< 기술논문 >

동작 방식과 기능별 회로 분류에 기반한 상용차 배선 회로 표준화 방안

임 한 상^{*1)} · 배 승 득²⁾ · 정 도 환¹⁾ · 정 현 철¹⁾

광운대학교 전자융합공학과¹⁾ · 현대자동차 상용전자설계팀²⁾

Standard Wire Harness Designs in Commercial Vehicles Based on Control Types and Functional Blocks

Hansang Lim^{*1)} · Seung-Deuk Bae²⁾ · Do Hwan Jung¹⁾ · Hyun Chul Jeong¹⁾

¹⁾Department of Electronics Convergence Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

²⁾Commercial Vehicle Electronics Engineering Team, Hynudai Motor Group, Yongam-ri, Bongdong-eup, Wanju-gun, Jeonbuk 565-904, Korea

(Received 7 August 2012 / Revised 22 October 2012 / Accepted 10 December 2012)

Abstract : This paper presents a standardization method for designing wire harness systems, based on the control types and functional blocks, for use in commercial vehicles. With a rapid increase in the installation of systems with added new features, it is very important to develop a reliable wire harness design in a short time by standardizing wire harness designs and reusing the standard design. Because the function of a system, particularly, for commercial vehicles, varies significantly on the basis of the requirements, regulations, and options, it is not effective to establish one standard design for one system. In addition, a system with the same function may differ in terms of the input conditions and output loads on the basis of the installed vehicle types, and it is not practical to standardize a harness design targeting an entire system. In this study, the wire harness designs of a system were classified into six categories based on the control types of the system: switch driven, control of a switch, control of an electronic control unit, unit driven, control of a unit, and connector operation. Then, a wire harness design of each system was divided into three blocks according to their functions: the control, drive, and monitoring blocks. The standard wire harness designs were made for each functional block of each control type. The advantage of this proposed method is that an effective and practical design can be obtained, which covers the diversities in the same system for different grades of commercial vehicles with a reduction in the number of wire harness supplements.

Key words : Wire harness design(배선 회로 설계), Standardization method(표준화 방안), Control type(제어 방식), Functional blocks(기능 단위), Commercial vehicles(상용차)

1. 서 론

차량의 안전 및 편의성 향상을 위하여 보다 많은 전기/전자 시스템들이 장착됨에 따라 배선 회로의 복잡도는 계속 증대되는 반면 차종이 확대되고 신기술의 적용주기가 빨라짐에 따라 개발 기간의 단축이 요구되고 있다. 이에 시뮬레이션을 통한 배선

회로 검증에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔으며^{1,2)} 검증된 표준회로의 재사용을 통해 개발 기간을 줄이고 설계 완성도를 조기에 확보할 수 있는 배선 회로 표준화의 필요성이 증대되고 있다.

그런데, 차량마다 다양한 등급, 기본 사양과 옵션 차이를 가지고 있어서 동일한 시스템이라고 하더라도 기능 사양이 차종 별로 크게 다른 경우가 많다. 이에 따라 해당 시스템의 배선 회로 구성 역시 단순

*Corresponding author, E-mail: lhs@kw.ac.kr

히 스위치만으로 구동되는 방식에서부터 별도의 제어기가 직접 구동하는 방식까지 다양한 구조와 입, 출력 조건을 가지고 있다. 특히, 상용차의 경우 지역 별로 배출 가스 규제 등의 관련 법규와 요구 사양의 차이가 커서 배선 회로 표준화에 어려움이 있다.

차종 별 시스템들의 다양한 요구 사양과 기능, 그리고 법규 차이를 고려할 때 시스템 별로 하나의 배선 회로로 표준화하는 것은 필요한 성능을 충분히 제공하지 못하거나 필요한 수준이상의 과사양이 되는 문제가 있다. 또한, 입력 조건의 차이, 부하 종류 및 수의 차이를 고려할 때 시스템 회로 전체를 대상으로 표준화 하는 것은 차량 별 배선 회로의 기본 구성과 사양에 따른 차이점 분석이 용이하지 않아 효율적이지 못할 수 있다.

그러므로, 기존의 다양한 기능 사양의 차이를 효과적으로 반영하면서도 향후 사양 변화에 대응이 가능한 표준화 방안이 필요하다. 이에 본 논문에서는 배선 회로를 제어 및 구동 방식을 기준으로 6가지 동작 방식으로 분류하고 동작방식 별로 배선 회로를 표준화하는 방안을 제시한다. 그리고, 전체 시스템에 대해 공통적인 세부 회로 표준 선정 기준을 수립하고 하나의 시스템 회로를 기능 별로 제어부, 구동부, 모니터링부로 분류하여 기능 별 회로 단위로 표준화를 진행한다.

