

---

**‘2018 독일 슈투트가르트 자동차부품 전시회’ 및  
dSPACE GmbH사 상담 보고서**

---

**2018. 06.**

**(재)경북차량용임베디드기술연구원  
시스템기술센터**

# 2018 독일 슈투트가르트 자동차부품 전시회 및 dSPACE GmbH사 상담 보고서

2018년 06월 5일(화) ~ 06월 8일(금) (4일간) 독일, 슈투트가르트에서 개최된 「2018 독일 슈투트가르트 자동차부품 전시회(Global Automotive Components and Suppliers Expo 2018 (GACS 2018)」 전시회 및 dSPACE GmbH사 상담 업무 수행 결과를 아래와 같이 보고합니다.

작성자: (재)경북차량용임베디드기술연구원  
시스템기술센터  
이행석 센터장, 박인철 선임연구원

# ‘2018 독일 슈투트가르트 자동차부품 전시회’ 및 dSPACE GmbH사 상담 결과보고(요약)

## □ Automotive World 2018 전시회 개요

### ◇ 행사명 :

- 한글명 : 2018 독일 슈투트가르트 자동차부품 전시회
- 영문명 : Global Automotive Components and Suppliers Expo 2018 (GACS 2018)

### ◇ 기 간 : 2018. 6. 5(화) ~ 6. 7(목) (3일간)

### ◇ 장 소 :

- 독일 슈투트가르트, Messe Stuttgart
- dSPACE GmbH사 (Herrenberger Str. Böblingen)

### ◇ 전시 규모

- 전시장 규모 : 52,000 s/m

- ◆ 참가업체 : 600여개사 (4개 section의 전시회 포함)

### ◇ 주 최 : UKIP Media & Events Ltd.

### ◇ 전시 품목 : 자동차부품, 인테리어 및 관련 장비, 시험 분석 장비 및 개발 관련 툴 등

### ◇ 전시 성격

- 슈투트가르트 지역은 다임러 벤츠, 포르쉐, 보쉬의 본사 및 1차 벤더 다수가 소재하고 있는 지역으로 유럽 유일의 OEM 전문 무역 전시회임
- 완성차, 1,2차 벤더의 엔지니어들이 주요 바이어이며, 자동차

산업 전문분야별(Components, Testing, Engine, Interiors) 총 4개 전시회 동시 개최

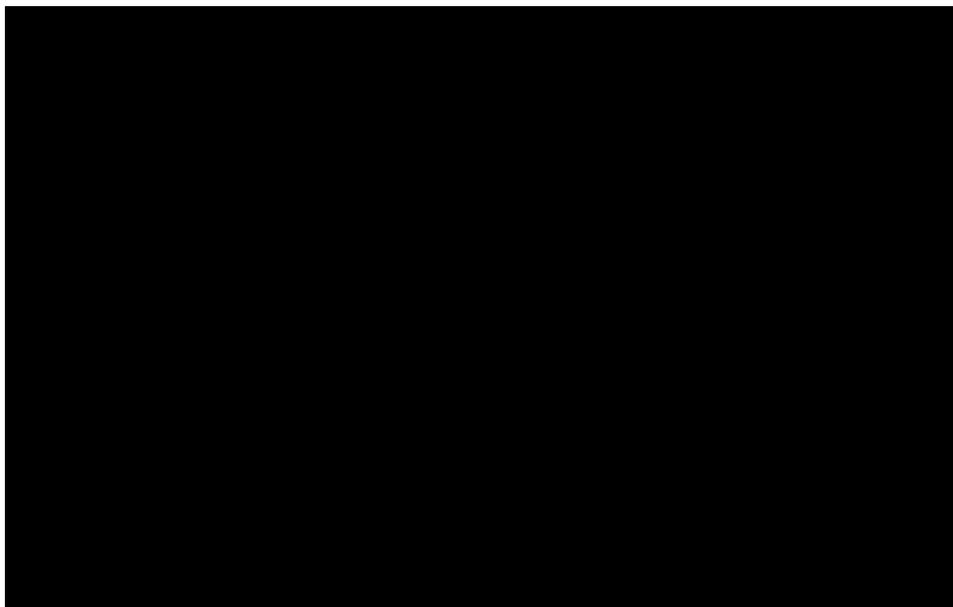
## □ 전시회 참가 내용 요약

### ◇ 목적

- 산업기술혁신사업(시스템산업기술개발기반구축사업) 수행을 위한 유럽 자동차부품 및 연관산업을 포함한 유망산업의 동향과 국제화를 위한 유럽 자동차 산업 동향 파악
- 자율운전 개발을 가속화 할 수 있는 새로운 플랫폼에 대한 연구조사와 더불어 관련 지역자동차 부품산업의 재도약을 위한 자동차 전장, 전기자동차·하이브리드 전기 자동차, 경량화 등 혁신적인 신기술 습득 및 부품산업육성 정책에 대한 로드맵 수립을 위한 기술 정보 습득

### ◇ 전시형태

- 전시장 Hall8,10 차량용 시험장비(Automotive Testing Expo), Hall9 차량용 부품(Global Automotive Components & Engine Expo), Hall7 차량용 내장재(Interiors)



## 제 1장 자율주행

### □ 영국 StreetDrone사 자율주행차 분야의 스타트업

- 전기 자율주행차 StreetDrone One은 르노의 Twizy를 개조하여 일련의 자동 운전용 센서를 장착하여 자율주행 가능하도록 한 전기 자동차
- Velodyne의 LIDAR, 삼성의 360도 카메라, 범블비(Bumblebee) 스테레오 카메라, 그리고 레이더와 Bluetooth와 Wi-Fi 탑재
- 본 차량은 자율주행 차량계의 Raspberry Pi(라즈베리 파이)는 영국 잉글랜드의 라즈베리 파이 재단이 학교와 개발도상국에서 기초 컴퓨터 과학의 교육을 증진시키기 위해 개발한 신용카드 크기의 싱글 보드 컴퓨터)라고도 불릴 정도로 저렴하기 때문에 학교 등에서 채용하기 용이하기 때문이다
- 현재 영국 대학을 중심으로 우선 출고 중에 있다고 한다.
- 가격 : 69,500파운드(한화 69,500 x 1,460원 = 101백만원)
- 적용 ECU :
  - 하드웨어 : NVIDIA Drive PX2 (자율주행용 개방형 AI 차량 컴퓨터)
  - 소프트웨어 : NVIDIA Driveworks (HERE HD Live Map기반 현지화 기술 개발)



○ **NVIDIA Drive PX2** : 자율주행용 개방형 AI 차량 컴퓨터

- 테슬라, 아우디, 벤츠, 볼보, 토요타등 대부분의 자율주행 차량에 엔비디아 GPU 탑재
- NVIDIA AI(인공지능, Artificial Intelligence) 플랫폼은 딥러닝(Deep Learning, 심층학습(深層學習)) 중심으로 구축
- GPU가 채택된 이유는
  - ✓ 높은 처리속도 : 자율주행에 필요한 차재 반도체의 연산성능은 120TOPS(Tera Operation Per Second), 현재의 PC용 CPU의 2,300배 이상, 120TOPS 정도의 성능을 가진 차재 반도체는 아직 존재하지 않음
  - ✓ 엔비디아의 GPU를 탑재한 차재 AI 컴퓨터인 DRIVE PX2는 20TOPS로, 현 시점에서 구입할 수 있는 하드웨어 중 성능이 가장 뛰남.
  - ✓ 그러나, DRIVE PX2의 소비전력은 80~250W로 상당히 높으며, 개발키트 가격은 \$15,000 테슬라에 공급하는 가격은 \$1,000~1,500
- 저(低)전력화를 노린 차세대 SoC(System on Chip)인 '엑스비어(Xavier)'를 탑재한 30TOPS의 차재 AI 컴퓨터 **DRIVE PX Xavier**를 양산 차량용으로 제공할 예정(소비전력은 30W)
- NVIDIA는 레벨5의 자율주행에 대응하기 위해 성능을 320TOPS와 엑스비어 보다 한 계단 업그레이드 된 차량용 AI 컴퓨터 **DRIVE PX Pegasus**를 2017년 10월에 발표(소비전력은 350W)



Drive PX2



DRIVE PX Xavier



DRIVE PX Pegasus

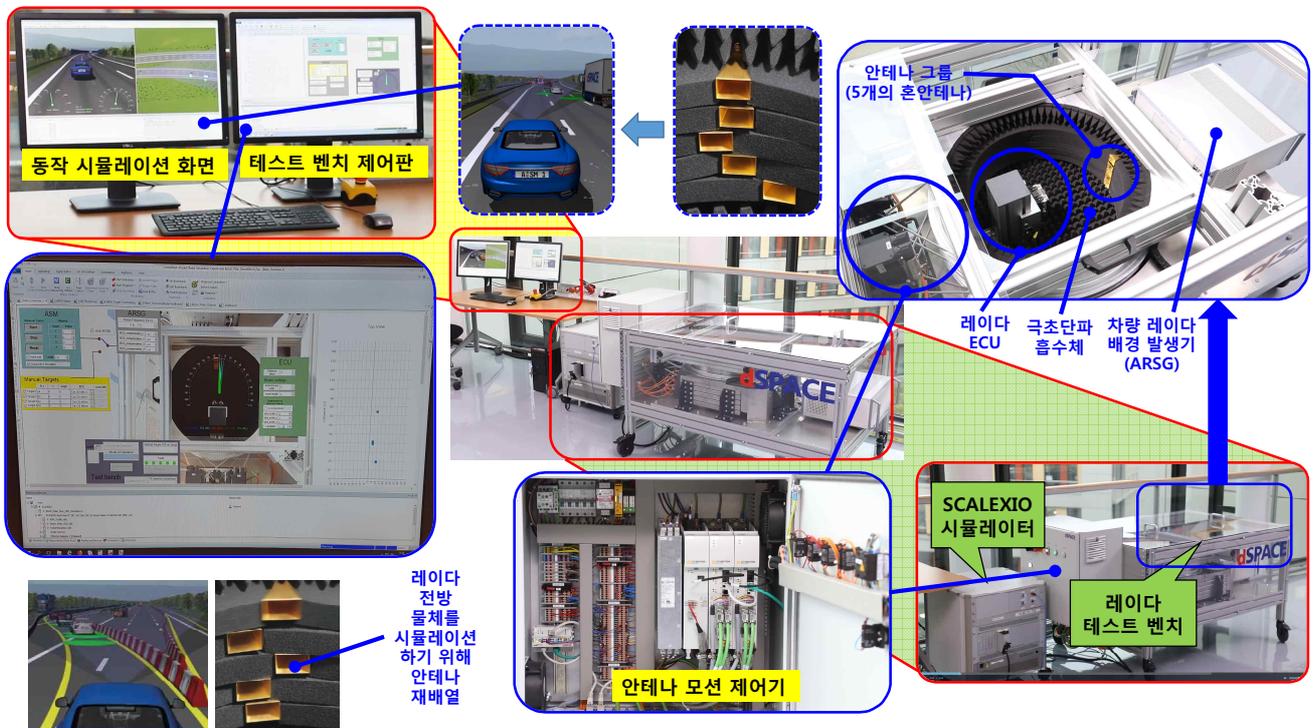
## □ 독일 dSPACE사 : 모델기반 ECU 소프트웨어 디자인 솔루션

### ○ dSPACE SCALEXIO HIL System을 활용한 레이더 테스트 벤치



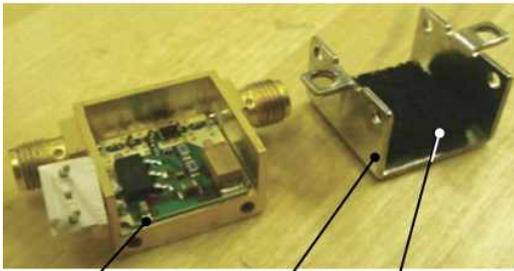
- 주요 특징
  - ✓ 레이더 센서의 무선 시뮬레이션 : 2m ~ 1000m 거리 범위
  - ✓ 최대 4개의 독립된 레이더 오브젝트에 대하여 정합된 레이더 에코를 실시간으로 생성 : 거리, 속도, 레이더 단면적, 방위각
  - ✓ 모든 신호 변화 시험
  - ✓ 24GHz, 77GHz 및 79GHz 레이더 지원
- 적용 분야
  - ✓ 레이더 센서는 영상 센서(카메라)와 초음파 센서 다음으로 자동차 일반적으로 적용되는 환경 센서.
  - ✓ 적응형 크루즈 컨트롤(ACC)와 자동 비상 브레이크(AEB) 등 많은 용도로 사용되며, 고도로 자동화된 자율 운전에 중요한 역할을 함.
  - ✓ 레이더 기반 응용 프로그램의 검증은 실험실에서 수행하기 위해서는 많은 문제 점이 있고, 실 도로환경과 같은 재현 가능한 테스트를 실행하려면 다양한 요소를 고려해야함.

