(옆면)

318001-04

트랙터 자동변속기 품질 고도화 기술 개발 최종보고서

2021

농림식품기술기획평가원

농 림 축 산 식 품 부

(앞면)

보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개( )발간등록번호(O)

첨단농기계산업화 기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호
11-1543000-003994-01

트랙터 자동변속기 품질 고도화 기술 개발

2022. 04. 04

주관연구기관 / (주)대동
공동연구기관 / 대동기어(주)
네이스코(주)
농업기술실용화재단

농 림 축 산 식 품 부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “트랙터 자동변속기 품질 고도화 기술 개발”(개발기간 : 2018.04.26. ~ 2021.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022.04.04

주관연구기관명 : (주) 대동 김준식, 원유현 (인)
공동연구기관명 : 대동기어(주) 강경규 (인)
네이스코(주) 강호영 (인)
농업기술실용화재단 박철웅 (인)

주관연구책임자 : (주)대동 임명제
공동연구책임자 : 대동기어(주) 구강모
네이스코(주) 신이철
농업기술실용화재단 임류갑

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

최종보고서

보안등급
일반[√], 보안[ ]

중앙행정기관명	농림축산식품부	사업명	사업명	첨단농기계산업화 기술개발사업	
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원		내역사업명	농기계 산업 혁신기술	
공고번호	제 2018300488호	총괄연구개발식별번호			
		연구개발과제번호		318001-04	

기술분류	국가과학기술 표준분류	EA0899	50%	EA0901	30%	EA0406	20%	
	농림식품과학기술분류	RC0101	100%					

연구개발과제명	국문	트랙터 자동변속기 품질 고도화 기술 개발			
	영문	Development of automatic transmission quality enhancement technology of tractor			
주관연구개발기관	기관명	(주) 대동	사업자등록번호	514-81-06690	
	주소	(우) 50319 경남 창녕군 창녕읍 창녕공단길 39	법인등록번호	191111-0000104	
연구책임자	성명		임명제	직위	상무
	연락처	직장전화		휴대전화	
		전자우편		국가연구자번호	

연구개발기간	전체		2018. 04. 26 - 2021. 12. 31(3년 9개월)
	단계	1년차	2018. 04. 26 - 2018. 12. 31(년 9개월)
		2년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년)
		3년차	2020. 01. 01 - 2020. 12. 31(1년)
		4년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31(1년)

연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		합계			연구개발비 외 지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		1,875,000	563,000	1,312,000	2,438,000	1,312,000	3,750,000	
단계	1년차	375,000	113,000	262,000	488,000	262,000	750,000	
	2년차	500,000	150,000	350,000	650,000	350,000	1,000,000	
	3년차	500,000	150,000	350,000	650,000	350,000	1,000,000	
	4년차	500,000	150,000	350,000	650,000	350,000	1,000,000	

공동연구개발기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관	대동기어(주)	구강모	이사			개발	영리
	네이스코(주)	신이철	책임연구원			개발	영리
	농업기술실용화재단	임류강	책임연구원			연구	비영리
위탁연구개발기관	충남대학교	김용주	부교수			연구	비영리

연구개발담당자 실무담당자	성명		신기성	직위	부장
	연락처	직장전화		휴대전화	
		전자우편		국가연구자번호	

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 2 월 10 일

연구책임자: 임 명 제 (서명)

주관연구개발기관의 장: (주) 대동 (직인)

공동연구개발기관의 장: 대동기어(주) (직인)

네이스코(주) (직인)

농업기술실용화재단 (직인)

위탁연구개발기관의 장: 충남대학교 산학협력단 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요 약 문 >

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="3">첨단농기계산업화 기술개발사업</td><td colspan="2">총괄연구개발 식별번호
(해당 시 작성)</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명
(해당 시 작성)</td><td colspan="3">농기계 산업 혁신기술</td><td colspan="2">연구개발과제번호</td><td>318001-04</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술분류</td><td>국가과학기술 표준분류</td><td>EA0899</td><td>50 %</td><td>EA0901</td><td>30 %</td><td>EA0406</td><td>20%</td></tr>
<tr><td>농림식품 과학기술분류</td><td>RC0101</td><td>100 %</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명
(해당 시 작성)</td><td colspan="6">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제명</td><td colspan="6">트랙터 자동변속기 품질 고도화 기술 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구기간</td><td colspan="6">Development of automatic transmission quality enhancement technology of tractor</td></tr>
<tr><td colspan="2">해당 단계</td><td colspan="6">-단계</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 3,750,000 천원
(정부지원연구개발비: 1,875,000 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">해당 단계</td><td colspan="6">총 2,334,000 천원
(정부지원연구개발비: 1,400,000 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="3">기초[ ] 응용[ ] 개발[√] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]</td><td colspan="2">기술성숙도
(해당 시 작성)</td><td>착수시점 기준( )
종료시점 목표(√)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 유형
(해당 시 작성)</td><td colspan="6">해당사항 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 특성
(해당 시 작성)</td><td colspan="6">해당사항 없음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발 목표 및 내용</td><td>최종 목표</td><td colspan="6">트랙터 자동변속기의 품질고도화 기술개발을 통해 수입의존도가 높은 트랙터 자동변속기의 국산화 및 농기계 수출 경쟁력을 강화</td></tr>
<tr><td>전체 내용</td><td colspan="6">[1차년도] : 자동변속 트랙터 개발
- 특허 분석 및 선진 기술 분석
- 목표사양 설정 및 핵심 시스템 레이아웃 설계
- 핵심부품 설계, 개발 및 제작, 기본성능 시험
- 신뢰성 평가 기준 개발 검토
: 자동변속기 개발
- 선진기술 동향조사 및 특허 회피방안 수립
- 자동변속기 레이아웃설계 및 1차 시제품 설계 및 제작
- 공인 인증시험 실시
[2차년도] : 자동변속 시제품 트랙터 제작 및 1차 파일럿 부품 제작
- 1차년도 개발된 핵심 부품을 적용하여 트랙터 제작
- 트랙터 성능시험 및 정량적 목표 달성 여부 확인
- 시제품 문제점 검토 및 1차 파일럿 부품제작을 위한 설계보완
- 1차 파일럿 부품의 성능 시험, 신뢰성 시험 및 평가기준 개발
- 시뮬레이션 소프트웨어를 이용한 핵심요소부품 모델개발
- 핵심부품 2차 자체 평가 및 공인 시험
- 2차 시제품 개선 설계 및 2차 시제품 부품 제작 (밋션총조합3대)
- 트랙터용 자동변속 제어 알고리즘 개발 및 보완 회로도 설계
- 1차년도 제어 알고리즘 튜닝 및 파일럿 신뢰성 평가</td></tr>
</table>

			- 트랙터 자동변속기 성능 평가 매뉴얼 최종안 개발 및 성능평가 요소별 측정 및 분석 통합시스템 구축 [3차년도] : 1차 파일럿 트랙터 제작 및 2차 파일럿 부품 제작 - 1차 파일럿 트랙터 제작 및 성능시험 및 정량적 목표 달성 확인 - 1차 파일럿 문제점 검토 및 2차 파일럿 부품제작 위한 보완설계 - 2차 파일럿 부품의 시험, 트랙터 자동변속 시스템의 신뢰성 평가 - 2차 파일럿 밋션총조합 제작 및 공인 시험 실시 - 트랙터용 자동변속기 TCU : 2차 파일럿용 제작 및 신뢰성평가 , 시험 절차서 작성 - 자동변속기 성능평가 매뉴얼 개발 및 계측 시스템 구축 [4차년도] : 자동변속 2차 파일럿 트랙터 제작 - 2차 파일럿 트랙터 제작 및 시험 및 정량적 목표 달성 여부 확인 - 양산화 설계 보완 및 현장 실증 시험 - 핵심부품 자체 평가 및 공인(입회)시험 - 트랙터용 자동변속기 TCU : 3차 파일럿용 제작 및 신뢰성평가
	[1차년도]	목표	자동변속기 1차 시제품 제작 및 자동변속 트랙터용 부품 개발
		내용	**가) 주관기관 : (주) 대동** • 특허 분석 및 선진 기술 분석 / 벤치마킹 및 성능시험 실시 • 자동변속 트랙터의 사양 및 구조 확정 • 밋션 및 앞차축 어플리케이션 시스템 , 유압 및 전장시스템 설계 • 각 시스템별 핵심 부품 개발 :UJ샤프트, 자동변속기 제어밸브, 티어4 전자식엔진 연동 제어기술 개발, 자동변속 조작류 탑재 레버 및 배선조합 개발 • 신뢰성 평가기준 개발 : 사용자 조건 조사, 무고장 시험시간 산출, 가속계수및 가속시험 시간 산출 **나) 공동연구기관 : 대동기어 (주)** • 자동변속기 선진 기술 분석 및 특허 분석을 통한 8단 자동변속기 구조 확정 및 상세 설계 • 소음 저감을 위한 설계 검토 및 설계 반영 • 자동변속기 공인인증 시험 실시 **다) 위탁연구기관 : 충남대학교** • 해외 선진사 자동변속 시스템 구조에 관한 자료 및 문헌 조사 • 자동변속시스템 해석 모델의 목표사양 및 성능기준 수립 • 자동변속기 기어시스템의 피로수명, 전달효율 해석 **라) 공동연구기관 : 네이스코 (주)** • 자동변속기 알고리즘 연구 및 분석 : Fault 컨트롤, 중립제어 등 • TCU 하드웨어 설계 :전원관리회로, 속도센서 신호조정회로,비례솔

			밸브 디지털입력신호 조정회로, CAN통신회로 • 입출력 시뮬레이터 제작: 전용검사기를 제작하여 신뢰성 시험후 입출력 체크 • H/W 시험용 회로조립체의 전자기, 환경 내성 공인인증 시험 : 고온작동, 저온작동, 살수시험, 진동시험 • 시제품 제작 : 신뢰성 시험 및 차량 탑재 **마) 공동연구기관 : 농업기술실용화재단** • 자동변속기 성능평가 관련 선행 연구 및 기술자료 조사 • 자동변속기 성능평가 매뉴얼 초안 개발 • 자동변속기 성능평가 요소 선정 및 계측센서 일부 구축
	[2차년도]	목표	자동변속 트랙터 시제품 제작 및 1차 파일럿 부품 제작
		내용	**가) 주관기관 : (주) 대동** • 1차년도 개발된 핵심부품을 적용하여 트랙터 제작 • 단품 성능 문제점 검토 및 설계 레이아웃 개선 검토 • 1차 파일럿 부품용 보완 설계 및 제작 • 정량적 목표 도달 여부 확인 예비시험 및 공인인증 시험 : PTO효율, 변속충격, 변속반응시간 시험 • 자동변속기 내구수명 시험 **나) 공동연구기관 : 대동기어 (주)** • 1차 시제품 문제점 조사 및 보완 • 1차 파일럿 개선 설계 및 1차 파일럿 부품 제작 • 자동변속기 2차 공인인증 시험 **다) 위탁연구기관 : 충남대학교** • 자동변속기 핵심요소 부품에 대한 시뮬레이션 모델 개발 / 해석 • 핵심요소부품 SI를 통한 시스템 해석 시뮬레이션 모델 개발 **라) 공동연구기관 : 네이스코(주)** • 자동변속 제어알고리즘 개선 설계 • 제어기 H/W 보완 회로도 설계 • 제어기 H/W 보완 PCB 설계 • 1차년도 제어 알고리즘 튜닝 • 파일럿 신뢰성 평가 : EMC외 총 5항목 **마) 공동연구기관 : 농업기술실용화재단** • 트랙터 자동변속기 성능평가 매뉴얼 최종안 개발 • 트랙터 자동변속기 성능 평가 요소별 측정/분석 통합시스템 구축
	[3차년도]	목표	자동변속 트랙터 1차 파일럿 제작 및 2차 파일럿 부품 제작
		내용	**가) 주관기관 : (주) 대동**

			• 2차년도 개발된 핵심부품을 적용하여 트랙터 제작 • 단품 성능 문제점 검토 및 설계 레이아웃 개선 검토 • 2차 파일럿 부품용 보완 설계 및 제작 • 정량적 목표 도달 여부 확인 예비시험 및 공인인증 시험 : PTO효율, 변속충격, 변속반응시간 시험 • 자동변속기 내구시험, 현장실증 시험 **나) 공동연구기관 : 대동기어 (주)** • 1차 파일럿 문제점 조사 및 보완 • 2차 파일럿 개선 설계 및 2차 파일럿 부품 제작 • 자동변속기 3차 공인인증 시험 **다) 위탁연구기관 : 충남대학교** • 자동변속기 핵심요소 부품 시뮬레이션을 통한 성능평가/최적화 • 내구수명 시뮬레이션 모델개발 **라) 공동연구기관 : 네이스코(주)** • 자동변속 제어알고리즘 튜닝 • 2차 파일럿 제어기 제작 및 시험절차서 보완 • 파일럿 신뢰성 평가 : EMC외 총 5항목 **마) 공동연구기관 : 농업기술실용화재단** • 트랙터 자동변속기 성능평가 세부 시험방법 개발 • 트랙터 자동변속기 성능 평가 통합 측정시스템 수정 및 보완
	[4차년도]	목표	자동변속 트랙터 2차파일럿 제작 및 최종완료보고
		내용	**가) 주관기관 : (주) 대동** • 3차년도 개발된 핵심부품을 적용하여 트랙터 제작 • 정량적 목표 도달 여부 확인 예비시험 및 공인인증 시험 • 양산화 설계 보완 및 최종 완료 보고서 작성 **나) 공동연구기관 : 대동기어 (주)** • 2차 파일럿 문제점 조사 및 보완 설계 • 양산화 설계 보완 및 양산화 검토 • 자동변속기 4차 공인인증 시험 **다) 위탁연구기관 : 충남대학교** • 자동변속기 핵심요소 부품 시뮬레이션 모델 검증 및 최적화 **라) 공동연구기관 : 네이스코(주)** • 주관기관 협조 제어알고리즘 튜닝 • 3차 파일럿 신뢰성 평가 및 성능 시험 보고서 **마) 공동연구기관 : 농업기술실용화재단**

			• 2차 파일럿 트랙터 자동변속기 성능 평가

연구개발성과	• 지식재산권 - 특허 등록 3건 • 사업화 - 제품 양산화 2건 • 학술성과 - 학술발표 7건
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	**가) 기대효과** • 기술적 측면 - 자동변속기 개발을 통한 자율주행트랙터 연구의 기초 기술 확보 - 자동변속기 제어 기술 고도화 • 산업적 측면 - 자동변속기 및 전장부품 국산화를 통한 국내 산업 활성화 - 자동변속 트랙터 성능평가방법의 표준화를 위한 기준 정립 • 경제적 측면 - 신뢰성이 확보된 자동변속기 국산화를 통한 수입 대체 효과 - 수입 트랙터 대비 저렴한 국산 트랙터 보급을 통한 농가 부채 경감

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
		3										

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호

국문핵심어 (5개 이내)	농기계	자동변속기	전자제어	품질고도화	트랙터
영문핵심어 (5개 이내)	Agricultural machinery	Automatic powertrain	Electronic control	Quality enhancement	Tractor

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 9
가. 연구개발의 개요 ····· 9
나. 연구개발 목표 및 기관별 진행 내용 ····· 11

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 ····· 14
가. 주관기관 : (주) 대동 ····· 14
나. 공동연구기관 : 대동기어(주) ····· 36
다. 공동연구기관 : 네이스코(주) ····· 61
라. 위탁연구기관 : 충남대학교 ····· 106
마. 참여기관 : 농업기술 실용화재단 ····· 121

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 131

4. 목표 미달 시 원인분석 ····· 136

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 138

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ····· 139

[별첨1] 자체평가의견서 ····· 142

[별첨2] 연구성과 활용계획서 ····· 146

1. 연구개발과제의 개요

가 연구개발의 개요

1) 연구개발의 수준

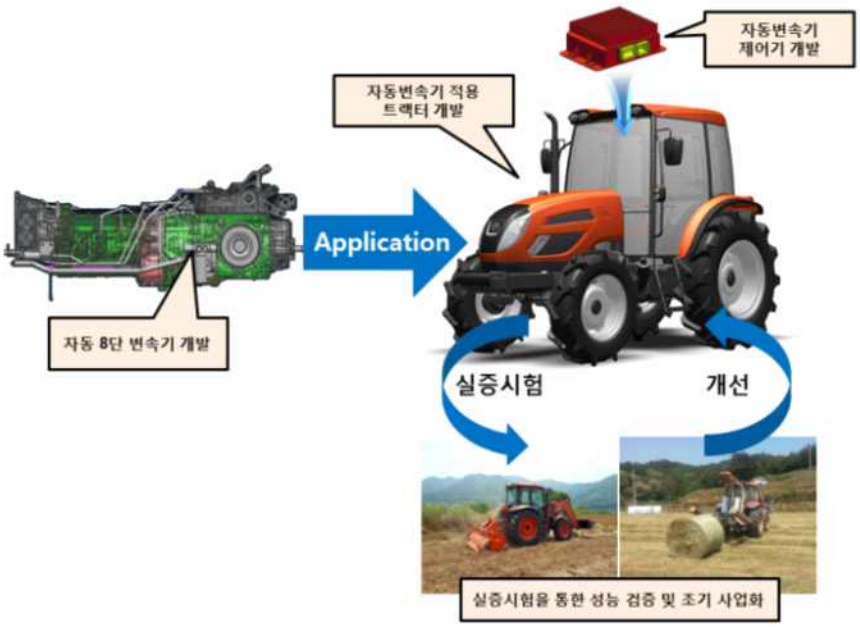
㉮ 선진사 수준의 성능과 신뢰성이 확보된 트랙터 자동변속기 개발
- 동력전달 효율 개선 기술
- 소음 및 진동 개선기술, 변속품질 고도화 기술
- 기어트레인, 클러치팩, 전자부품 신뢰성 확보 기술
- 클레임 및 고품분석을 통한 전장품 고장모드 해석 및 최적개선 기술
- 국내외 자동변속기 적용 트랙터 분석을 통한 최적 레이아웃 설계 기술

㉯ 자동변속기 및 전자제어장치를 적용한 트랙터 및 제어기술 개발
- CAN통신을 통한 Tier4 전자식엔진 제어기술
- 컨트롤러 통합 제어를 통한 연비향상 및 편의성향상 제어기술
- 변속성능 측정기법 연구를 통한 변속성능 최적 튜닝 기술

㉰ 주요 농작업기 및 작업지 현장실증을 통한 조기사업화
- 자동변속기 적용 트랙터에 최적화된 작업모드 개발

2) 제품의 개요

최종 결과물은 성능 및 신뢰성이 확보된 자동변속기 모듈 및 자동변속기를 적용한 농업용 및 소형 건설 분야에서 사용 가능한 트랙터



<그림 3> 기술개발 내용

3) 개발 대상 기술을 적용한 제품의 용도

본 기술 개발을 적용한 최종 제품은 “품질 고도화된 자동변속기가 장착된 트랙터”로 주 용도는 농업용이며 기타 적용 가능 분야는 소규모 건설용 등 임

(1) 농업용

① 국 내
- 로터리, 쟁기 등 논농사 위주의 부하 작업에 사용
- 산간 지방의 임업 및 대형 농장의 축산업에 사용
- 연간 평균 사용시간 : 450~550hr 정도

② 해 외
- 로터리, 쟁기 작업 위주의 부하 작업에 사용
- 모어, 로더, 목초 운반의 중부하 작업에 사용
- 부속작업기를 장착하여 제설기와 같은 다양한 작업에 사용
- 연간 평균 사용 시간 : 500~600hr 정도
- 자가 주택의 소형 건설 작업

쟁기 작업	모어 작업	로더 작업
로타리 작업	운반 작업	기 타

<그림 2> 해외 시장의 트랙터 작업 사진

(2) 기타 적용 가능 분야
- 산업용 기계 및 소형 건설 기계

나 연구개발 목표 및 기관별 진행 내용

1) 최종목표

○ 트랙터 자동변속기 품질고도화 개발

㉮ 자동변속기
- 변속 단수 : 전후진 자동 변속 8단(전진 16 × 후진16)
- 동력전달효율 : 80% 이상
- 소음 : 87dB 이하
- 내구 수명 : 6000hrs 이상

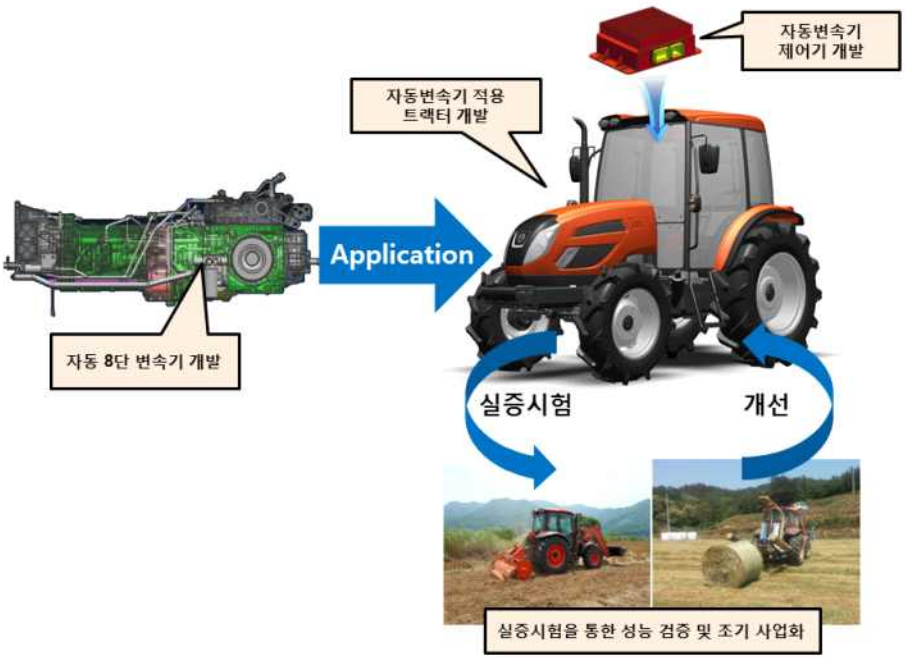
㉮ 자동변속기 적용 트랙터
- 변속 반응시간 : 0.6초 이내
- 변속 충격 : 0.4G 이내
- Tier4 전자식엔진 제어기능 : 4개 이상
- PTO 출력 : 80% 이상

<그림 5> 자동변속 System 구조 예

<그림 6> 개발 트랙터 - 예시

■ 본 개발 과제의 핵심 기술 개발 내용

- 동력전달 효율 개선 기술
- 소음 및 진동 개선기술, 변속품질 고도화 기술
- 기어트레인, 클러치팩, 전자부품 신뢰성 확보 기술
- 클레임 및 고품분석을 통한 전장품 고장모드 해석 및 최적개선 기술
- 국내외 자동변속기 적용 트랙터 분석을 통한 최적 레이아웃 설계 기술
- 컨트롤러 통합 제어를 통한 연비향상 및 편의성향상 제어기술
- 자동변속기 적용 트랙터에 최적화된 작업모드 개발



<그림 7> 기술개발 내용

2) 세부목표

■ 각 연차별 목표

		1차년	2차년	3차년	4차년
핵심부품	부 품	자동변속 Transmission, 자동변속밸브, TM 제어기, Wire Harness, 스위치 및 센서			
	제작 수량	TM: 2대 제어기: 2대	TM: 3대 제어기: 2대	TM: 3대 제어기: 2대	TM: 3대 제어기: 2대
	개발 단계	시제품	1차 Pilot품	2차 Pilot품	
트랙터	제작 방법	없 음	주관기관 생산품 활용 + 시제품 적용	주관기관 생산품 활용 + 1차 Pilot품 적용	주관기관 생산품 활용 + 2차 Pilot품 적용
	개발 단계	없 음	시 제 품	1차 Pilot	2차 Pilot
	제작 수량	없 음	시제품 1대	1차 Pilot : 1대	2차 Pilot : 1대

<그림 6> 연차별 목표 및 제작 수량

■ 개발 컨소시엄 구성 및 추진 업무

<그림 9> 컨소시엄 구성 및 추진업무

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

가 주관기관 : (주) 대동 - 연구개발 수행 과정 및 수행 내용

1) 연구개발 수행 내용

(1) 자동변속기 장착 트랙터의 어플리케이션 기술 개발

(2) 자동변속기 장착 트랙터의 편의성 향상 기술 개발 및 관련부 제작

(3) 자동변속기 장착 트랙터관련 외장, 유압, 전장부 개발 및 제작

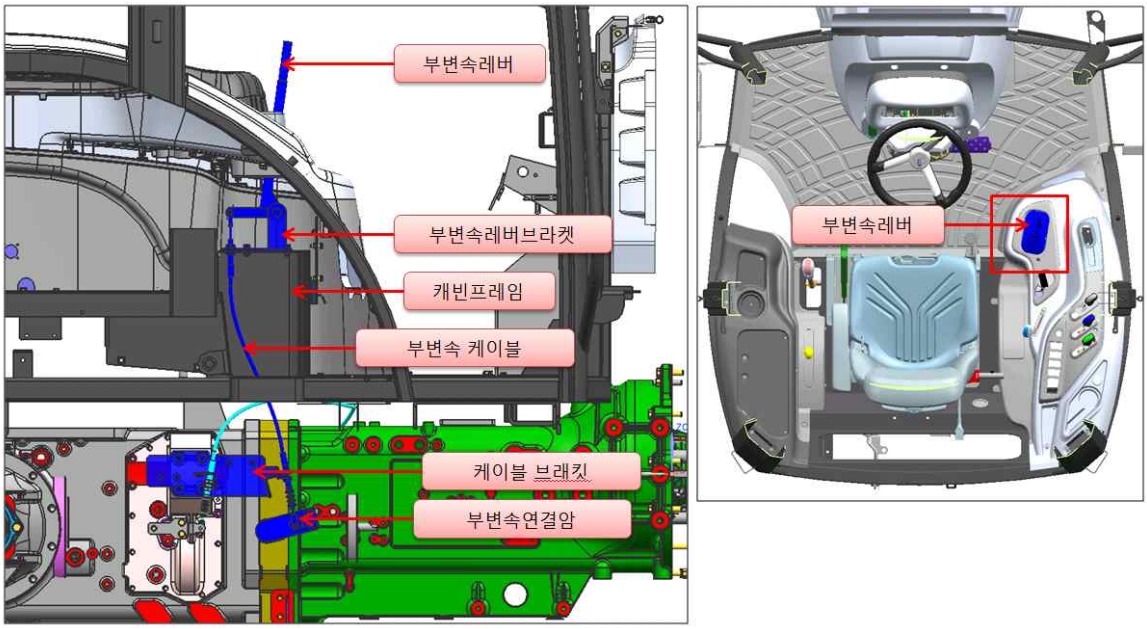
(4) 자동변속기 장착 트랙터의 각 연차별 개발 및 제작

(5) 자동변속기 장착 트랙터의 성능 내구시험, 현장실증 시험 실시

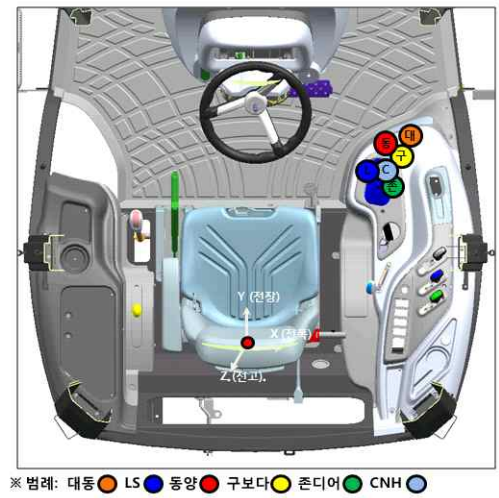
2) 세부 연구개발 수행 과정 및 수행 내용

(1) 외장 및 전자식레버부 레이아웃 설계 및 트랙터 제작

㉮ 부변속 레버부 layout 설계 개선 및 1차 Pilot 트랙터 제작



<그림 8> 부변속 레버부 layout 및 배치



	대동(TG300)			LS(XP7102)			동양(TS125)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
부변속레버	480	650	750	350	560	700	400	650	700
	구보다(M6)			존디어(6145R)			CNH(T5)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
	480	550	700	450	480	550	430	480	770