그리고, 제시한 표준화 방안을 트럭 Horn, Pre-heater, PTO 시스템에 적용하여 그 효과를 확인한다. 제시된 배선 회로 표준화 방안은 차종 별로 다양한 사양 차이를 반영하는데 효율적이며 향후 사양 변화에 대응이 유연한 배선 회로 설계가 가능하다는 장점이 있다.

2. 배선 회로 표준화 방안

다양한 기능 사양을 가지는 시스템 배선 회로들을 표준화 하기 위해 동작 방식과 기능별 회로 분류에 기반한 표준화 방안을 제시한다.

2.1 배선 회로

상용차는 차종, 지역, 등급에 따라 요구 사양의 차이가 커서 동일 명칭의 시스템이라고 하여도 다양한 기능과 구조들을 가진다. 배선 회로는 시스템들

의 다양한 사양들이 반영된 것으로, 단순히 기술적 측면으로만 판단하여 통합하여 표준화하는 것은 사양에 따른 기능, 구조 차이를 고려할 수 없으므로 현실적이지 못하다.

차량의 배선 회로에서 시스템을 구동하는 주체로는 스위치, 릴레이, 제어기를 포함한 유닛 소자가 사용되고 있으며 요구되는 정밀도나 정확도, 입력 신호 종류 등에 따라 구동 주체와 주변 연결 회로가 다르게 적용되고 있다.

예를 들어, 트럭 PTO 시스템의 배선 회로를 살펴 보면 판매 지역 및 엔진 방식에 따라 스위치가 릴레이를 통해 동작을 결정하는 구조, 스위치와 제어기가 각각 릴레이를 통해 동작을 결정하는 구조, 제어기가 릴레이를 통해 동작을 결정하는 구조, 제어기가 직접 동작을 결정하는 구조와 같이 다양한 배선 회로 구조를 가지고 있다.

이와 같은 상황에서 배선 회로 간소화 측면과 기능적 측면에서만 보면 제어기를 사용하는 방식이 유리하므로, 전 차종의 PTO 시스템 배선 회로를 제어기를 사용하는 방식으로 표준화하면 스위치와 릴레이만을 사용하여 구동하던 차량들은 필요 사양 이상의 구조를 가지므로 가격, 중량 등이 증가하는 문제가 있다.

2.2 동작 방식 별 표준화

이에 본 논문에서는 제어 및 구동 방식에 따라 시스템의 동작 방식을 분류하고 동작 방식 별 표준화를 제안한다.

현재 시스템들의 구조를 보면 크게 스위치에 의해 구동되는 방식과 릴레이에 의해 구동되는 방식, 그리고 별도의 유닛이 구동하는 방식으로 나눌 수 있다. 릴레이에 의해 구동되는 방식과 유닛이 구동하는 방식을 각각 제어 주체에 따라 다시 상세 분류

Fig. 1 Operational types of vehicular electronic systems

하면 Fig. 1과 같은 6개의 동작 방식으로 정리할 수 있다.

각 동작 방식 별 특성은 다음과 같다.

- 스위치 직접 구동 방식: 부하의 구동 전원 경로에 위치한 스위치에 의해 구동 여부 결정
- 커넥터 연결 구동: 별도 제어 없이 커넥터에 부하 연결 여부에 따라 구동 결정
- 스위치 제어 방식: 스위치가 외부 릴레이 Coil부를 제어하고 이 릴레이의 Contact부를 통해 구동 여부 결정
- 제어기 제어 방식: 제어기가 외부 릴레이의 Coil부를 제어하여 이 릴레이의 Contact부를 통해 구동 여부 결정
- 유닛 구동: 유닛이 구동에 필요한 전원을 부하에 직접 공급함으로써 부하 구동
- 유닛 제어: 부하 구동에 필요한 전원은 유닛과 별도로 부하에 공급하고 유닛은 구동 여부 및 구동 정도만 결정

Fig. 2의 (a)~(f)는 순서대로 각 동작 방식을 간략화하여 나타낸 것이다. 유닛 구동이나 유닛 제어에서 사용되는 유닛들은 대부분 제어기에 속하나 외부의 별도의 릴레이를 거치지 않고 부하들을 구동하는 경우는 유닛으로 구분하였다. 또한, 현재 대부분의 유닛들이 유닛 내부에 포함된 릴레이를 사용하여 부하를 구동하는 경우가 많으나 배선 회로 측면에서는 외부 릴레이를 사용하는 제어기 제어 방식과 분명히 다르므로 유닛 구동 방식으로 구분하였다.

