



승용자동차 전자제어 에어컨 장치의 다이오드, 써모센서와 배선단락에 대한 고장사례 고찰

[†]이일권 · 국창호 · 함성훈 · 이정호 · 문학훈* · 유창배**
황한섭*** · 임춘무**** · 정동화***** · 나윤환*****

대림대학교 자동차공학과, 오산대학교 자동차과*, 신성대학교 자동차계열**,
수원과학대학교 기계과***, 서울남부기술교육원****,
순천제일대학교 자동차기계과*****, 삼성전자*****

(2017년 9월 15일 접수, 2017년 10월 19일 수정, 2017년 10월 20일 채택)

A Study for Faliure Exampls Involved Diode, Thermo Sensor and Wiring Short of Electronic Control A/C System in a Vehicle

[†]IL Kwon Lee · Chang Ho Kook · Sung Hoon Ham · Jeong Ho Lee · Hak Hoon Moon*
Chang Bae You** · Han Sub Hwang*** · Chun Moo Lim****
Dong Hwa Jung***** · Yun Whan Na*****

Department of Automotive Engineering, Daelim University College,

**Department of Automotive Engineering, Osan University,*

***Department of Automotive Engineering, Shin Sung University,*

****Department of Mechanical Engineering, Suwon Science College,*

*****Seoul Institute of Technology & Education,*

******Department of Machinery and Automotive Engineering, Suncheon Jeil College*

******Samsung Electronics Co. Ltd.*

(Received September 15, 2017; Revised October 19, 2017; Accepted October 20, 2017)

요약

이 논문은 자동차의 전자제어 에어컨에서 발생하는 고장사례에 대한 논문이다. 첫 번째 사례에서, 원인은 에어컨 릴레이 내부에 서지 전압 역류 방지용으로 사용된 다이오드가 에어컨이 OFF 되었을 때 다이오드의 단락으로 인해, 서지 전압을 흡수하지 못해 퓨즈가 반복적으로 끊어진 것을 확인하였다. 두 번째 사례에서, 원인은 핀 써모센서 내부의 단선으로 인해 에어컨을 제어하지 못함으로써 이베퍼레이터의 동결현상이 발생한 것을 확인하였다. 세 번째 사례에서, 원인은 운전석 앞쪽의 크래쉬 패드 하단에 있는 와이어링의 에어컨 핀센서 핀과 연결되는 배선이 차체와의 간섭으로 인해, 피복이 벗겨져 단락(short)현상에 의해 에어컨 스위치와 핀센서가 소손되어 에어컨이 작동하지 않는 것을 확인하였다. 따라서, 이러한 고장 현상을 철저히 확인하고 개선하여 최적의 시스템을 유지할 수 있도록 하여야 한다.

Abstract - The purpose of this paper is to study for a failure examples producing in electronic control air conditioner in vehicle. The first example, it looked for the repetitive fuse cutting phenomenon that the diode using for a surge voltage prevention of inner A/C relay damaged because of no absorbing the surge voltage by short of diode when the A/C is off. The second example, it knew the icing phenomenon of evaporator that the A/C ECU didn't control the A/C because of inner cutting of fin thermo sensor. The third example, it verified the operation trouble phenomenon because of the A/C switch and for sensor burned in flames by short phenom

[†]Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

enon when the sheath of the cable has peeled off. Therefore, the driver have to manage the optimism system of a car by thoroughgoing inspection and improvement the failure phenomenon.

Key words : automatic air conditioner, relay, diode, thermo sensor, evaporator, wiring short

I. 서 론

1987년 미국의 경우 소형차량은 자동차 연료를 절감하기 위해 85% 정도만 에어컨을 장착하였다. 에어컨(Air conditioner;A/C)의 제어 방법은 기계적인 방법을 사용하였고, 전기적인 구동방법을 거쳐 초기의 전자적인 방법으로 제어하였다[1]. 냉각성능을 향상시키기 위해 이베퍼레이터(Evaporator)에 대한 고성능 연구도 이루어졌다[2]. 자동차 에어컨 시스템에 대한 메커니즘(Mechanism)을 연구하고자 소프트웨어를 이용하여 다이나믹 모델(Dynamic model)개발에 대한 연구도 진행되었다[3]. 연료 소비를 줄이기 위해 가변압축기(Variable displacement compressor)와 고정 사판식 컴프레서(Fixed swash-plate compressor)를 이용한 필드시험(Field test)에 관련된 연구도 진행되었다[4].