- ✓ 레이더 센서를 시뮬레이션 할 경우 서로 다른 거리, 상대 속도 및 방위각에 따라 자동차와 보행자 등의 실제 대상물에 대한 레이더 에코를 생성 할 필요가 있으며, 외란된 레이더 반사를 방지하기 위해 충분한 대책을 수립.
- ✓ dSPACE사는 레이더 기반의 자동차 기능을 동기화 된 폐-루프 HIL 시뮬레이션을 사용하여 모든 신호 변화를 고려하면서 실 도로환경과 유사한 환경에서 테스트 할 수 있는 간단한 레이더 테스트 벤치를 제공.
- ✓ 레이더 테스트 벤치는 폐쇄 루프의 기능 테스트와 레이더 센서 자체와 그 구성 요소를 테스트하는 인증 테스트 및 성능 시험을 할 수 있음.
- 레이더 측정 장치는 전자파 차폐실에 배치되고, 시뮬레이터 운전 시나리오에 의해 안테나를 배치하고 miro-sys사의 레이더 배경 발생기(ARSG: Automotive Real-Time Radar Scene Generator)를 제어하여 최대 4개의 레이더 객체에 대응하는 1msec 주기로 업데이트 되는 레이더 에코를 생성

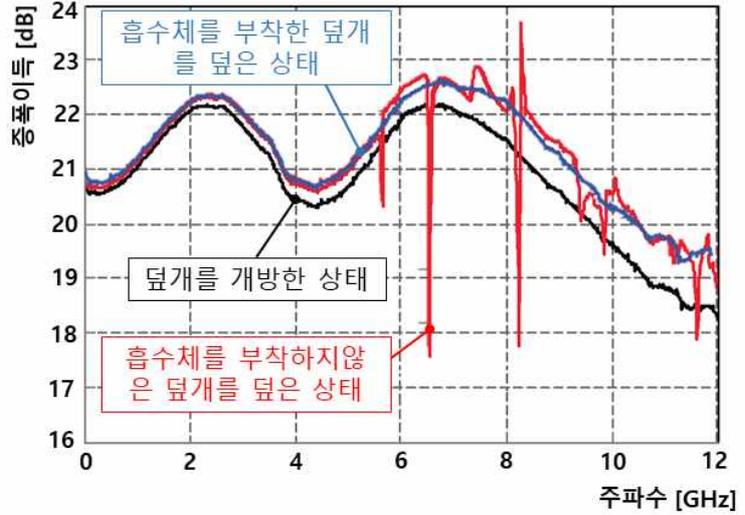


- 참고 : 극초단파 흡수체(Microwave Absorbing Material)의 역할
  - ✓ 고주파수에서 작동하는 전자 장치는 고주파 노이즈 방출에 문제 발생.
  - ✓ 고주파 동작 장치를 차폐상자에 넣으면 어떤 특정 주파수에서 위상이 중첩 되어 공진이 발생하고 이로 인해 장치의 성능을 저하.
  - ✓ 이러한 현상의 예로 아래 그림과 같은 고주파 증폭기를 예로 들면, 윗덮개를 개방한 상태와 덮은 상태로 각각 측정 해보면 내부 공진으로 그 출력 특성

에 악영향을 줌.



고주파 증폭기      금속 덮개      흡수체



- ✓ 여기서 덮개는 차폐재로 동작을 하며, 전자파 차폐재는 전기전도성을 갖는 임피던스가 아주 낮은 재료로, 유입된 전자파가 차폐재에 부딪혀 대부분은 반사되고, 일부는 표면전류로 변환되어 표면을 흐르다가 열로서 소멸되거나 Ground(접지)로 bypass되는 것으로, 차폐특성이 좋으려면 금속표면에 구멍이 나 틈이 없는 것이 좋으며, 전기저항은 낮을수록 우수한 특성
- ✓ 그러나 차폐재에 구멍이 있어도 구멍사이즈가 아주 작으면 구멍 사이즈 보나 작은 파장을 가진 고주파수만 빠져 나가기 때문에 낮은 주파수에서는 차폐효과를 발휘, 예를 들면, 전자렌지 앞쪽 문 안에 구멍 뚫린 철판이 있는 것도 전자렌지 사용주파수인 2.4GHz (파장 = 125mm) 주파수가 빠져 나가지 않을 정도의 작은 구멍을 뚫어 놓은 것
- ✓ 또한, 전자파 노이즈는 자계 노이즈와 전계 노이즈가 있는데 우리가 흔히 알고 있는 일반적인 도전체(철판, 알루미늄호일, 동판 등)는 전계노이즈 차폐용이고, 자계노이즈는 주파수가 낮고 파장이 길기 때문에 이러한 재료로는 차폐가 되지 않고 자성을 갖는 코발트, Ni 합금 등이 이용
- ✓ 전자파를 차폐만 한다면 유입된 전자파가 반사되어 돌아와 역으로 영향을 받을 수 있기 때문에 흡수체를 사용하여 전자파가 흡수체에 유입이 되었을 경우 흡수체 재료는 유입된 전자파에 의하여 자속을 발생시키고 이 발생된 자속에 의하여 높은 임피던스(저항)가 발생하여 열로서 변환 즉, 흡수체는 유입된 전자파를 반사시키지 않고 그 특성에 따라 일부는 투자손실, 우전손실, 도전손실 등에 의하여 열로서 변환시키는데 이를 흡수라 하며, 이때 흡수되지 못한 전자파는 통과하게 되는데 이렇게 통과되는 전자파의 양이 흡수체의 특성을 좌우

- MicroAutoBox는 차량용 ECU 소프트웨어 개발시 On-Line 시뮬레이션을 가능하게 하는 장비



- dSPACE사 에서 제공하는 범용 제어기 MicroAutoBox는 실시간성을 보장하는 전자 제어장치로 MatLab Simulink를 통해 설계한 제어로직을 손쉽게 다운로드 (Ctrl +B)하여 실시간으로 엔진 등을 제어할 수 있는 범용 제어기
- 제어로직(Simulink)이 있으면 손쉽게 범용제어기인 MicroAutoBox에 다운로드하여 본인이 설계한 제어로직이 Off-Line과 실차를 연결하여 On-Line 시뮬레이션을 가능하게 하는 장비
- dSPACE사 에서 제공하는 HW / SW를 통해 실시간 제어기 개발시 제어 알고리즘을 가장 빠른 시간 내에 실제어 대상 ECU에 적용하여 검증을 가능하게 하는 개발 도구로 Real-Time성이 필히 보장이 되어야 하는 어플리케이션에 사용

## □ 벨기에 XENOMATIX사 고체형(Solid State) LiDAR

- 일반적으로 라이다(LiDAR)는 모터를 사용한 미러를 회전시켜 초당 수백만개에 달하는 레이저 빔을 지속적으로 발사하여, 물체에 반사되어 되돌아오는 빔을 센서로 수신하여 반사되는 시간을 활용하여 3D 이미지를 생성했다. 하지만, Solid-State LiDAR는 모터와 같은 기계적인 장치 없이 전자적으로 레이저의 방향을 전환시킨다.
- 현재 개발 업체들이 가장 대중적으로 사용하는 라이더 센서는 벨로다인의 'HDL-62'
- Solid-State LiDAR에서 레이저 방향을 전환시키는 기술은 PAO(Phased-Array Optics) 위상배열 안테나와 유사한 기술
- 라이다는 자율주행자동차의 핵심기술이다. 하지만, 기존의 기계식 라이다는 가격도 비싸고 크기도 크지만 더욱 문제는 기계적인 요소에 의해 신뢰성에 문제가 될 수 있다. 하지만, Solid-State LiDAR는 이러한 문제를 모두 해결할 수 있다. Solid-State LiDAR는 자율주행자동차에게 가장 중요한 기술
- 자율 주행 자동차는 라이다를 통해 입력되는 정보를 소프트웨어로 분석하여 주변 상황을 판단한다. 소프트웨어 기술이 중요할 수도 있지만 그보다는 1차적으로 정보를 입력 받는 센서가 더 중요.
- 고체형(Solid-state) 라이더는 1000달러 미만의 저렴, 레다테크(LeddarTech)사가 대표적



## □ 프랑스 Intempora사 정밀지도 RT-maps

- Real Time Mines Automotive Prototyping System의 약자인 RT-maps는 프랑스 파리에 소지한 MinesParisTech 공대의 로보틱스 랩 CAOR에서 개발하고 Intempora사에서 상용화한 자동차의 인공지능 시스템이나 센서의 프로토타입을 만드는 일을 쉽게 해주는 소프트웨어
- 카메라, 레이더, 레이저, GPS 등 모든 타입의 센서들로부터 정보를 실시간으로 측정하고, 융합하고 원하는 출력을 얻는 작업을 쉽게 함.
- 야외 시험시, 시험의 상황에서 측정된 모든 데이터에 시간을 입력하고 동기화하여, 시험실에 돌아와서도 재현 기능으로 실제 야외시험 시의 상황과 같은 상황 안에서 시뮬레이션이 가능.
- 재현시 재생시간을 빠르게 또는 느리게 조절 가능해 시험 중인 어플리케이션의 동작 속도도 쉽게 테스트해 가능.
- 이러한 기능들로 인해 시험 시간과 노력과 비용을 크게 줄여주는 장점과 빠른 프로토타이핑이 가능하다는 장점.
- Matlab Simulink, Excel, ADAS RP, SiVIC 등과 같은 프로그램과 연동 가능.



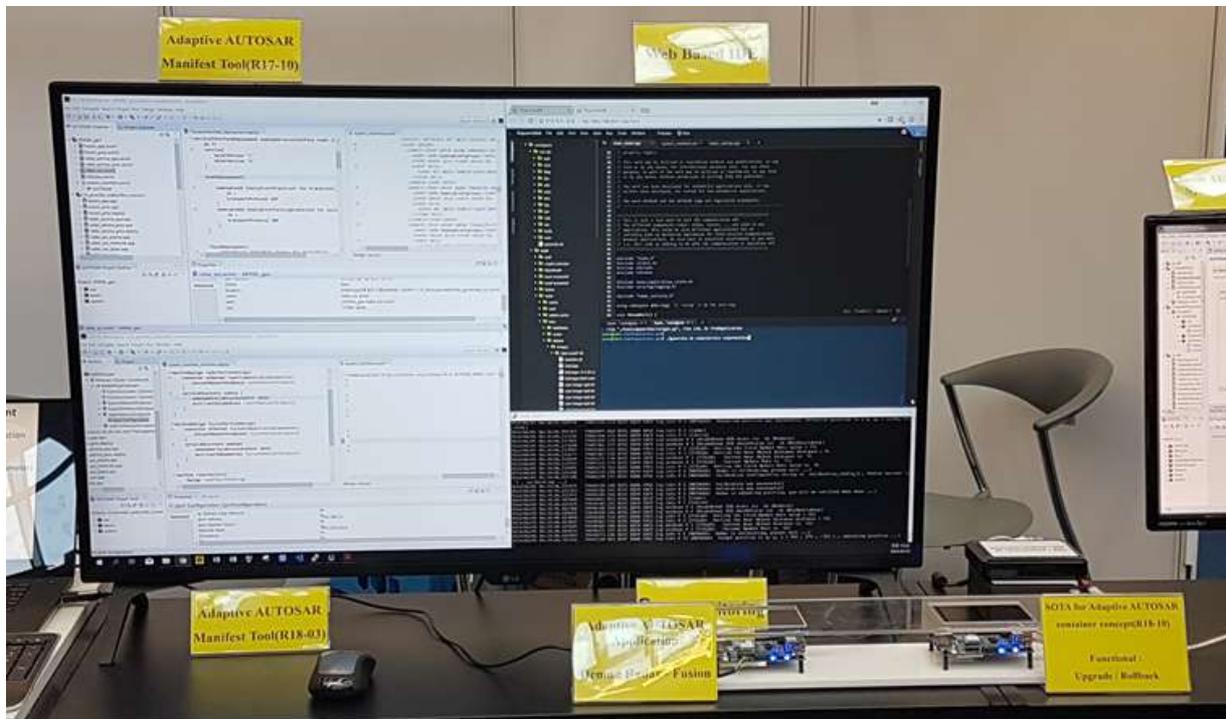
## □ 독일 Gestigon사 자율주행 환경 가상 현실 지원 소프트웨어