한 시스템의 배선 회로들을 동작 방식 별로 표준화함으로써, 불필요한 배선 복잡도 증가를 피하고

요구 사양을 잘 반영한 배선 회로 표준화가 가능하다는 장점이 있다.

2.3 기능 별 회로 단위 표준화

시스템의 기능이 복잡하고 세밀해짐에 따라 배선 회로는 입, 출력 신호들을 포함해 구성 유닛 및 연결 선 수가 증가하고 있다. 그래서, 시스템 회로 전체를 비교해서는 차종 간 공통점 및 차이점을 파악하기 어렵고 회로 전체의 표준화 역시 향후 사양 변화 대응에 효과적이지 못하다.

본 논문에서는 한 시스템의 배선 회로를 기능별로 제어부, 구동부, 모니터링부의 세 부분으로 세분화한다. 세분화된 기능별 회로간 비교를 통해 단순히 입출력 신호들의 수나 종류의 차이인지, 아니면 회로의 구조적 차이인지를 보다 명확하게 파악하고 향후 필요한 회로 변화에 빠르게 대응할 수 있다.

다음은 기능 별 회로 세분화 구성의 기능을 나타낸다.

- 제어부: 스위치, 센서 등의 입력 신호로부터 부하의 구동 여부를 결정하는 부분
- 구동부: 부하에 구동 전원을 공급하여 실제로 부하를 구동하는 부분
- 모니터링부: 입력 신호나 부하의 상태를 파악하는 부분

앞에서 분류한 6가지의 동작 방식 중 일반적으로 스위치 제어, 제어기 제어, 유닛 제어는 제어부 중심의 회로 구조를 가지고 스위치 직접 구동, 유닛 구동은 구동부 중심의 회로 구성을 가진다. 예를 들어 한 시스템이 차종 별로 ‘스위치 제어 방식’과 ‘제어기 제어 방식’의 동작 방식을 가진다면 제어부는 서로 다른 구조를 가지나 구동부의 기본 구조는 서로 같을 수 있다.

Fig. 3은 헤드 램프 시스템의 배선 회로를 기능별로 세분화한 구성 예를 나타낸다. 이 회로의 동작 방식은 M_F_SW가 두 개의 릴레이의 Coil부를 제어하는 스위치 제어 방식에 해당한다. 그리고, 제어부는 퓨즈와 두 릴레이의 Coil부, M_F_SW로 구성된다. 구동부는 퓨즈와 릴레이의 Contact부, 두 개의 램프 모듈로 구성되며 모니터링부는 Cluster 및 왼쪽 헤드 램프의 HI 신호의 연결로 구성된다.

Fig. 2 Wire harness structures for operational types

Fig. 3 Functional classifications: Headlamp

3. 표준 회로 선정 공통 기준

한 시스템에 대해 동일한 동작 방식을 가지는 배선 회로들을 기능별로 세분화한 후 장, 단점 비교를 통해 표준회로를 선정할 때 고려해야 하는 주요 기준을 살펴본다.

3.1 부하의 구동 방식

차량에서 사용되는 부하의 구동 방식은 구동 여부를 결정하는 부분이 전원과 부하 사이에 있는 High side 방식과 부하와 그라운드 사이에 있는 Low side 방식이 있다.

차체는 접지 상태여서 Short to ground 문제가 발생할 가능성이 높으므로 동작 신뢰성 측면에서는 High side 구동 방식이 유리하다. 또한, Low side 방식에서는 부하에 늘 전원이 공급되어 있으므로 부식에 대한 내구성 측면에서도 High side가 유리하다.^{3,4)} 일반적으로 High side 구동을 위해서는 Charge pump 등이 필요하여 하드웨어적 복잡도가 증가하나 차량에서 널리 사용되는 릴레이를 이용한 구조에서는 하드웨어적 복잡도 증가 없이 High side 구동이 가능하므로, Low side 구동방식과 High side 구동방식이 차종에 따라 혼용되고 있는 경우 High side 구동 방식으로 표준화 하는 것이 바람직하다.

3.2 신호 입력 방식

신호의 입력 방식으로는 전원이 인가되었을 때 신호가 입력된 것으로 판단하는 Active high 방식과 그라운드가 인가되었을 때 신호가 입력된 것으로 판단하는 Active low 방식이 있다.