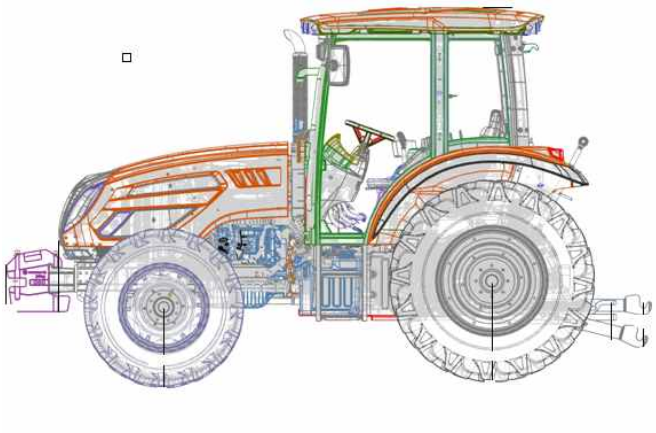
<그림 9> 경쟁사 부변속 배치

㉠ push-pull 타입으로 케이블로 캐빈의 부변속레버와 밋션 부변속을 연결하여 작동하는 방식

㉡ 부변속레버 위치 setting은 케이블의 조립 위치에 따라 위치를 변경할 수 있으며, 최적의 위치를 선정하여 조립기준을 확정함

㉢ 부변속레버를 사용 빈도가 높아 운전자 기준 우측에 배치함

㉣ 키가 작고 팔이 짧은 작업자의 경우 부변속 작동시 불편하여, 2차년도 원인 분석결과를 바탕으로 부변속위치를 수정하고 반영함

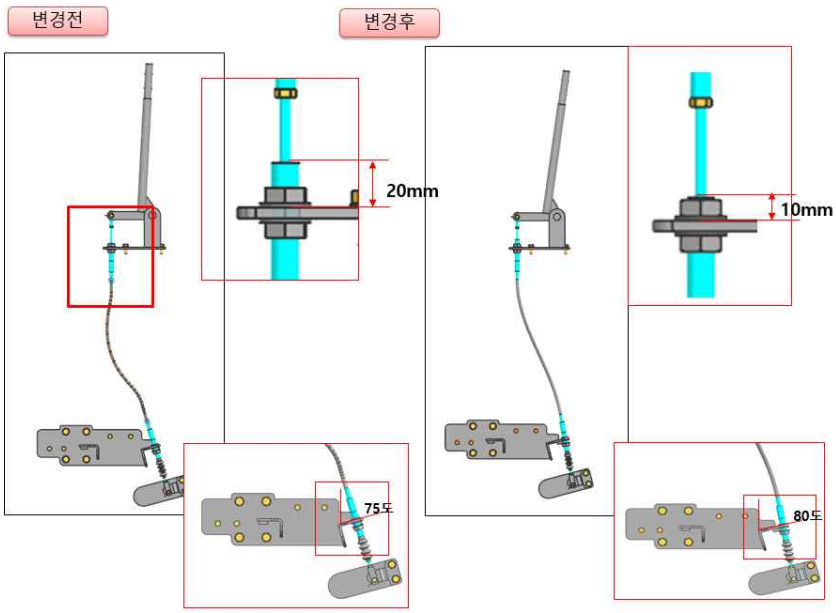


pilot 트랙터 제작

pilot 트랙터 제작

㉯ 부변속 레버 조작성 개선

- 케이블 쓸림 현상으로 조작력 증대
- 중립위치가 운전자 기준 앞으로 쏠림 현상 발생

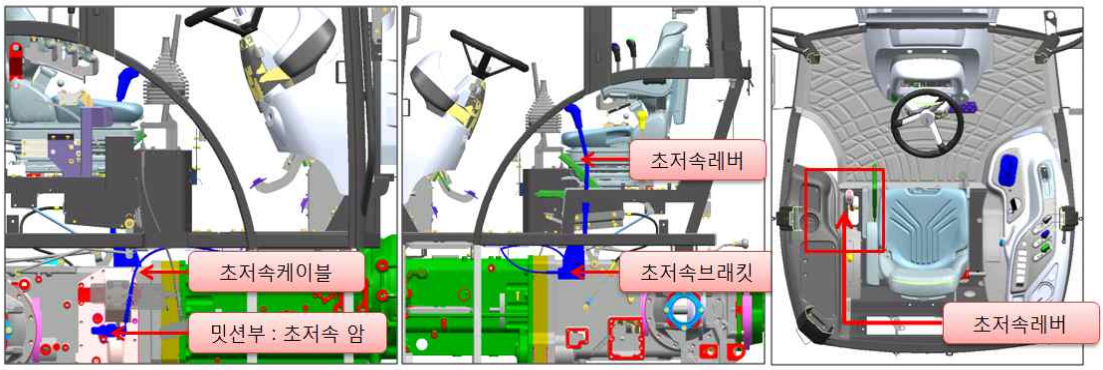


<그림 10> 부변속 레버부 수정부

㉠ 부변속 작동 시 push-pull 케이블 쓸림 현상으로 조작력 증대로 감성 품질이 저하 됨. 개선을 위해 부변속 구조를 변경함.

㉡ 부변속 중립위치가 운전자 기준 너무 앞으로 쏠려 조작이 난이하여, setting을 변경 수정함

㉮ 초저속 레버부 layout 설계



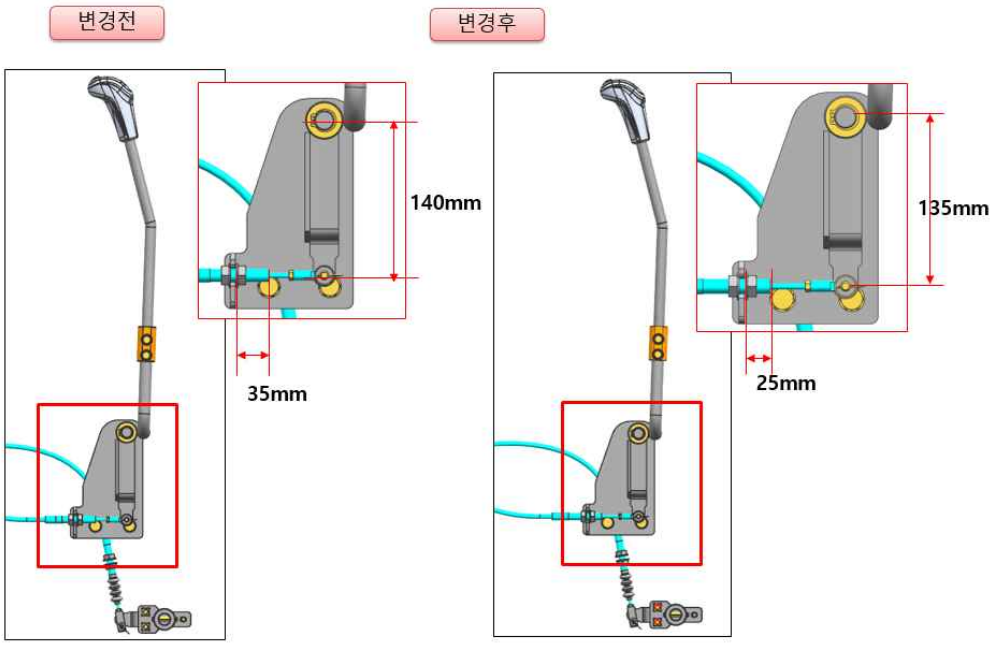
<그림 11> 주변속 레버부 layout 및 배치

㉠ push-pull 타입으로 케이블로 캐빈의 초변속레버와 밋션 초저속을 연결하여 작동하는 방식

㉡ 초저속레버 위치 setting은 케이블의 조립 위치에 따라 위치를 변경할 수 있으며, 최적의 위치를 선정하여 조립기준을 확정함

㉢ 초변속레버를 사용 빈도가 낮아 운전자 기준 좌측에 배치함

㉯ 초저속 레버부 개선 설계



<그림 12> 초저속 레버부 수정부

㉠ 초저속의 레버비가 너무 낮아, 너무 쉽게 조작되어, 절도감이 없어, 레버비를 변경하여 개선함.

㉡ 초저속레버 중립 위치가 운전자 기준 너무 위로 가 있으며, 조작 시 케이블이 초저속레버구조물에 부딪쳐 이상 소음이 발생하여, setting 기준을 변경 수정함.

(2) 편의 향상 기술 개발

㉮ 부변속 전자식 손잡이

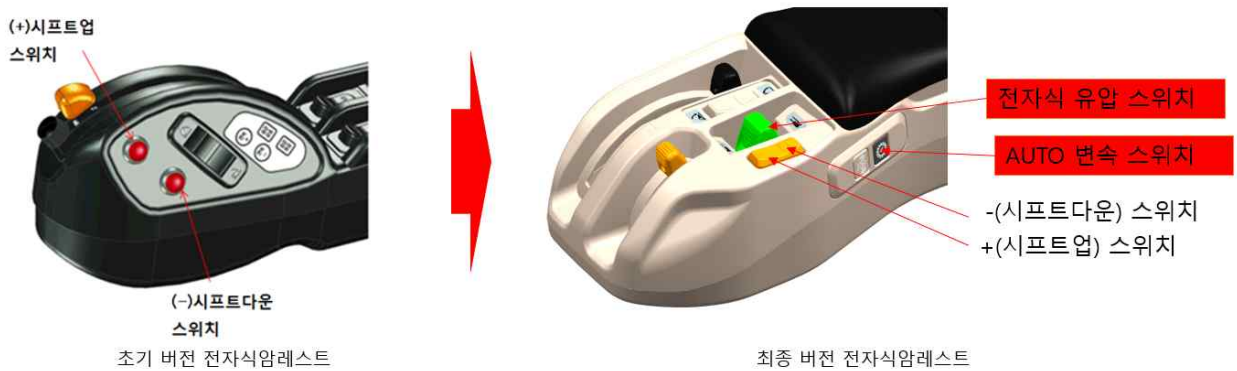
-. 기능적 측면에서 초기 부변속 전자식 손잡이는 Auto 변속 기능이 없어, 변속이 시프트 업 다운 버튼을 조작하여 변속하였으나, 변속 스위치를 누르지 않고 자동으로 변속할 수 있는 기능을 추가하여, 작업자의 작업 피로도를 낮추었음.

-. 디자인적 측면에서 손잡이를 잡을 시 전체가 편안하게 감쌀 수 있는 구조로 디자인을 변경함

<그림 13> 부변속 전자식 손잡이 업그레이드

㉯ 전자식 암레스트

-. 전자식 암레스트는 부변속손잡이 적용된 AUTO변속 스위치를 동일하게 적용하였으며, 추가적으로 후방 작업기를 컨트롤할 수 있는 별도의 전자식 유압 스위치를 적용하여, 후방작업 시 보다 편리하게 할 수 있게 구성하였음



<그림 14> 전자식 암레스트 업그레이드

㉰ 전자식 조이스틱 손잡이

-. 기존의 조이스틱 손잡이는 단순하게 조이스틱만 작동할 수 있는 기능만 있었지만, 편의성을 증대시키기 위해서 몇 가지 기능이 추가되었음.

-. 조이스틱 작업 중보다 쉽게 변속을 하기 위해서 시프트 업 다운 스위치를 적용하였으며, 작업 시 외부에 경고음을 주기 위해서 혼 스위치를 추가하였음.

-. 디자인 측면에서 손잡이의 그립감을 향상시키기 위해서 인체공학적 디자인을 하였음.

<그림 15> 전자식 조이스틱 손잡이

㉱ 다기능 스마트키

-. 일반키에서 다기능 스마트키를 적용함. 자동차와 같이 버튼 하나로 손쉽게 시동 및 원격시동이 가능하며, 원격 승하강 히치 제어 기능을 탑재하여 외부에서 쉽게 작동을 가능하게 함.

<그림 16> 다기능 스마트키

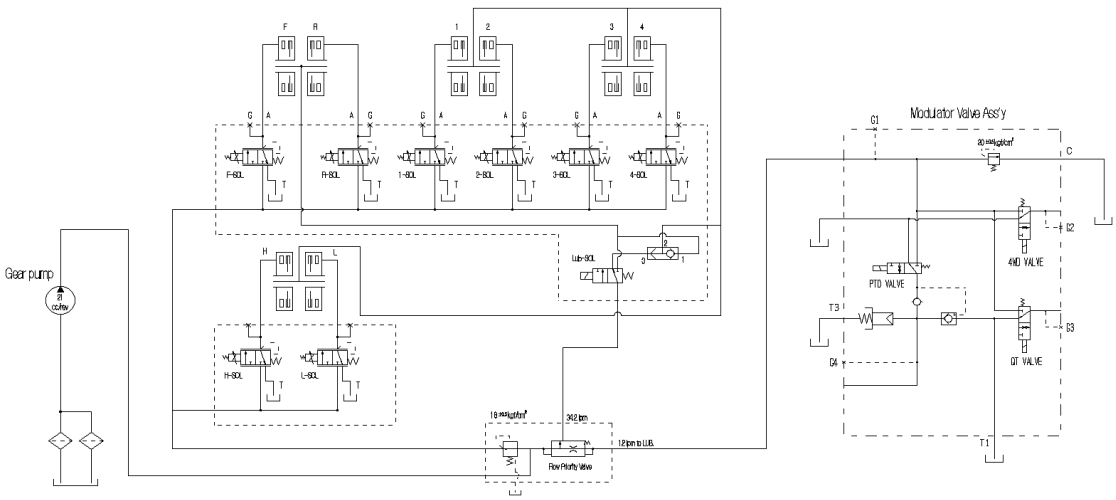
㉲ 조작부 우측 집중 배치 및 와이드 운전석

-. 모든 작업 관련 조작 부를 우측을 배치하여, 작업의 효율성을 극대화함. 상부 아치형 유리창 및 전면, 좌우, 상부의 유리를 확장하여 작업에 충분한 시야를 확보함으로써, 더 정확하고 안전한 작업 될 수 있도록 캐빈 전체를 구성함.

<그림 17> 캐빈 내부

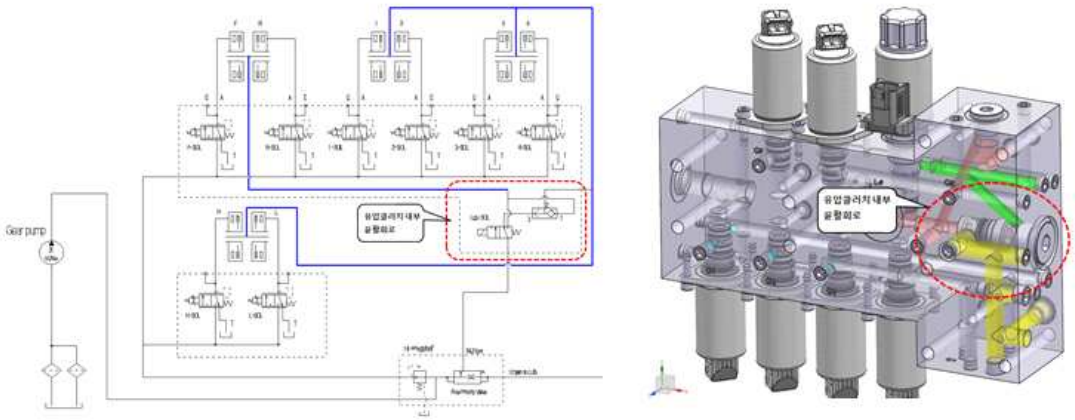
(3) 유압부 레이아웃 설계 및 개선

㉮ 유압회로도 : 아래와 같이 유압사양 확정 및 유압회로도 제작, 보완하여 시제품 트랙터를 제작하여 작동 및 성능시험을 진행



<그림 18> 시제품 유압회로도

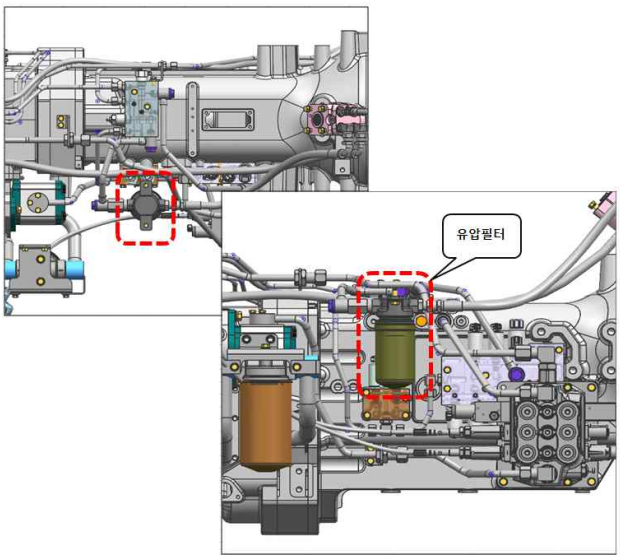
㉯ 윤활유압회로 : 1차 시제품 트랙터의 유압클러치 내구성 향상을 위해 클러치 내부로 공급되는 윤활 유압회로를 추가함. 윤활 유압회로는 전/후진은 Engage시에만 내부 윤활이 공급될 수 있도록 구성되었으며, 중립상태에서 H단, L단, 1단, 2단, 3단, 4단은 상시로 내부 윤활을 공급할 수 있도록 회로를 구성함.



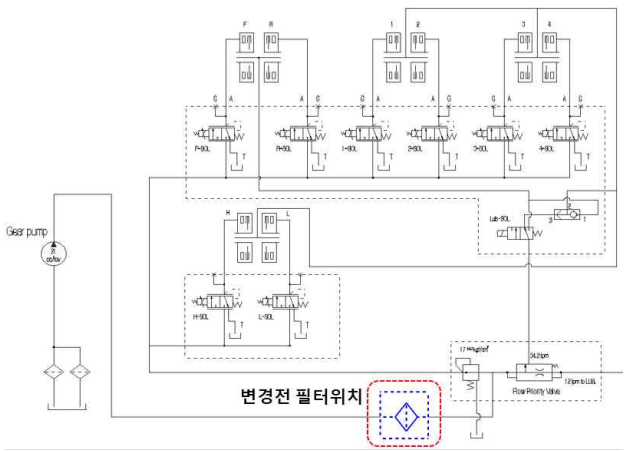
<그림 19> 유압클러치 내부 윤활 유압회로 구성

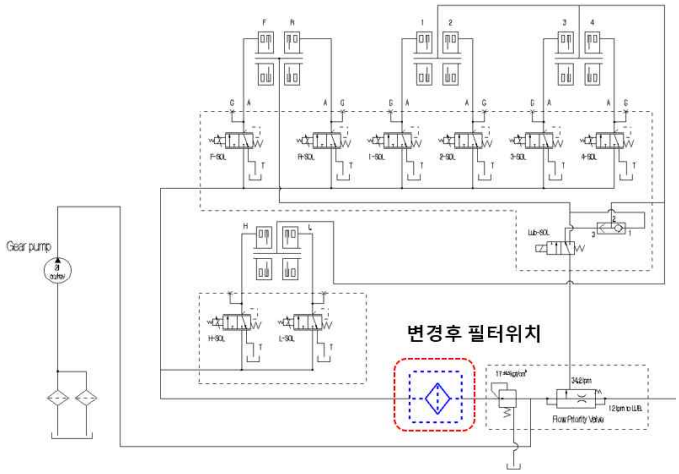
㉰ 유압필터 추가 구성

자동변속기 관련 유압밸브인 파워시프트밸브, 하이로우밸브에 구성된 8개의 전자비례제어 솔레노이드밸브는 기존 변속제어 밸브와 비교하여 다수의 밸브를 적용하여 이물질에 대해 상대적으로 취약한 구조임. 이를 보완하기 위해 파워시프트밸브, 하이로우밸브의 유압 공급라인에 중압필터를 적용하는 것을 검토하여 이물질 유입에 의한 밸브 오작동을 방지할 수 있도록 구성하는 방안을 검토 및 1차 Pilot에 적용함



<그림 20> 유압필터 추가 Lay-out 구성





<그림 21> 중압필터 위치변경 유압회로 구성

㉮ 흡입 유압 필터 개선

1차 PILOT 트랙터에서 구성된 유압필터사양을 수정, 보완하여 2차 PILOT에 개선적용 검토함

-. 자동변속기 구동을 위해 다수의 전자비례제어밸브가 적용되는 유압시스템에 있어 이물질에

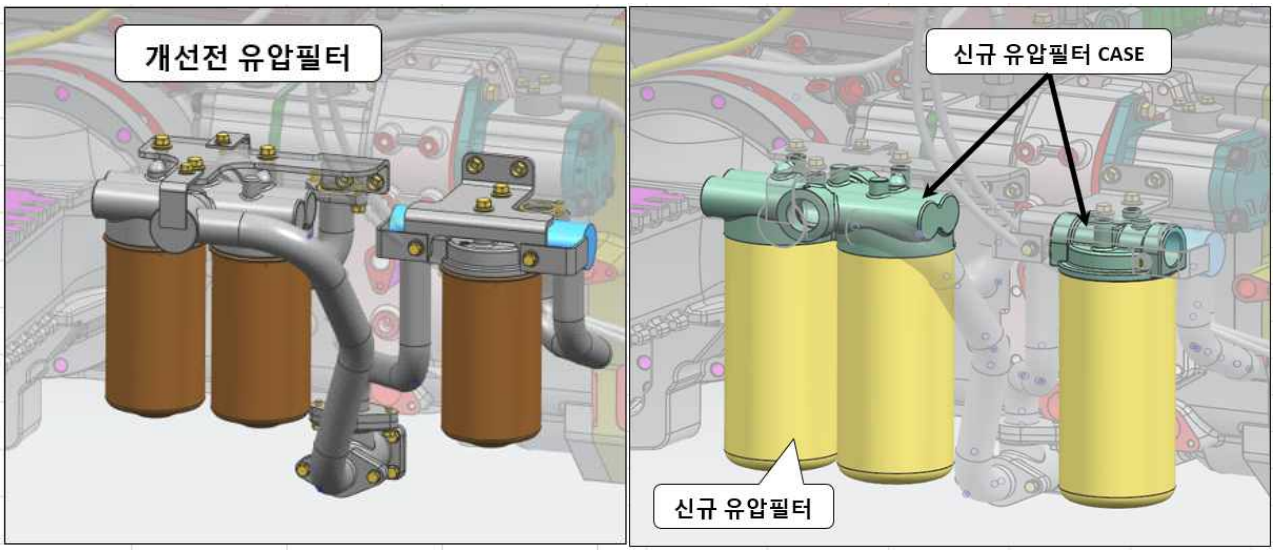
대한 필터링 성능은 가장 중요한 설계 항목임. 중압필터 적용으로 파워시프트밸브, 하이로우

밸브에 대한 1차적인 보완을 완료하였으며, 유압시스템 전체에 대한 필터링 성능 개선을 위해

유압필터 변경에 대해 방안을 검토함.

흡입유압필터 사양은 기존대비 사이즈 증대 및 Element 사양을 변경하여 필터링 성능개선과

동시에 유압필터 교환주기를 증대할 수 있는 사양으로 검토함.