- 자율 주행 차량의 개발에 있어서 실 도로 주행이 아닌 가상 주행 즉, 프로젝트로 영사된 스크린상의 3D 시각 주행 환경을 제공하여 각 장소별 처리 상태 및 시스템 정보를 획득하여 사전 사고 방지 및 위험 요소를 대처하는 방안에 대한 모색 가능 하도록 하는 가상 현실 주행환경 시스템
- 실상황 같은 시뮬레이션을 통해 자율주행차량을 테스트할 수 있는 시스템으로, 자율주행차량을 도로에서 적용하기 위한 보다 안전하고 확장 가능한 방법을 제공
- 시뮬레이션 소프트웨어를 통해 카메라, 라이다 및 레이더와 같은 자율주행차의 센서를 시뮬레이션, 실 도로주행 중인 차량의 센서를 모사하는 소프트웨어 스택 일체를 실행하고 시뮬레이션 된 데이터를 처리



## □ 한국 PopcornSAR사 AutoSAR 개발 환경

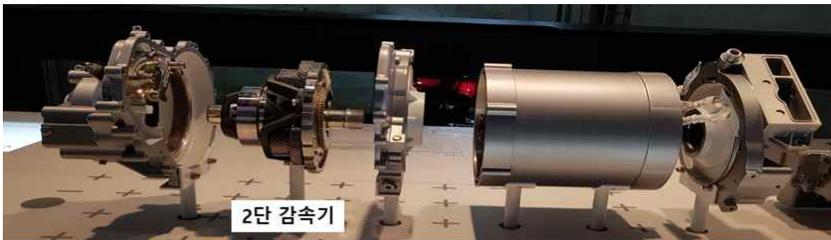
- 국내 ADL(AUTOAR Design Language)기반의 ARXML(AUTOSAR XML) 설계 도구 개발 기업
- 지원 버전 : Adaptive AUTOSAR : R17-10과 R18-03
- 주요기능 : AUTOSAR 프로젝트와 ARXML 파일생성, Adaptive AUTOSAR application design, Application manifest, service instance manifest, machine manifest 생성 지원, ADL(AUTOAR Design Language) 파일의 Adaptive AUTOSAR application design, deployment, uploadable software package 생성, Contents Assistant 기능을 통한 쉽고 빠른 ARXML 작성



## 제 2장 전기차

### □ 독일 메르세데스-벤츠(Mercedes-Benz)사 : 전기차량용 모터 및 인버터

- 플러그인 하이브리드 E350e 용 트랙션 모터 및 인버터, E-Class(중준형 세단)
- 최고출력(65kW출력@2000rpm), 최대출력토크(440Nm = 44.9Kgm)
- E-모드(전기만 사용)에서 최고속도 140Km/h, 15Km 주행(전기연비 2.3Km/kWh)  
 , E-Class 경우 8.7kWh 용량의 리튬이온 배터리 팩 적용
- 인버터는 브레이크를 밟을 때 또는 관성 주행 중 트랙션 모터가 에너지를 생산하여 배터리에 저장해 주행 가능 거리를 늘려주는 회생 제동 기능 가짐



2단 감속기



단조정 레버

2단 감속기



유도형 트랙션 모터



3상 인버터

### ○ 국내 플러그인 하이브리드 차량과의 제원 비교

항목	H사 SONATA 2.0 플러그인	벤츠 E350e
공차 중량	1,725Kg	2,565Kg
배터리 용량	9.8kWh	8.7kWh
모터 최고 출력	50kW@2,330rpm	65kW@2000rpm
모터 최대 토크	20.9kgm	44.9kgm
1회 충전거리	45km	15km
전기 연비	4.8km/kWh	2.3km/kWh
Co2 배출량	25g/km	57g/km
엔진 배기량	1,999cc	1,991cc

### ○ 세계 각국은 조만간 내연기관차 운행 금지에 대한 규제를 마련

- 환경 규제의 강화로 자동차업계는 석유를 연소해 엔진을 가동하던 기존 내연기관 대신 전기 모터를 이용하는 전기차량으로 전환하는 시점

- 노르웨이와 네덜란드는 유럽 국가 가운데 가장 이른 시점인 2025년부터, 독일은 2030년, 프랑스와 영국은 2040년부터 내연기관차 판매를 금지
- 문재인 대통령은 2030년까지 개인용 경유차를 퇴출하겠다는 공약

○ 전기차량 적용 모터

- 전기차량에 주로 사용되는 것은 AC모터 사용
- 직류 모터는 속도가 전압에 비례하기 때문에 속도를 증가시키기 위해서는 전압을 제어해야 하며, 기계적인 스위칭방식의 구조인 브러쉬와 정류자의 구조로 인해 수명에 제한이 있고 마찰이 심하며 통전시 스파크(Spark) 발생 문제, 최대 회전수는 4,000~6,000rpm이며 최대효율은 88~91% 정도
- 전기차량에 AC모터를 적용하기 위해서는 배터리의 직류(DC) 전원을 교류(AC) 전원으로 변환 시켜 주는 인버터가 반드시 필요
- 전기차량에는 출력밀도가 높고 광범위한 운전이 가능한 영구자석형 동기 모터(PMSM : Permanent Magnet Synchronous Motor)가 전기차량용 구동모터(Traction Motor)로 주로 사용
- 영구자석형 동기모터(PMSM)는 영구자석을 회전자에 어떻게 결합하는가에 따라서 표면자석형 동기기네(SPM : Surface Permanent Magnet Synchronous Motor)와 매입자석형 동기기(IPM : Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)로 분류
- 영구자석형 모터는 고효율(최대95~97%)이면서 저속에서 고평크를 낼수 있어 저속특성이 우수하나 제어를 위한 드라이브 가격이 비싸고 영구자석의 가격이 비싸다는 단점이 있다. 회전수는 4,000~15,000rpm 정도이고 견고하며 유지보수 측면에서 탁월



[Halbach 자화 배열을 가진 외전형 모터]

[내부 영구자석 장착형 내전형 모터]

- 역기전력파형과 입력 전류의 형상에 따라 크게 BLAC PM 모터와 BLDC PM 모터로 구분
- BLDC PM 모터의 경우 전류의 방향이 변할 때마다 큰 토크 리플이 발생하여

제어와 전자파 장애의 문제로 친환경차용 구동모터로는 적합하지 않아 BLAC PM 모터들이 주로 적용

○ 전기차량 변속기 (미션)

- 차량의 초기 기동 및 저속 주행시 요구되는 구동 모터의 큰 토크를 보상하기 위해서는 전류량을 증가 시키는 방법이 사용
- 모터에 인가되는 전기 에너지 중 손실은 열 에너지로 변환, 즉 전류량이 커질 수록 손실 열에너지도 증대
- 통상 전기차량에서는 저속과 고속으로 전환 가능한 2단 감쇄기를 장착
- 테슬라는 변속기를 대신하여 2개의 모터를 사용하여 큰 토크가 필요한 저속 구간에서는 저속 모터가, 큰 토크가 필요 없는 고속구간에는 고속 모터를 상황에 따라 각각 제어
- 2025년에는 대부분의 전기차량이 2단 이상의 변속기를 장착하고 배터리 용량의 증대로 인해 3단 변속기도 부분적으로 적용될 것으로 예측
- 향후 기술 발전에 따라 변속기(감쇄기), 차동 기어 등을 제거하고 인휠(In-Wheel)모터를 삽입한 직접구동(Wheel Hub Drive) 기술로 발전 될 것으로 예측

□ 미국 파커 하니핀(Parker Hannifin)사 : 전기차량용 트랙션 모터

- 전기차량 트랙션(구동) 모터와 인버터 설계/제조
- 트랙션 모터/발전기 및 컨트롤러는 25KW 에서부터 200KW 까지의 전력범위
- 전기 트랙션 시스템은 소형전기차량(NEV :New Electric Vehicle)에서부터 대형트럭까지 포괄



## 제 3장 시험분석

### □ NI Alliance 파트너 사 : HIL(Hardware-In-the-Loop)

#### ○ adasiiT사와 SET GmbH : ADAS HIL 시스템 솔루션 제공

- NI 소프트웨어 및 하드웨어 플랫폼을 기반으로 자율주행을 위한 ADAS의 시험 기능에 대한 요구는 모든 자동차 센서의 입력을 결합(즉, 센서 융합) 할 수 있는 포괄적인 테스트 시스템 제공



#### ○ Konrad Technologies : ADAS 관련 제품 자동검사 솔루션 제공

- 카메라 모듈, 레이더/라이더 센서 자동 시험 분석 솔루션



## ○ WKS Informatik사 : LV124/LV148 자동차 시험 장비

- 이 표준은 독일 자동차 업체들에 의해 개발되었으며 ISO 7637 을 기반
- LV124-1는 3.5t 이하 자동차에 사용되는 전기부품들에 대한 규정 (E-01~E-22)
- LV124-2는 환경시험 : 기계적 요구사항 시험, 환경적 요구사항 시험, 수명 시험
- LV148은 48V계 자동차의 전기부품에 대한 규정 (E48-01~E48-21)
- LV표준 채택회사 : Audi, BMW, DAIMLER, PORSCHE, Volkswagen, Mercedes-Benz
- 참고 : 부록자료 참조



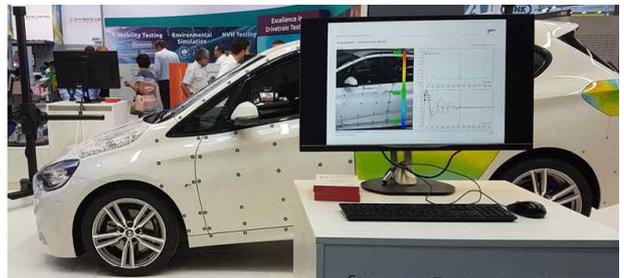
## □ 미국 HUMANETICS사 인체 시험 더미 (ATD)

- 인체더미모델(ATD : Anthropomorphic Test Dummy)는 자동차 사고시 인간에게 미칠 수 있는 각종 영향을 조사하는데 사용되는 인체 모형
- 더미는 유아용과 성인용 등 신체 조건에 따라 구분되며 체형에 따라서도 유럽형, 미국형 등 다양한 신체 사이즈로 존재 하며, 더미를 활용한 충돌실험은 20여 가지로, 실험 용도에 따라 더미의 종류도 다양, 남녀 구분과 함께 연령대 별로 6가지로 나뉨.
- 더미를 제작 및 공급 업체는 미국 휴메네틱스(Humanetics)가 유일, 독일과 일본에서 더미제작 사업을 시도했으나 실패
- 더미는 인간과 같은 신체 구조는 물론 피부와 촉감까지 비슷하게 만들어지며 수백개의 감지 센서를 통해 인간에게 가해지는 다양한 충격 등을 데이터로 전달
- 더미에 적용되는 데이터는 독일의 나치가 유대인을 대상으로 실시한 생체실험 결과와 일본 731부대가 중국, 조선인 등을 대상으로 한 생체실험에서 얻은 자료인 것으로 알려져 있으며, 이 데이터는 미국이 2차대전에서 승리하면서 독일과 일본으로부터 획득하여, 이 자료를 휴메네틱스사의 더미 제작에 사용