부하 구동 방식에서 언급한 바와 같이 신뢰성 측면에서는 접지된 차체로 인해 Short to ground 문제 발생시에도 오동작이 발생하지 않는 Active high 방식이 유리하다. 그러나, 동작 방식에 따라 Active high 방식을 구현하기 위한 제어기나 유닛 내부 구조의 복잡도가 증가할 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.

스위치 제어 방식에서 릴레이의 제어 신호를 인가하는 경우 Active high와 Active low 방식에 따른 스위치의 구조적 차이는 없으므로 Active high 방식이 바람직하다. 제어기 제어 방식에서 Active high 방식으로 릴레이 제어 신호를 인가하기 위해서는 제어기 내부에 Charge pump 등의 추가 소자를 사용하거나 PNP type BJT나 P-channel type FET를 사용하게 되므로 복잡도가 증가하거나 효율이 낮은 단점이 있다.⁴⁾ 그러므로, 제어기 제어 방식에서는 일반적인 경우 Active low 방식을 사용하고 해당 시스템 동작이 운행에 중요한 경우 Active high 방식을 적용한다.

유닛 제어나 유닛 구동 방식에서는 신호를 입력 받는 경우에 해당하며 Active high나 Active low 방식에 따라 유닛 내부 회로의 구조는 다르지만 둘 사이의 복잡도는 큰 차이가 없으며 전원 효율 등의 나머지 특성은 실제 회로 구조에 크게 의존하므로 유닛 내부 구조가 표준화되지 않는 현 상황에서는 표준화 대상에서 제외한다.

3.3 그라운드 방식

차량의 그라운드 방식은 Single point 그라운드 방식과 Multi-point 그라운드 방식이 혼용된 형태로, 다수의 유닛들이 하나의 그라운드 포인트를 공유하여 차체에 접지된 후 차체를 거쳐 배터리 및 얼터네이터로 연결되는 구조이다.⁵⁾ 배선 회로를 통해 유닛의 그라운드를 단독으로 할 지, 공용할지, 그리고 공용한다면 어떤 유닛들과 공용할 지가 결정되는데 입력 신호의 그라운드와 부하의 그라운드에 따라 주

요 고려 대상이 달라진다.

입력 신호의 그라운드인 경우 그라운드를 공용하는 유닛들의 신호 특성이 비슷한 지와 그라운드 전위차로 인한 문제가 없는지가 가장 중요하다. 즉, 동일한 그라운드 포인트로 연결된 유닛과는 그라운드 포인트에서 배터리 혹은 얼터네이터까지의 공통 경로를 가지므로 유사한 특성을 가지는 유닛끼리 그라운드를 공유해야 한다.

디지털 신호와 같은 노이즈가 많은 신호는 아날로그 신호와 같이 노이즈에 민감한 신호와는 그라운드를 공유하지 않도록 설계한다. 특히, 아날로그 센서는 센서 신호를 입력 받는 유닛과의 그라운드 전위차로 인한 오동작이 없도록 센서의 그라운드 연결을, 신호를 입력받는 유닛으로 직접 하는 구조로 표준화한다.⁶⁾

일반적으로 부하의 그라운드는 대전류 신호이므로 부하의 그라운드의 경우 전류와 그라운드 경로의 IR 전압 강하로 인한 그라운드 전위가 중요하다. SAE J1908에 따르면 IR 전압 강하가 12V 시스템의 경우 3A 이하의 소전류 그라운드의 경우 150mV, 30A 이하의 중전류 그라운드의 경우 500mV를 넘지 않아야 한다.⁷⁾ 차량의 그라운드 전위를 결정하는 요소 중 접촉 저항에 의한 부분도 무시할 수 없는데 차체의 볼트 접지 시의 접촉 저항은 1mΩ 이하, 조인트 커넥터의 접촉 저항은 최대 20mΩ 이하이므로 그라운드의 공용 여부 및 공용 방식을 결정할 때 IR drop을 고려하여 전위차가 관련 규제보다 크지 않으면 위치가 유사한 그라운드 신호는 공유하는 것이 배선 간소화 측면에서 유리하다.

3.4 2개 이상 혼용된 동작 방식

차종에 따라, 시스템에 따라 6가지 동작 방식 중 한가지 방식으로만 동작하는 것이 아니라 두 개 이상의 방식이 혼용되어 동작하는 경우가 다수 있다. 기본적으로 동작 방식은 해당 차종의 요구 사양에 의해 결정되는 것이나 동작 방식이 혼용된 경우는 기술적으로 보다 상위에 있는 방식으로 통합하여 표준화하는 것이 바람직하다.