<그림 22> 흡입유압필터 변경 구성안

Comparison Test Result – Multipass

Item		Buil (현시장) T5710-38031	K (社) HH3Y0-82590	TG14-0518A (Final)
Flow rate		60 LPM	60LPM	60LPM
Performance	Initial DP of Multipass (kPa)	Element: 0.4 (15 CST)	Element: 0.7 (15 CST)	ELEMENT 3 (15 CST)
	Efficiency	β34.7(B)=2 β49.5(B)=10 β64.5↑(B)=75	β29.9(B)=2 β37.2(B)=10 β45.2(B)=75	B12.4=2 β25.7=10 β33.5=75
	Capacity (DHC)	72.4 g (ΔP= 345 kPa)	64.8 g (ΔP= 345 kPa)	135.9g (ΔP= 345 kPa)
Dimension		Φ109 x 200 (1.87 ℓ)	Φ126.5 x 231 (2.9 ℓ)	Φ118 x 248 (2.7 ℓ)
Comment		1. Low DP 2. Low efficiency 3. High DHC	1. Low DP 2. Low efficiency 3. High DHC	1. High efficiency 2. High DHC 3. Low DP
Remark		Actual test results	Actual test results	1. Actual test results

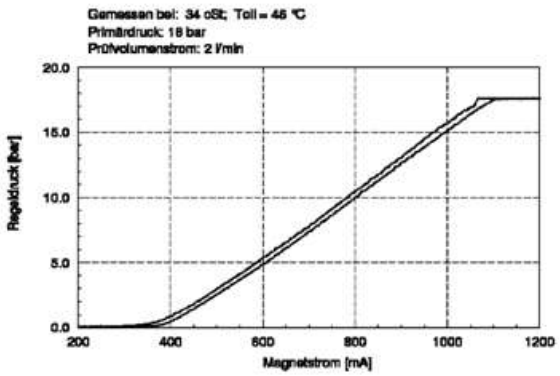
Test standard: ISO 16889, Test Dust: ISO 12103-1 A3

Donaldson FILTRATION SOLUTIONS

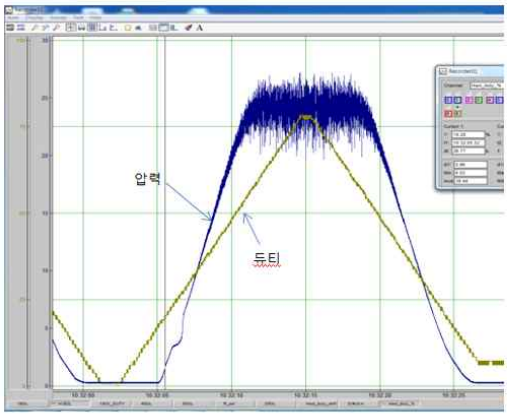
<그림 23> 흡입 유압필터 Element 사양 및 성능 TEST

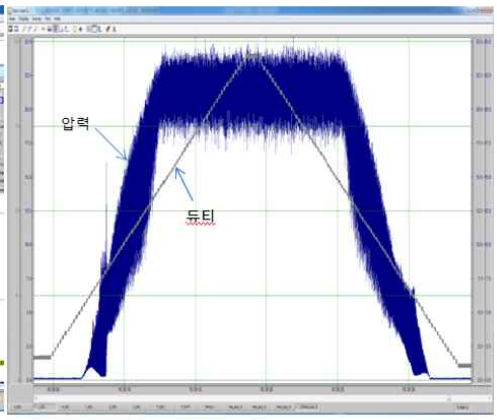
㉮ 파워시프트밸브 개선 - 작동 주파수 변경

제어 출력 대비 밸브 압력 그래프를 측정하였을 때 압력의 떨림 및 히스테리시스가 과다한 문제점을 개선하기 위하여 출력 주파수 변경 시험을 하여 적정 주파수인 120Hz로 선정 하였고, 파워시프트컨트롤러 출력 주파수 셋팅 프로그램에 반영함

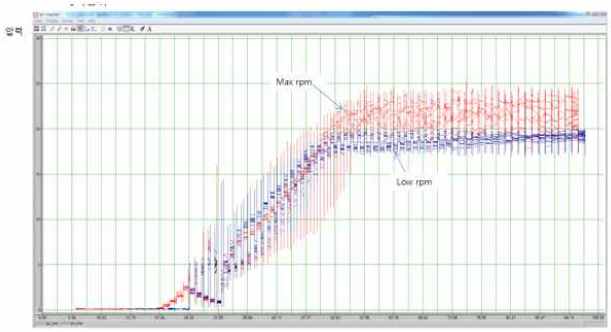


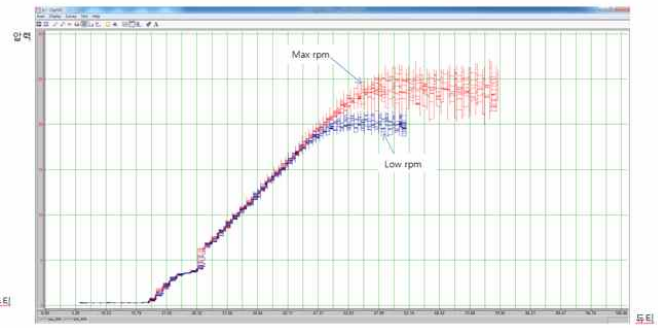
<그림 24> 파워시프트밸브 히스테리시스 특성 (도면 발췌)





<듀티 출력 vs 압력 비교 (800Hz)> <듀티 출력 vs 압력 비교 (120Hz)>

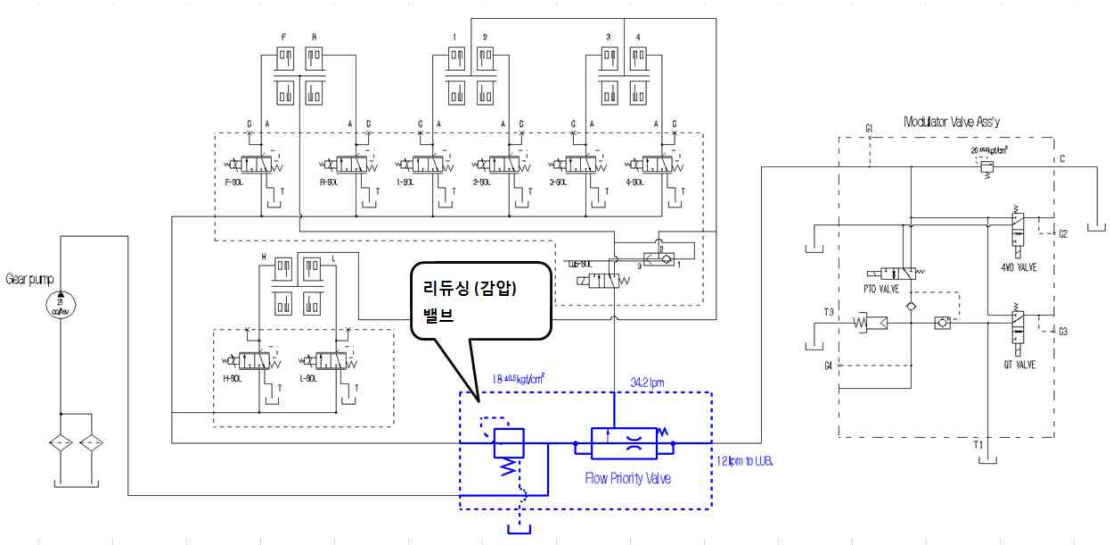




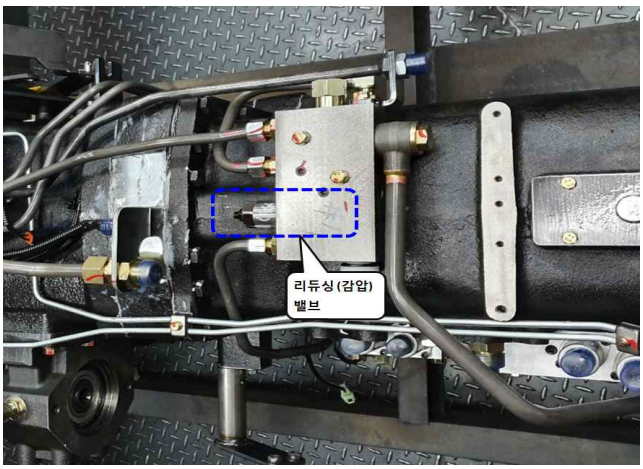
<밸브 히스테리시스 (800Hz)> <밸브 히스테리시스 (120Hz)>

㉮ 유압회로 개선 : 리듀싱 밸브 구성

기존 자동 변속기 시스템 압력은 자동변속밸브 후단에 있는 모듈레이터 밸브의 릴리프 압력을 시스템 압력으로 설정함. 시험 Bench와 같이 시스템에 공급되는 유량이 일정범위 안에서 변동할 경우 압력제어가 용이하나, 트랙터 본기에서처럼 E/G rpm 변동에 따라 시스템 유량이 크게 변동되면 설정압력 이상의 압력이 형성됨. 이러한 문제점을 보완하기 위해 1차 Pilot 트랙터는 모듈레이터 밸브의 릴리프 밸브 앞단에 리듀싱(감압) 밸브를 추가하여 유량 변동에 따른 시스템 압력을 일정하게 유지할 수 있도록 유압회로를 구성함.



<그림 25>리듀싱(감압)밸브 유압회로 구성



<그림 26>1차 Pilot 트랙터 리듀싱(감압)밸브 구성도

(4) 성능 시험 및 내구성

㉮ 자동 변속기 동력 전달 효율 시험

㉠ 시험 방안

-. SAE J1540에 준하며, 대동공업 샤시 다이나모를 활용하여 입회 공인 인증 시험 함

-. 시험 밋션 : Pilot 밋션 단독

㉡ 시험 기준

-. 동력 전달 효율 80%이상 (동력 전달 효율 = OutPut 출력 / InPut 출력)

㉢ 시험 결과

-. 시험 조건

Input rpm	L5~L7 [kgf.m]	L8~H3 [kgf.m]
1000	617	8.75
1320	1234	17.5
1760	1851	26.25
2200	2468 [Skid Torque]	35 [Engine Troque]

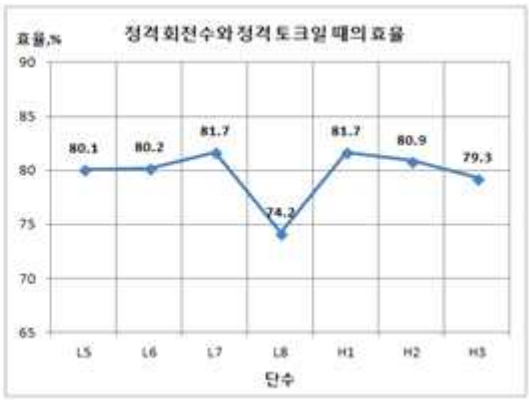
TABLE 2—SCHEDULE FOR EACH FORWARD GEAR

Input Speed (RPM) % of Maximum Rated	Input Torque as % of Rated Unit Torque 25%	Input Torque as % of Rated Unit Torque 50%	Input Torque as % of Rated Unit Torque 75%	Input Torque as % of Rated Unit Torque 100%
40%	XX	XX	XX	XX
60%	XX	XX	XX	XX
80%	XX	XX	XX	XX
100%	XX	XX	XX	XX

XX - Measured Torque Loss Values

-. 1차년도 시험 결과는 74.6%이며, 2차년도 1차 Pilot 밋션 78%, 3차년도 81.7%로 최종기준 80% 이상을 만족하였음.

-. 4차년도 정량적 목표 80% 이상은 3차 년도에 기 달성 되어 시험 평가 생략함.



㉣ 자동 변속기 소음 시험

㉠ 시험 방안

-. 한국 산업 규격 KS B 1410 "기어 장치의 소음 측정 방법"을 기준으로 대동공업 무향실에서 시험 평가하며, 입회 공인 인증 시험 함

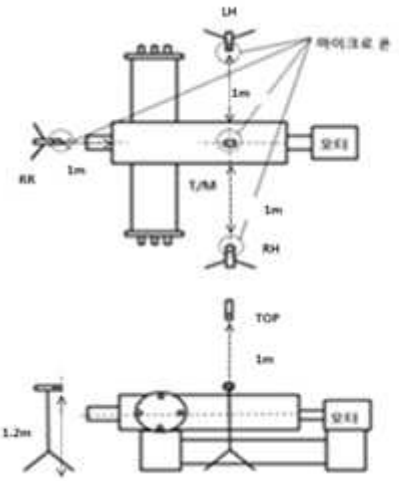
㉡ 시험 기준

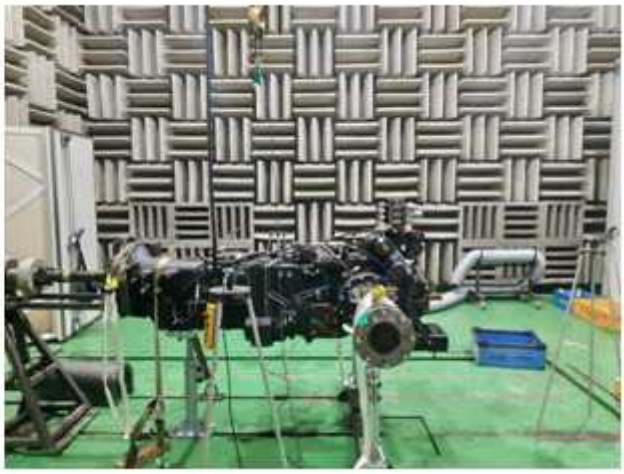
-. 자동 변속기 주변 소음 87dB(A)이하

㉢ 시험 결과

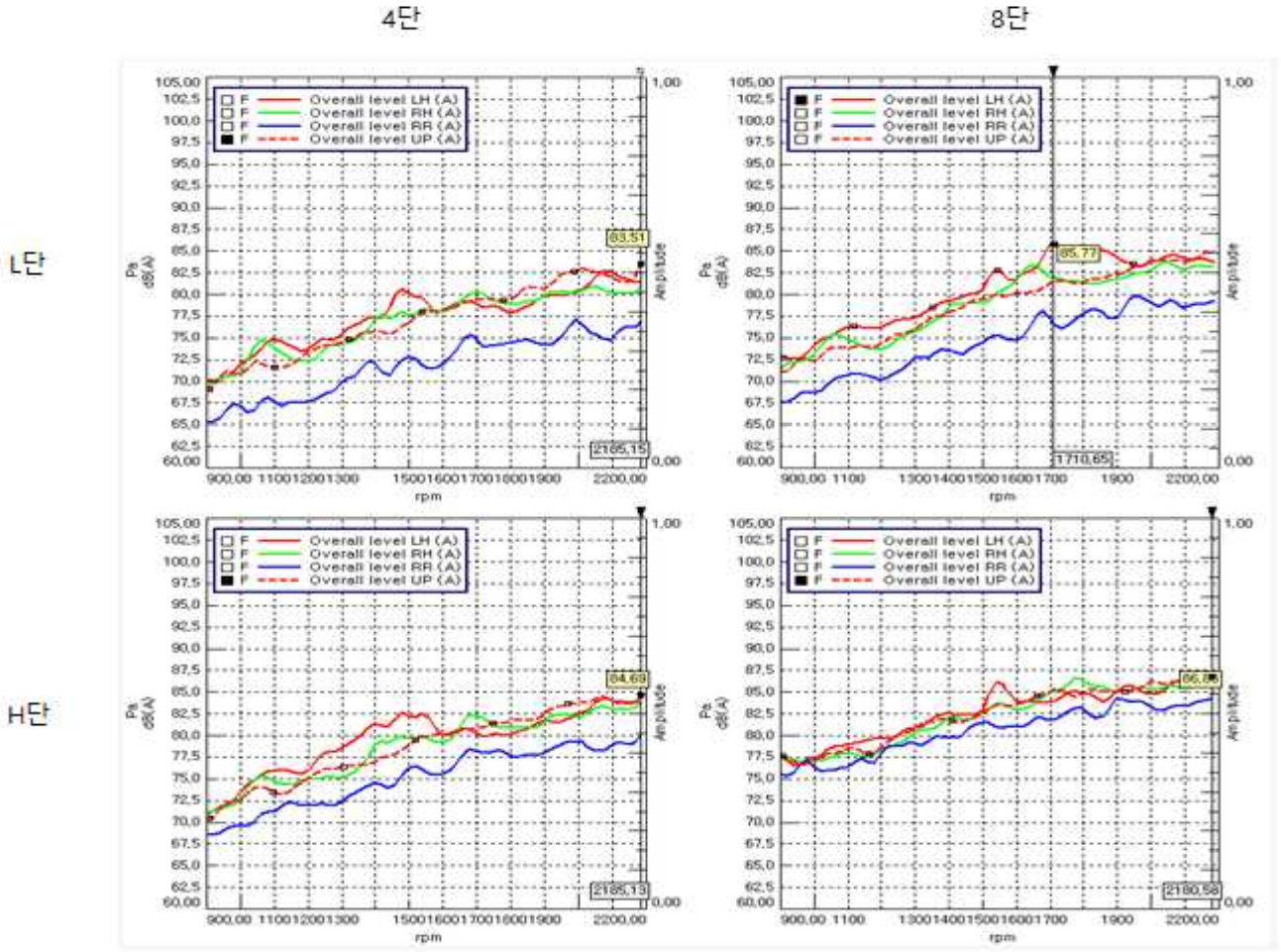
-. 부변속 High단, Input 회전수 2,180rpm에서 밋션 상단부 기준 최고 86.9dB(A)로 3차년도 기준을 만족하였으며, 4차년도 최종 목표 87dB(A)이내를 조기 달성함.

구분		목표	2차년도		3차년도	
부변속	주변속		소음레벨 / 위치 [dB(A)]	입력회전수 [rpm]	소음레벨 / 위치 [dB(A)]	입력회전수 [rpm]
L	4	3차년도 89dB(A) 4차년도 87dB(A)	85.6 / 우측	1,697	83.5 / 상단	2,185
	8		90.1 / 상단	2,057	85.8 / 좌측	1,710
H	4		89.2 / 상단	2,038	84.7 / 상단	2,185
	8		89.6 / 상단	1,796	86.9 / 상단	2,180





<마이크로폰 위치> <소음 시험>



<그림 27> 대표 단수별 소음 시험 결과

㈏ 자동 변속기 시스템 압력 시험

㉠ 시험 방안

-. 유압 클러치 Engage시 전압을 압력 센스, 계측 장비 등을 활용하여 측정하며, 입회 공인 인증 시험 함

-. 시험 밋션 : 4차년도 2차 Pilot

㉡ 시험 기준

-. 시스템 압력 16kgf/cm2 이하

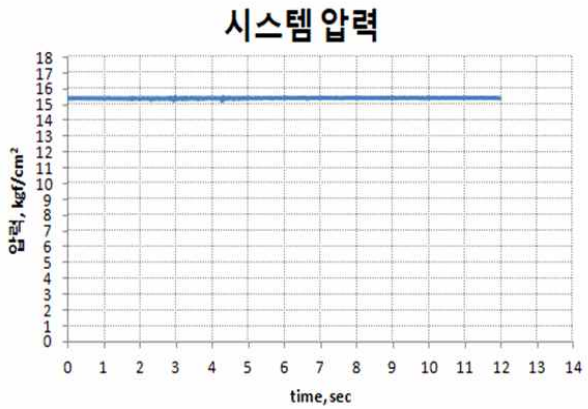
㉢ 시험 결과

-. 시험 조건

: 자동변속기에 공급 되는 유량이 20LPM일 때, 자동 변속기 유압라인과 모듈레이팅 밸브 사이의 배관 압력을 측정함. 이때, 오일 온도는 82±2℃를 유지해야 함

㉣ 시험 결과

자동변속기의 시스템 압력 측정 결과는 15.4kgf/cm2 로 당해 연도 기준을 만족하였음.



<그림 28> 시스템 압력 측정 방법 및 시험결과

㉤ 내구 수명 시험

㉠ 시험 방안

-. 무고장 시험 시간 산출

$$t_n = Bi\left(\frac{\ln(1-CL)}{n.\ln(1-p)}\right)^{\frac{1}{\beta}} = 39,806hr$$

-. 여기서, Bi는 보증수명(4,000hr), CL : 신뢰수준 90%, p : 10%, n : 시료 수 1개, β: 형상모수 1.63, 2차년도 분석 결과인 가속계수 45를 감안한 시험 시간은 약 884hr임.

-. 단수별 시험 시간 분포

Shuttle	H/L	Range	Creep	Main	목표수명시간		
					AxleTorque (kgf · m)	Axlerev (rpm)	밋션기어 수명시간
FWD	Low	L	CR	1	2102.99	2.72	0.6
				2	2102.99	3.29	1.2
				3	2102.99	3.99	1.2
				4	2102.99	4.88	1.9
			Nor	1	2102.99	7.44	4.0
				2	2102.99	9.00	8.4
				3	2102.99	10.92	39.7
				4	2102.99	13.35	34.7
		H	CR	1	2102.99	11.78	4.6
				2	2102.99	14.26	3.7
				3	2102.99	17.31	3.7
				4	2102.99	21.15	2.4
			Nor	1	2005.87	32.22	110.3
				2	1657.42	39.00	67.2
				3	1365.48	47.34	36.9
				4	1117.33	57.85	3.9
	Hi	L	CR	1	2102.99	5.98	2.9
				2	2102.99	7.24	2.7
				3	2102.99	8.79	4.1
				4	2102.99	10.74	6.9
			Nor	1	2102.99	16.36	129.0
				2	2102.99	19.80	129.3
				3	2102.99	24.03	141.0
				4	2102.99	29.37	122.0
		H	CR	1	2493.46	25.92	0.3
				2	2060.31	31.37	0.3
				3	1697.41	38.08	0.3
				4	1388.93	46.54	0.3
			Nor	1	949.35	70.89	4.5
				2	784.44	85.80	4.5
				3	646.26	104.14	4.5
				4	528.82	127.27	7.5
Total							884.6

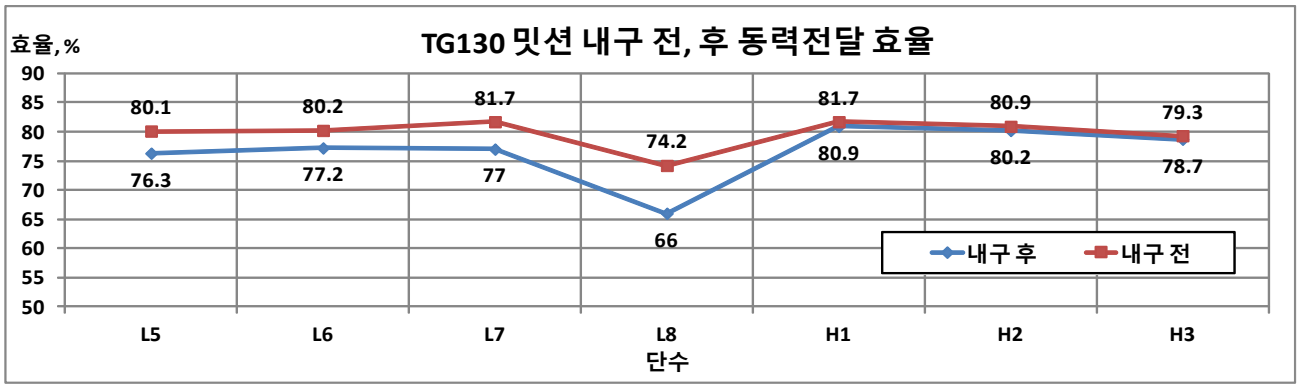
<그림 29> 단수별 시험 시간

㉡ 시험 결과

자동 변속기의 내구 수명 시험은 가속수명 시험 조건을 기준으로 893.4hr 시험하였으며, 시험 중

자동 변속기의 이상 소음 및 누유는 발생하지 않았다. 또한 내구 시험 전/후의 효율 변화는 L8단

기준 8.2%(효율 변화 기준 10% 이내)였다.



<그림 30> 자동변속기의 내구 수명 시험 전/후 성능 시험 결과

㈅ PTO 출력

㉠ 시험 방안

OECD CODE 2 Power Take-Off 시험 방안에 준하며, 대동공업 PTO 동력계(SE500)를 활용하여 입회 공인 인증 시험 함.

- 시험 트랙터 : 4차년도 2차 PILOT

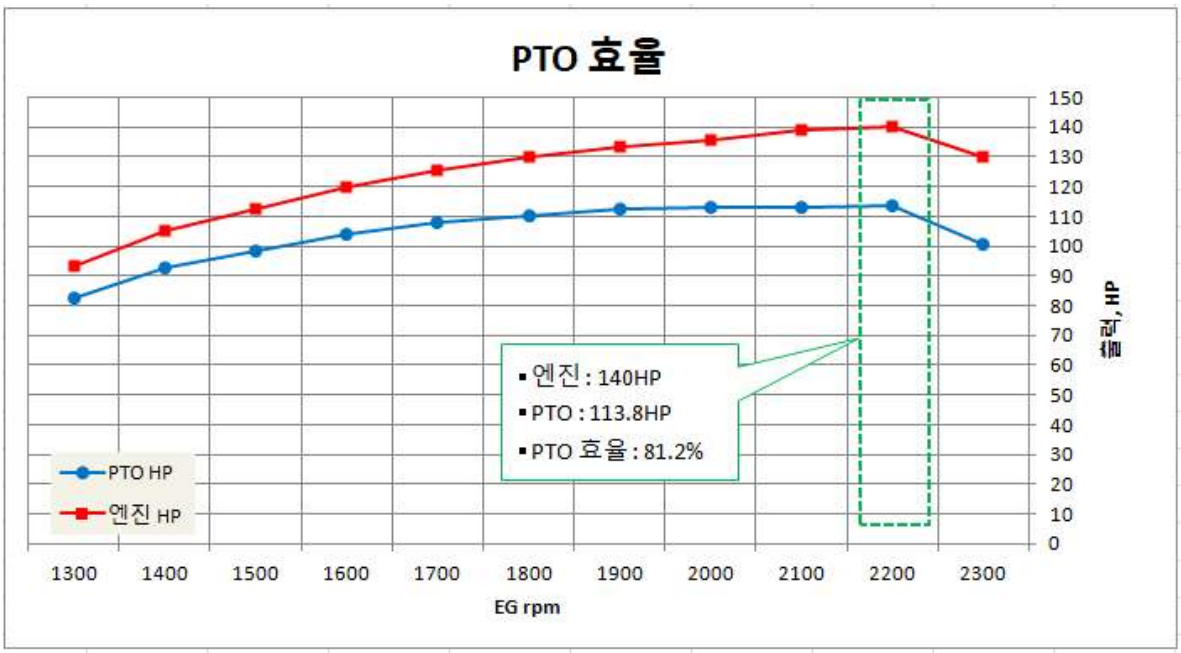
㉡ 시험 기준

PTO효율 80%이상

(PTO효율 = 정격 회전수에서의 PTO 출력 / 정격 회전수에서의 엔진 출력)

㉢ 시험 결과

정격 회전수에서의 PTO출력 113.8HP으로 엔진 정격 회전수에서의 출력 140HP대비 81.7%로 기준을 만족함.



<그림 31> PTO출력

<그림 32> PTO효율 시험

㉮ 변속 충격 및 변속 시간

㉠ 시험 방안

트랙터의 최대 엔진 회전수에서 각 단수별 변속시, 변속 충격 및 변속 반응 시간을 측정

변속 충격은 변속 구간 중 최대(peak) 값을, 변속 반응 시간은 변속 신호 인가 후 차속이 변동

되는 시점을 기준으로 한다.