오토 에어컨은 그 목적이나 기본적인 시스템은 수동 에어컨과 크게 다르지 않다. 단지, 에어컨을 조작하기 위한 기능이 다를 뿐이다. 운전자가 실내 온도를 희망하는 온도로 유지하기 위해서는 냉방부하에 따라 냉방능력을 제어하지 않으면 안된다. 대기의 온도가 높은 낮이나 아침과 저녁에는 냉방에 대한 외부 조건의 변화에 따라 냉방능력을 제어할 필요가 있다. 자동차 에어컨 시스템에서 순환하는 냉매가 누설되거나 기계적인 시스템에 문제가 발생할 때는 고장이 발생할 수 있다[5]. 오토 에어컨 시스템은 각각의 구성부품을 제어하는 센서와 작동기의 내구성이 떨어지거나 문제가 발생할 경우 시스템의 고장이 발생할 수 있다. 이러한 전자제어 시스템의 고장사례는 고장사례연구로 발표되었다[6,7,8]

오토 에어컨을 제어하기 위해 에어컨 컴퓨터, 파워 트랜지스터(Power transistor), 및 하이 블로워 모터(Blower motor), 블랜드 도어 액추에이터(Blend door actuator), 토출 모드 도어 액추에이터, 흡입 모드 도어 제어용 액추에이터, 실내 온도 센서, 외기 온도 센서, 일광 센서, 습도 센서, 핀서모(Fin thermo) 센서, 에어컨 컴프레서 제어용 저압과 고압 스위치, 수온센서 등과 연계되어 제어하는 시스템을 형성하고 있다.

이 논문은 자동차 전자제어 에어컨에 관련된 고

장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 에어컨 작동관련 부품

에어컨은 자동차를 운행할 때 운전자나 탑승자가 덥다고 느끼게 되면 실내의 온도를 낮춰 사람이 감각적으로 느낄 수 있는 적정한 온도로 운용하는 시스템이다. 또한, 실내의 온도가 낮을 때에는 자동차 엔진의 냉각수나 별도로 설치된 히터에서의 열을 이용하여 실내의 온도를 높이는 역할을 하는 시스템이 히터 시스템이다. 이러한 온도의 제어를 인위적으로 사람이 조절하면 수동조절이고, 전자제어

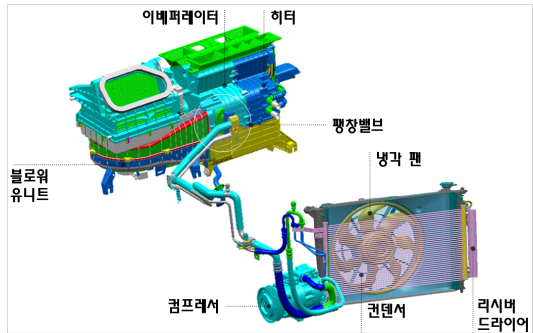


Fig. 1. Components of air conditioner.

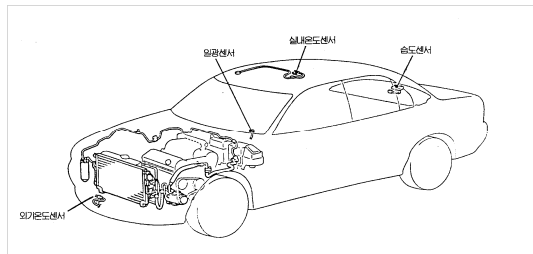


Fig. 2. Installing example of sensors including with air conditioner.

시스템을 적용하여 실내의 온도를 감지하여 자동으로 제어하면 자동제어 에어컨이다. Fig. 1은 에어컨 시스템의 구성도를 보여주는 것이다.

2.2 오토 에어컨 시스템

2.2.1 오토 에어컨 시스템 개요 및 기능

오토 에어컨은 각종 센서, 즉 내기 온도 센서, 외기 온도 센서, 수온 센서 및 스위치 조작 등의 입력 신호를 에어컨 컴퓨터에 입력하여 각 액추에이터를 제어함으로써 토출온도, 토출풍량 컴프레서 ON-OFF 등을 자동 제어하는 시스템이다. 따라서, 운전자의 설정온도에 따라 차 실내 온도가 자동제어되는 시스템이다[9].