예를 들어, 스위치 직접 구동과 제어기 제어가 혼합된 구조는 스위치 신호를 제어기로 입력하고 제

어기가 단독으로 릴레이를 제어하는 구조가 향후 기능 확장이나 제어 성능 개선에 유리하므로 단일 동작 방식으로 표준화한다.

4. 표준 회로 선정 예

제안한 배선 회로 표준화 방안을 트럭 Horn 시스템과 Preheater 시스템, PTO 시스템 회로에 적용하여 표준 회로를 선정한다.

4.1 트럭 Horn 시스템

4.1.1 동작 방식 별 분류

트럭의 Horn 시스템은 총 5종의 배선회로들이 3가지 동작방식으로 동작하고 있다. 각 동작방식 별 회로 종류는 다음과 같다.

- 스위치 직접 구동 방식: 총 1종
- 스위치 제어 방식: 총 3종
- 스위치 제어와 스위치 직접 구동 혼용 방식: 총 1종

단일 회로만 존재하는 스위치 직접 구동 방식과 혼용 방식은 제외하고 스위치 제어 방식 회로에 대해 표준화를 진행하였다.

4.1.2 기능 별 회로 분류

제어부는 동작 방식의 가장 큰 차이를 가져오는 제어 주체의 차이와 입력 신호 및 제어 신호 경로의 차이, 그리고 입력 신호의 Active high/low 특성 차이를 포함한다.

Fig. 4는 3종의 스위치 제어 방식의 Horn 시스템의 제어부 회로와 그로부터 선정한 제어부 표준회로를 보여준다.

세 회로 모두 스위치가 Active low 방식으로 릴레이를 제어하는 구조를 가지지만 그라운드 표시 여부, 연결 시스템의 종류에 차이가 있다. 릴레이 Contact 부 연결 구조는 전원 공급과 관련되므로 구동부에서 기술한다.

Active high 신호 입력 방식이 신뢰성 측면에서 유리하나 기존 모든 회로도들이 Active low 방식으로 구현되어 있고 Horn 시스템이 차량의 안전에 치명적인 영향을 주는 시스템이 아니므로 기존 회로도의 Active low 특성을 유지하였다. 스위치의 그라운드 연결의 경우 Type 1, 2, 3 모두 스위치에서 그라운드로의 배선이 실제로 존재하나 해당 회로도 페이지

Fig. 4 Control block wire harness of a horn system

에는 Type 2만 표기되어 있다. 이는 단순한 표기상의 차이이지만, 회로 가독성 측면에서 관련 연결은 해당 페이지에 모두 표기하는 것이 바람직하므로 Type 2를 표준회로로 선정하였다.

그리고, 입력 신호의 종류와 수는 차량의 사양에 의한 것이므로 표준화 모든 차종에 포함되는 입력 신호는 기본 입력으로 하고 사양에 따라 포함 여부가 달라지는 입력 신호는 옵션 표시를 하여 표준 회로에 추가하였다. 이와 같이 구성된 제어부 표준 회로는 Fig. 4의 가장 하단에 제시하였다.

구동부는 동작 방식의 가장 큰 차이 중 하나인 구동 주체와 구동 부하의 종류와 수, 구동 신호(전원)의 인가 경로의 차이를 포함한다. Fig. 5는 스위치 제어 방식의 Horn 시스템의 구동부 회로를 보여준다.

Type 1과 3은 High side, Type 2는 Low side 구동 방식으로 동작한다. 그리고, 구동 전원을 공급하는 릴레이 Contact의 연결 구조를 보면 Type 1과 2는 박스(J_BOX) 외부의 추가 배선 연결을 필요로 하지만 Type 3은 추가 배선 없이 박스 내부에서 이루어진다. 즉, 부하 구동을 위해 Type 1과 2는 3개의 배선 회로가 필요하지만 Type 3은 2개의 회로만 사용된다.

동작 신뢰성 및 내구성 측면에서 High side 구동

Fig. 5 Drive block wire harness of a horn system

방식이 바람직하므로 구동 방식에서는 Type 1과 3이 좋다. 그리고, 배선 회로의 효율성 측면에서 다른 특성이 동일하다면 배선 회로 수를 줄이는 것이 가장 효과적이므로 다른 Type에 비해 회로 수가 1개 적은 Type 3이 바람직하다.