㉡ 시험 기준

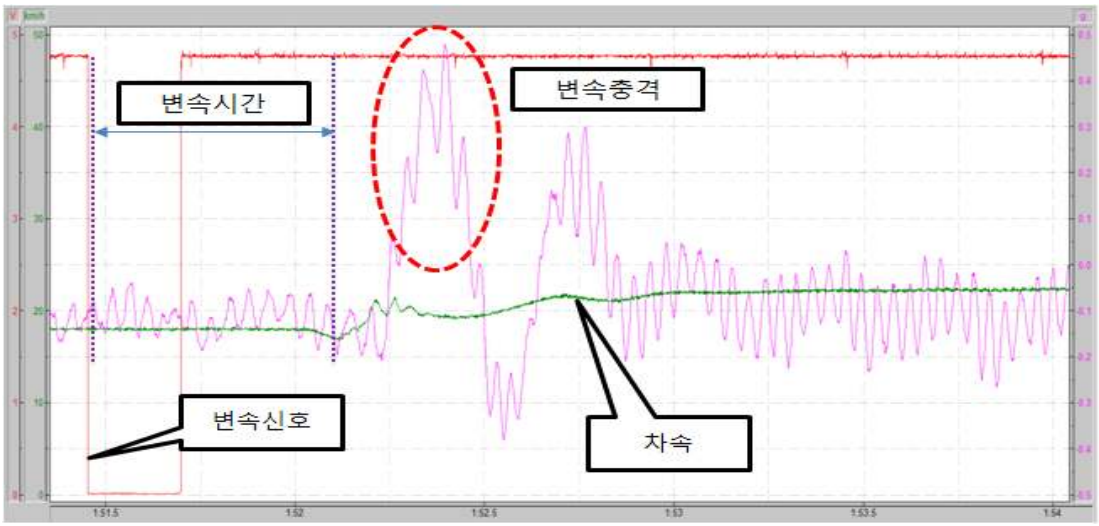
자동 변속기 변속 충격 0.8G 이하, 변속 시간 0.8sec 이하

㉢ 시험 결과

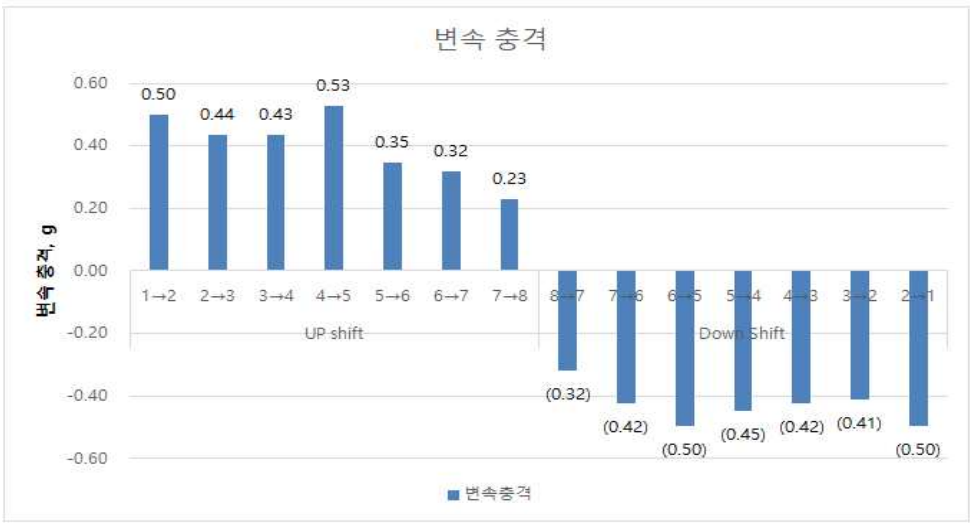
최대 변속 충격은 부변속 High, 4→5단 변속시 0.53G로 나타 났으며, 변속 시간 또한 동일

단수에서 0.57sec로 최대 변속 시간으로 계측 되었다.

4차년도 정량적 목표인 변속 충격 0.8G이하, 변속 시간 0.8sec 이하를 만족.



<실 계측 결과 예시>



<그림 33> 단수별 계측 결과

㈐ 성능 내구 시험

㉠ 시험 방안

필드에서 주로 사용하고 있으며 사내에서 연속 작업이 가능한 작업기인 로터리, 쟁기, 로더, 트레일러를 각각 부착하여 내구 시험을 실시하며, 시험 중 잦은 변속을 통해 자동 변속기부분의 내구 검증함.

㉡ 시험 기준

Total 500hr

㉢ 시험 결과

각 작업기별 시험 시간을 완료 했으며, 시험중 변속시 이상 소음 없고, 시험 전후 변속 시간, 충격 등 큰 변화 없었음.(감성 평가 결과 특이 사항 없어, 정량 평가는 생략 함)

	로터리	쟁기	로더	트레일러	Total
목표, hr	100	100	100	200	500
결과, hr	100	100	100	200	500

㉣ 추가 시험

주행 시험장내 요철 시험로를 구성하여, 차량에 가해지는 충격에 의한 누유 여부, 요철로 주행중 이상 반응 등을 약 50hr 반복 시험을 통해 확인하였으며, 특이 사항 없었음.

<요철 시험>

㉮ 현장 실증 시험

㉠ 시험 방안

자동 변속기가 주로 사용되어지는 축산 작업을 통해 검증하였으며, 시험 지역은 전라남도 함평군, 충청남도 서천, 경상남도 창녕 등에서 실수요자를 대상으로 평가 함.

㉡ 시험 기준

-. 3차년도 :100hr

-. 4차년도 :200hr

	작업기 1	작업기 2	작업기 3	작업기 4	Total
3차년도	컨디셔너 20hr	베일러 30hr	래핑기 30hr	쟁기 20hr	100hr
4차년도	베일러 70hr	래핑기 30hr	로터리 100hr	-	200hr

㉢ 시험 결과

작업기별, 작물별, 지역별 현장 실증 시험을 통해 문제점 도출 및 개선 진행 완료함.
작업 및 주행 중 자동 변속 기능 추가에 따라 작업자의 운전 피로도가 감소 되었으며, 수입 기종과 비교해 변속 성능이 우수하다는 평가를 받음.

<컨디셔너 작업>

<베일러 작업>

<래핑기 작업>

<쟁기 작업>

<로터리>

㉶ 공인인증 기관 시험 성적서

KITECH 한국생산기술연구원 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89
Tel: 041-589-8114 | Fax : 041-589-8120 | www.kitech.re.kr

시 험 성 적 서
(Test Report)

1. 성적서 번호 : C21N920043-01-02-(01-00)
2. 의 뢰 자 : 대동기어(주)
   경남 사천시 사남면 공단1로 42 (유천리)
3. 시 험 기 간 : 2021-11-12 ~ 2021-11-12
4. 용 도 : 시험분석
5. 품목/시료명 : 트랙터 자동변속기
   * 시험의뢰자가 제공한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
6. 시 험 방 법 : 트랙터 자동변속기 성능시험
7. 시 험 결 과 : 다음 페이지 참조
8. 시 험 장 소 : 경상남도 창녕군 창녕읍 창녕공단길 39, 대동 기술연구소

확인	시험자	기술책임자
	성 명 : 박진선 (인)	성 명 : 이동근
	연락처 : jspark00@kitech.re.kr	연락처 : hleb@kitech.re.kr

2021년 11월 29일

한국생산기술연구원장

비고 : 1. 본 성적서는 고객이 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과에 한하며, 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 본 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금지합니다.
3. 본 성적서의 진위 확인은 QR코드로 확인가능합니다.

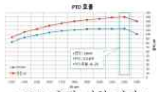
KITECH 한국생산기술연구원 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89
Tel: 041-589-8114 | Fax : 041-589-8120 | www.kitech.re.kr

시 험 결 과

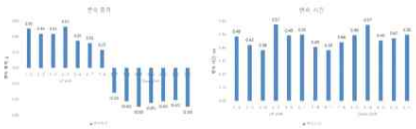
| 시험결과 요약 |

시험항목	단위	평가기준	시험결과	비 고
시스템 압력	kgf/cm^2	16 이하	**15.402**	3회 평균값, 평균값 15.104bar를 환산한 결과임
PTO 출력	%	80 이상	**81.2**	PTO 1단 기준
변속 충격	$g(9.81m/s^3)$	0.8 이하	**0.53**	H4->H5단 변속 시
변속 반응 시간	sec	0.8 이하	**0.57**	H4->H5단 또는 H5->H4단 변속 시

< 시스템 압력 시험 결과 >



< PTO 출력 시험 결과 >



< 변속 충격 및 시간 시험 결과 >

나 공동연구기관 : 대동기어(주) - 연구개발 수행과정 및 수행내용

1) 연구개발 수행내용

-. 1차년도

(1) 세부 연구 목표

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2018)	자동변속 변속기 개발	선진기술 동향 조사 및 특허 회피 방안 모색	특허 분석 및 특허 회피 방안 검도 선진기술 분석 및 벤치마킹 트랙터 분석	전후진 자동 8단 구조 확정 및 상세 설계 진행
		자동변속기 Lay-out 설계	동력 전달 구조 설계 소음 저감 설계	전후진 자동 8단 구조 및 클러치팩 사양 확정
		1차 시제품 상세 설계	3D 모델링 및 시뮬레이션 부품 상세 도면 설계 기어 정도 개선	케이스류 : 140종 설계 기어류 : 39종 설계 클러치조합 : 9종 설계
		1차 시제품 부품 제작	주물류 간이 목형 개발 기어류 39종 제작 구매품류 18종 제작	밋션총조합 시제품 2대 제작 완료
		핵심부품 공인인증시험 방안 모색	효율 : SAE J1540 기준 소음 : KS B 1410 기준	공인 인증 시험 완료
		핵심부품, 밋션총조합 자체 평가 및 공인(입회)시험	인증기관 수배 및 입회시험 요청	공인 인증 시험 완료

(2) 연구개발 수행내용

㉮ 선진기술 동향 조사 및 특허 회피 방안 모색

< 선진사 기술 동향 조사 및 특허 분석 >

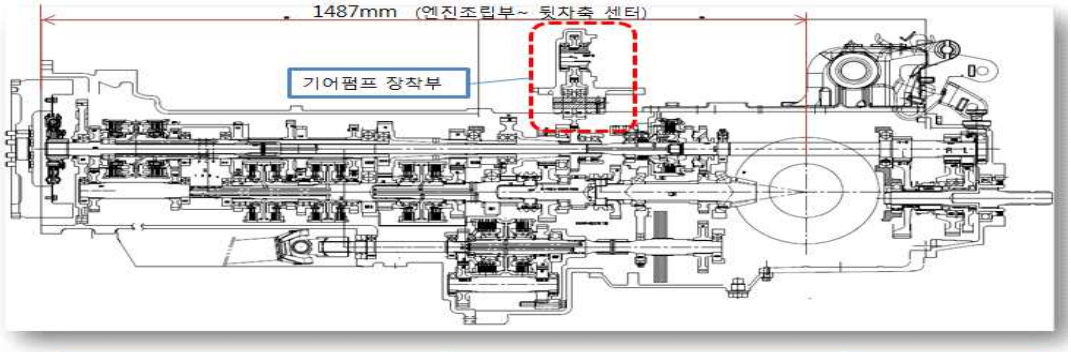
- 상기와 같이 변속기의 구조분석 및 선진사 특허 분석을 통해 신규개발구조와의 유사성 및 장단점을 분석하였다. 선진사 구조분석은 서구권 메이져 업체 및 아시아권 메이져 업체로 대별하여 분석하였고, 이번 과제를 통해 개발하는 구조는

아시아권 업체구조와 유사하여 특허분석의 주요한 대상으로 아시아권 업체를 그 대상으로 삼았다.

- 과제를 통해 개발하는 구조는 기존의 메이져 업체의 구조를 보완하고 기존에 파워셔틀에서 사용하는 구조와 공용화를 추구한 구조로 개발되었다. 개발구조의 장점은 파워시프트 구동유압유의 유로를 최소화하고 단순한 구조를 택하여 클러치의 응답성, 정비의 효율성이 장점으로 판단된다. 밋션의 구조는 각 메이커별 구조가 상이하여 특허가 상호 저촉될 가능성은 없었다. 밋션의 구조는 각 메이커별 기존의 파워셔틀 및 싱크로셔틀을 사용하는 구조를 바탕으로 HI/LO 클러치, 주변속 클러치를 추가한 구조로, 각 메이커별 기본 구조가 상이하므로 자동변속 밋션의 구조도 상이한 구조로 개발된 것이 특징이다.

㉯ 자동변속기 Lay-out 설계

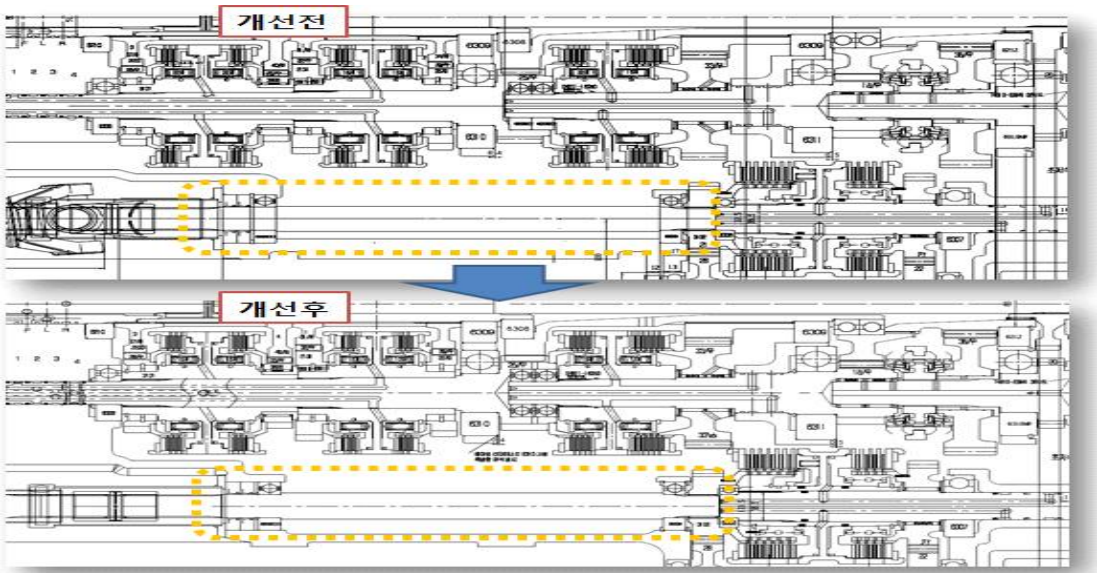
㉠ 밋션 기어라인부



동일 부 (TG120대비)	상이 부 (TG120대비)	비고
1. 뒷차축 위치 : 1487mm (엔진취부면~뒷차축 센터) 2. 기어펌프 장착부 위치 3. 초저속부 위치 4. PTO부	1. 부변속부 위치 (좌 → 우) 2. 추진축 위치 261mm (주축~추진축간 거리 (기존: 257mm)) 3. 주변속부 삭제	→ 앞/뒷 브라켓 조립부 위치 4mm 변경

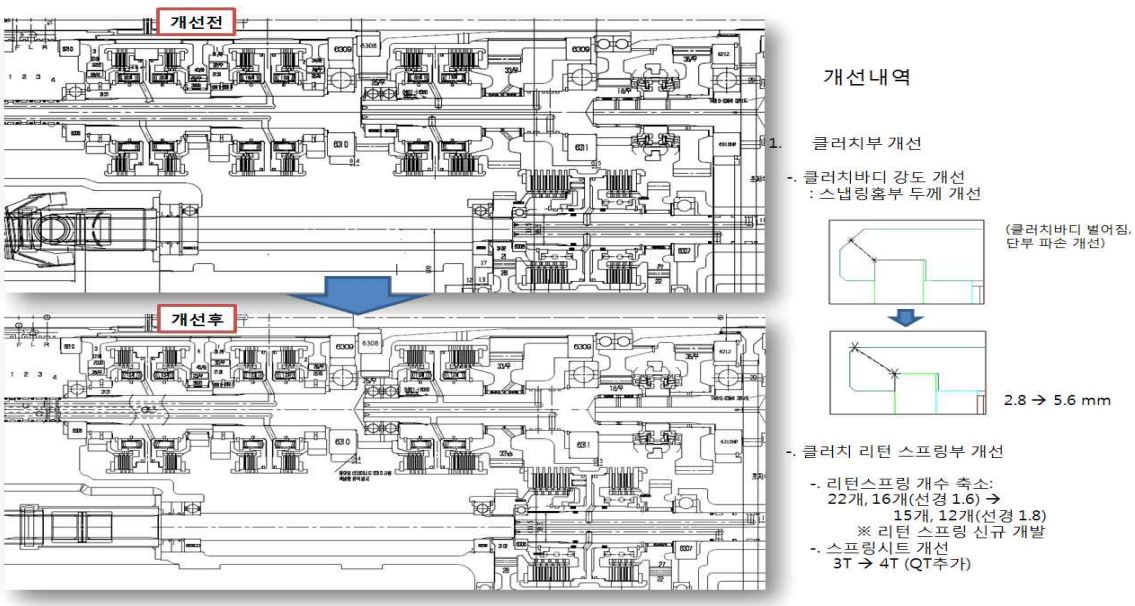
<그림 34> 밋션 기어라인 Lay-out

상기와 같이 기어라인부의 전체적인 설계를 진행하였으며, 트랙터에 적용하기 위한 뒷차축센터 및 기어펌프 장착부 위치를 설계 검토하여 확정하였다. 또한 파워시프트 클러치의 내구성 확보를 위해 축간거리를 증대하였다. 파워시프트 클러치 장착을 위한 2축의 클러치 장착 공간을 증대하기 위해 기존 75kw급 싱크로 주변속 트랙터의 축간거리대비 증대된 축간거리로 설계하여 설계상의 안전율을 확보하였다.



<그림 35> 밋션 기어라인 개선 - 전륜구동부

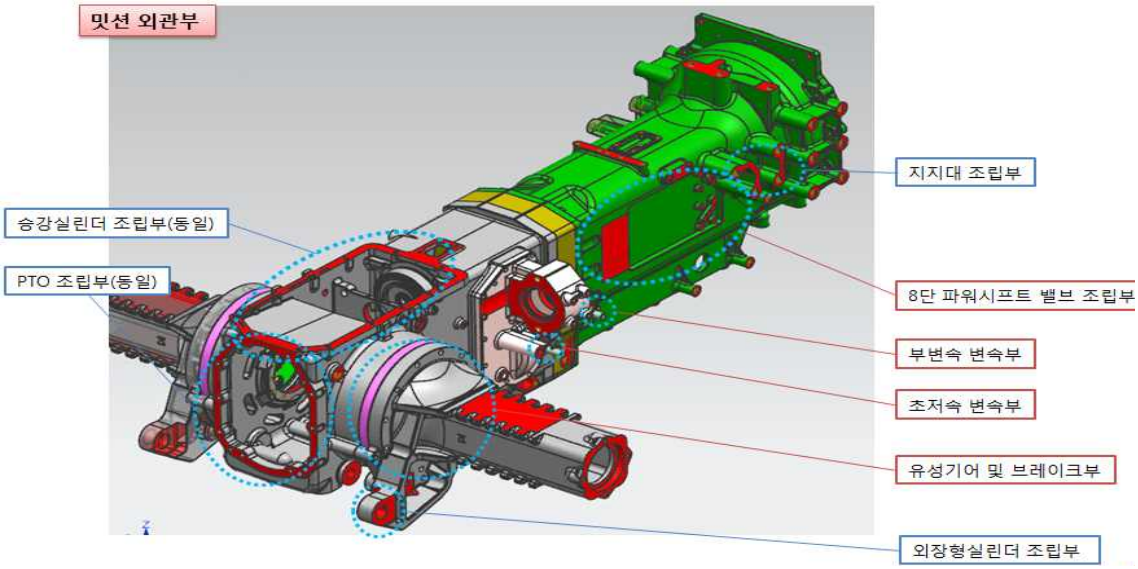
자동변속용 습식다판 클러치 적용에 따라 하우징의 길이가 증대됨에 따라 하우징의 MCT 가공성 문제점이 검토되었다. MCT 가공성을 개선하기 위해 전륜구동부의 설계를 개선하였다. 축부 지지베어링 조립을 위한 케이스 구멍가공부 및 축 조립부의 스냅링 및 베어링 단부를 삭제하여 가공성을 개선하였다.



<그림 36> 밋션 기어라인 개선 - 클러치부

자동변속기의 습식클러치의 클러치바디 강성을 확보하기 위하여 클러치바디의 고정부 설계를 보완하고 리턴스프링을 신규개발하여 스프링개수 최소화 및 고 RPM에서 구동되는 클러치의 피스톤 리턴반응성을 개선하고자 설계를 변경하였다.

㉡ 밋션 케이스 및 외관부



<그림 35> 밋션 외관부 - 각 부품 조립부

- 상기와 같이 자동변속기의 하우징부의 설계를 하여 승강실린더, 밸브, 외장형실린더등의 조립부 위치 및 형상을 확정하였다. 기존 양산기종에 사용중인 부품을 공용화를 검토하였고, 외장의 레버부의 레이아웃에 따라 부변속 및 초저속부 위치를 확정지었다. 특히, 텐덤 기어펌프 장착을 위한 공간확보를 위해 뒷차축케이스 및 브레이크부의 외형크기를 최소화하였다. 자동 주변속을 위한 밸브 장착위치를 확정하였는데, 특히 밸브의 돌출을 최소화하기 위해 장착부 보스의 돌출을 최소화한 설계를 하였고, 밸브와 밋션내부의 클러치와의 유압유 작동성을 확보하기위해 유압라인의 경로를 최소화하는 설계를 하였다. 주물케이스를 통해 유로를 만들었으며, 주물의 냉각시 구배를 최소화하기 위해 유로주변의 주물 구조의 설계를 금형전문업체와의 협업을 통해 확정하였다.

㉢ 1차 시제품 상세 설계

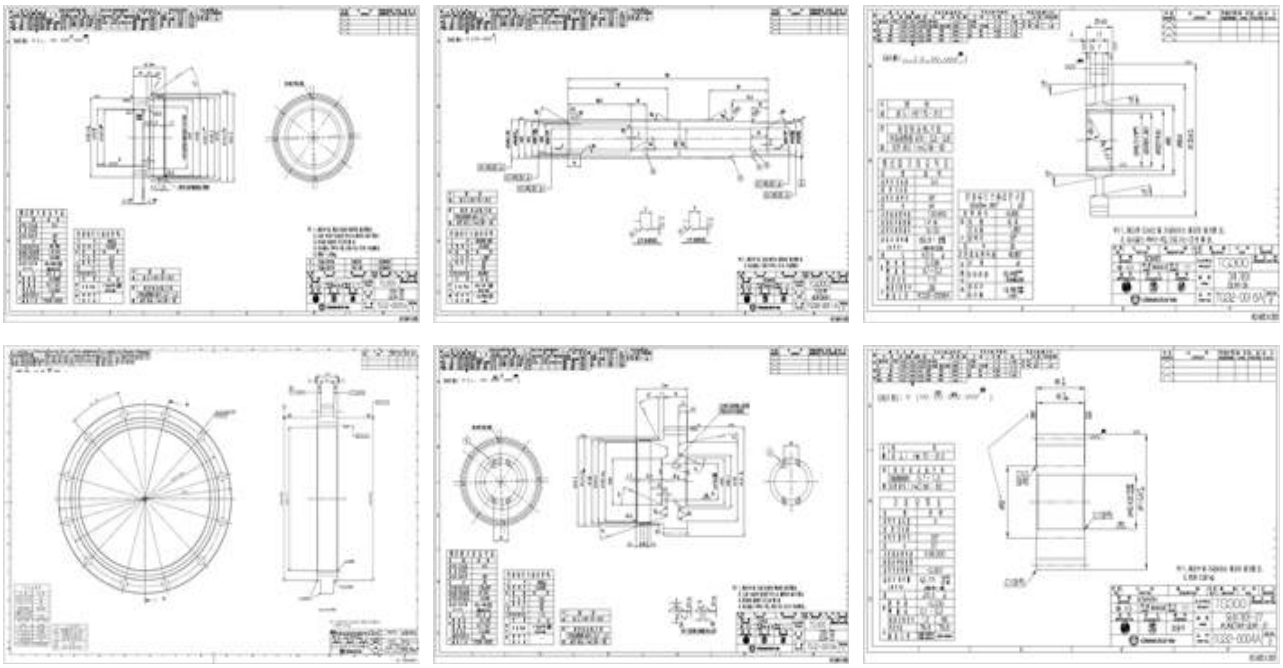
A. 기어, 축 류

- LAYOUT 설계를 통해 결정된 밋션의 전체적인 크기(전장, 전폭, 전고)와 축간거리를 토대로 기어 사양을 결정하였다. 기어의 특성 상 기본적으로 상대 기어간 모듈이 같지 않을 경우 구동이 되지 않는다. 모듈은 피치원 직경에서 기어 잇수를 나눈 값으로 흔히 나사의 피치를 떠올리면 쉽게 이해할 수 있다.

앞서 셋팅된 축간거리를 바탕으로 1 ~ 8단에 이르는 기어비를 검토하기 위해 KISS SYS를 활용하여 이상적인 모듈을 먼저 도출하였다. 도출된 각 단수별 DATA를 기반으로 현실성 있는 제작과 범용성을 갖추기 위해 모듈을 재검토하였다. 특수한 모듈의 경우 전용 공구를 제작할 수 밖에 없는 상황이며 이는 곧 비용과 개발 기간에 큰 영향을 미치게 된다. 그리고 범용성이 결부되어 사업성

이 크게 저하될 수 있다. 그리하여 현재 생산하고 있는 유사기종을 참고하여 가장 적정한 기어비 도출 및 범용 설계를 하였다.

주변속의 경우, 높은 RPM과 상시 맞물림에 의하여 기어에 많은 부하가 집중된다. 이를 보완하기 위해 헬리컬기어를 적용하여 기어 수명 및 소음 개선을 추진하였다. 헬리컬기어의 경우 높은 물림율을 가지기에 같은 사양의 평기어 대비 품질 확보가 가능하다. 비틀림각을 증가할수록 이러한 특성이 좋아지지만 실제 가공성을 반영하여야한다. 치폭이 길고, 비틀림각 또한 높을수록 치줄의 상, 중, 하 편차가 크게 두드러지는 특성이 있다. 이는 곧 품질 저하를 초래하며 접촉면에 영향을 미치게 되기에 적정 비틀림각으로 설계하였다.



<그림 36> 각 단품별 설계도면

B. 주물류

Ⓐ 강성 확보

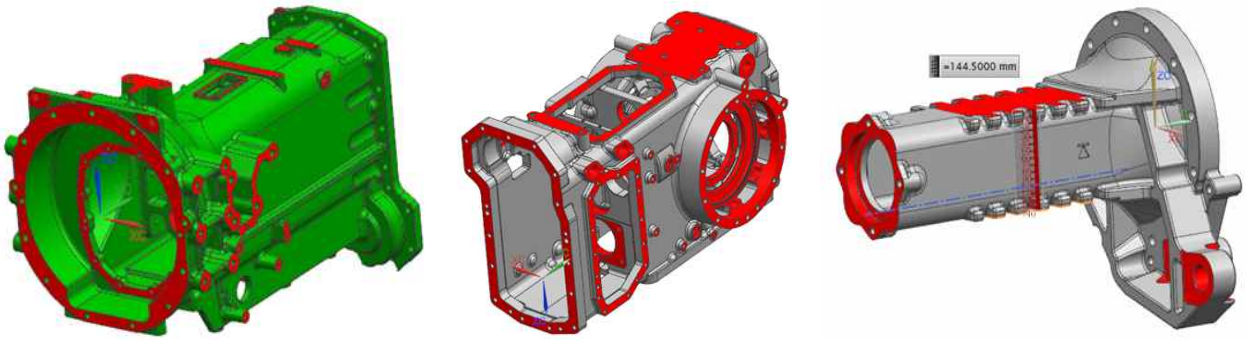
- 케이스간 결합부를 최소화 하기 위해 일체형을 설계하였다. 보통 트랙터 밋션의 경우 클러치하우징, 중간케이스, 밋션케이스, 브레이크케이스, 뒷차축케이스로 크게 나뉘게 된다. 본 개발품의 경우, 유압식 자동변속기인 점을 착안하여 클러치, 기어 조합의 조립성을 확보하고자 중간케이스를 최소화하고 그만큼 클러치하우징의 전장을 증가시켰다. 또한 브레이크케이스 또한 밋션케이스와 일체화하였다.