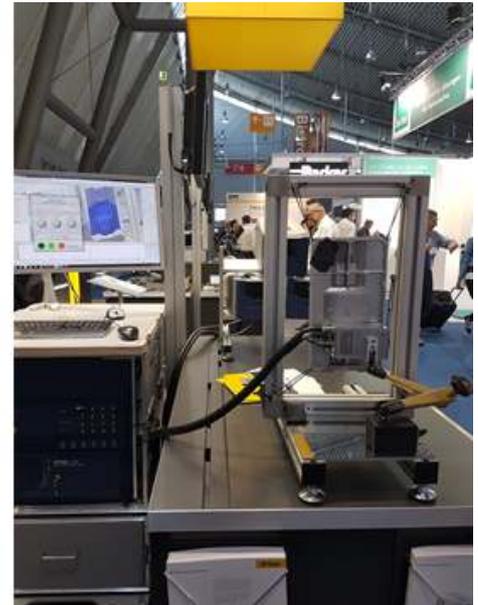
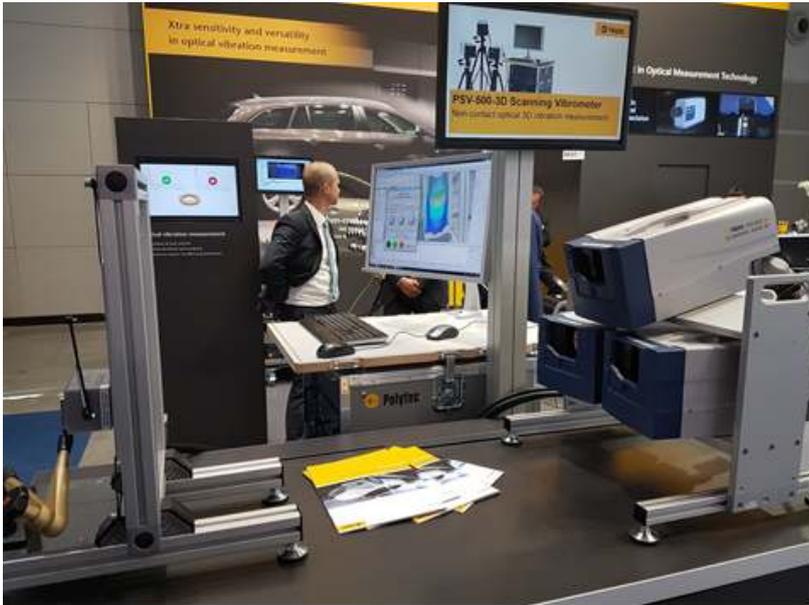
## □ 독일 GOM사 : 3차원 비접촉 형상 측정 시스템

- 패턴 투영 카메라 촬영 방식의 비접촉 광학식 3차원 측정기 "ATOS(에이토스)" 시스템, CCD 카메라와 디지털 영상처리에 의한 측정
- 2개의 CCD 카메라를 배치하여 좌우 쌍방에서 스테레오법으로 촬영하는 기술을 융합시켜 물체의 자유 형상을 측정하여 PC 내에 3차원 형상이나 좌표 등의 측정 결과를 표시하는 기능.
- 스캔한 형상 데이터와 CAD 등의 기준 형상 데이터를 소프트웨어 상에서 비교 검증하고, 그 형상 차이를 등고선(Contour, 영역 색별 표시)도로 표시
- ARAMIS SRX : 3차원 좌표와 변위 및 표면 변형에 대한 비접촉식 동적 평가가 가능한 3차원 측정 시스템, 12메가 픽셀의 카메라가 초당 최대 2000개의 이미지를 캡처하는 고해상도 고속 카메라 이미지를 영상처리를 통해 충격/충돌시 부품의 거동을 고밀도로 분석
- 상세 동영상 자료 : YouTube 참고 ([High-Speed Testing with ARAMIS SRX](#))



□ 독일 Polytec사 : 비접촉식 레이저 도플러 진동측정 장비

- 헬륨-네온 레이저를 이용하여 측정대상의 속도와 변위를 측정
- PSV-400-3D 스캐닝 진동측정 장비
  - 구조물로부터 3차원 진동 데이터를 얻기 위해 사용하
  - 브레이크의 스크 노이즈(Squeaking noise) 측정, 차체의 고유진동수 및 완충력 등을 측정등



○ PMPV-800 다중 동기식 광학 진동측정 장비

- 최대 48개의 카메라와 8개의 기준(가속도 센서등)을 조합하여 3차원 정보취득



## 제 4장 참관 결론

- 지구온난화와 같은 환경문제와 함께 에너지 수요의 급속한 증대, 불안정한 원유 공급, 자원 개발을 둘러싼 국제 분쟁 등과 같은 에너지 수급의 제약 문제로 CO2를 줄이고 화석연료의 사용량을 줄일 수 있는 친환경 기술의 필요성이 대두되어 오는 대외 환경 변화에 따라 자동차 부문은 에너지 자원의 다양화와 에너지 효율의 극대화 방향으로 발전해 왔으며, 우리나라를 비롯한 미국과 일본, 유럽, 중국 등 주요국의 연비 배기 규제는 갈수록 강화되고 있다.
  
- 지금까지 전기차는 내연기관차와 경쟁하며 시장을 만들어왔다. 내연기관차보다 주행거리가 짧았고 내연기관차 보다 가격대가 높았다. 그러다 보니 전기차가 자동차 시장에서 점유하는 비중은 제한적이었다. 그러나 2020년대에는 주행거리와 가격대가 내연기관차 수준에 이르고 Connected Drive, 자율 주행(Autonomous Driving), 최적제어를 통한 전자화에 의한 연비 개선기술의 발전으로 전망된다.
  
- 전기차 대중화 시대를 열기 위해서는 파워트레인 시스템 관점의 성능 개선이 필요하다. 전기차 파워트레인을 구성하는 부품은 모터, 파워일렉트로닉스, 배터리 등이 있다. 배터리, 모터 등 단위 부품의 개선 여지가 줄어들고 있는 상황에서 파워트레인 전체 시스템 관점에서의 개선 노력이 활발해질 것으로 전망된다.
  
- 주행거리와 가격대가 내연기관차 수준에 이르는 전기차 대중화 시대에는 주행거리와 차량 가격의 차별적 경쟁 요소로서의 의미가 약화되고 아래의 요소들이 차별적 경쟁 요소로 부각될 전망이다
  - 전기차 모델간 연비 경쟁이 치열하게 펼쳐질 것이다. 고효율 모터를 채용하고 고밀도 전지를 개발하는 것도 필요하지만, 전기차 파워트레인 시스템 전체 관점의 에너지 효율이 더 중요해 질 것이다.
  - 초기 가속성, 정숙성, 부드러운 감속 등 전기차만의 독특한 사용 경험이 전기차 모델 간 경쟁의 새로운 요소로 부각될 것이다.
  - 전기차 부품 중에서 원가 비중이 가장 높은 파워트레인의 내구성에 따라 전기차 모델 간의 재판매 가치가 달라질 것이고, 이는 전기차 모델 간 경쟁요소로 이어질 가능성이 높다

## 부록 : LV124 & LV148 시험 관련 입수 자료

### □ Electrical normative basics and practical challenges for vehicle components and systems

#### ○ Content

##### 1. Electrical requirements and tests of LV 124 and LV 148

- LV 124: Electrical and electronic components in motor vehicles up to 3,5t
- LV 148: Electrical and electronic components in motor vehicles 48V electrical system

##### 1.1 Terms and Definitions

##### 1.2 Electrical requirements and tests

- LV 124: E-01 to E-22
- LV 148: E48-01 to E48-21

### Standard overview of the LV standards



DAIMLER



#### LV124

Electric and Electronic Components  
in Motor Vehicles up to 3.5t -  
General Requirements  
Test Conditions and Tests

#### LV 148

Electric and Electronic Components  
for Vehicles with a  
48V Electrical System  
Test Conditions and Tests

---

**Verband der  
Automobilindustrie**

**VDA 320 Version August 2014**

**BMW**

GS 95024--2--1 Ausgabe: 2010-01

GS 95026 (2013-05)

**Mercedes**

MBN LV 124-1 Ausgabe: 2013-03

MBN LV 148 2013-11

**Volkswagen**

VW 80000 Ausgabe 2013-06

## 1.1.1 Tolerances

Unless otherwise specified, the tolerances of Table 6/7 are valid.  
Some tolerances must remain *inside* of the envelope, i.e. pay attention to cases shown below with +5%/-0. The tolerances refer to the required measured value.

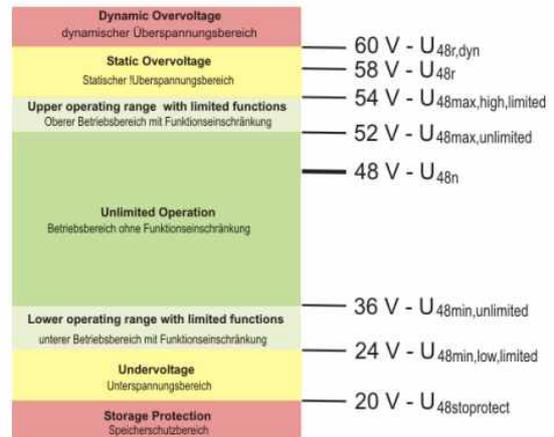
Standard tolerances		LV 124	LV 148
	<b>Parameter</b>	<b>Tolerance</b>	
f	Frequencies	± 1 %	± 1 %
T	Temperature	± 2 °C	± 2 °C
F <sub>rel</sub>	Humidity	± 5 %	± 5 %
t	Times	+ 5 %; 0 %	+ 5 %; 0 %
U	Voltages	± 2 %	± 0.5 %
I	Current	± 2 %	± 2 %

Standard values		LV 124	LV 148
	<b>Parameter</b>	<b>Tolerance</b>	
T <sub>RT</sub>	Room temperature	23 °C ± 5 °C	23 °C ± 5 °C
F <sub>rel</sub>	Humidity	25 % to 75 % rel. humidity	25 % (+5 to 0 %) up to 75 % (-5 to 0 %) rel. humidity
T <sub>test</sub>	Test temperature	T <sub>RT</sub> room temperature	T <sub>RT</sub> room temperature
U <sub>B</sub>	Operating voltage (for test)	U <sub>B</sub> = 14 V	U <sub>48x</sub>
R <sub>i</sub>	Source impedance	R <sub>i</sub> ≤ 100 mΩ (E6) R <sub>i</sub> < 30 mΩ / 100 mΩ (E15)	10 mΩ ≤ R <sub>i</sub> ≤ 100 mΩ

## 1.1.2 Operating voltage range LV 124 / LV 148

Code	U <sub>bmin</sub>	U <sub>bmax</sub>	Function / description LV 124
a	6 V	16 V	For functions that must retain their performance during starting of the engine
b	8 V	16 V	For functions that do not have to retain their performance during starting of the engine This encoding must only be used if the component cannot be classified in the encoding a, c or d.
c	9 V	16 V	For functions that must retain their performance when the engine is not running
d	9.8 V	16 V	For functions that must retain their performance when the engine is running

Shortcut	Terms LV 148	Value
U <sub>48r,dyn</sub>	Lower voltage limit of the dynamic overvoltage range	60 V
U <sub>48r</sub>	Lower voltage limit of the 2 V tolerance to the dynamic overvoltage range	58 V
U <sub>48max,high,limited</sub>	Max. voltage of the upper operating range with functional restriction	54 V
U <sub>48max,unlimited</sub>	Max. voltage of the operating range without functional restriction	52 V
U <sub>48n</sub>	BN48- nominal voltage	48 V
U <sub>48min,unlimited</sub>	Min. voltage of the operating range without functional restriction	36 V
U <sub>48min,low,limited</sub>	Min. voltage of the lower operating range with functional restriction	24 V
U <sub>48stopprotect</sub>	Accumulator protected voltage	20 V
U <sub>48pp</sub>	Peak – peak- voltage	
U <sub>48rms</sub>	Effektive value of a voltage	
U <sub>48max</sub>	Maximum voltage that may occur during a test	
U <sub>48min</sub>	Minimum voltage that may occur during a test	
U <sub>48test</sub>	BN48- test voltage	
U <sub>12test</sub>	BN12- test voltage	14 V
U <sub>24test</sub>	BN24- test voltage	28 V