따라서, 두 기준을 모두 만족하는 Type 3을 표준 회로로 선정하였다. 그리고, 부하의 종류와 수 역시 입력 신호와 마찬가지로 사양에 따른 것이므로 일부 차종에만 포함된 부하는 옵션 표시를 하여 추가하였다. 구성된 구동부 표준회로는 Fig. 5의 가장 하단에 제시하였다.

4.1.3 표준 회로 선정

Horn 시스템의 경우 별도의 모니터링 회로가 없으므로 제어부 표준 회로와 구동부 표준회로를 통합하여 스위치 제어 방식의 Horn 시스템 표준회로를 구성하고 Fig. 6에 나타내었다.

구성된 표준 회로는 High side 방식으로 구동 방식을 표준화하여 Low side 방식으로 구동되던 일부 회로의 동작 신뢰성 및 내구성을 개선하였다. 그리고, 릴레이 Contact 부를 박스 내부에서 연결하여 외부 연결 구조를 가지던 회로 대비 1 회로 배선 감소 효과가 있다.

Fig. 6 Standard wire harness of a horn system

4.2 트럭 preheater 시스템

4.2.1 동작 방식 별 분류

트럭의 Preheater 시스템의 배선 회로는 모두 제어기가 외부 릴레이의 Coil부를 제어하는 제어기 제어 방식으로 동작한다.

4.2.2 기능 별 회로 분류

Fig. 7은 총 4종의 Preheater 시스템의 제어부 회로와 표준 회로를 나타낸다. 타입 별로 제어 신호의 입력 방식, 퓨즈와 릴레이의 위치, 그리고 전원 및 퓨즈 공용 여부의 차이가 있다.

Type 1, 2는 제어기가 Active high 방식으로 릴레이를 제어하고 Type 3, 4는 Active low 방식으로 제어한다. Type 1은 퓨즈와 릴레이가 동일 박스내에 위치하고 Type 2, 3, 4는 퓨즈와 릴레이가 각각 다른 박스에 위치하여 퓨즈와 릴레이 간 배선 회로를 필요로 한다. 전원의 경우 Type 1은 IGN 스위치 전원, Type 2, 3, 4는 배터리 전원을 사용한다. 퓨즈는 Type 1, 2, 3은 다른 시스템과 공유하며 Type 4는 단독 퓨즈를 사용한다.

Preheat의 경우 오동작 시 차량 동작에 주는 영향이 크므로 Active high 입력 방식을 가지는 Type 1, 2가 바람직하다. 배선 효율성 측면에서는 배선 회로 수가 적은 Type 1이 바람직하다. 따라서, 가장 중요한 두 기준을 모두 만족하는 Type 1을 표준 회로로 선정하였다.

전원의 경우 안전류 측면에서는 IGN 전원이 유리하나 IGN SW의 용량 제한이 있으므로 모든 전원을 IGN 전원으로 하는 것은 바람직하지 않다. Preheater의 경우 릴레이를 제어하는 주체(Engine control unit)에서 안전류가 없도록 제어가능하므로 Type 1에서 전원을 배터리 전원인 Body 전원으로 변경하였다.

Fig. 7 Control block wire harness of a preheat system

또한, 시스템 동작의 중요성을 고려하여 단독 퓨즈로 변경하고 구성한 표준회로를 Fig. 7의 하단에 제시하였다.

Fig. 8은 제어기 제어 방식 Preheater 시스템의 구동부 회로를 보여준다. High side 구동 방식을 가지는 기본 구조는 4 타입 모두 동일하나 퓨즈와 릴레이의 위치, 전원 종류 및 퓨즈 공용 여부의 차이를 보인다.

배선 회로 수 측면에서 퓨즈와 릴레이가 동일 박스에 위치한 Type 1이 바람직하고 전원 측면에서는 배터리 전원을 사용한 Type 2, 3, 4가 유리하다. 퓨즈는 단독 퓨즈 사용이 바람직하다. 그러므로, 제어부와 마찬가지로 회로 수가 적은 Type 1을 표준 회로로 선정하고 전원과 퓨즈를 각각 배터리 전원과 단독 퓨즈를 사용하도록 수정하여 Fig. 8의 하단에 제시하였다.

모니터링부는 ECU에서 Cluster로 연결되는 동일한 기본 구조를 가지며 추가적으로 해당 신호를 ETACS도 공유하는 타입이 존재한다. 이는 사양 상

Fig. 8 Drive block wire harness of a preheat system

차이에 의한 것으로 옵션으로 처리하였다.

4.2.3 표준 회로 선정

각 기능 블록 별 표준회로를 통합하여 제어기 제어 방식의 Preheater 시스템 표준 회로를 Fig. 9에 제시하였다.