Ⓑ 중량 저감

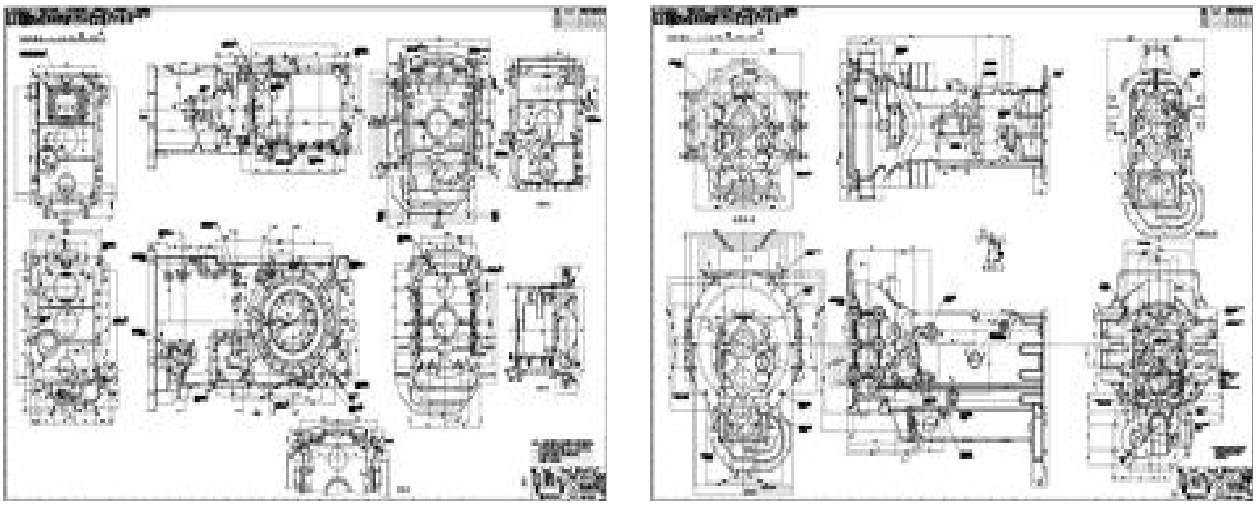
- 일반 기계식 밋션의 경우 변속을 위한 별도의 변속포크와 함께 작동 공간이 필요하다. 특히 기어와의 간섭을 방지하기 위해 변속포크는 기어의 외경보다 크게 설계가 필요하다. 그만큼 작동 공간이 필요하기에 케이스의 크기가 커지게

된다.

하지만 자동변속기의 경우, 클러치조합에 유압을 공급하여 마찰을 통한 변속이 이루어지기에 별도의 변속포크가 불필요하며, 그만큼 케이스의 폭을 줄일 수 있는 여유가 충분했다. 그 결과, 기존 양산제품 대비 전장은 유지하되 전폭을 60mm 줄여 중량 저감을 실현하였다.



<그림 37> 주물류 3D 설계안



<그림 38> 주물류 설계도면

C. 밋션 소음 개선 설계 적용

- 보통 테이퍼롤러베어링이 조립되는 부분은 축방향 하중이 발생하는 구간이다. 그리고 테이퍼롤러베어링의 구조가 크게 외륜과 내륜으로 구분되어 있다. 조립 시, 예압을 부가하지 않으면 내륜과 외륜간의 유격에 의한 마모와 변형이 발생할 수 있다. 이는 곧 축 정렬에 편차를 발생시켜 구동부에 소음과 진동을 초래한다. 이러한 이유로 자동변속용 클러치류를 지지하는 축의 베어링을 볼베어링으로 적용하고, 외륜 측면에 SHIM을 조립하여 축방향 유격을 감소시키려 하였으나, 조립성과 가공 현실성을 감안하여 일반적인 볼베어링 조립 구조를 채용하되, 별도의 부품을 추가하여 간격 조정이 가능토록 고안하였다.

- 우선 SHIM 삽입 구조를 검토한 결과, SHIM과 베어링 이탈을 방지할 커버가 별도로 추가 필요하였다. 하지만 커버가 추가될 내부 공간이 부족하였고, 구조

상 조립/분해 작업이 난해하다고 판단하였다. 이를 보완하는 방법으로 베어링잡이를 고안하였다. 베어링의 측면이 케이스 또는 커버의 측면보다 일정량 돌출되도록 하여 베어링잡이가 조립되면 돌출된 간격만큼 벤딩 지지되도록 하였고, 그때 발생하는 탄성력으로 베어링을 고정하는 방식이다. 만약 열변형이 발생하여도 베어링잡이의 수축, 팽창으로 간격을 능동적으로 매우도록 하여, 고부하시의 축방향 유격 및 소음 발생원인을 개선하고, 축방향의 공간 부족의 문제점도 개선하는 설계를 반여하였다.

<그림 39> 베어링 잡이 설계 및 적용

㉣ 1차 시제품 부품 제작

파워시프트 밋션에 소요되는 부품은 총 638종으로서 개발품 80종, 공용품 558종으로 구분되며, 개발품은 기어류 36종, 주물류 14종, 구매품류 30종으로 분류된다. 파워시프트 밋션은 총 2대분을 제작하였다.

<그림 40> 1차 시제품 제작 과정

◎ 핵심부품 공인인증시험 방안 모색

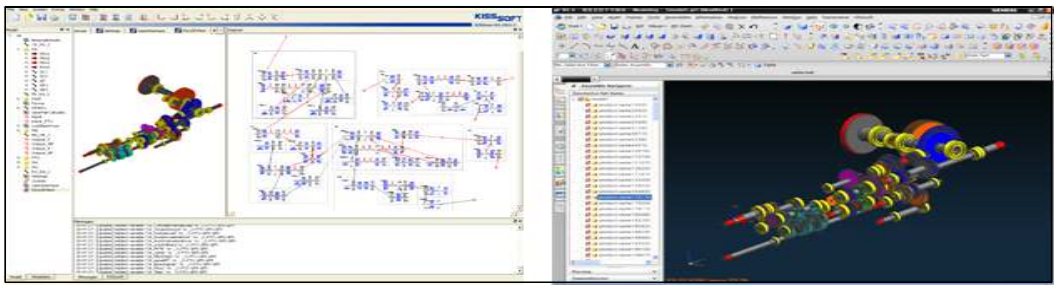
A. 소음 개선 방안 검토

① 동일한 모듈, 압력각, 치폭을 기준으로 헬리컬기어는 일반 평기어 대비 물림율 증가

구분	물림율		증가율(B/A)
	평기어(A)	헬리컬기어(B)	
1단 조합	1.254	1.501	1.20
2단 조합	1.263	1.499	1.19
3단 조합	1.273	1.493	1.17
4단 조합	1.278	1.484	1.16

② 헬리컬기어의 경우, 비틀림각을 높일수록 물림율이 증가하여 구동 부하를 감소시켜 기어의 수명을 증대할 수 있으며, 소음 저하에 큰 영향을 미침. 하지만 실제 가공 시 과도한 비틀림각은 기어 PROFILE, LEAD의 상, 중, 하의 과도한 편차로 인한 품질 저하가 발생하며 이는 곧 소음 발생의 원인으로 작용함.

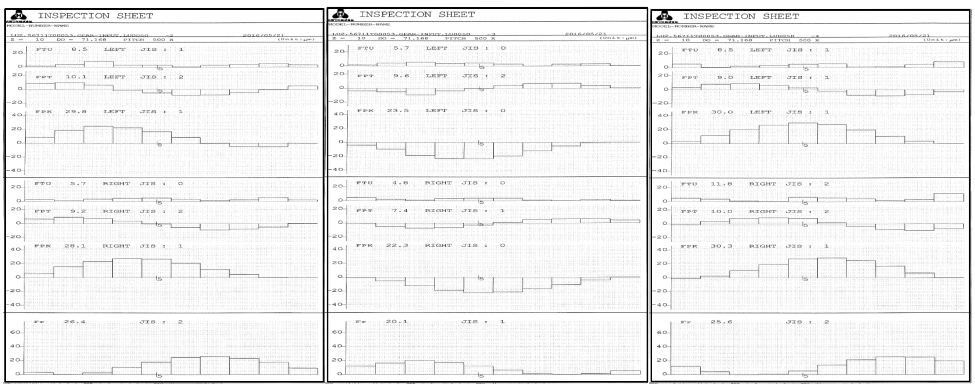
③ 이를 보완화기 위해 KISS SYS를 통한 보완을 실시하여, 최적의 기어 사양을 재설계할 예정임.



<그림 41> KISS SYS를 이용한 Ass'y 해석 및 설계 보완

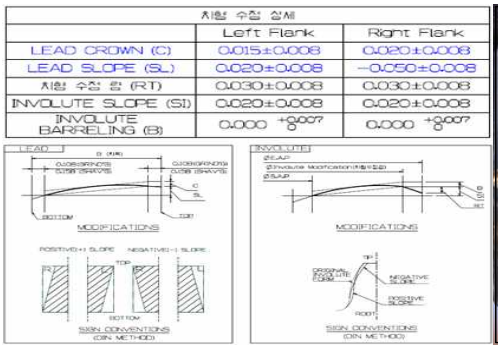
④ 가공성 현실화를 기반으로 기하공차 및 치구 보완을 통하여 가공 정밀도를 향상하여 품질을 향상함.

- 피치오차 : 가공물과 치구의 유격 및 선삭 오차에 의한 치절(홉빙 & 기어세이핑) 시 피치오차(단일피치, 누적피치 등)의 영향을 최소화.



<그림 42> 피치오차 측정

- 치형오차 : 세이빙 또는 치면연삭을 통한 치형을 형성하며, 치면의 표면 거칠기를 최소화하여 소음을 방지함. 특히 고회전, 고부하가 작용하는 기어는 압력각오차, 비틀림각오차, 크라우닝 등 특별제원을 적용하여 실제 환경에서 최적의 구동환경을 구축함.



치형 수정 상세		
	Left Flank	Right Flank
LEAD CROWN (C)	0.015±0.008	0.020±0.008
LEAD SLOPE (SL)	0.020±0.008	−0.050±0.008
치형 수정 량 (RT)	0.030±0.008	0.030±0.008
INVOLUTE SLOPE (SI)	0.020±0.008	0.020±0.008
INVOLUTE BARRELING (B)	0.000 $^{+0.007}_{0}$	0.000 $^{+0.007}_{0}$

<그림 43> 치형 특별제원 참고 <그림 44> 치형제원에 따른 접촉면 개선 참고

- 치형수정공법 : 치형수정의 경우 대표적으로 세이빙, 치면연삭 가공이 대표적임. 특히 치면연삭 중 외날타입 공법 적용 시 각 기어의 면을 개별적으로 수정하기에 특별제원의 치형형성이 휠타입 공법 대비 정밀하며 유리함. 이를 기반으로 치형수정공법 개선을 추진할 계획임.

<그림 45> 치면연삭-휠타입 <그림 46> 치면연삭-외날타입

B. 백래시 조정

- 적절한 백래시를 통한 물림율 향상과 최소의 소음 합의점 도출이 필요함.
- 중심거리가 커져 백래시가 커지면 기어 회전성은 좋아지나 물림율이 저하되면서 구동 부하에 대한 강도 또한 저하됨. 반면, 백래시가 작아지면 물림율은 향상되나 기어 회전성이 저하됨.
- 이론상 백래시 제로(0)는 높은 물림율과 최소의 소음을 구현할 수 있으나 고정밀도를 요하는 기어장치로서 의료 및 산업용 로봇감속부 등 특별한 현장에서 활용되며, 일반적인 인볼류트 기어가 아닌 특수 기어로서 운송용 파워트레인과는 현실에 부합하지 않음.

- 이와 같은 사유로 현실적인 최적의 백래시 조정을 위해 중심거리 조정을 검토함.
- 케이스류 : 베어링 및 축이 결합되는 부위의 직각도/평행도/위치도 규제 강화.
  가공 치구와의 결합성, 공구 FEED 및 RPM, 가공깊이 등 최적의 가공성을 확보하여 품질을 향상시킬 수 있는 설계 보완하며, 베어링 SHIM량에 따른 비교 DATA를 분석하여 최적의 SHIM 조립 기준 정립.
- 기어류 : 오버핀거리(또는 걸치기이두께), 표면거칠기, 치형수정량 설계 보완.

-. 2차년도

(1) 세부 연구 목표

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2019)	자동변속 변속기 개발	핵심부품 2차 자체 평가 및 공인(입회)시험	효율 : SAE J1540 기준 소음 : KS B 1410 기준	-공인 인증 시험 완료
		1차 시제품 문제점 조사 및 보완	제작 및 조립, 구동 문제점 파악 및 설계 보완	-케이스류 : 14종 보완 -기어류 : 39종 보완 -클러치조합 : 9종 보완
		2차 시제품 개선 설계	3D 모델링 및 시뮬레이션 부품 상세 도면 설계	-케이스류 : 5종 보완 -기어류 : 30종 보완 -클러치조합 : 9종 보완
		2차 시제품 부품 제작 (밋션총조합 3대)	주물류 15종 제작 기어류 38종 제작 구매품류 35종 제작	-밋션총조합 2차 시제품 3대 제작 완료
		밋션총조합 2차 공인(입회)시험	인증기관 수배 및 입회시험 요청	-공인 인증 시험 완료

(2) 연구개발 수행내용

㉮ 시제품 문제점 조사 및 보완

㉠ 초저속조합 문제점 분석

A. 초저속조합을 밋션케이스에 도킹 시, 49기어 외경이 접촉 기준면보다 과다하여 밋션케이스에 간섭이 발생함. 조합도면 상, 기어 배치는 이상 없으나 실제 조립 공정에서는 불가한 구조임. 해당 간섭부(밋션케이스)를 그라인딩 재생하여 임시 공간 확보 후 조립하였으며 개선 사항에 반영함.

<그림 47> 초저속 기어

<그림 48> 밋션케이스 재생

B. 밋션케이스 그라인딩 재생 후 초저속조합을 도킹 시 틈새가 발생하면서 완전 밀착이 불가하면서 반력이 발생함. 기어간의 축간거리와 추가 간섭 여부를 재점검한 결과, 변속포크와 초저속커버 간의 간섭을 재확인함. 밋션 내부에 조립된 초저속 시프터에 맞춰 변속포크의 위치가 맞물리면서 커버와 간섭이 발생함. 해당 간섭부(변속포크)를 그라인딩 재생하여 임시 공간 확보 후 조립하였으며 개선 사항에 반영함.

<그림 49> 간섭 문제점 파악

<그림 50> 변속포크 재생

C. 변속 시, 오버 스트로크를 유도하여 정상 변속이 이루어지도록 기본 설계되어 있으나, 초저속 변속은 오버스트로크가 발생하지 않음. 오버스트로크가 없을 시, 완전한 변속이 이루어지지 않음으로써 주행 중 변속 이탈로 이어질 수 있는 부분임. 본 문제를 해결하고자 변속포크의 변속암 회전 홈부 확대 재생을 수행하였고 개선 사항에 반영함.

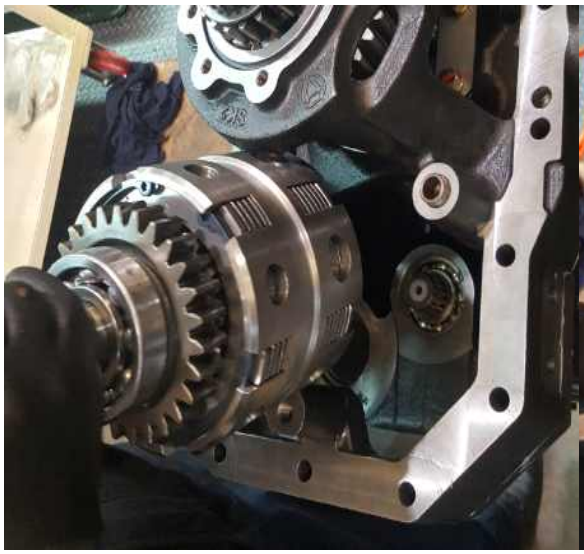
<그림 51> 변속암 회전 홈부

㉡ 중간케이스조합 문제점 분석

A. 부변속 기어가 중간케이스의 소재부와 간섭이 발생함. 설계상 주물 상태로서의 간섭 여유를 확보하였으나 실제 주물 공정의 공차 및 가공 편차를 감안할 시 간섭 가능성이 높음을 재확인함. 해당 간섭부(중간케이스)를 그라인딩 면삭 재생하여 임시 공간 확보 후 조립하였으며 개선 사항에 반영함.

<그림 52> 간섭부위 면삭 그라인딩 재생

B. 4WD/QT 클러치 조립 시, 중간케이스와 간섭이 발생하여 조립이 불가능한 상황이 발생함. 해당 간섭부(중간케이스)를 그라인딩 재생하여 임시 공간 확보 후 조립하였으며 개선 사항에 반영함.



<그림 53> 조립 공간 부족, 간섭 발생

<그림 54> 중간케이스 재생 후 조립

D. 밋션케이스와 클러치하우징 도킹 시, 4WD/QT 커버의 보스부와 밋션케이스 하단부에 간섭 발생함. 설계상 공간 여유는 존재하나 실제 주물 공정의 공차 및 가공 편차를 감안할 시 간섭 가능성이 높음을 재확인함. 해당 간섭부(4WD/QT 커버)를 그라인딩 재생하여 임시 공간 확보 후 조립하였으며 개선 사항에 반영함.

<그림 55> 4WD/QT커버 간섭 발생

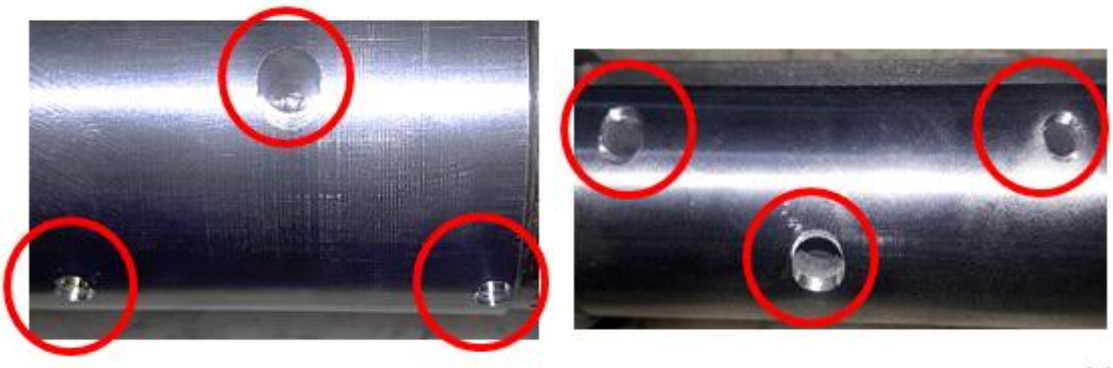
<그림 56> 간섭부 그라인딩 재생

㉢ 클러치하우징조합 문제점 분석

A. 전/후진을 담당하는 셔틀클러치 및 기어류 조립 시 소재면에 간섭이 발생함. 프런트커버 조립면을 기준으로 베어링 및 기어 조립 깊이를 설계하였으나, 미가공부의 주물 소재 허용 공차에 따른 간섭 가능성을 재확인함. 해당 간섭부(클러치하우징)을 그라인딩 면삭 재생하여 조립하였으며 개선 사항에 반영함.

<그림 57> 간섭부 그라인딩 재생

B. 자동변속기의 핵심부품인 클러치조합은 주변속축과 부변속축에 조립되어 변속 전까지 상시 아이들 구동 상태를 유지함. 아이들 구동 시 클러치디스크는 슬립이 일어나는 상태로 원활한 윤활이 가장 중요하며 오일이 부족하면 클러치가 소착되는 동시 변속이 일어나 파워트레인 파손으로 이어질수 있는 심각한 결함을 내포함. 이를 방지하기 위해 축관 클러치몸체의 윤활 구멍을 통해 클러치디스크로 오일이 상시 비산되는 구조를 채택함. 실제 시제품의 경우, 부품 가공 편차에 따른 오일홈 위치가 서로 상이하여 구멍이 서로 어긋나거나 막혀버리는 현상이 발생하여 클러치 소착이 일어남. 임시 대응방안으로 축의 윤활 구멍 위치를 재생하였으며, 개선 사항은 클러치몸체의 윤활 구멍을 증대하여 부품간 가공 편차를 감안한 윤활성을 확보함.



<그림 58> 주변속축, 부변속축 윤활 구멍 위치 재생

㉣ 밋션케이스조합 문제점 분석

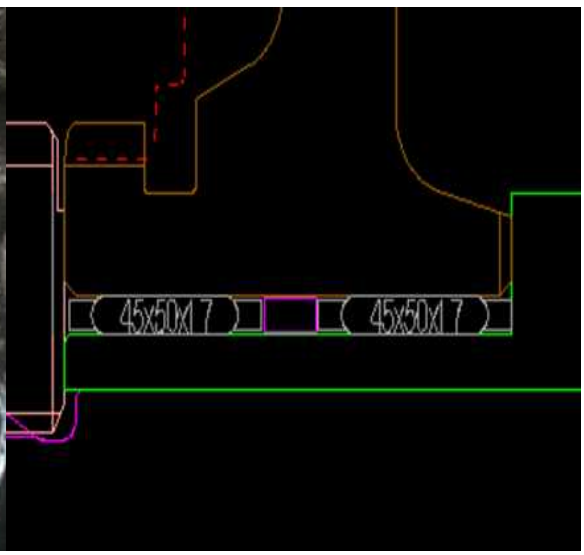
A. 기존 양산 중인 타입과 달리 본 개발품은 브레이크가 밋션케이스와 일체형 구조로서, 브레이크의 핵심부품이 밋션케이스 내부에 포함됨. 뒷차축과 밋션케이스 사이에 인터널기어가 물려 감속 및 씰링 역할을 수행함. 시제품 개발 시, 일부 누유가 발생하여 고장 탐구 결과 밋션케이스의 O링홈 폭 미달로 인한 원인을 확인함. 해당 문제점은 인터널기어의 O링 안착부위에 홈 가공을 하였으며 개선 사항에 반영함.

<그림 59> 유격 발생

<그림 60> O링홈 확보 재생

B. 실차 장착 후 국도 주행 시, 속도가 저하되는 현상이 발생하여 분해 조사 결과 초저속부 기어가 소착되어 베벨피니언축이 파손됨. 고장 탐구 결과, 베벨피니언 유격이 발생하여 기어와 인너링에 국부적 하중이 발생하여 소착된 것으로 파악됨. 임시 대응 방안으로 기어와 인너링 사이에 니들롤러베어링을 추가하여 회전 마찰을 감소시켜 시험을 진행함. 개선 사항으로는 해당 구조와 동일한 부변속부도 추가하여 기어와 인너링 사이에 베어링을 추가 탑재하도록 변경 예정임.

<그림 61>초저속부 기어 소착 발생



<그림 62>베어링 추가 구조 개선

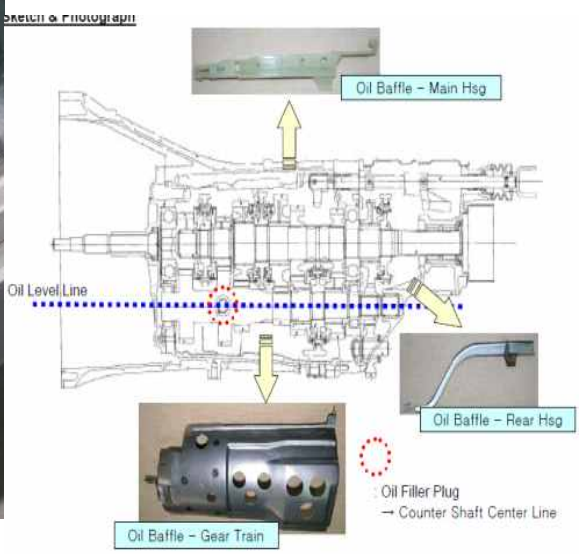
◎ 브레이크조합 문제점 분석

A. 구동 시험 중 브레이크 압력 저하 현상이 발생함. 분해 조사 결과 브레이크 피스톤링이 손상되어 브레이크 유압이 새는 것으로 확인되었으며, 원인으로는 피스톤링이 압착되어 들어가야 하는 밋션케이스의 브레이크 입구 모서리가 날카로워 조립 시 손상이 발생되는 것을 확인함. 해당 문제점은 입구 모서리는 R형상으로 재생하였으며 개선 사항에 반영함.

<그림 63> 브레이크 피스톤 입구 모서리

B. 구동 시험 중 브레이크 디스크 소착 현상이 발생함. 이를 위해 브레이크 압력판의 홈을 통해 충분한 오일이 순환 공급되도록 구조로 설계하였으나, 조립 후 브레이크 디스크와 기어축의 유격만큼 자중으로 처지면서 브레이크 압력판 홈을 막는 현상을 확인함. 해당 문제점은 홈 내경 증대 작업을 통해 임시 보완하였으며 개선 사항에 반영함. 추가로 브레이크부에 격벽 구조로 변경하여 기어 구동시 펌핑되는 오일을 상부로 모아 브레이크 내부로 순환되도록 개선할 예정임.

<그림 64> 브레이크 압력판 오일 순환 홈 막힘



<그림 65> 오일 격벽 적용(예)

㉤ 밸브조합 문제점 분석

A. 자동변속기의 핵심부품인 밸브는 일정한 유량과 유압을 공급함으로써 클러치조합을 작동시켜 변속이 이루어지도록함. 모터링 시험 시, 1단 변속 작동 후 복원되지 않는 문제가 발생하여 밸브 교체 후 재시험 시 동일 문제가 발생하지는 않음. 원인 분석 결과 밸브 내로 이물질이 유입 된 것으로 추정되며, 이는 부품 가공 및 조립 공정 중 철저한 세정 관리가 필요함을 확인함.