2.2.2. 오토 에어컨 시스템의 관련부품

에어컨 시스템을 자동으로 제어하기 위한 관련 부품은 센서와 액추에이터 및 컴퓨터로 구성되어 있다. Fig. 2는 자동차 오토 에어컨과 관련된 센서의 장착 사례를 보여주는 것이다.

1) 일사량 센서(Photo sensor)

포토 센서는 자동차 내부로 유입되는 일사량을 감지하고 이것을 컴퓨터에 신호를 보내 일사량에 따라 토출온도와 풍량이 운전자가 선택한 온도에 근접할 수 있도록 하는 센서이다.

2) 외기 온도 센서(Ambient temperature sensor)

외기 온도 센서는 자동차 앞쪽에 부착되어 있으며, 외기 온도를 감지하여 작동기에 신호를 보내어 토출온도와 풍량이 운전자가 선택한 온도에 근접할 수 있도록 하는 센서이다.

3) 실내온도 센서(Incar temperature sensor)

자동차 내부 공기의 온도를 감지하여 전기신호로서 자동제어 블로워 모터속도(Automatic control blower motor speed), 에어컨 모드 및 내외기 순환 모드 등의 기능을 설정하는 데이터가 된다.

4) 습도 센서

자동차 내부의 상대습도를 감지하여 전기신호로서 오토 에어컨 컴퓨터로 신호를 전송하며 오토 에어컨을 ON/OFF 시켜 차내 습도를 가감시키는데 필요한 데이터로 사용한다.

5) AQS(Air quality sensor)

AQS는 디젤자동차의 매연에 함유되어 있는 질소산화물(NO_x)이나 이산화황(SO₂)과 가솔린 및 LPG

자동차의 배기가스에 혼합된 탄화수소(HC), 이산화탄소(CO₂)와 같은 유해성분이 배출가스를 비롯하여 대기중에 함유되어 있는 유해 및 악취가스를 감지하여 이들 가스의 실내 유입을 차단함으로써 운전자와 탑승자의 건강을 고려한 공기질을 감지하는 시스템이다.

6) 에어컨 핀 써모 센서

냉방부하가 감소함에도 불구하고 컴프레서가 계속 가동되는 경우에는 증발기 표면이 동결되어 공기의 흐름량을 감소시켜 결과적으로 냉방성능 저하를 초래한다. 따라서 동결방지 기능을 하는 써모스타트(Thermostat), 써미스터(Thermistor), 이베퍼레이터 센서(Evaporator sensor)는 증발기 표면온도를 감지하여 냉동 사이클을 일시 중단시켜 이베퍼레이터의 동결을 방지하게 하는 기능을 한다.

7) 에어컨 릴레이(Air conditioner relay)

에어컨 릴레이는 전기용량이 작은 스위치나 전선 전장품을 대전류로부터 보호하는 기능을 하며, 전압이 강하하는 것을 방지한다.



Fig. 3. Installing location for Air conditioner diode.



Fig. 4. Configuration example of air conditioner diode.

III. 전자제어 에어컨 장치에 관련된 고장사례

3.1 에어컨 릴레이 내부 다이오드 단락으로 미작동 현상

3.1.1 현상

자동차의 시동을 걸고 에어컨을 작동하였을 때 에어컨이 작동하지 않는 현상이 발생되었다.

3.1.2 분석

이 자동차의 운행거리는 5,210km로 확인되었다. 에어컨을 작동시켜 본 결과 작동하지 않았으며, 엔진룸 내의 퓨즈박스를 확인한 결과 10A 용량의 퓨즈가 끊어진 것을 확인하였다. 퓨즈를 교환한 다음 2~3일 지난 다음 에어컨 퓨즈가 단선되는 동일한 현상이 다시 발생하는 것을 확인하였다. Fig. 3은 에어컨 다이오드의 장착 위치를 보여주는 것이다. Fig. 4는 에어컨 다이오드의 고장사례를 보여주는 것이다.