Fig. 9 Standard wire harness of a preheat system

구성된 표준 회로는 Active high 입력 방식으로 표준화하여 Active low 입력 방식을 사용하던 일부 회로의 동작 신뢰성을 개선하였으며 퓨즈와 릴레이를 박스 내부에서 연결하여 회로 수를 1회로 감소시킨 효과가 있다. 그리고, 배터리 전원으로 변경하여 IGN SW 용량과 크기에 부담을 줄였으며 단독 퓨즈 사용으로 신뢰성을 높였다.

4.3 트럭 PTO 시스템

4.3.1 동작 방식 별 분류

트럭의 PTO 시스템은 옵션 사양 별로 다양한 구성을 가져서 제어기 제어 방식에 스위치 제어나 스위치 직접 구동방식의 혼용 여부를 구분하면 총 5종의 동작 방식이 사용된다. 동작 방식을 너무 세분화하면 표준화의 의미가 감소되므로 구조 및 사양상으로 큰 차이를 가지는 외부 릴레이의 유무 및 제어기의 유무에 따라 다음과 같이 크게 3종으로 분류하여 표준화를 진행하였다.

- 스위치 제어 방식 기반: 총 5종
- 제어기 제어 방식 기반: 총 3종
- 유닛 구동 방식 기반: 총 1종

4.3.2 기능 별 회로 분류

Fig. 10은 세 가지 동작 방식 중 제어기 제어 방식 PTO 시스템의 제어부 회로를 보여준다. Type 1은 TCM이 PTO_SW_RLY를 제어하여 PTO_SW에 전원 신호를 인가하고 PTO_SW와 TCM이 PTO_RLY2 Coil부의 High side를 제어하는 구조로, 스위치 제어와 제어기 제어 방식이 혼합된 방식으로 구성된다. 그에 비해 type 2와 3은 PTO_SW 신호가 ATM_S_LEVER나 ATM_TCU로 입력되고 ATM_S_LEVER나 ATM_TCU가 해당 RLY coil부의 High side를 제어하는 제어기 제어 동작 방식으로 구성된다.

제어부만의 동작 방식은 Type 2, 3이 동일하나 PTO_RLY contact부의 전원 공급 구조를 보면 Type 3은 PTO_SW를 거쳐 공급하므로써, 스위치 직접 구동 방식이 혼용된다.

그러므로, 동작 방식 측면에서 제어기 제어 방식으로만 동작하는 Type 2가 가장 바람직하여 Type 2를 표준회로로 선정하였다. 이는 차종 별로 입력 조건의 차이에 대해서도 동일한 구조를 가질 수 있으며 향후 입력 조건 변화나 기능 개선에도 유리하기 때문이다.

즉, 제어기 제어 방식으로 표준화하면 해당 스위치 신호를 제어기에 추가 연결하고 기능에 따라 제어기 내부 프로그램을 수정하면 되므로 배선 설계 측면에서 가장 효과적이다. 표준 회로가 type 2 회로에서 변경 사항이 없으므로 제어부 표준회로를 별도로 제시하지 않았다.

Fig. 10 Control block wire harness of a PTO system

Fig. 11은 제어기 제어 방식 PTO 시스템의 구동부 회로를 보여준다. 세 회로 모두 주 부하인 PTO_MV는 High side로 구동하며 부저(BZ)는 High와 Low side를 모두 구동한다.

타입 별로 구동 전원의 공급 경로를 보면 Type 1은 PTO_MV를 구동하는 PTO_RLY2의 Contact부 전원이 TM_PTO_CTRL_SW를 통해 인가된다. Type 2는 PTO_MV를 구동하는 PTO_RLY2의 Contact부 전원은 퓨즈를 통해 바로 연결된다. Type 3은 PTO_MV를 구동하는 ATM_PTO_RLY의 Contact부 전원이 PTO_SW를 통해 인가된다.

동작 방식 측면에서 뿐 아니라 전력 손실 측면에서도 전원이 RLY Contact부만을 거쳐 공급되는 Type 2가 Type 1, 3이 겪는 스위치의 접촉저항으로 인한 전압 강하를 겪지 않아 유리하므로 표준회로

Fig. 11 Drive block wire harness of a PTO system

로 선정하였다.

모니터링부는 PTO_MV의 구동 전원 인가 단자에서 Cluster로 연결된 신호를 통해 동작 상태를 표시하는 기본 구조를 가진다.