## 1.1.2 Operating voltage ranges LV 148

Shortcut	Term	Value
U48r,dyn	Lower voltage limit of the dynamic overvoltage range	60 V
U48r	Lower voltage limit of the 2 V tolerance to the dynamic overvoltage range	58 V
U48max,high,limited	Maximum voltage of the upper operating range with functional restriction	54 V
U48max,unlimited	Maximum voltage of the operating range without functional restriction	52 V
U48n	BN48- nominal voltage	48 V
U48min,unlimited	Minimum voltage of the operating range without functional restriction	36 V
U48min,low,limited	Minimum voltage of the lower operating range with functional restriction	24 V
U48stoprotect	Accumulator protected voltage	20 V
U48pp	Peak – peak- voltage	
U48rms	Effective value of a voltage	
U48max	Maximum voltage that may occur during a test	
U48min	Minimum voltage that may occur during a test	
U48test	BN48- test voltage	
U12test	BN12- test voltage	14 V
U24test	BN24- test voltage	28 V

## 1.2. Electrical requirements and tests

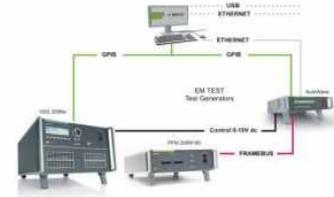
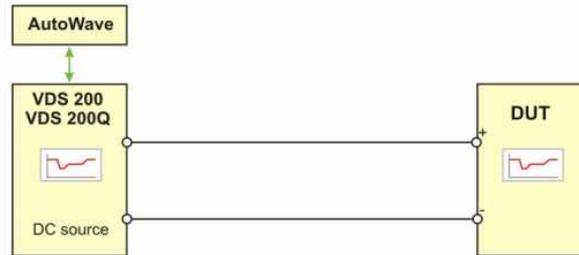
### Content

Chapter	LV 124	LV 148	Title
1.2.1			Test Setup for electrical tests
1.2.2	E-01,	E48-01a,b	Long-term overvoltage
1.2.2	E-02,	E48-02	Transient overvoltage
1.2.3	E-03,	E48-03	Transient undervoltage
1.2.4	E-04,	E48-04	Jumpstart, (Recuperation)
1.2.5	E-05		Load Dump
1.2.6	E-06,	E48-05	Superimposed AC voltage
1.2.7	E-07,	E48-06a,b,c	Slow decrease and increase of the supply voltage
1.2.8	E-08,	E48-07	Slow decrease, fast increase of the supply voltage
1.2.9	E-09,	E48-08	Reset behavior
1.2.10	E-10,	E48-09	Short interruptions
1.2.11	E-11,	E48-10	Start impulse
1.2.12	E-12,		Voltage characteristic in vehicle power supply control
1.2.13	E-13		Interruption Pin
1.2.14	E-14		Interruption Plug
1.3			Other tests of LV 124 and LV 148

## 1.2.1 Test setup for electrical tests

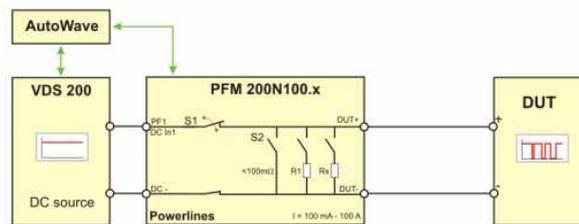
### Test setup for voltage simulation:

- DC source
- Signal generator
- Auxiliary equipment
- Measuring devices



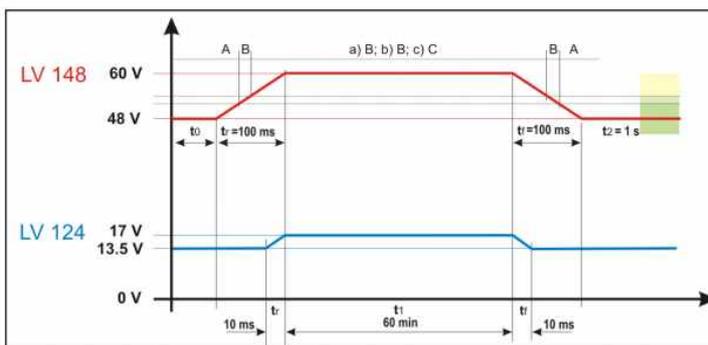
### Test setup for voltage dropouts

- DC source
- Electronic switch
- Signal generator
- Auxiliary equipment
- Measuring devices



## 1.2.2 E-01, E48-01a Long-term over voltages

**Purpose:** The component's resistance to long-term overvoltage is tested. A generator control fault during driving operation is simulated.



### Requirements

- Components which convert el. Energy
- Required function while driving
- All other components

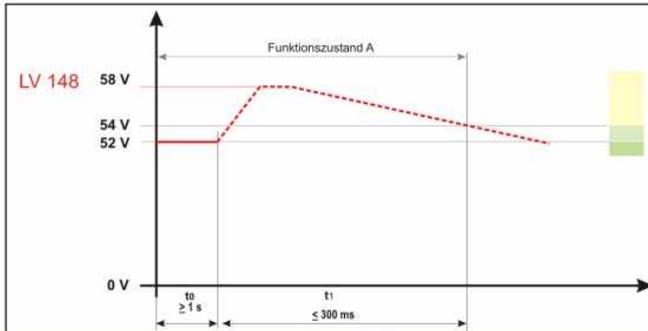
### Function status

- B**  
**B**  
**C**

Parameter	LV 124	LV 148
Operating mode DUT	Operating mode II.c	Operating mode II.a, II.b and II.c
$U_{max}$	17 V (+4 %, 0 %)	60,0 V ,U48r,dyn
$U_{min}$	13,5 V	48,0 V, U48n
$t_r$	< 10 ms	0.1s
$t_f$	< 10 ms	
$t_1$	60 min	60 min
$T_{test}$	$T_{max} - 20K$	$T_{max} - 20^{\circ}C$
Number of cycles	1	1
Number of test samples at least	6	6

## 1.2.2 E48-01b Overvoltages on recuperating components

**Purpose:** Testing for recuperation components in the electrical system where the energy can not be removed and therefore it results in a over voltage.



### Part 1

Test with a source which does not act as a sink. Regenerative current  $\leq 10$  mA

### Part 2

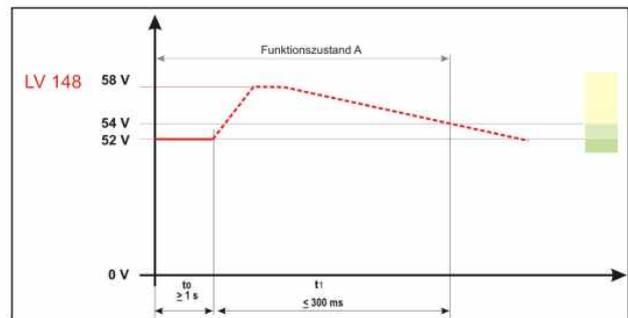
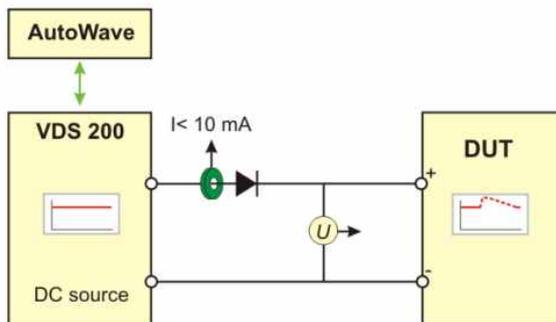
Test with 4-Quadrant – amplifier

- The regenerative current must be measured  $\leq 10$  mA is accepted
- The time  $t_1$  must not exceede

Test	Part 1	Part 2
Operating mode DUT		Operating modell.c
Test temperature $T_{test}$		$T_{min}$ , $T_{RT}$ und $T_{max}$
U1		52 V, U48max,unlimited
U2		58 V, U48r
U3		54 V, U48max,high,limited
$t_0$ start of recuperation	$\geq 1$ s	$\geq 1$ s
$t_1$	$\leq 300$ ms	$\leq 300$ ms
$t_{off}$	-	$\leq 10$ $\mu$ s
Number of cycles	each 3 Zyklen at all 3 temperatures	
Number of test samples	6	

## 1.2.2 E48-01b Overvoltages on recuperating components

**Part 1:** Test with a powerful source that does not act as a sink during regeneration.



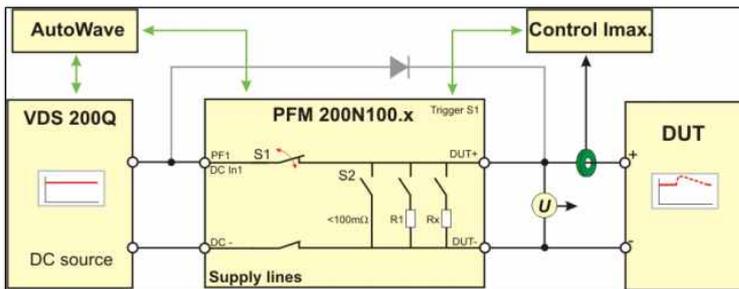
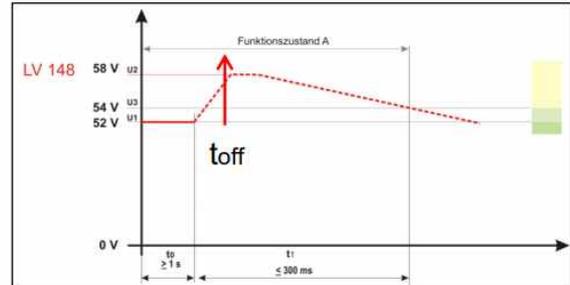
- The regenerative current must be measured  $\leq 10$  mA is accepted
- The time  $t_1$  from exceeding the voltage U1 (52 V) to dropping below the voltage U3 (54 V)  $\leq 300$ ms and must not be exceeded and must be determined.

## 1.2.2 E48-01b Overvoltages on recuperating components

**Part 2:** The DUT is connected to a powerful 4 quadrant amplifier and must be operated for at least  $t_0$  at U1. Thereafter, the activation of the feedback begins and at maximum regenerative current of the DUT, the decrease in the regenerative power abruptly ( $t_{off}$ ) must be terminated.

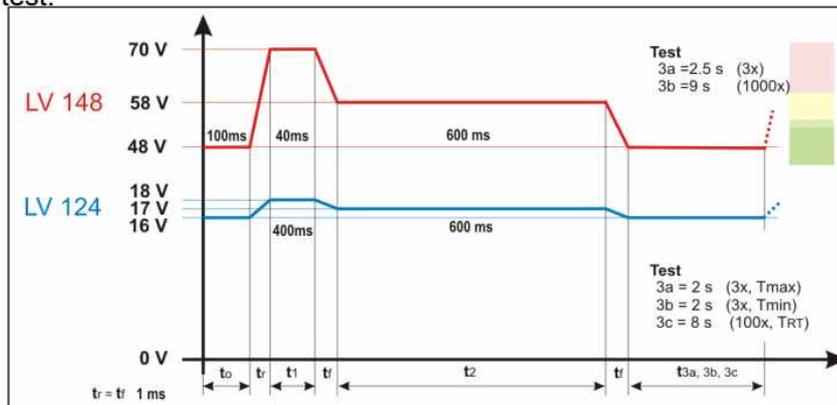
### Test with 4-Quadrant – amplifier

- Operate the DUT at least during  $>1s$  ( $t_0$ ) at U1.
- Then activate the recuperation
- At max. recuperation current stop the recuperation to the source at  $t_{off}$  within 10 $\mu$ s.
- Measure the recuperation current  $\leq 10$  mA is accepted
- The time  $t_1$  from the voltage exceeding U1 (300ms) must not be exceeded and must be determined.



## 1.2.2 E-02, E48-02 Transiente overvoltages

**Purpose:** Transient overvoltages may occur in the electric system due to the switching off of loads and due to short accelerator tip-ins. These overvoltages are simulated by means of this test.