<그림 66> 1단 솔레노이드 밸브 오작동 발생

-. 3차년도

(1) 세부 연구 목표

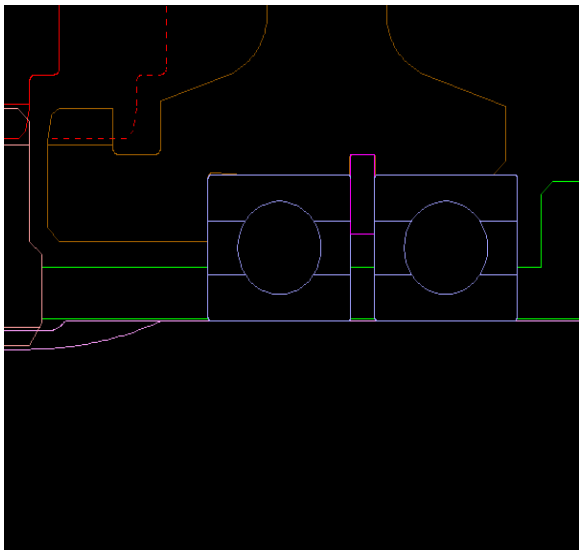
구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
3차 년도 (2020)	자동변속 변속기 개발	핵심부품 3차 자체 평가 및 공인(입회)시험	효율 : SAE J1540 기준 소음 : KS B 1410 기준	공인 인증 시험 완료
		1차 Pilot 문제점 조사 및 보완	제작 및 조립, 구동 문제점 파악 및 설계 보완	케이스류 : 4종 보완 기어류 : 1종 보완 클러치조합 : 2종 보완
		2차 Pilot 개선 설계	3D 모델링 및 시뮬레이션 부품 상세 도면 설계	케이스류 : 7종 보완 기어류 : 6종 보완 클러치조합 : 3종 보완
		2차 Pilot 부품 제작 (밋션총조합 3대)	주물류 15종 제작 기어류 38종 제작 구매품류 35종 제작	밋션총조합 2차 Pilot 3대 제작 완료
		밋션총조합 3차 공인(입회)시험	인증기관 수배 및 입회시험 요청	공인 인증 시험 완료

(2) 연구개발 수행내용

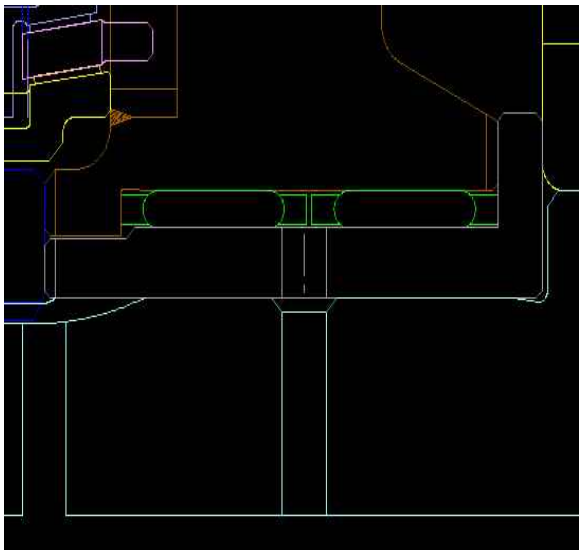
㉮ 1차 Pilot 문제점 조사 및 보완

㉠ 초저속조합 문제점 분석

A. 2차 시제품 당시 스파이럴베벨피니언 파손이 발생하는 문제가 발생함. 조사 결과, 인너링과 기어, 축 사이의 유격과 국부적 하중으로 인해 소착이 발생함. 임시 대응 방안으로 기어와 인너링 사이에 니들롤러베어링을 추가하여 회전 마찰을 임시적으로 감소시켜 시험을 진행하였으며 1차 시작품에는 해당 인너링 구조를 볼베어링 구조로 개선하여 소착 발생을 방지함. 동일한 구조인 부변속부도 동일한 개념으로 개선함.

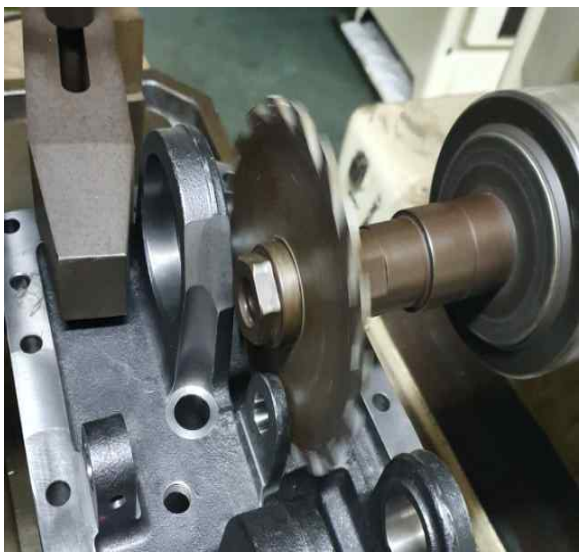


<그림 67>초저속 베어링 구조 개선

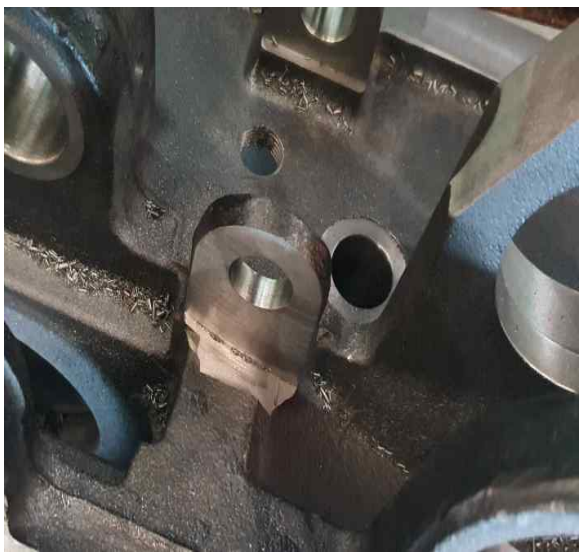


<그림 68> 부변속 베어링 구조 개선

B. 1차 Pilot 시험 후 분해 점검 결과, 초저속기어와 초저속커버의 마모를 확인함. 예비부품으로 SUB조립 후 확인 결과, 해당 간섭부위의 틈새가 매우 적으며, 부품별 가공 편차에
의해 간섭이 발생, 미발생하는 것을 확인함. 2차 PILOT에는 초저속커버의 해당 부위를 추가 가공하여 간섭 발생을 방지함.



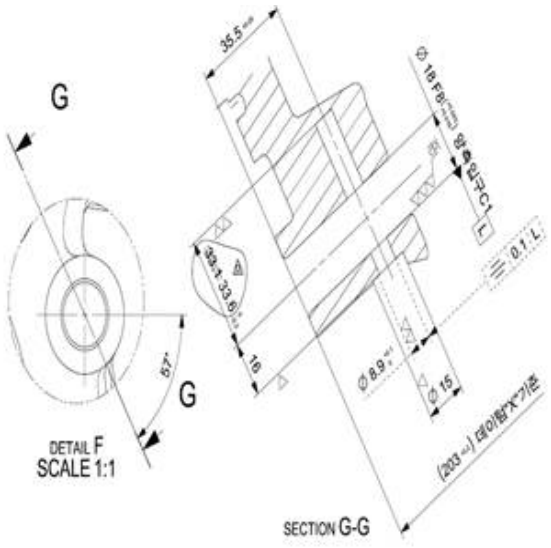
<그림 69>초저속커버 간섭부 개선



<그림 70>초저속부 간섭부 개선

㉡ 중간케이스조합 문제점 분석

A. 트랙터 완성 탑재 후 부변속 조작 시 반력이 강하여 조작성이 어려운 문제가 발생함. 해당 문제는 스프링의 초기 셋팅 인장력을 감소시키는 방법을 고안했으며, 해당 스프링이 조립되는 케이스의 스프링 조립 구멍 깊이를 증대시켜 2차 PILOT에 개선 반영함.



<그림 71>스프링 조립부 깊이 수정

B. 트랙터 완성 탐재 후 연료탱크 간섭이 발생할 수 있는 문제가 발생함. 해당 부위는 미가공 부위로서 외장 간섭을 검토하여 설계하였으나, 제조 공정 상 소재 편차가 크게 작용하여 간섭 우려가 있음. 2차 PILOT에는 해당 부위를 가공하여 간섭을 방지함.

<그림 72>개선 전 간섭우려부

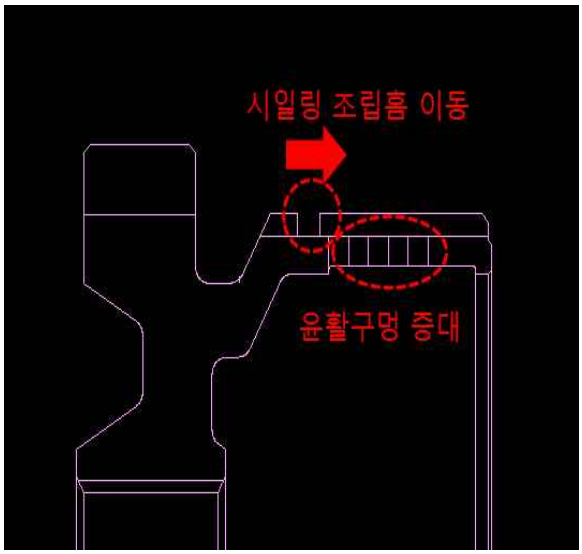
<그림 73>개선 후 간섭 방지

㉢ 클러치조합 문제점 분석

A. 1차 PILOT 당시, 전/후진 변속성이 저하되고 셔틀부의 온도가 과도하게 상승하는 문제가 발생함. 분해 조사 결과, 셔틀클러치에 전/후진 기어를 조립 후 시일링이 빠지는 것을 확인함. 시일링과 클러치몸체 사이로 오일 누유로 인해 클러치디스크로 공급되어야할 오일이 부족하여 윤활성이 저하됨. 이로 인해 중립 상태에서도 클러치디스크의 마찰이 과도하게 증가하여 디스크 마모 및 소착이 발생할 위험이 있음.

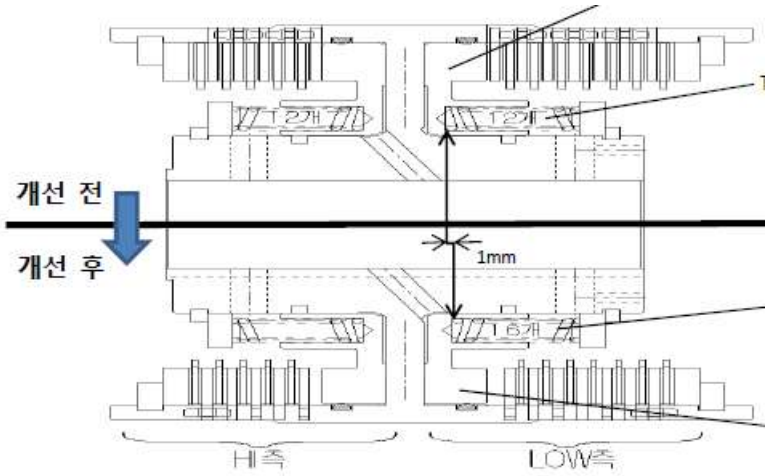
2차 PILOT에는 해당 시일링 조립 위치를 수정하면서, 스플라인 측면 구멍을 증대시켜 셔틀클러치의 윤활유 공급성을 개선함.

<그림 74>시일링 빠짐 발생



<그림 75>셔틀기어 개선

B. 1차 PILOT 당시, LOW 변속 후 복원이 미달되어 내부 클러치의 SLIP에 의한 DRAG 발
생으로 동력이 일부 손실됨. 1차 시작품에는 스프링 조립 구멍 깊이를 축소하고, 스프링 개수를 증대하여 초기 인장력을 증대토록 개선 적용함.

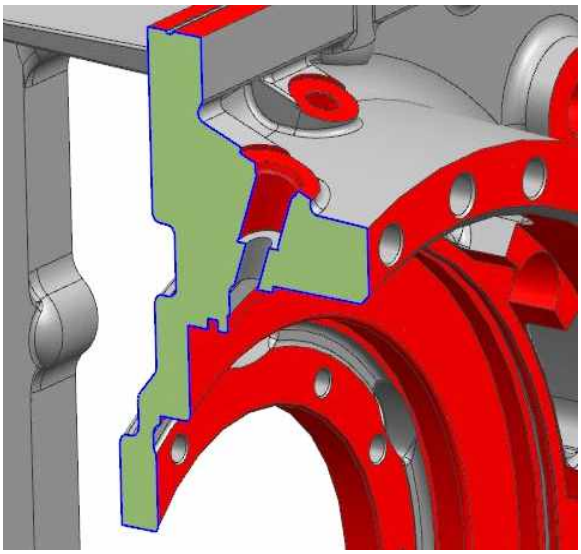


<그림 76>LOW 클러치 피스톤 리턴력 증대

㉣ 브레이크 문제점 분석

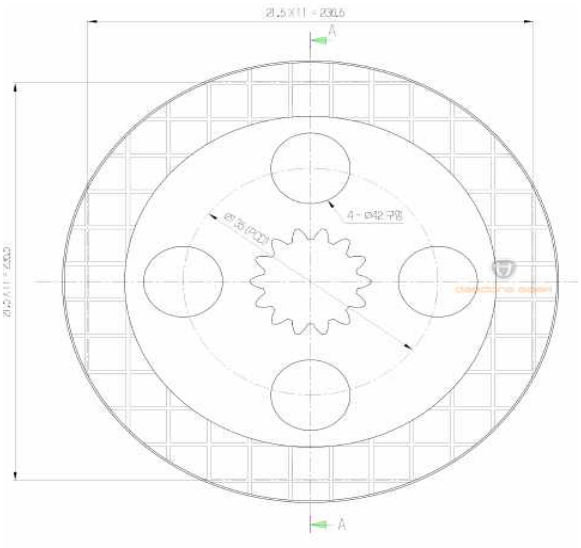
A. 1차 PILOT 시험 중, 브레이크디스크 소착 문제가 발생함. 당시 피스톤의 윤활구멍을 그라인딩 재생하여 윤활통로를 임시 증대 보완하였음. 1차 개선안으로 내부 격벽을 설치하여 기어 구동시 오일을 펌핑하여 브레이크 내부로 순환되로록 검토함. 하지만 내부 격벽 설치 공간이 부족하고, 트랙터가 급경사를 주행할 경우 펌핑되는 오일이 부족할 것으로 판단하여 2차 적으로 별도의 오일 공급 방안을 검토함.

2차 PILOT에는 브레이크 상부에 포트를 추가하여, 주행 환경에 무관하게 오일이 상시 공급되도록 개선함.

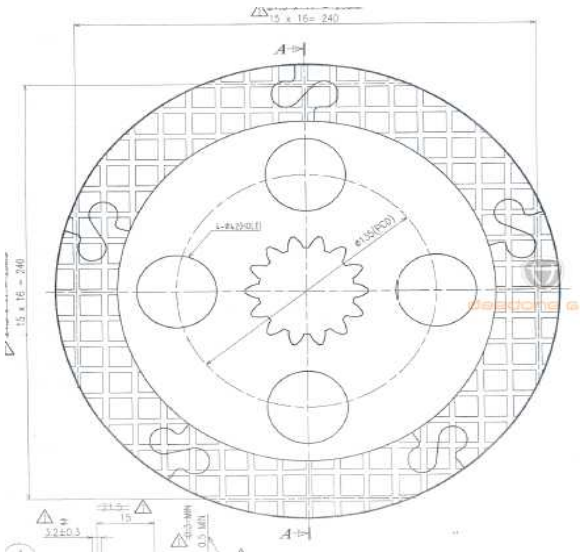


<그림 77>브레이크 윤활 포트 추가

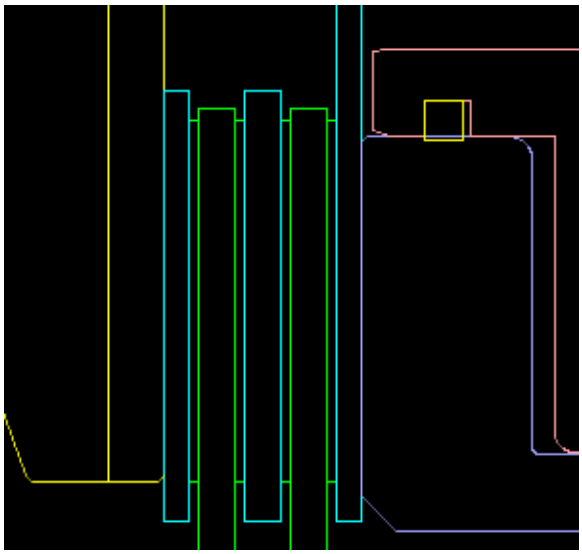
B. 1차 PILOT 시험 중, 브레이크디스크 소착 문제와 연계되는 현상으로 윤활부족에 의한 발열이 과도하여 브레이크판의 소착과 변형도 발생함. 해당 문제는 브레이크디스크의 마찰재 오일홈을 증대시키고, 브레이크판의 두께를 증가시켜 개선 적용함.



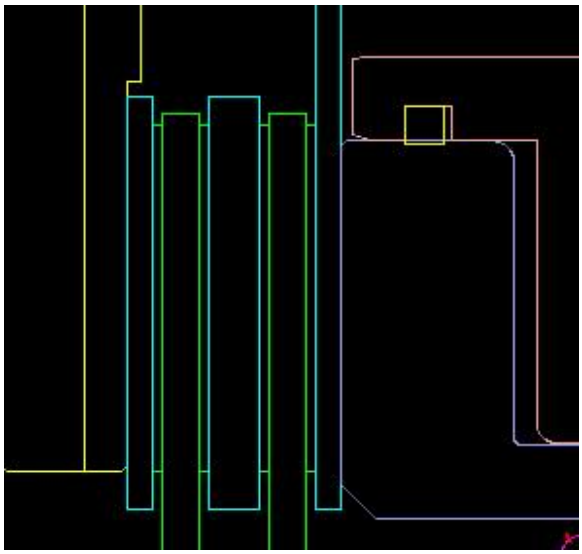
<그림 78>개선 전 브레이크디스크



<그림 79>개선 후 브레이크디스크



<그림 80>개선전 브레이크판



<그림 81>개선 후 브레이크판

-. 4차년도

(1) 세부 연구 목표

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
4차 년도 (2021)	자동변속 변속기 개발	핵심부품 4차 자체 평가 및 공인(입회)시험	효율 : SAE J1540 기준 소음 : KS B 1410 기준	공인 인증 시험 완료
		2차 Pilot 문제점 조사 및 보완	제작 및 조립, 구동 문제점 파악 및 설계 보완	브레이크조합 : 1종 보완 기어류 : 2종 보완 케이스류 : 2종 보완
		초도양산 개선 설계	3D 모델링 및 시뮬레이션 부품 상세 도면 설계	케이스류 : 4종 보완 기어류 : 5종 보완 클러치조합 : 1종 보완
		초도양산 부품 제작 (밋션총조합 3대)	주물류 17종 제작 기어류 42종 제작 구매품류 40종 제작	밋션총조합 초도양산 3대 제작 완료
		밋션총조합 4차 공인(입회)시험	인증기관 수배 및 입회시험 요청	공인 인증 시험 완료

(2) 연구개발 수행내용

㉮ 2차 Pilot 문제점 조사 및 보완

㉠ 브레이크조합 문제점 분석

A. 시제품 제작 시 문제되었던 브레이크 압력 저하 문제로 브레이크 피스톤 모서리부 R 형상 개선 설계 적용하였으나 동일한 문제가 발생되었다. 피스톤 조립 상의 문제로 판단하여 개선 대책으로 피스톤 조립 후 피스톤링 손상 여부를 확인할 수 있는 TEST 설비를 제작하여 적용하였다. 검증 압력(17bar)까지 증압 후 10초 유지하여 압력의 변동 현황으로 검증하는 방법으로 피스톤링 손상 기대에서는 압력이 떨어지는 것을 확인함.

<그림 82>
브레이크내압 TEST 설비

<그림 83>브레이크내압 TEST 실시

㉡ 클러치하우징조합 문제점 분석

A. 밋션총조합 조립 후 TEST 공정에서 변속 시, 밸브 압력저하 현상이 간혹 발견되었다. 주된 추정 원인은 이물질로 인한 밸브 막힘으로 판단되었고 단품 검사 결과, 기어류에서 burr가 일부 발견되었다. 챔퍼링 공정 후 밀린 burr가 열처리 후 쇼트 공정에서 탈락되지 않고 조립 투입, 구동 중 탈락되어 밸브 내부로 유입된 것으로 추정하고 수사상 실시 및 세정관리 대상 품목을 선정하여 별도 관리 실시함.

<그림 84>부변속축 burr 잔존

1. 목 적 : 해당 기종은 유압클러치를 통하여 변속되는 유압 제어식 트랜스밋션 구조로 밋션 내 주물사, burr 등이 잔존하여 유동하다가 밸브에 유입 시 솔밸브 막힘 등의 원인으로 기능에 치명적인 영향(변속 불가)을 끼침. 이에 주요 부품(변속 기능품 등)을 선정하여 세정 관리하기 위함.

2. TG130 트랜스 밋션 세정관리 대상품

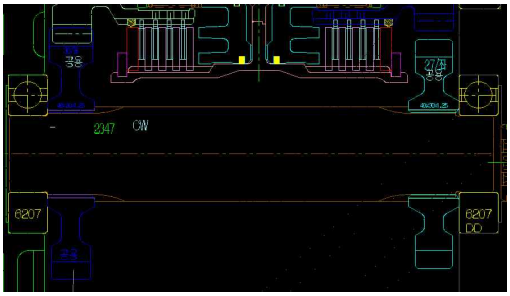
NO	품 번	도 번	품 명	구 분	관리주기			비 고
					전 수	샘플링	지 정	
1	TY0553	TG32-0055D	클러치하우징	주 물	○			
2	TY0545	TG32-0054F	밋션케이스	주 물	○			
3	TY0014	TG32-0001E	24기어축	기 어	○			
4	TY0373	TG32-0037D	1,2단 클러치조합	조 합		○		
5	TY0483	TG32-0048D	3,4단 클러치조합	조 합		○		
6	TY0233	TG32-0023D	21기어축	기 어	○			
7	TY0493	TG32-0049D	HI LO 클러치조합	조 합		○		
8	TY0603	TG32-0060D	베어링커버2	주 물	○			
9	TZ2780	TG32-0278A	13기어축	기 어	○			
10	TY0361	TG32-0036B	셔틀 클러치조합	조 합		○		
11	TU2772	T4920-46202	배속탄축	기 어	○			
12	TU2522	T4920-24402	클러치조합(4WD/QT)	조 합		○		
13	TM4731	T4880-46301	커버(4WD/QT)	주 물	○			
14	TY1041	TG32-0104B	PTO 구동축	기 어		○		
15	TY0472	TG32-0047C	PTO클러치조합	조 합		○		
16	TY1032	TG32-0103C	PTO클러치브래킷	주 물	○			

※상기 16종 외 밸브류 / 파이프류 / 열보우 등은 별도 세정검사 실시 할 것

<그림 85>세정관리 대상 품목 현황

B. 모터링TEST 중 셔틀클러치부에서 이상 소음이 발생하였다. 분해조사 결과, 카운터축 스플라인부 단 형상이 상이하게 가공되어 30기어 유격으로 인한 소음으로 판단하였다. 원인은 스플라인 가공 시, 전용공구 미적용으로 단 형상이 홉빙 공정에서 가공되어 있었다. 긴급 재추진하여 확인 결과, 재발하지 않았다.

<그림 86>30기어 유격 발생



<그림 87>정상 조립 조합도

㉣ 밸브조합 문제점 분석

A. 클러치하우징 - 파워시프트 밸브 조립 시, 부착면에 O링이 누락되어 오일 누유 및 변속성 저하 현황이 발생하였다. 모터링 TEST 시에도 검출이 어려운 부분으로 밸브에 압력게이지를 부착하여 밸브압력 변화량으로 검출 진행하였다. 입력유량 10LPM 시, 기준압력 18kgf로 16kgf 이하 변동 시 변속 유압 문제 있는 것으로 판단다고 분해 시 O링 누락이 발견되었다.

<그림 88>밋션총조합 모터링 TEST

<그림 89>밸브 압력 변화량 CHECK

㉤ 밋션케이스조합 문제점 분석

A. 변속 TEST 중 초저속 변속 불가 현상을 확인 하였다. 분해조사 결과, 초저속포크 내측부 주물 덧살 잔존에 의한 시프터 간섭 발생이 원인이었고 금차 수사상 재생 후 재검증 후 문제 없음을 확인 하였다. 4차년 초도양산 기대 3대 조립 시에는 설계적인 문제보다는 단품 품질 미확보로 인한 문제가 대부분이었으며 Q-POINT로 등재하여 향후 관리토

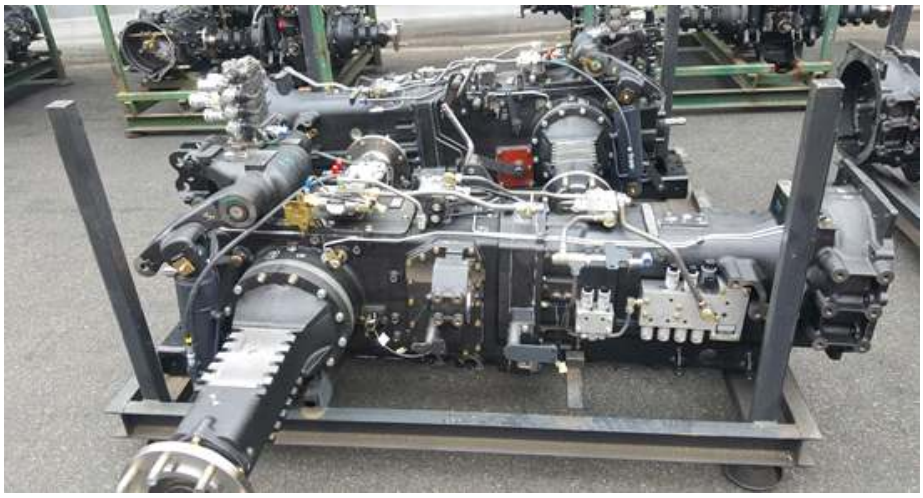
록 조치하였다.

<그림 90>초저속포크 주물덧살
잔존

㉳ 초도양산 부품 제작 내역

㉠ 2차 PILOT의 주요 문제점을 개선 후, 초도양산 밋션총조합 3대 제작 완료함.

주물류	기어류	구매품류	합 계
17종	42종	40종	99종



<그림 91>트랙터 자동변속기총조합

㉡ 금차 초도양산 3대 조립 시에는 설계적 문제 보다는 양산 품질 안정화 측면의 문제가 대다수였다. 특히 파워시프트 밋션의 특성 상, 유압클러치 변속타입으로 밋션내부 청정도 관리 문제가 대두되었으며 주요 관리항목으로 지정하여 관리 예정이다.