4.3.3 표준 회로 선정

제어기 제어 방식의 PTO 시스템 표준 회로를 Fig. 12에 제시하였다. 세 종류의 배선 회로 모두 Active high 입력 방식과 High-side 구동 방식으로 구성되어 신뢰성과 내구성 측면에서는 좋은 구조를 가졌다.

하지만, 선정된 표준 회로는 관련 입력이 모두 제어기로 입력되고 제어기만이 릴레이를 제어하는 제어기 제어 동작 방식을 가져 기능 변경이나 입력 조건 변화 등의 사양 변화에도 유리하다. 또한, 구동 전원이 스위치를 거치지 않고 공급됨에 따라 해당 스위치의 접촉 저항(최대 20 mΩ)과 구동 전류(~7A)

Fig. 12 Standard wire harness of a PTO system

를 고려할 때 PTO 동작 시 약 0.9 W의 전력 소모 절감 효과가 있다.

5. 결 론

동일한 시스템의 배선 회로라도 차종마다 다양한 기능과 사양, 그리고 적용 범주 등에 차이를 가지고 있어서 모든 차종의 배선 회로를 하나로 통일하는 것은 현실적이지 못하다. 이에 본 논문에서는 배선 회로를 제어 및 구동 방식에 기반한 동작 방식에 따라 ‘스위치 직접 구동’, ‘스위치 제어’, ‘제어기 제어’, ‘유닛 제어’, ‘유닛 구동’, ‘커넥터 연결 구동’ 방식의 6가지 타입으로 분류하고 타입 별로 배선 회로를 표준화하는 방안을 제시하였다. 이와 같은 동작 방식 별 표준화를 통해 불필요한 유닛 및 배선 적용을 피하고 요구 사양을 잘 반영한 배선 회로 표준화가 가능하다는 장점이 있다.

또한, 차종 별로 배선 회로에서 주로 차이를 보이는 부분이 입력 조건의 차이, 부하 종류 및 수라는 점을 고려할 때 하나의 시스템 회로를 기능 별로 제어부, 구동부, 모니터링부로 분류하고 기능 별 회로 단위로 표준화하는 방안을 제시하였다. 이와 같은 회로 표준화 방안은 차종 별로 다양한 차이를 반영하는데 효율적이며 유연한 배선 회로 설계가 가능하다는 장점이 있다.

제시한 배선 회로 표준화 방안은 실제 Horn 시스템, Preheat 시스템, PTO 시스템에 적용하여 효과를 확인하였다. Horn 시스템에서 차종별로 Active low와 Active high로 다르게 적용되던 입력 방식을 신뢰성이 높은 Active high로 표준화하였다. Preheat 시스

템에서 차종 별로 Low side와 High side로 다르게 적용되던 구동 방식을 High side 방식으로 표준화하여 동작 신뢰성 및 내구성을 개선하였다. 또한, 두 시스템 모두에서 릴레이 Contact 부를 박스 내부에서 연결하는 배선 구조로 표준화하여 회로 수 감소 효과를 얻었다.

향후 시스템 별로 제안된 방식에 따른 배선 회로 표준화를 통해 설계 신뢰성 향상, 설계 시간 단축, 그리고, 시스템 기반의 설계 프로세스 구축을 기대할 수 있다.

후 기

이 논문은 현대기아자동차와 2011년도 광운대학교 교내 학술 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

References

- 1) T. R. Egel, "Wire Harness Simulation and Analysis Techniques," SAE 2000-01-1293, 2000.
- 2) J. H. Kim, J. C. Lee, J. Park and H. Lim, "Electronic Control Unit Modelling for Automotive Wire Harness Simulation Using the Capital Harness System," Proc. IMechE Part D: J. Automobile Engineering, Vol.225, pp.294-304, 2011.
- 3) S. Becersdorf and C. Whiting, "Current Measurement in Solenoids for Automotive Control Systems," Analog Devices Technical Article, 2001.
- 4) C. Cini, C. Diazzzi, D. Rossi and S. Storti, "High Side Monolithic Switch in Multipower-BCD Technology," SGS THOMSON Application Note, 1995.
- 5) D. Lee, H. Lim, S. Ok, J. Tak, E. Kim and J. Park, "Analysis of an Automotive Ground System Based on a Ground Model and Current Distribution in It," SAE 2004 World Congress and Exhibition, Detroit, MI, USA, 2004.
- 6) H. W. Ott, Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, Wiley, New York, pp.86-95, 1988.
- 7) Electrical Grounding Practice, SAE International, J1908, 2002.