6 test samples

**LV 124 :** 3 Test cases on different temperatures;

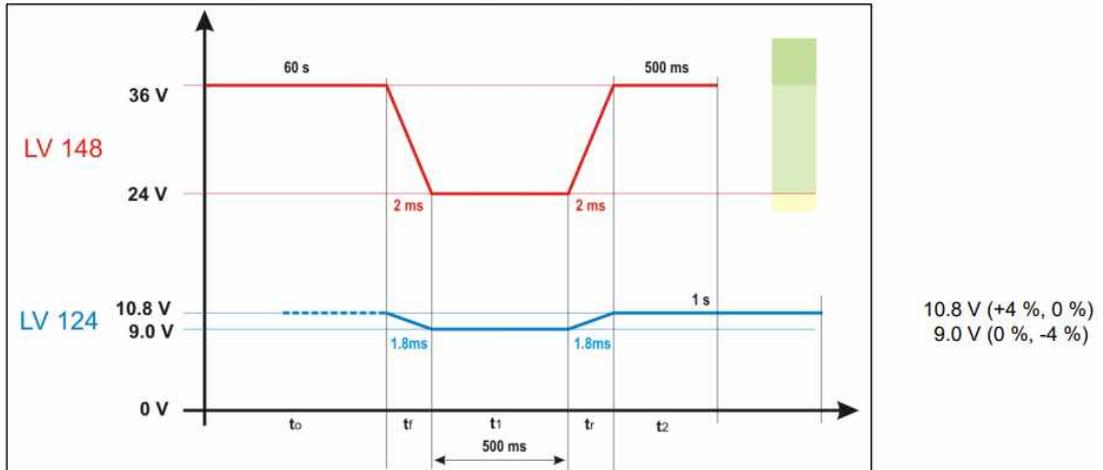
Functional status: **A**

**LV 148:** 2 tests, short test 3x, long duration test 1000x,  $R_i: 10\text{ m}\Omega \leq R_i \leq 100\text{ m}\Omega$

Functional status: **A**

### 1.2.3 E-03, E48-03 Transiente Undervoltages

**Purpose:** Transient undervoltages in the electric system may occur due to switching on of loads. These undervoltages are simulated by means of this test.

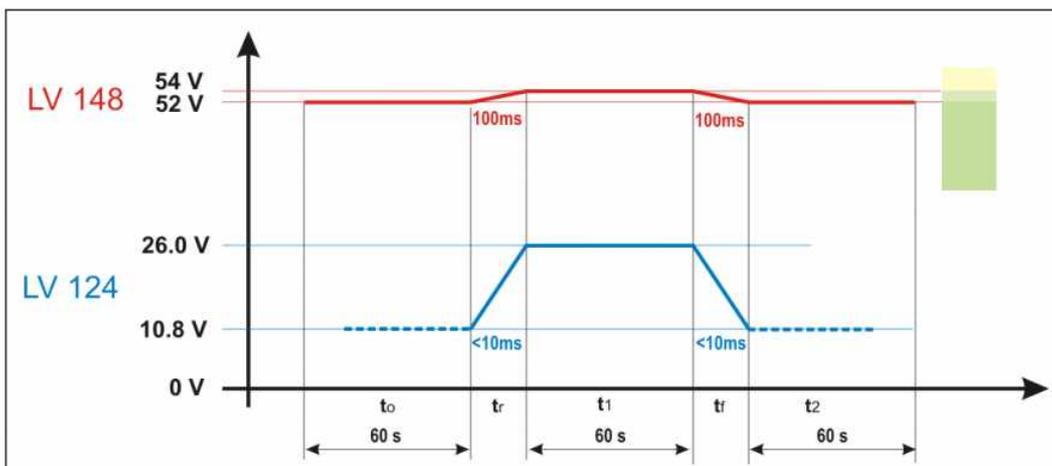


Requirements	LV 124	LV 148
Number of cycles:	ever 3 at $T_{max}$ and $T_{min}$	1
Number of samples:	at least 6	6
Functional status:	<b>A</b>	<b>B</b>

### 1.2.4 E-04, E48-04 Jumpstart, resp. Recuperation

**Purpose:** Jump starting of the vehicle is simulated. The maximum test voltage results from commercial vehicle systems and their elevated electric system voltages.

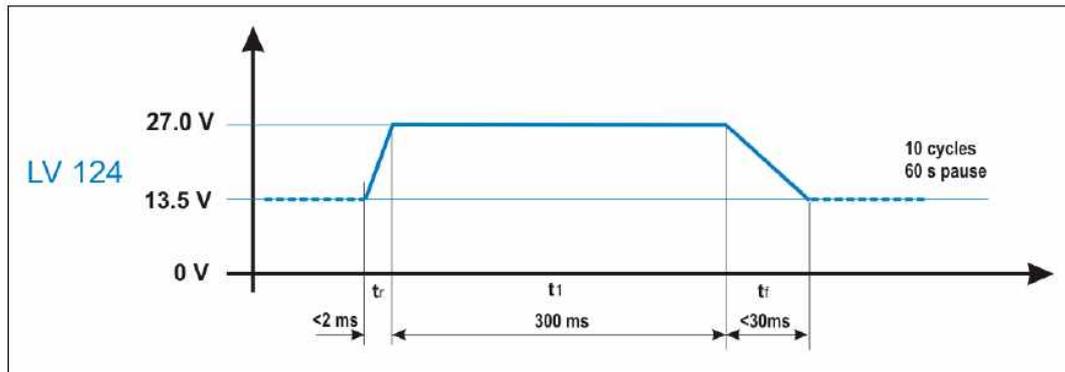
LV 148: Longer recuperation is simulated.



Requirements	LV 124	LV 148
Number of cycles:	1	1
Number of samples:	mind. 6	6
Functional status:	<b>C</b>	<b>A</b> (driving mode relevant) <b>B</b> all others

## 1.2.5 E-05 Load Dump

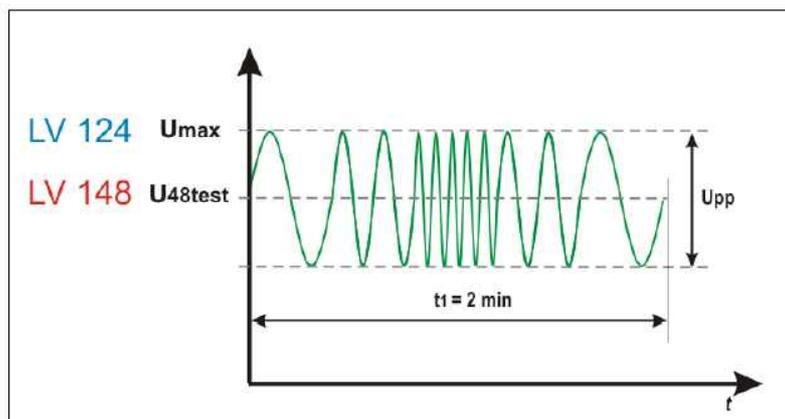
**Purpose:** Dumping of an electric load, in combination with a battery with reduced buffering ability, results in an energy-rich overvoltage pulse due to the generator characteristics. This pulse is simulated by means of this test.



<b>Requirements</b>	<b>LV 124</b>
Number of cycles:	10
Number of samples:	mind. 6
Functional status:	<b>A</b> Safety relevant components <b>B</b> all others

## 1.2.6 E-06, E48-05 Superimposed AC voltages

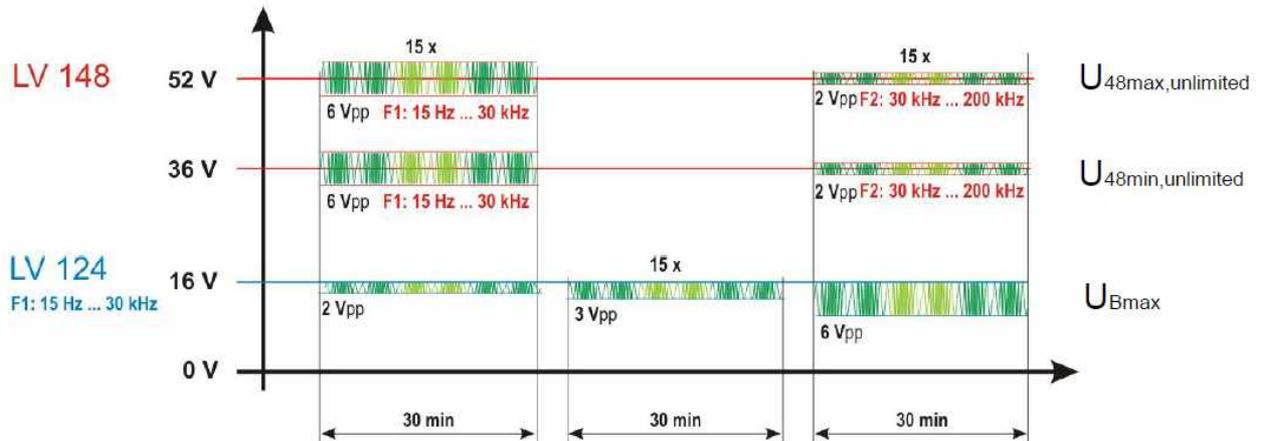
**Purpose:** Voltages may be superimposed to the electric system. The superimposed alternating voltage may be applied during the entire running time of the engine.



	<b>LV 124</b>	<b>LV 148</b>
Wobble mode:	triangle log.	Triangle log.
number of cycles:	15	15
Ri (Amp):	$\leq 100\text{ m}\Omega$	$\leq 60\text{ m}\Omega$
Amplitude pp	2 V, 3 V, 6 V	2 V, 6 V
Upp Tolerance	+4%, 0%	$\pm 2.0\%$

## 1.2.6 E-06, E48-05 Superimposed AC voltages

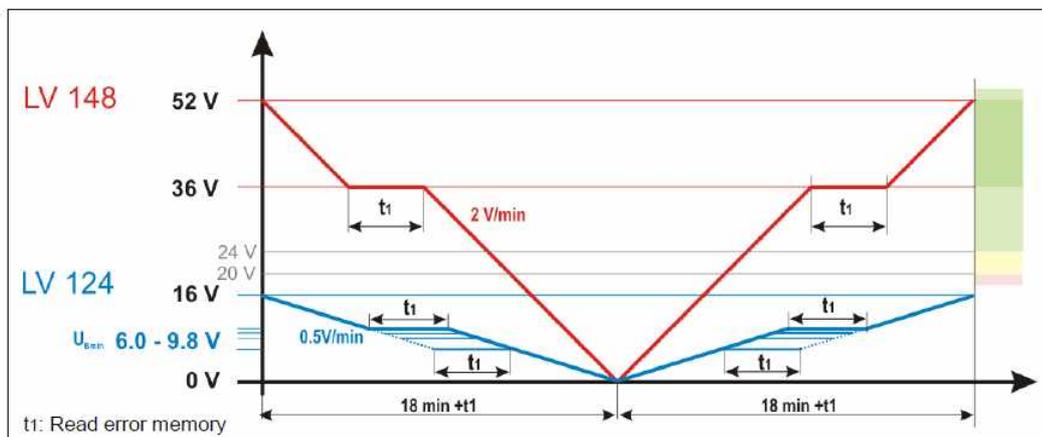
**Purpose:** Voltages may be superimposed to the electric system. The superimposed alternating voltage may be applied during the entire running time of the engine.