일반적으로 전기용량이 작은 스위치나 전선, 전장품을 대전류로부터 보호하기 위해 릴레이를 사용하며, 전압의 강하를 방지하기 위한 목적으로 사용한다. 자동차 에어컨 릴레이는 컴프레서에 전원을 공급하는 역할을 한다. 작동 전원은 에어컨 스위치, 써모스위치, 듀얼 압력 스위치로 통한 전원이 공급된다. 만약 릴레이가 작동하여 컴프레서가 갑자기 작동하게 되면 엔진에 충격이 발생한다든지 엔진의 회전수가 낮은 상태에서는 엔진이 정지할 수도 있으므로 에어컨 릴레이의 작동은 엔진 컴퓨터가 직접 제어하며 엔진의 공회전 수를 높여주는 역할을 한다. 이 자동차의 경우에는 에어컨 릴레이 내부에 다이오드가 장착되어 에어컨이 OFF 되었을 때 서지전압 역류 방지용으로 사용되어 다이오드가 서지전압을 흡수하였으나, 다이오드의 단락으로 인해 서지 전압을 흡수하지 못해 퓨즈가 반복적으로 끊어진 것으로 확인되었다. 릴레이는 외관상 손상되지 않았으나, 에어컨 다이오드는 에어컨 릴레이 내부에 있어 손상을 확인할 수 없었고, 이에 테스트기를 이용하여 확인한 결과 단락으로 확인하였다. 따라서, 이 자동차의 시스템에서는 다이오드를 에어컨 릴레이와 분리하여 시스템이 구성되도록 하는 것으로 개선하는 것이 요구되어진다.

3.1.3 고찰

엔진 컴퓨터는 듀얼 압력 스위치로부터 전압 신호를 기준으로 에어컨 릴레이의 작동 여부를 결정하게 된다. 이러한 에어컨의 과부하가 생겼을 때 이를 차단하여 주는 다이오드는 시스템의 안정성을

높이는 데 큰 역할을 하며 시스템의 안전성을 위해 최적의 시스템 설계를 하여야 할 것으로 판단된다.

3.2 에어컨 써모센서 불량으로 이베퍼레이터 빙결로 인한 고장사례

3.2.1 현상

에어컨 작동하였을 때 풍량 과소로 인해 에어컨 바람이 시원하지 않은 현상이 발생하였다.

3.2.2 분석

이 자동차는 자동차의 에어컨을 작동하고 점검하였을 때 나오는 바람이 작아 운전자가 시원함을 느낄 수가 없었다. 자동차를 점검한 결과 컴프레서와 제어부는 정상으로 확인되었다. 일반적으로 에어컨이 작동할 때 실내로 바람이 들어오는 풍량의 감소 원인은 이베퍼레이터와 연결되는 덕트부의 누설, 에어컨 필터의 막힘, 이베퍼레이터의 응결, 블로워 모터의 불량에 의한 블로워 모터 관련 배선불량 등이 문제로 인해 풍량이 감소할 수 있다. 이 사례의 경우 풍량의 상태를 확인하기 위하여 필터를 교환하였으나 필터는 정상이었다. 덕트의 연결부분을 확인하기 위하여 관련부분을 점검해보니 이베퍼레이터



Fig. 5. Inner shape example of evaporator.



Fig. 6. Icing example of evaporator inner duct.

터가 응결되어 있는 것을 알 수 있었다. 에어컨 이베퍼레이터에는 이베퍼레이터가 빙결되는 것을 예방할 목적으로 에어컨 핀 써모센서가 장착된다. 이것은 이베퍼레이터 코어에 장착되어 이베퍼레이터 코어의 온도를 감지하여 에어컨 ECU에서 엔진 ECU로 보내 컴프레서 작동 릴레이 출력전원을 차단한다. 일반적으로 핀 써모센서는 온도가 낮아지면 저항값이 높아지고, 온도가 높아지면 저항값이 낮아지는 부특성(Negative characteristics) 서미스터(Thermistor)를 사용하며, 코어의 감지온도가 0.5℃이하일 경우 에어컨 컴퓨터에서 트리플 스위치(Triple switch)의 출력 전원을 12V 출력에서 OV로 제어한다. 이 사례의 경우 핀 써모센서의 센서 내부의 단선으로 인해 제어하지 못함으로써 이베퍼레이터의 동결현상이 발생하였으며, 이베퍼레이터의 응결원인을 확인한 결과 에어컨 핀센서의 불량으로 확인되었다. Fig. 5는 에어컨 이베퍼레이터 덕트부의 형상을 보여주는 것이다. Fig. 6은 이베퍼레이터 내부가 빙결된 사례를 보여주는 것이다.