다 공동연구기관 : 네이스코(주) - 연구개발 수행 과정 및 수행 내용

1) 연구개발 수행내용

1차년도

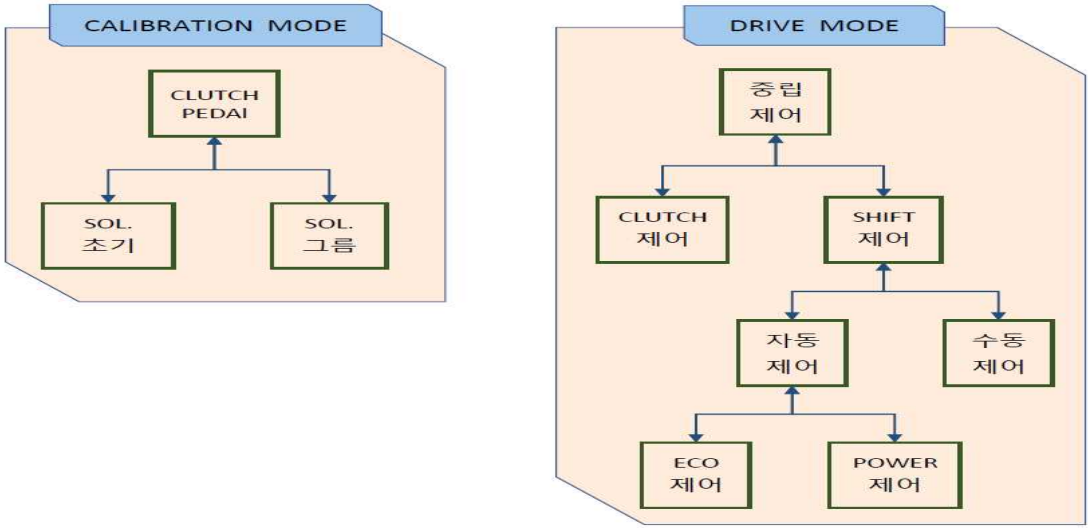
(1) 세부 계획

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2018)	트랙터용 자동변속기 (TCU) 개발	알고리즘 연구/분석	알고리즘 설계사양 Fault control 모드 중립제어 클러치제어 셔틀제어 Shift 제어	알고리즘 연구/ 분석을 통한 SOFT WARE 설계시 기초 자료 활용 예정
		벤치시험을 통한 입출력 특성 분석 H/W 설계	전원관리 회로 속도센서 신호조정 회로 비례제어 솔레노이드밸브 회로디지털 입력신호 조정회로 CAN 통신 회로 설계 디지털 출력신호 조정회로	HARD WARE 설계 완료하여 신뢰성 시제품 제작 완료
		입출력 시뮬레이터 제작	전용검사기 제작	전용검사기를 활용하여 신뢰성 시험후 입출력 체크 완료
		1차 H/W 시험용 회로 조립체 전자기, 환경 내성 시험	고온작동시험 저온작동시험 살수시험 진동시험	공인인증기관에 의한 시험 검증 완료 (자동차부품연구원)
		1차 시제품 2대 제작	7대분 제작	3대: 신뢰성 시험 4대: 대동공업 실차평가용 지원

(2) 연구개발 수행 내용

㉮ 제어알고리즘 연구/분석

㉠ 제어로직 설계 사양



<그림 92> 전체 로직상태 천이도

- 전체 제어로직은 크게 구동로직 모드와 Calibration모드 로직으로 나누어진다.
Calibration로직은 클러치조합 및 솔레노이드를 포함하는 밋션 총조합 구동라인의 제작 편차를 보정.
최초 생산 공정상에서 사용되어지는 제어 로직부로써 공정 시간을 고려하여 최대한 짧은 시간에 수행이 가능하도록 프로그램 되어야 한다.
2번째는 구동로직으로 실제 트랙터가 구동되는 전체 조건을 포함하는 로직이다.
중립제어, 셔틀제어, 쉬프트제어 및 클러치제어 총 4가지 제어로 구성되어 있으며, 셔틀제어에는 중립출발제어와 절환제어로 구분되어 프로그램 되었다. 그리고 쉬프트제어는 자동변속과 수동변속제어로 나누어져 있으며 자동제어에는 ECO제어와 Power 제어로 나누어 짐.

Ⓐ Fault control 모드
최상위에 존재하는 로직으로써, 시스템 보호 및 운전자 안전과 관련된 직접적인 문제가 발생 되었을 때 구동되는 로직 이다.
ⓐ Fault control모드
① 전진, 중립, 후진 고장
② 클러치페달 센서 고장
③ 상단 변속 혹은 하단 변속 신호를 발생시키는 shift스위치의 고장.

Ⓑ 중립제어
셔틀레버의 중립, 클러치 페달의 조작에 의한 중립 그리고 Hand clutch조작에 의한 중립제어로 구성 주변속 클러치를 Disengage상태로 유지하고 주변속 클러치만 Engage를 준비한다.
단순히 해당 기어단수의 Engage를 위해 높은 압력으로 Modulation 하고, Slip제어는 고속/저속 클러치가 제어하도록 로직을 구성한다. (출발충격과 시간에 관련 됨)

Ⓒ 클러치 제어
클러치 제어는 중립제어 다음으로 높은 순위를 가진다. 셔틀제어, 쉬프트 제어 진행 중에도 클러치 제어가 우선 수행될 수 있다. 클러치 페달에 부착된 위치 센서를 이용하여 클러치 페달의 작동각을 감지하여 그에 해당하는 출력을 제어하게 된다.
① 클러치 페달센서

클러치 페달에 연결되어 회전 운동, 클러치 페달의 회전 변위를 전기적인 값으로 변환이 가능한 구조이다.

주요 사양은 아래와 같다.

-. 기계적 각도 : 120도

-. 전기적 각도 : 110도

-. 저항 : 1K

-. 내구 수명 : 5,000,000회 이상

② 클러치 페달 설정

클러치 페달의 하한치와 상한치 전압값을 입력하게 된다.

(입력된 상한치와 하한치의 Gap을 이용해서 전체 페달의 Stroke 범위를 결정)

상한 및 하한 10% 범위를 밟지 않은 구간으로 활용하고, 나머지 80%구간을 클러치 제어 범위로 결정한다.

③ 클러치 페달 제어 로직

클러치센서의 에러 여부를 판단하는 Error판단부와 클러치 출력을 제어하는 2가지 모드로 나뉜다. (에러 모드는 Fault control모드에서 설명되었다)

Ⓓ 셔틀 제어

중립에서 출발하는 중립출발제어

: 전진제어와 후진제어로 구분되나 제어상 특별히 구분할 필요는 없다

주행중 진행 방향을 변경하는 절환제어

: 전진중 후진 및 후진중 전진 2가지의 모드가 있으나, 제어로직에서는 구분할 필요 없다.

① 중립 출발제어

일반적으로 가장 많이 사용되는 제어 모드로써, 주변속 클러치를 실제 Slip 제어 출력보다는 높게 형성하고 고속/저속 클러치를 이용하여 Slip제어를 수행한다.

- 구동 Profile

고속 및 저속 기어의 전체 전달 Torque로 인해 고속/저속에 대한 보상을 필요하다. Excel로 작성된 구동 Profile을 이용하여 차량의 구동 튜닝을 실시하였으며, 부변속에 따른 보상 및 고속/저속 기어에 따른 보상값이 필요하다.

- 제어 로직

셔틀제어와 관련된 입력 신호는 셔틀 스위치이며, 전진 혹은 후진의 신호가 입력되며, 전진과 후진이 아닌경우, 중립으로 판단하게 되어있다. Fail safe개념을 추가하기 위해 추가적으로 중립에 대한 신호를 입력 받는 것으로 변경해야 한다. 그래야 보다 완변한 Fail safe기능의 수행이 가능하다.

- 절환 제어 (구동 Profile 및 제어 로직)

주행중 차량의 진행 방향을 변경하는 제어를 절환제어라 하며, Profile을 가진다. 절환제어는 중립-->전진 혹은 중립-->후진 Loop와 동일하게 제어된다.

Ⓔ Shift 제어 (주변속 변속 제어)

Shift변속 제어는 자동변속(8단)과 수동 변속제어로 나누어진다.

① 자동변속제어 : Eco모드와 Power모드

엔진 회전수, 엔진 torque 및 Accel pedal값을 참조하여 변속 시점을 결정 하게 된다. 엔진의 주요 정보들은 CAN통신을 통해 받게 된다. 관련 정보들은 SAE J1939 통신 Protocol의 규격을 따른다.

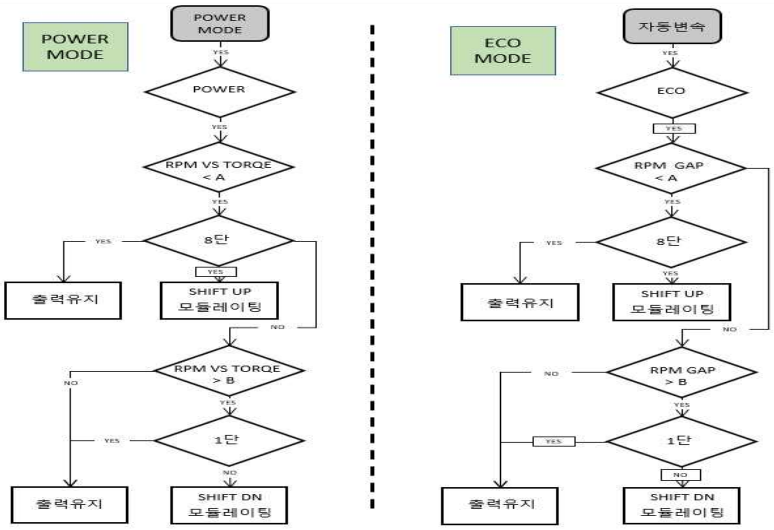
- Eco모드

엔진속도를 줄이고 변속단수를 높일수록 연비가 향상되었기 때문에 자동변속으로 연비를 높이기 위해서는 변속시점을 파워모드에서보다 빠르게 해야 했다. 즉 변속기준 엔진속도를 낮추었다.

- Power모드

전부하 상태의 엔진속도-토크 선도를 이용하여 각 변속단수에서 작업속도-구동륜 토크 선도를 작성하고 이들의 교차점으로 변속시점을 결정하였다.

스로틀 개도를 0에서 100%까지 1 % 포인트 간격으로 증가시키며 각 스로틀 개도에서 전부하 상태에서와 같이 각 변속단수의 변속시점을 구하여 다음 그림에서와 같이 엔진속도와 스로틀 개도의 함수로서 파워모드의 변속선도를 완성하였다. 변속기는 변속단수간 변속비 비율이 동일하였기 때문에 모든 변속단수의 변속시점에서 엔진속도와 엔진토크의 값은 모두 동일하였다.



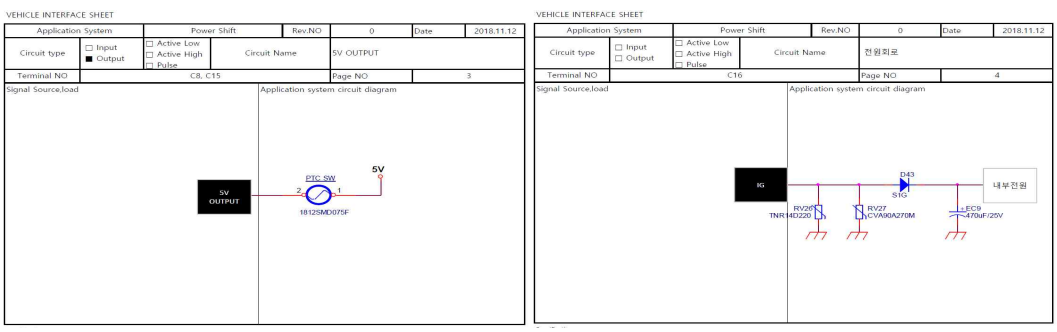
<그림 93> Mode 별(Eco / Power) Logic

② 수동 변속 제어 : Shift up 스위치에 따라 Up변속과_Shift Down 스위치에 따라 Down변속을 수행한다.

1단부터 8단까지 주변속 클러치(4ea) 와 고속/저속클러치(2ea)를 이용하여 변속이 가능하다. 각각의 클러치는 비례제어가 가능한 비례솔레노이드를 가지고 있으며, 이 비례 솔레노이드에 전류 Profile을 출력함으로써 비례 솔레노이드의 열림량을 제어어하여 유량제어를 통해 클러치를 Engage시키는 제어를 수행한다.

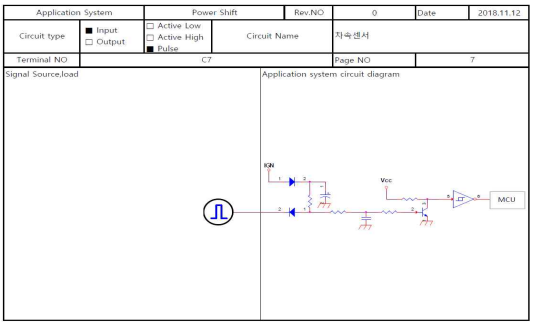
㈏ 벤치시험을 통한 입출력 특성 분석 H/W 설계

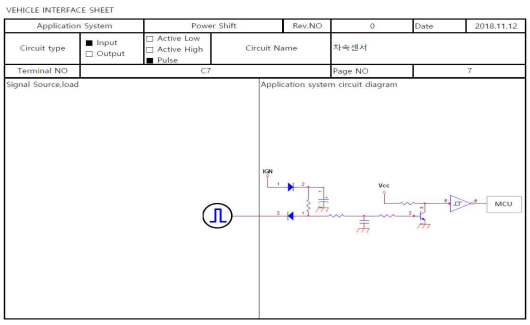
㉠ 전원관리(Power Management)회로



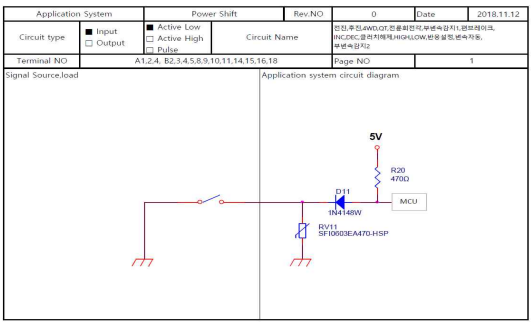
㉡ 속도센서 신호조정(Speed Signal Conditioning)회로 : PWM 입력 (좌)

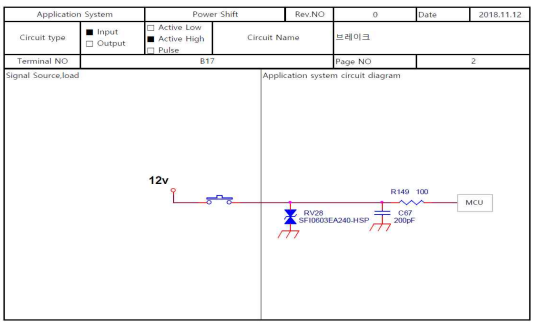
㉢ 비례제어 솔레노이드밸브 구동회로 (우)



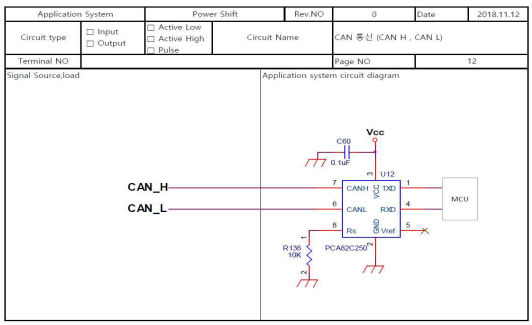


㉣ 디지털 입력신호 조정회로

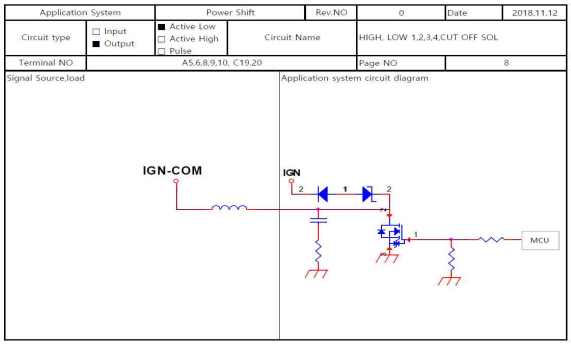


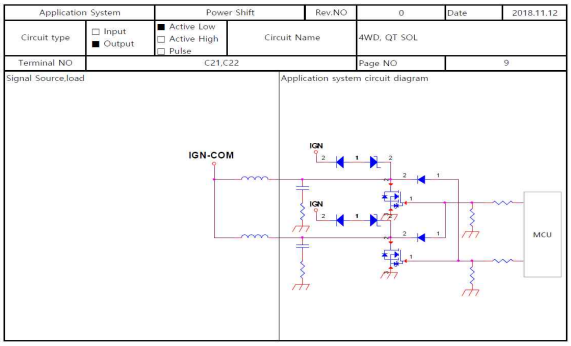


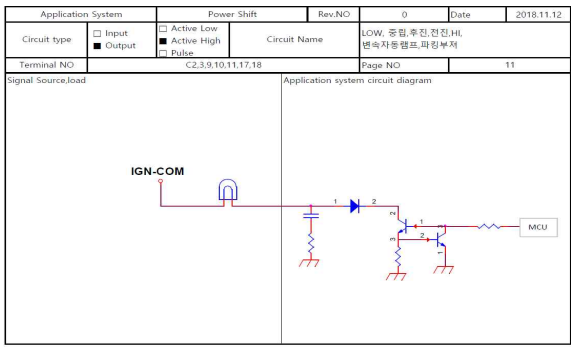
㉤ CAN 통신 회로 설계



㉥ 디지털 출력신호 조정회로





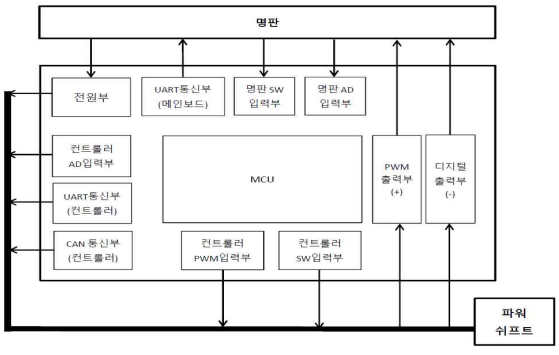


㉥ 1차 시제품 7대 제작

: 3대 → 신뢰성 시험(정량적 목표 활용)

: 4대 → 대동공업 차량 평가용 지원

㉦ 입출력 시뮬레이터 (전용검사기)



< 입출력 시뮬레이터 형상 >

㉧ 정량적 목표 항목

㉠ 고온작동시험 (기간 : 2018.11.07~09)

Ⓐ 시험조건

① 설정온도 : 85℃

② 지속시간 : 118시간(5일)

③ 동작조건 : 시험품에 전원 케이블을 연결하여 설정 온도에서 118시간 동작한다.

Ⓑ 요구조건

① 시험 중, 제품 동작에 이상이 없을 것

② 시험 후, 제품을 상온에서 2시간 이상 방치 후 동작에 이상이 없을 것

시험 장비	시험 사진

<그림 94> 고온작동시험 장비(좌) 및 시험 사진(우)

Ⓒ 시험 결과

① 시험 중/후 제품 동작에 이상이 없음 (1차년도 목표달성 완료)

성적서번호: KTS182962-1 총 9페이지 중 3페이지

KATECH

시 험 결 과 1

【 시 험 종 류 】: 고온작동시험
【 시 료 명 】: 파워 쉬프트 【 시 료 수 】: 1 EA
【 고온작동시험 · 분석 결과 】:

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과	비 고
고온작동시험	1. 시험 중, 제품 동작에 이상이 없을 것. 1. 시험 후, 제품을 상온에서 2시간 이상 방치 후 동작에 이상이 없을 것.	시험 중/후, 제품 동작에 이상 없음.	-

【 고온작동시험 · 분석결과 사진 】:

제품 상태 및 동작 확인

㉡ 저온 방치 시험

Ⓐ 시험조건

① 설정온도 : -30℃

② 지속시간 : 118시간(5일)

③ 동작조건 : 시험품에 전원 케이블을 연결하여 설정 온도에서 118시간 동작한다.

Ⓑ 요구조건

① 시험 중, 제품 동작에 이상이 없을 것

② 시험 후, 제품을 상온에서 2시간 이상 방치 후 동작에 이상이 없을 것

<그림 95> 저온작동시험 장비(좌) 및 시험 사진(우)

Ⓒ 시험 결과

① 시험 중/후 제품 동작에 이상이 없음 (1차년도 목표 달성 완료)

KATECH

시 험 결 과 2

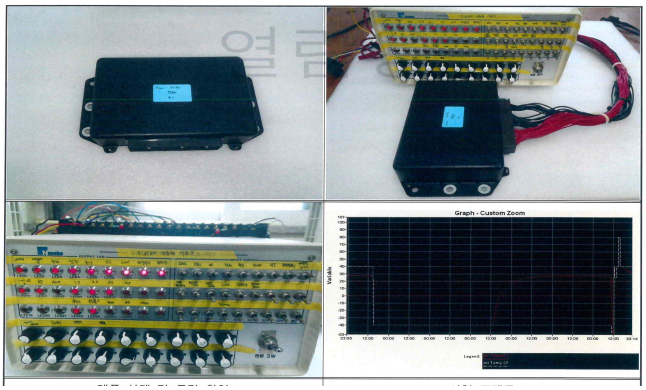
【 시 험 종 류 】: 저온작동시험

【 시 료 명 】: 파워 쉬프트 【 시 료 수 】: 1 EA

【 저온작동시험 · 분석 결과 】:

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과	비 고
저온작동시험	1. 시험 중, 제품 동작에 이상이 없을 것. 1. 시험 후, 제품을 상온에서 2시간 이상 방치 후 동작에 이상이 없을 것.	시험 중/후, 제품 동작에 이상 없음.	-

【 저온작동시험 · 분석결과 사진 】:



Ⓒ 살수 시험

Ⓐ 시험조건

살수압 (kgf/cm^2)	살수구	살수량 (l/min)	시간 (min)	수온 (℃)	거리 (mm)
1	40	24.5	30	상온	400

Ⓑ 요구조건

① 시험 중, 제품 동작에 이상이 없을 것

② 시험 후, 제품을 상온에서 2시간 이상 방치 후 동작에 이상이 없을 것

시험 장비	시험 사진

<그림 96> 살수시험 장비(좌) 및 시험 사진(우)

Ⓒ 시험 결과

① 시험 중/후 제품 동작에 이상이 없음 (1차년도 목표 달성 완료)

KATECH

시 험 결 과 2

【 시 험 종 류 】: 살수시험

【 시 료 명 】: 파워 쉬프트 【 시 료 수 】: 1 EA

【 살수시험 · 분석 결과 】:

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과	비 고
살수시험	1. 시험 후, 제품 동작에 이상이 없을 것.	1. 시험 후, 제품 동작에 이상 없음.	-

【 살수시험 · 분석결과 사진 】:

시험 후 제품 상태	동작 확인

㉣ 진동시험

Ⓐ 시험조건 (JIS D 1601_Type 3, Class B)

진동종류	진동주파수 (Hz)	진동가속도 (m/s^2)	가속도 (G)	시험방향	시험시간 (hr)	Accelerometer 부착위치(Control)	시험실 온도
Dwell Test	33	44.1	4.5	상하	4	좌측 상단 사진 참조	상온
	33	44.1	4.5	전후	2		
	33	44.1	4.5	좌우	2		

Ⓑ 요구조건

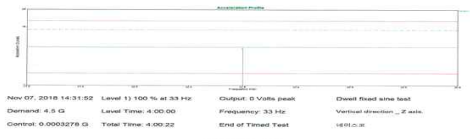
① 시험 후, 육안 검사에서 외관의 균열, 파손 및 부품의 이탈 등이 발생하지 않을 것

② 시험 후, 시험 전압 DC 12V에서 적상 작동할 것

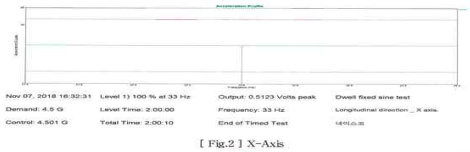
[사진 1] Z-Axis

[사진 2] X-Axis

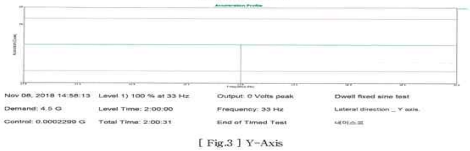
[사진 3] Y-Axis



[Fig.1] Z-Axis



[Fig.2] X-Axis



[Fig.3] Y-Axis

<그림 97> 진동 시험 사진(좌) 및 진동시험기 Control Unit Data(우)

1. Control Sensor :

Manufacturer	KISTLER
Model	8703A250M5
Serial Number	4758291
The due date of next Cal.	2019. 07. 18
Name of the test	진동시험
Test direction	X, Y, Z

Shaker(SA160-R16C-3/ST,V-WIN)Unholtz-Dickie2004

Sine Force: 55 kN peak
Random Force: 55 kN rms
Frequency Range: 5 ~ 2 000 Hz
Max. Acceleration for sine: 1 068 m/s² peak
Max. Velocity: 2.0 m/s
Max. Displacement: 76 mm P-P
Armature Weight: 50 kg

<그림 98> Accelerometer Control sensor(좌) 및 Vibration System(우)

ⓒ 시험 결과

① 시험 후, 육안 검사에서 외관의 균일, 파손 및 부품의 이탈 발생하지 않음

② 시험 후, 제품 동작에 이상이 없음 (1차년도 목표 달성 완료)

성적서번호: KTS182963-1

총 6페이지 중 4페이지

KATECH

시험 · 분석 결과

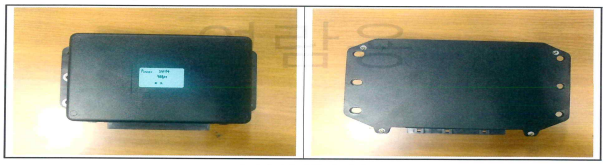
【 시 료 명 】: 파워쉬프트 【 진동시험 】

【 시 료 수 】: 1 EA

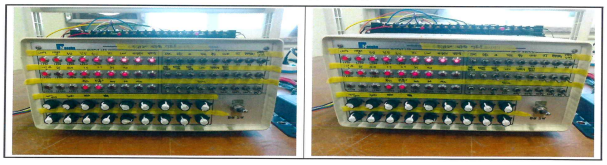
【 진동시험 · 분석 결과 】:

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과
진동시험	시험 후, 육안 검사에서 외관의 균열, 파손 및 부품의 이탈 등이 발생되지 않아야 하며, 시험 전압 DC 12V에서 정상 동작 할 것.	시험 후, 육안 검사 에서 외관의 균열, 파손 및 부품의 이탈 등이 발생되지 않았으며, 정상 동작하였음.