Requirements	LV 124	LV 148
Number of cycles:	15	1
Number of samples:	minimum 6	6
Functional status:	Test case 1 (2 Vpp) and 2 (3 Vpp): <b>A</b> Test case 3: (6 Vpp) <b>A</b> (driving mode relevant), Rest <b>B</b>	<b>A</b> <b>B</b> all others

## 1.2.7 E-07, E48-06a Slow decrease and increase of the supply voltage

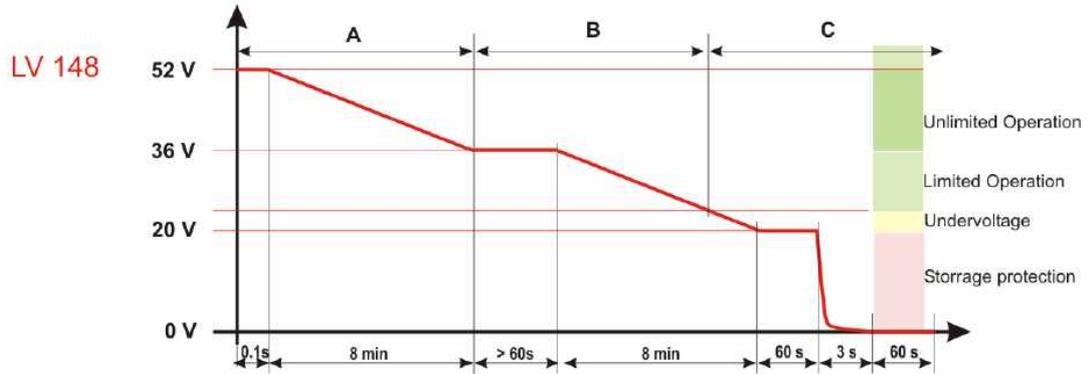
**Purpose:** The slow decrease and increase of the supply voltage is simulated as it occurs during the slow discharging and charging procedure of the vehicle battery.



Requirements	LV 124	LV 148
Number of cycles:	1	1
Number of samples:	min. 6	6
Functional status:	<b>A</b> Inside the defined operating voltage <b>C</b> Outside the defined operating voltage	depends on voltage range

## 1.2.7 E48-06b Slow decrease of the supply voltage, Operating with energy storage Part 1

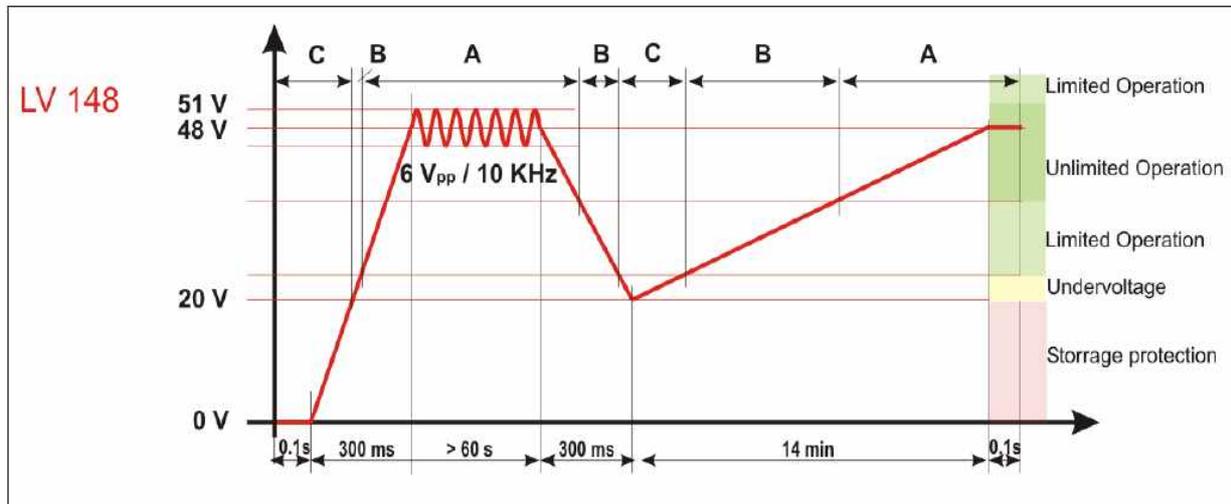
**Purpose:** Checks will slow the supply voltage decrease to the energy storage protection voltage, followed by energy storage disconnection.



<b>Requirements</b>	<b>LV 148</b>
Number of cycles:	1
Number of samples:	6
Functional status:	Depends on voltage range

## 1.2.7 E48-06c Decrease/Increase of the supply voltage, Operating with energy storage Part 2

**Purpose:** Checks the behavior that occurs when the electrical system is operated without battery, and then a discharged battery is connected.



<b>Requirements</b>	<b>LV 148</b>
Number of cycles:	1
Number of samples:	6
Functional status:	Depends on voltage range



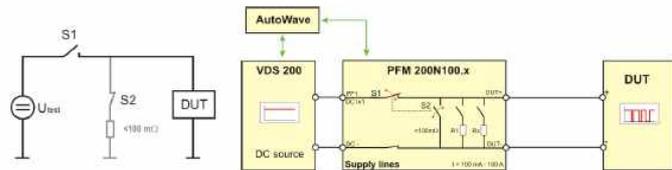
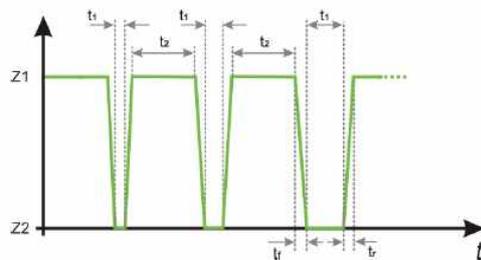
## 1.2.10 E-10 Short Interruption

**Purpose:** The component's behavior at short interruptions of different durations is simulated.

**Test Case 1** represents interruption of the supply voltage on the component. (S2 always open)

**Test Case 2** represents interruption of the supply voltage in the electric system. (S2 negated to S1)

Such interruptions can occur due to events such as contact and line errors or bouncing relays.



Principalschaltung und Prüfaufbau

### Requirement

It must be noted, at which time  $t_1$  the DUT to **functional status A** leaves the first time.

Functional status A :  $t_1 < 100\ \mu\text{s}$ ,

Functional status C :  $t_1 \geq 100\ \mu\text{s}$ . *May be a typo because the test starts with  $t_1$  from  $10\ \mu\text{s}$*

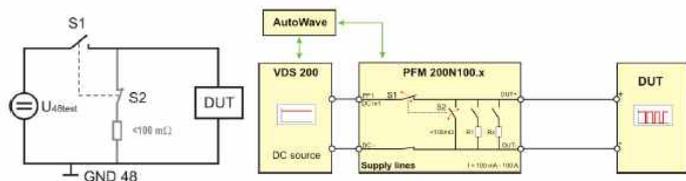
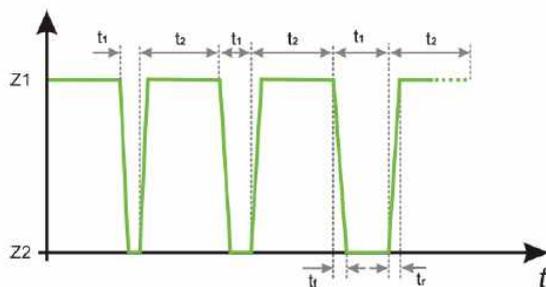
### Test procedure

A reference measurement each with  $100\ \Omega (\pm 5\%)$  and  $1\ \Omega (\pm 5\%)$  as a DUT substitute must be performed and documented. Verification of the edge steepness must be provided with this test setup.

Subsequently, the tests shall be performed in accordance with Table 21<sup>st</sup>.

## 1.2.10 E48-09 Short Interruptions

**Purpose:** The behavior of the component in short interruptions of varying duration is checked.



Block diagram and test setup

### Requirement

It must be noted, at which time  $t_1$  the DUT to **functional status A** leaves the first time.

Funktionszustand A :  $t_1 \leq 100\ \mu\text{s}$ ,

Funktionszustand C :  $t_1 > 100\ \mu\text{s}$ .

### Test procedure

One reference measurement each with  $1\ \text{k}\Omega (\pm 5\%)$  and  $10\ \Omega (\pm 5\%)$  as a DUT substitute must be performed and documented. Verification of the edge steepness must be provided with this test setup. Subsequently, the tests shall be performed in accordance with Table 21<sup>st</sup>.

Switch S1 interrupts the power supply to the DUT. Depending on the test case, the switch S2 closes while S1 is open. The switch S2 is included the lines to be realized with a total resistance of  $<100$  milliohms. For the LV 148 standard negates S2 with S1 always

## 1.2.10 E-10, E48-09 Short Interruptions

Compare of test procedures

	LV 124 Table 21	LV 148 Table 21
Operating mode DUT	Operating mode II.c	Operating mode II.c
Test setup		Abbildung 15
$U_{test}$	11 V	48 V $U_{48n}$
Z1	S1 closed	S1 closed and S2 open
Z2	S1 open	S1 open and S2 closed
$T_r$	$\leq (0,1 * t_1) , \leq 1 \mu s$	$\leq 10 \mu s$
$t_f$	$\leq (0,1 * t_1) , \leq 1 \mu s$	$\leq 10 \mu s$
$t_1$	The switch S1 should be switched with the following sequences:	The supply voltage is interrupted by U48test in varying time periods. The following sequence must be maintained.
	$t_1$ Schritte	$t_1$ Schritte
	10 $\mu s$ bis 100 $\mu s$ 10 $\mu s$	
	100 $\mu s$ to 1 ms      100 $\mu s$	100 $\mu s$ to 1 ms      100 $\mu s$
	1 ms to 10 ms      1 ms	1 ms to 10 ms      1 ms
	10 ms to 100 ms      10 ms	10 ms to 100 ms      10 ms
	100 ms to 2 s      100 ms	100 ms to 2 s      100 ms
$t_2$	>10 s Hold the test voltage $U_{test}$ last at least until the DUT and the peripheral again have reached a 100% operational capability.	>10 s Hold the test voltage $U_{48test}$ last at least until the DUT and the peripheral again have reached a 100% operational capability.
Number of cycles	1	1
Number of test samples	mindestens 6	mindestens 6
Test case 1	S1 switched, S2 static open	-
Test case 2	S1 switched, S2 negates to S1	-

## 1.2.10 E-10, E48-09 Short Interruptions

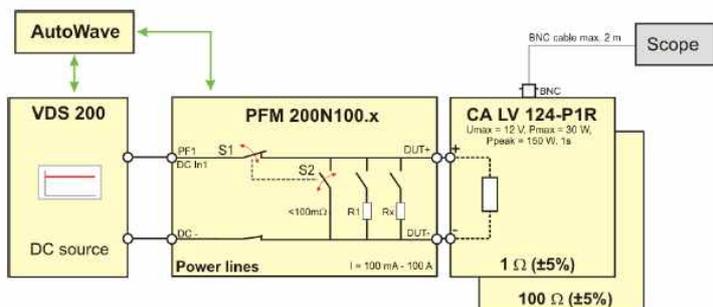
### Reference measurement

LV 124: 11 V with 100  $\Omega$  (1.2 W) and 1  $\Omega$  (121 W)

LV 148: 48 V with 1000  $\Omega$  (2.3 W) and 10  $\Omega$  (230 W)

When measuring, please note that the low-power resistors become quite warm. Therefore, the load resistors are used only during the reference measurement.

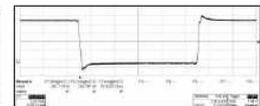
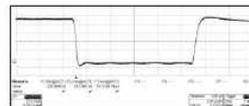
A switching time  $\leq 1$  microseconds requires low-inductance resistors with short leads. A load of 1000  $\Omega$  and 200 pF adopted stray capacitance already results in a RC time constant of 200 ns.



### Example reference measurement for LV 124

Load resistor 1  $\Omega$

100  $\Omega$



Rise Time  $t_r$ : 336 ns      281 ns

Fall Time  $t_f$ : 573 ns      235 ns

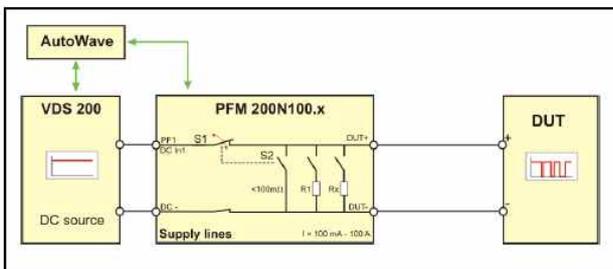
## 1.2.10 E-10, E48-09 Short Interruptions

### Test setup

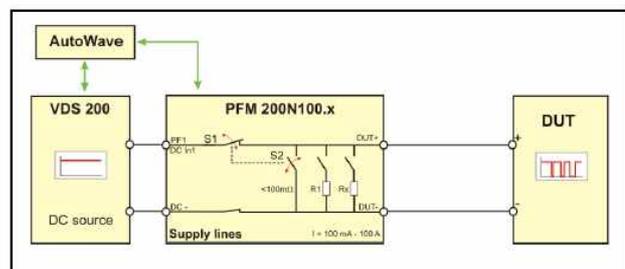
The DC power supply is a source, which must be able to provide the required inrush currents when closing the switch. The standard requires a high-ohmic resistance for disconnect the source and a direct short circuit of the DUT with max. 100m Ω. This requires a fast switch with internally switchable discharge resistor.

