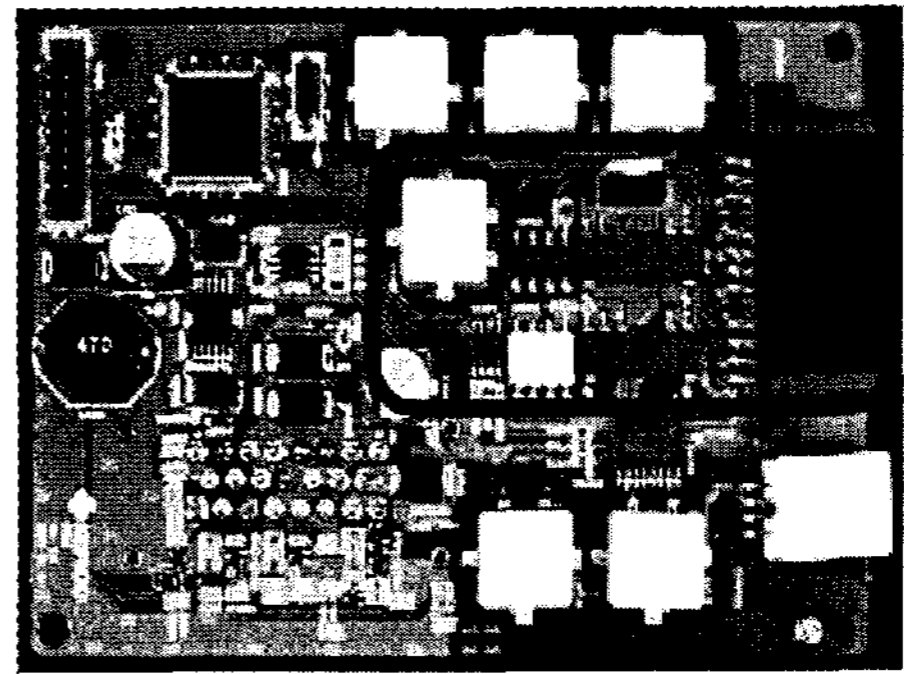


Fig. 5 controller including Ground Fault Detection

4. 결론

전기자동차, 하이브리드 자동차, 연료전지 자동차 등 전기에너지를 사용하는 자동차에 필수적인 구동부 전원의 절연고장 검출 장치를 개발하였고 절연고장 검출 방법에 대해 기술하였다. 향후 과제로 자동차에 직접 탑재하여 타당성 여부를 검증하고자 한다.

후 기

본 연구는 산업자원부 신재생에너지기술개발사업의 일환(2005-N-FC12-P-01-5-090-2007)으로 수행되었습니다.

References

- [1] Yeong-il Park, 2004. "Hybrid Vehicle I", Transaction of KSAE, Vol.26, No.1 pp. 103-108.
- [2] 한국과학기술정보 연구원, 2004. "보조에너지 저장장치"
- [3] 권문식, 2004. "차세대 자동차의 신기술 동향 및 전망", 물리학과 첨단기술
- [4] 이정용, 2007. "일렉트릭 하이브리드 자동차와 IT 기술", 전자공학회지 제 34권, 제5호, pp. 83-90.