3.2.3 고찰

반도체는 일반 금속과 달리 큰 온도 계수를 갖는 특성이 있다. 이를 이용해 전기회로에서는 온도 보상 회로에 이용하기도 하며, 온도 측정용 센서로도 이용하고 있는 것이 서미스터 반도체이다. 이러한 서미스터는 온도가 올라가면 고유 저항이 감소하는 반도체 서미스터(Thermistor)는 온도 검출용이나 회로의 보호용 소자 등으로 이용되고 있다. 자동차의 온도 검출용으로 사용되고 있는 센서로는 엔진의 냉각수 온도를 검출하는 온도센서, 흡입 공기의 온도를 검출하는 흡기온 센서, 연료의 잔량을 검출하는 연료 잔량 경고센서, 에어컨의 토출 온도를 검출하는 토출구 온도 검출 센서 등 다양하게 이용되고 있다[10]. 따라서, 이러한 센서의 내구성과 고장 현상을 철저하게 점검하여 시스템의 신뢰성을 확보하여야 한다.

3.3 에어컨 핀 센서 차체단락으로 에어컨작동 불량 현상

3.3.1 현상

운전중에 에어컨을 작동하였을 때 에어컨이 작동되지 않는 현상이 발생되었다.

3.3.2 분석

이 자동차는 4,410km를 주행하였으며, 에어컨이 작동하지 않아 에어컨 스위치를 2회 정도 교환하였다. 에어컨의 작동불량 현상에 대한 원인을 찾아 점

검하였으나, 육안으로는 확인할 수 없었다. 이 자동차의 고장원인을 확인하기 위하여 고장진단기를 이용하여 파형을 분석하여 보았다.

Fig. 7은 고장진단장비를 이용하여 고장을 진단한 사례를 보여주는 것이다. A 구간은 엔진의 온도 상승에 의한 팬의 저속(Low speed) 작동구간이며, B의 구간은 엔진온도의 하강에 의한 팬의 저속 작동 멈춤상태를 보여주는 것이다. C의 구간은 에어컨 스위치를 작동(ON)하면 팬이 저속으로 작동한다. 이때 에어컨 압력 스위치는 0.5sec를 지나 컴프레서를 작동시킨다. D 구간은 스톨를 포지션센서(Throttle position sensor)에서 급가속 신호를 입력

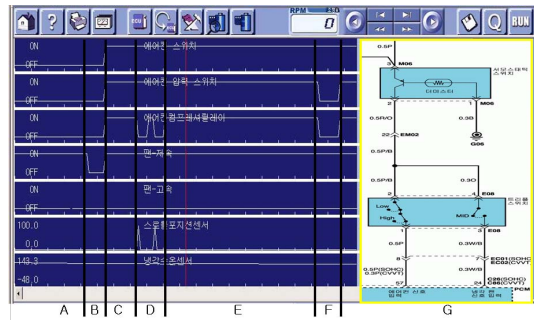


Fig. 7. Operation condition measurement of A/C parts using self-diagnosis tester.



Fig. 8. Damaged wiring example of crash pad lower side.

할 때 엔진의 부하감소를 위해 에어컨 컴프레서를 일순간 작동중지(OFF)시킨다. E 구간은 이베퍼레이터 온도를 감지하는 에어컨 핀센서가 0.5sec가 될 때까지 컴프레서의 작동신호를 유지한다. F 구간은 이베퍼레이터 온도가 0.5℃가 되면 압력스위치가 OFF되고, 컴프레서도 OFF된다. 이 때 팬이 계속으로 계속작동을 한다. G 구간은 트리플스위치가 중속(Middle speed)에서는 0V 측정이 되며, 12V 측정이 되면 냉각팬을 고속(High speed)로 회전시킨다.