The discharge time is mainly determined by the impedance of the DUT. A drop in the voltage at the DUT to 0 volts within 1us is achieved in this application only in DUTs with low impedance with fast self-discharge and a small DUT capacitance.

If the DUT has a high impedance and has a high input capacitance of several tens of microfarads to mF (which is common for buffer capacitors) the interruption duration only allows a reduced voltage drop. It is quite possible that the voltage during the interruption does not drop to zero.



Test case 1 S1 switched, S2 static open



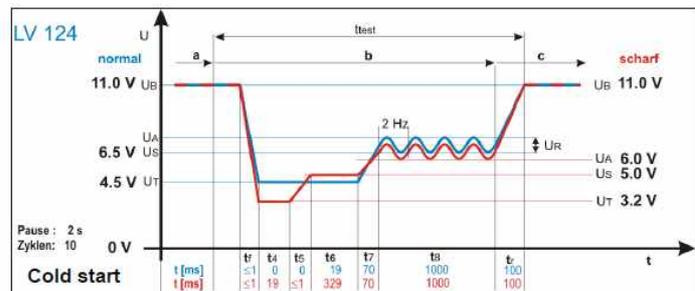
Testcase 2 S1 switched, S2 S2 negate to S1

## 1.2.11 E-11 Start impulse

**Purpose:** When starting the engine, the battery voltage falls for a short period to a low value, and then again to rise slightly. The start process can happen under different vehicle start situations:

To cover both cases at cold start and warm start two different test cases are required. A component has always to go through both test procedures.

At test case 1 cold start (start the engine), there are test impulses for:  
**“normal”** for normal cold start and  
**“severe”** with a lower battery voltage consider when starting the engine.

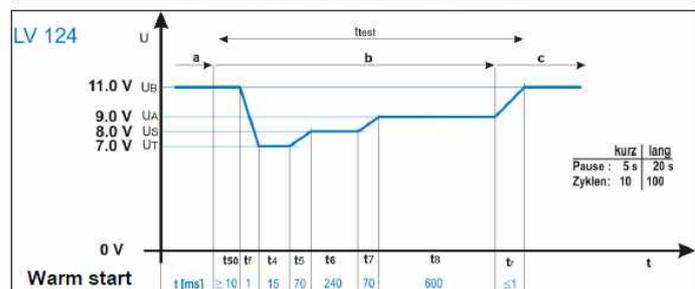


At test case 2 warm start (automatic restart after a stop), there are two cycles:

**Short:** 5 seconds break 10 x  
**Long:** 20 seconds break 100 cycles

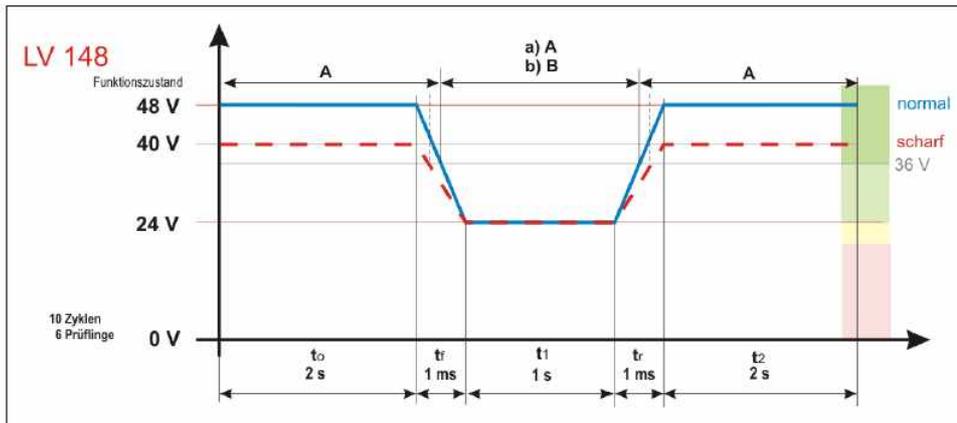
Number of samples: at least 6

Function status	Test case 1 normal, sharp		Test case 2 short long	
Start relevant	A	B	A	A
Not start relevant	C	C	A	A



## 1.2.11 E48-10 Start impulse

**Purpose:** During a **cold start** (motor start), the energy storage battery voltage decreases for a short, then increases again. The warm start is not considered, because the operating range is maintained.



Test impulse: E48-10 Start impulse

### Requirements

Number of cycles: 10

Number of samples: 6

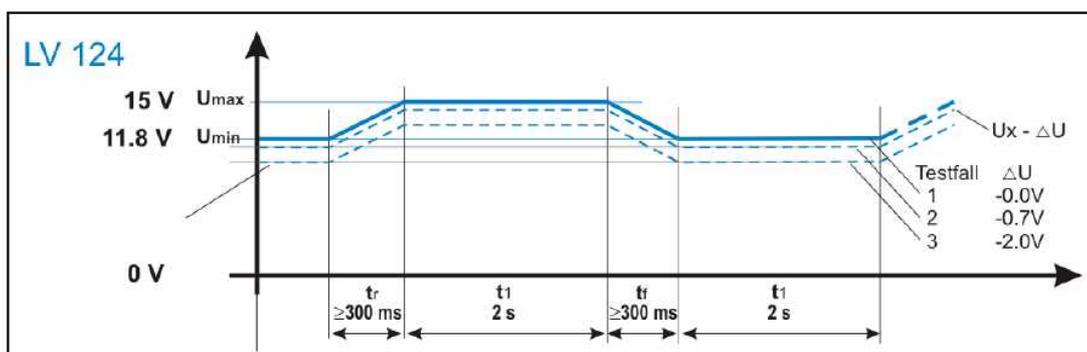
It is not allowed to have an input to the error memory. The vehicle must be able to be started in any case.

Functional status: **A** for start relevant components

Functional status: **B** for not start relevant components

## 1.2.12 E-12 Voltage curve with electric system control

**Purpose:** The behavior of the electric system with voltage controls, e.g., with the use of intelligent generator controls or DC-DC converter controls, is simulated.



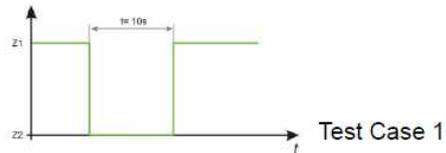
Operating mode of DUT	Operating mode II.c
$U_{min}$	(11,8 V - dU) (0 %, -4 %)
$U_{max}$	(15 V - dU) (+4 %, 0 %)
$t_1$	2 s
$t_r$	$\geq 300$ ms
$t_f$	$\geq 300$ ms
Number of cycles	10
Number of samples at least	6

Functional status A

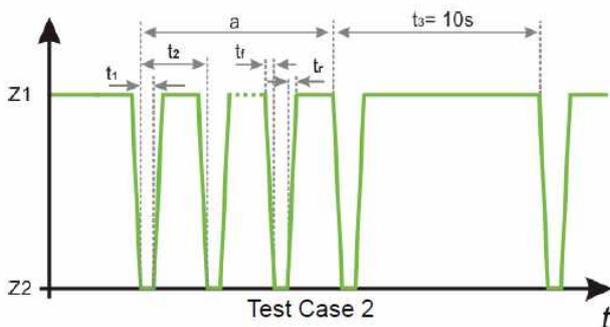
## 1.2.13 E-13 Interruption Pin

**Purpose:** The supply line interruption of individual pins is simulated. The test must be performed in two different operating states. Different pulse forms must be used, because the possible interruptions may differ greatly regarding their duration (from loose contacts to permanent interruption).

**Test Case 1:** Each pin must be disconnected for  $t_3 = 10\text{s}$  and reconnected (slow interval)



**Test Case 2:** Pulse packet on each pin to simulate a "loose contact" see picture



Z1	Status 1: Pin connected
Z2	Status 2: Pin interrupted
$t_1, t_2$	$\leq (0,1 * t_1) = 10\mu\text{s}$
Anzahl der Zyklen	each 3 cycles Operating mode II.a / lic
Anzahl Prüflinge	minimum 6
Testfall 2	4 000 Impulses $t_2$ in pulse packet
$t_1$	0,1 ms
$t_2$	1 ms
$t_3$	10 s

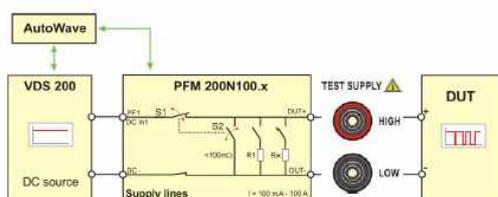
Functional status C for all test cases

## 1.2.13 E-13 Interruption Pin

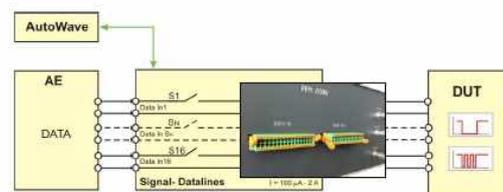
**Test procedure:** The DUT is connected to a battery source.

The test is not for power lines (e.g. T.15, T.30, T.87, ...) instead on signal or data lines as well as T.31 return lines.

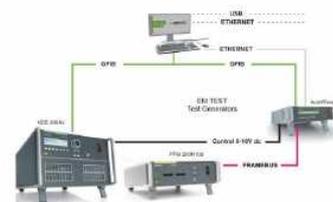
The voltage at pin can be limited to the maximum voltage of the test E-05 Load Dump ( $U_{\text{max}} 27\text{ V}$ ).



Switch for current range 100 mA to 100 A



Switch for current range 100 µA to 2 A (16 channels)

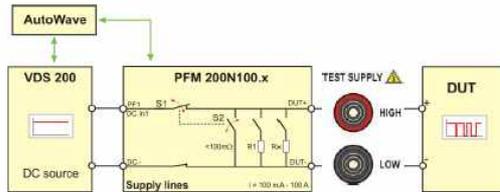


## 1.2.14 E-14 Interruption Connector

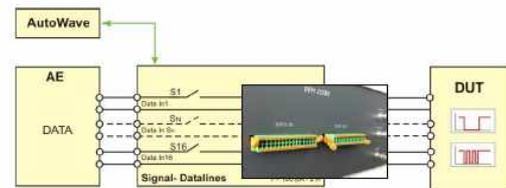
**Purpose:** The line interruption of connectors is simulated.

### Test procedure

Each connector must be removed from the DUT for 10 s and then replaced. If the DUT has several connectors, each connector must be tested individually. The test sequence must be variable. In case that there are multiple connectors, every connector must be tested.



Switch for current range 100 mA to 100 A



Switch for current range 100 µA to 2 A (16 channels)

### Execution of test

Theoretically, you can disconnect the plug by hand for 10 s. When interrupting high DC currents resulting sparking and burn-out when open the circuit. Far less dangerous is the high-impedance isolation with an electronic switch.

Operating mode	Operating mode II.a und II.c
Number of samples	minimum 6
Requirements	Functional status C

## Further tests of LV 124 and LV 148

### LV 124    LV 148

E-15		Reverse polarity
E-16,	E48-12	Ground offset
E-17,	E48-21	Short circuit signal lines and power lines
E-18		Isolations resistance    b
E-19,	E48-14	Standby current
E-20		Dielectric strength
E-21		Recuperation
E-22		Overcurrent
	E48-11	Ground lost BN48
	E48-13	Internal dielectric strength
	E48-15	Operation in the range without functional limitation
	E48-16	Operation in the upper area with functional limitation
	E48-17	Operation in the lower area with functional limitation
	E48-18	Over-Voltage Range
	E48-19	Under-Voltage Range