운전석 앞쪽의 크래쉬 패드 하단에 있는 와이어링의 에어컨 핀센서 핀과 연결되는 배선을 확인한 결과 이 배선이 차체와의 간섭으로 인해 배선의 피복이 벗겨지면서 단락(short)현상이 발생되어 에어컨 스위치와 핀센서가 소손되어 에어컨이 작동하지 않는 것으로 확인되었다. Fig. 8은 크래쉬 패드 하단의 손상된 배선의 사례를 보여주는 것이다.

3.3.3 고찰

일반적으로 에어컨 용으로 사용되는 온도 센서는 이베퍼레이터(Evaporator)에 삽입하여 자동차 실내로 불어 들어오는 바람의 온도를 검출하는 증발기 출구온 센서로 핀스치(Fin switch)라고 하는 센서로 증발기의 동결을 방지하기 위해 약 4℃ 정도가 되면 증발기 출구온 센서로부터 에어컨 컴퓨터로 신호를 입력하여 컴프레서의 전원을 자동 차단하는 목적으로 사용되는 것과 증발기에서 컴프레서 가는 입구부에 써모(Thermo) 스위치를 설치하여 컴프레서의 작동 효율을 향상시키는 써모 스위치가 있다[11,12]. 이러한 센서는 내구성이 떨어지거나 연결되는 배선의 손상으로 인해 작동을 하지 못하게 되면 에어컨의 작동이 멈추게 된다.

IV. 결론

전자제어 오토 에어컨 시스템에 관련된 고장 사례 현상을 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 첫 번째 사례의 원인은 서지전압을 흡수하기 위해, 서지전압 역류 방지용으로 사용된 다이오드가 단락으로 인해 서지 전압을 흡수하지 못해 퓨즈가 반복적으로 끊어지는 현상을 확인하였다.

2) 두 번째 사례의 원인은 핀 써머센서 내부의 단선으로 에어컨을 하지 못함으로써 이베퍼레이터의 동결현상이 발생한 것을 확인하였다.

3) 세 번째 사례의 원인은 운전석 앞쪽의 크래쉬 패드 하단에 있는 와이어링의 에어컨 핀센서 핀과

연결되는 배선이 차체와의 간섭으로 인해, 배선의 피복이 벗겨져 단락(Short)현상이 발생, 에어컨 스위치와 핀센서가 소손되어 에어컨이 작동하지 않는 것을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] Warren Bessler and Frank Forbes, "Electrically Driven Automotive Air Conditioner", SAE paper 870035
- [2] Lee Kyu Hyun and Won Jong-Pil, "Thermal Design Study of A High performance Evaporator for the Automotive Air Conditioner", SAE paper 1999-01-1191
- [3] Zheng David Lou, "A Dynamic Model of Automotive Air Conditioner System", SAE paper 2005-01-1884
- [4] Se-ki Park, Hak-soo Kim, Hew-nam Ahn and Hong-seok park, "Study on the Reduction of Fuel Consumption in the A/C System, used Variable Displacement Swsah-Plate Compressor and the performance Improvement by Field Test", SAE paper 2006-01-0164
- [5] IL Kwon Lee, Chang Ho Kook, Hak Hoon Moon and Chang Bae You, "A Study for Failure Examples for Refrigerant Gas Leakage in Automotive Air Conditioner system", KIGAS Vol. 20(2), 10-15, (2016)
- [6] Il Kwon Lee, Young Kyu Kim and Chang Ho Kook, " Study for Failure Cases on Engine Electronic Control Computer in Liquid Petroleum Gas Vehicle", KIGAS Vol.15(6), 27-33, 2011
- [7] Chung Kyun Kim and Il Kwon Lee, "Failure Case Studies of Sensors for Electronic Controlled Engine in LPG system", KIGAS Vol. 14(4), 56-61, (2010)
- [8] Chung Kyun Kim, Il Kwon Lee and Seung Hyun Cho, " Study for Failure Examples of Solenoid Valve, Relay and Idle Speed Actuator in Liquid Petroleum Gas Vehicle Engine", KIGAS Vol. 15(3), 47-52, (2011)
- [9] Hyundai Motor Company, " Service Training Manual of Air Conditioner", (2001)
- [10] Min Bog Kim, "Sensors Using for a Car", Golden-bell, (2006)
- [11] Maintenance manual of Hyundai Motors, (2013)
- [12] Maintenance manual of Kia Motors, (2013)