【 진동시험 후 시료 사진】:



[사진 4] 시험 후 사진



[사진 5] 시험 후 동작 사진

- 2차년도

□ 트랙터용 자동변속 제어 알고리즘 설계 및 개발

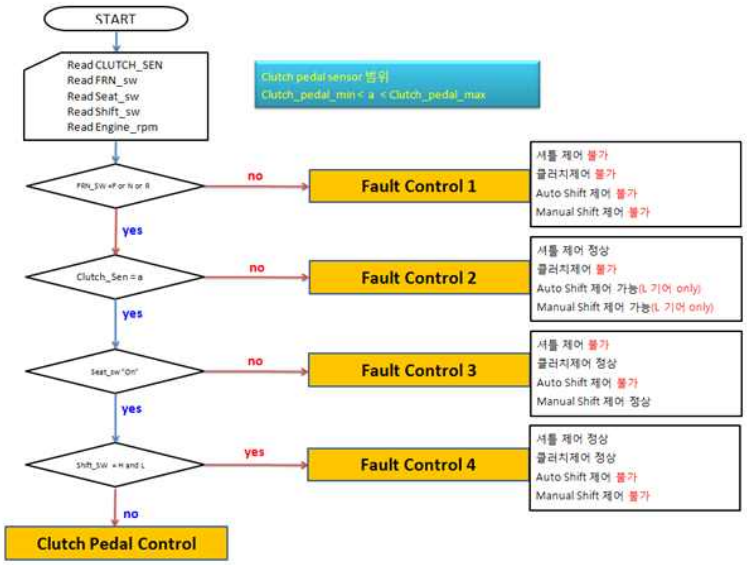
Ⓐ 제어 알고리즘 설계

㉠ Fault control 모드

-. 최상위에 존재하는 로직으로, 시스템 보호 및 운전자 안전과 관련된 직접적인 문제가 발생 되었을 때 구동되는 로직이다. 각각의 스위치 혹은 센서의 고장이 발생시, 대응하는 동작조건은 다르지만 운전자의 안전과 시스템의 보호를 우선하기 위해 몇 가지 기능을 제한하게 된다. Fault control모드별 동작 제한은 아래의 표와 같이 구성됨

	셔틀제어	클러치제어	자동변속	수동변속	모드
셔틀스위치	X	X	X	X	모드1
클러치센서	O	X	O (L기어)	O (L기어)	모드2
시트스위치	X	O	X	O	모드3
쉬프트스위치	O	O	X	X	모드4

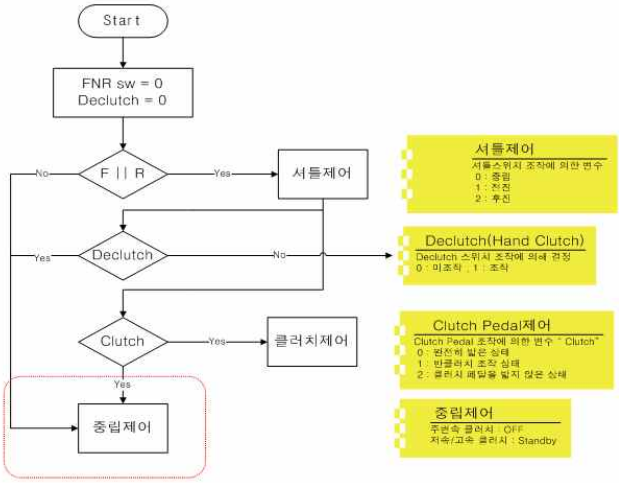
<그림 99>Fault control모드별 동작 제한



<그림 100>Fault control 모드 동작 순서도

㉡ 중립제어

-. 셔틀레버의 중립, 클러치 페달의 끊음 위치 조작에 의한 중립 그리고 Hand clutch 버튼 조작에 의한 중립제어로 셔틀제어, 클러치페달제어, 핸드클러치 제어와 연관 되어 우선순위 중 최상위 제어 항목이다. 우선순위 및 제어 로직의 순서도는 아래와 같음



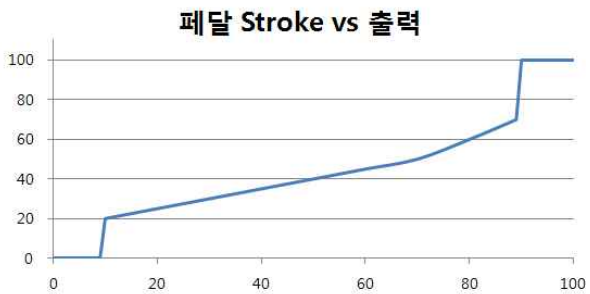
<그림 101>중립제어 동작 순서도

㉢ 클러치제어

1) 클러치 페달 설정

-. Calibration모드에서 클러치 센서의 하한치와 상한치 센서의 전압을 AD값으로 파워시프트컨트롤러 외장메모리에 저장하였다. 실제 클러치페달의 전체 스트로크를 컨트롤러 프로그램에서는 0~100%의 값으로 환산하여 제어에 사용 하였다. 상한 및 하한 10% 범위를 밟지 않은 구간으로

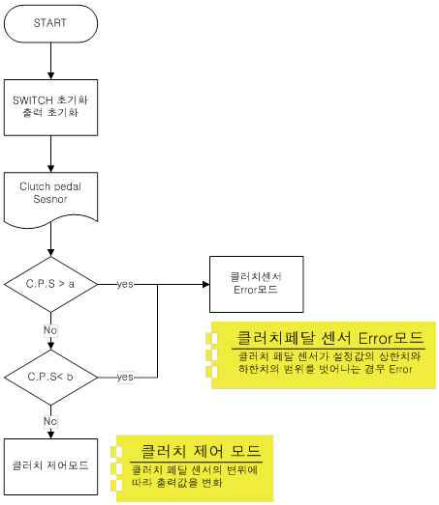
활용하고, 나머지 80%구간을 클러치 제어 범위로 결정함



<그림 102>클러치페달 센서값 대비 출력

2) 클러치 페달 제어 로직

-. 클러치센서의 에러 여부를 판단하는 Error판단부와 클러치 출력을 제어하는 2가지 모드로 나뉜다. 클러치 제어 모드는 클러치 페달 센서의 변위에 따라 출력값이 변화하고 클러치페달 센서 Error 판단은 클러치 페달 센서가 설정값의 상한치와 하한치의 범위를 벗어나는 경우 Error 판단을 하여 Fault control 모드에서 제어를 하게됨



<그림 103>클러치페달 제어
로직 순서도

㉣ 셔틀제어

1) 셔틀스위치 입력

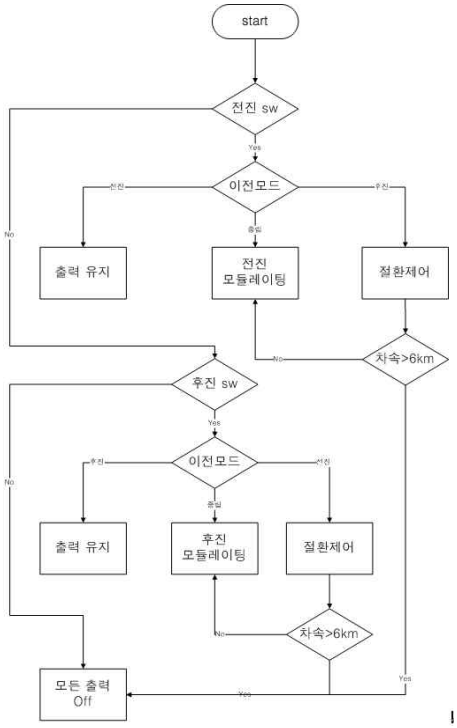
-. 셔틀제어와 관련된 입력 신호는 로터리 스위치 방식의 셔틀 스위치이며 중립 혹은 전진, 후진 의 신호가 입력된다. 로터리 스위치 방식으로 정상적인 상태에서는 신호가 동시에 발생할 수 없지만 Fail safe개념을 추가 하여 셔틀스위치의 오동작 시 에도 의도치 않게 주행 방향이 변경되지 않도록 스위치입력 대비 출력에 대한 우선순위를 정함

구분	스위치 입력			램프 출력			전/후진 출력	
	F	N	R	F	N	R	F	R
1	O	X	X	O	X	X	O	X
2	X	O	X	X	O	X	X	X
3	X	X	O	X	X	O	X	O
4	O	O	X	O	O	X	X	X
5	X	O	O	X	O	O	X	X
6	O	X	O	O	X	O	X	X
7	O	O	O	O	O	O	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X

<그림 104>셔틀스위치 입력 대비 출력
우선순위

2) 셔틀 제어 로직

-. 셔틀제어는 중립에서 출발하는 중립출발제어와 주행중 진행 방향을 변경하는 절환제어로 나뉜다. 중립 출발제어에는 전진제어와 후진제어로 구분되나 제어상 특별히 구분할 필요는 없다. 주행중 진행 방향을 바꾸는 절환제어도 전진중 후진 및 후진중 전진 2가지의 모드가 있으나, 제어 로직에서는 구분할 필요가 없다. 단, 운전자의 안전과 시스템을 보호하기위해 절환이 가능한 속도를 9km/h로 제한하고 있다. 6km/h의 이상의 속도에서 절환제어가 발생되면 차속이 6km/h 이하로 떨어질 때 까지 제어를 수행하지 않으며 중립 상태를 유지함



<그림 105>셔틀 제어 로직 순서도

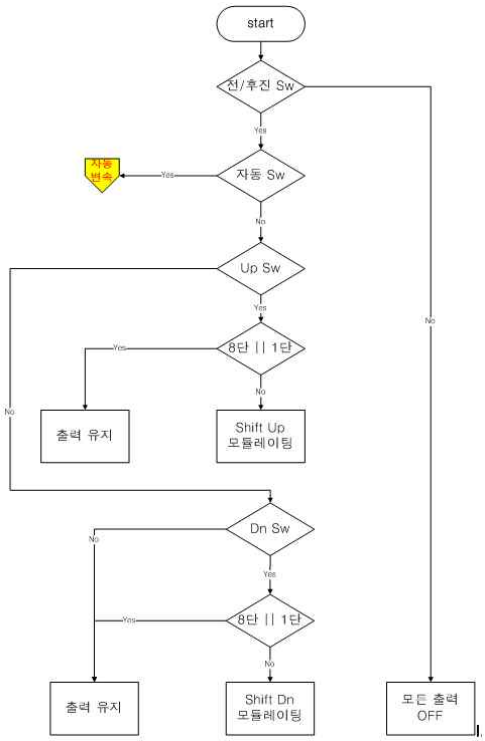
㉤ Shift 제어 (주변속 변속 제어)

1) 수동변속제어

-. 시프트업 스위치, 시프트다운 스위치 조작으로 1단부터 8단까지 주변속이 변속된다. 각각의 변속 단수 제어 시 아래 주변속 클러치 6종이 인게이지 및 디스인게이지 되어 변속된다. 인게이지 및 디스인게이지 구동 프로파일은 L18 직교표로 변속 선도 최적화로 개선함

	주변속 클러치					
	1	2	3	4	L	H
1단	⊙				⊙	
2단		⊙			⊙	
3단			⊙		⊙	
4단				⊙	⊙	
5단	⊙					⊙
6단		⊙				⊙
7단			⊙			⊙
8단				⊙		⊙

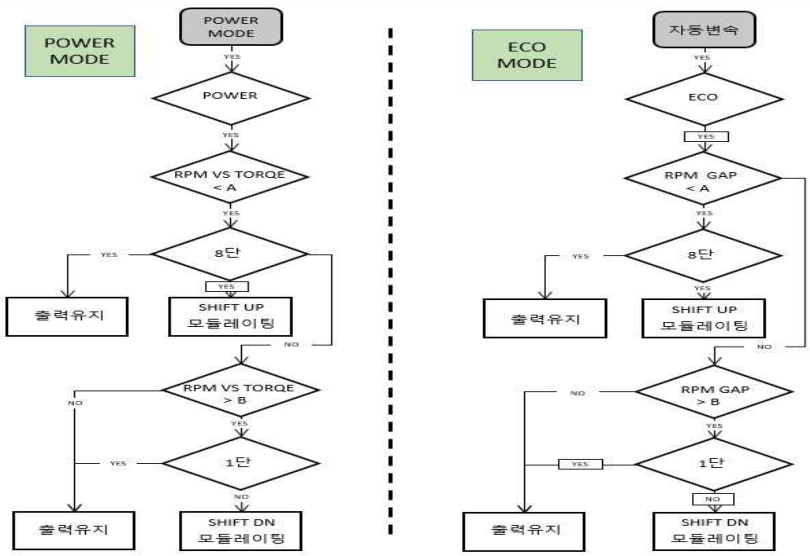
<그림 106>1~8단을 생성시키는 클러치 구성



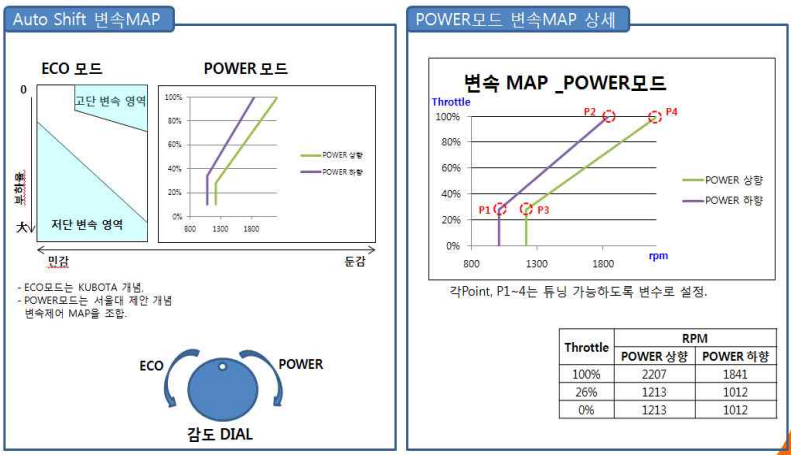
<그림 107>수동 변속 제어 로직 순서도

2) 자동변속모드

-. 자동변속은 파워모드와 에코모드로 구별하였으며 다이얼을 이용하여 각 모드의 비중을 조종할 수 있도록 하였다. 즉 다이얼을 왼쪽으로 돌리면 에코모드의 비중이 증가하고, 오른쪽으로 돌리면 파워모드의 비중이 증가하도록 하였다. 다이얼이 중앙에 있을 때를 노말모드(normal)라고 정의하였다. 변속은 엔진속도를 기준으로 상향변속과 하향변속이 이루어지도록 하였다. Eco모드는 가급적 연비가 좋은 영역에서 변속을 수행하여 연료 소비를 최소화하기 위한 모드이며, Power모드는 엔진의 Full Load Curve를 통해 최대 출력점과 최대 토크점 사이에서 엔진이 운행되어 트랙터가 최대 Power를 낼 수 있도록 구현한 모드임



<그림 108>Mode 별(Eco / Power) Logic



Throttle	RPM	
	POWER 상향	POWER 하향
100%	2207	1841
26%	1213	1012
0%	1213	1012

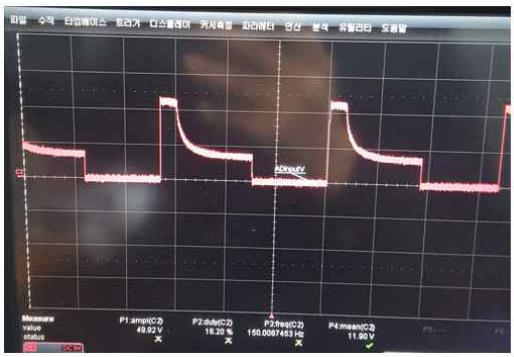
<그림 109>Mode 별(Eco / Power) 변속 맵

□ 제어기 H/W 보완 회로도 설계

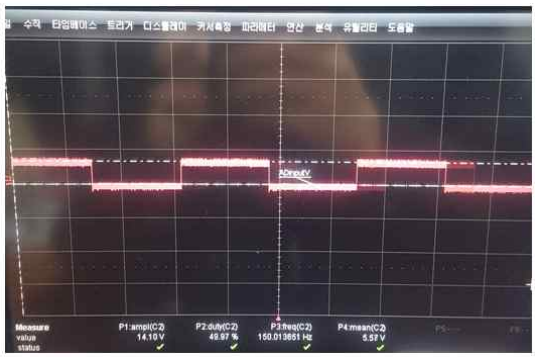
Ⓐ 보완 회로 설계

㉠ 파워시프트 출력단 서지 개선

-. 파워시프트 밸브를 제어하기 위한 펄스 출력이 솔레노이드에서 발생한 서지 전압에 의해 왜곡 되고 실제 차량의 동작에도 심각한 영향을 준다. 차량용 다이오드를 배선에 장착하여 서지 전압을 제거하였다. 시작품 개선 설계 시 파워시프트 컨트롤러 PCB 기판에 다이오드 내장형으로 회로 변경함



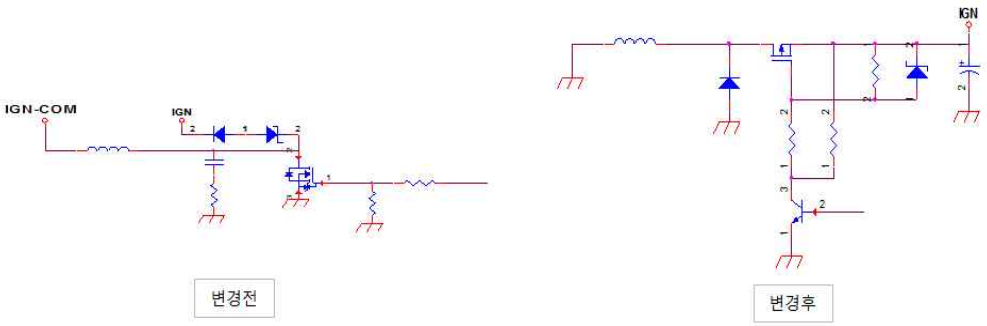
다이오드 미 부착 시 펄스 파형



다이오드 추가 후 펄스 파형

-. 다이오드 내장형 회로 변경 내용

: 부하의 전류 이동 방향과 역방향 으로 서지전압 제거용 플라이백 다이오드를 추가하기 위하여 비례제어 솔레노이드의 출력단을 low side에서 high side 출력으로 내부 회로 변경 및 플라이 백 다이오드 추가함



<그림 110>다이오드 내장형 회로 변경 전, 후

: 솔레노이드 밸브가 ON되면 배터리의 전압이 인덕터에 공급되어 배터리 양극 단자의 전류가 인덕터와 저항(인덕터 권선의 저항)을 통해 흐릅니다. 전류의 증가는 전류의 변화에 반대하는 패러데이의 유도 법칙 으로 인해 인덕터 전체에 역기전력을 유발함

: 솔레노이드 밸브가 OFF되면 전류가 빠르게 떨어집니다. 인덕터는 배터리 반대방향으로 매우 큰 유도 극성의 전압을 발생시켜 인덕터의 하단에 양의 전압을, 상단에 음의 전압을 발생시켜 전류 하강에 저항합니다. 배터리 전압보다 큰 유도 성 “킥”이라고도 하는 이 전압 펄스가 발생함. 이 전압 펄스가 턴 오프되는 것을 방지하기 위해 다이오드는 인덕터를 가로 질러 (부하의 전류이동방향과 역방향으로 병렬연결)연결됩니다. 다이오드는 역 바이어스 되어 스위치가 닫혀있는 동안 전류를 전도하지 않고 배터리 전압 때문에 회로의 정상적인 작동을 방해하지 않습니다. 그러나 부하가 OFF되면 반대 극성의 인덕터 양단의 유도 전압이 다이오드를 바이어스 하고 전류를 전도하여 인덕터 양단의 전압을 제한하여 서지 전압이 형성되는 것을 방지함

㉡ MCU 변경 (16BIT → 32BIT)

-. 파워시프트 컨트롤러의 MCU 사양의 upgrade(연산처리 능력 향상 및 I/O 포트 수량 증대)를 목적으로 16bit에서 32bit MCU로 변경하고 회로도 및 드라이버 펌웨어를 개발

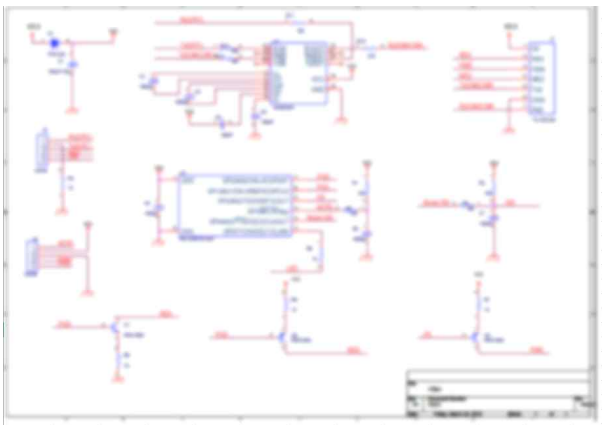
항목별	변경전	변경후
Core Size	16Bit	32Bit
동작 온도	-40 ~ 85℃	-40 ~ 105℃
CPU Frequency	20Mhz	120Mhz
Code Flash (ROM)	256KB	512KB
Data Flash	X	64KB
RAM	12KB	32KB
SPI (ch)	3	5
CAN (ch)	1	6
UART (ch)	3	4
I2C (ch)	0	2
PWM (ch)	16	48
ADC (ch)	16 (10bit: 16)	36 (12bit: 16, 10bit: 20)
DAC (ch)	2 (8bit: 2)	0
I/O	68	81
CANFD	X	O
FPU	X	O
Package	100 pins, QFP	100 pins, LQFP

<그림 111>16BIT , 32BIT MCU 비교표

→ 32bit mcu 개발 환경 구축(컴파일 환경 및 다운로더 개발)

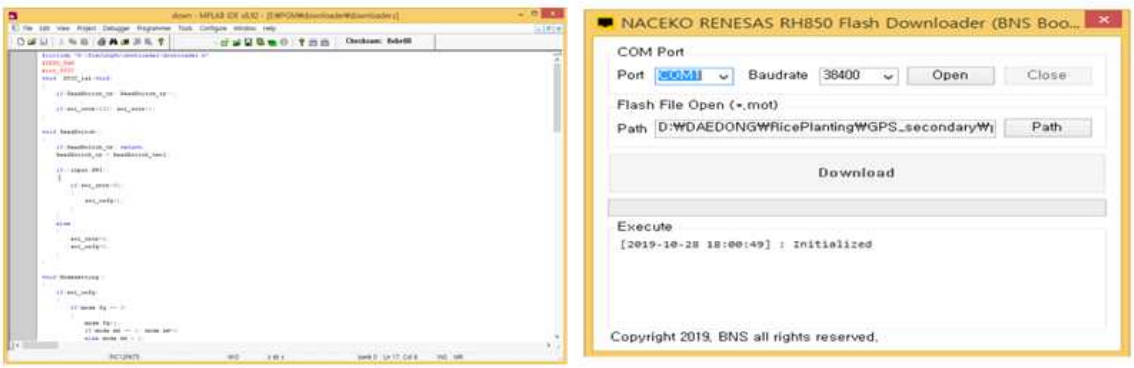
: 고급언어로 작성된 프로그램을 기계어로 번역하는 것을 컴파일 이라하고 이것을 처리하는 프로그램을 컴파일러라고 하고, PC와 32bit mcu를 연결해주는 제품을 다운로더라 합니다. 32bit mcu는 스마트 컨피그레이션 등의 기능 추가 및 다운로더 방식의 변경으로 기존 개발 환경과 호환이 안됨으로 32bit mcu용 개발 환경을 구축함

-. 32bit MCU 다운로더 회로도 개발



<그림 112>32bit MCU 다운로더 회로도

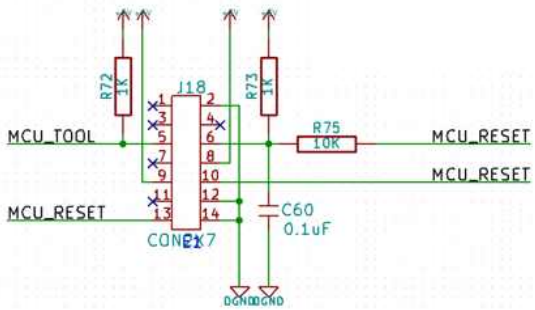
-. 32bit MCU 다운로더 프로그램 개발



<그림 113>32bit MCU 다운로더 프로그램

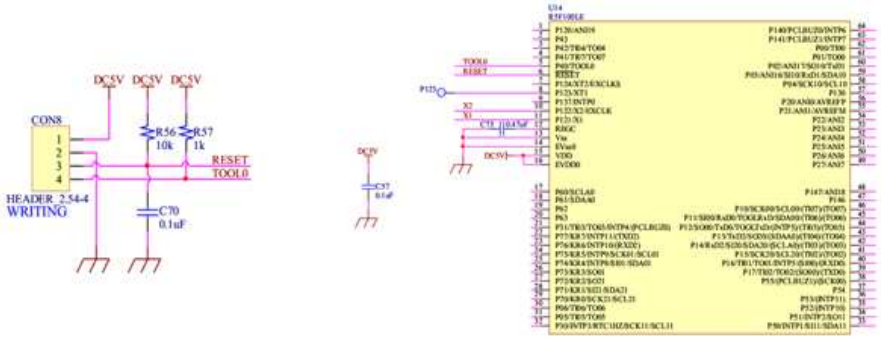
→ 32bit mcu 개발 환경 구축(컴파일 환경 및 부트로더 개발)

-. 개발 TOOL 컨넥터 회로



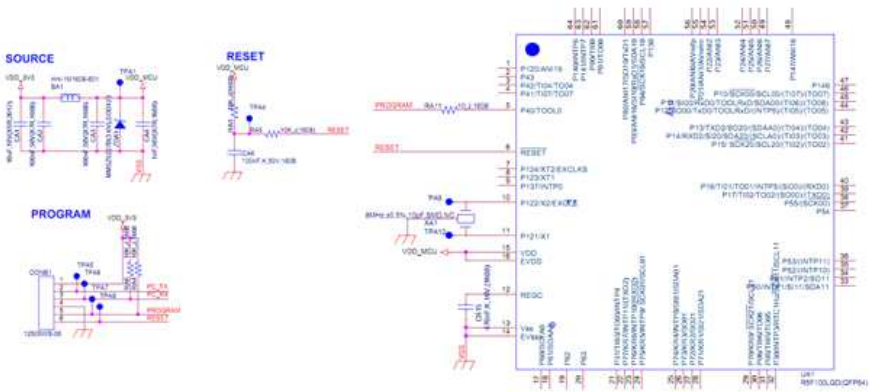
<그림 114>개발 TOOL 컨넥터 회로

-. MCU 주변회로 1



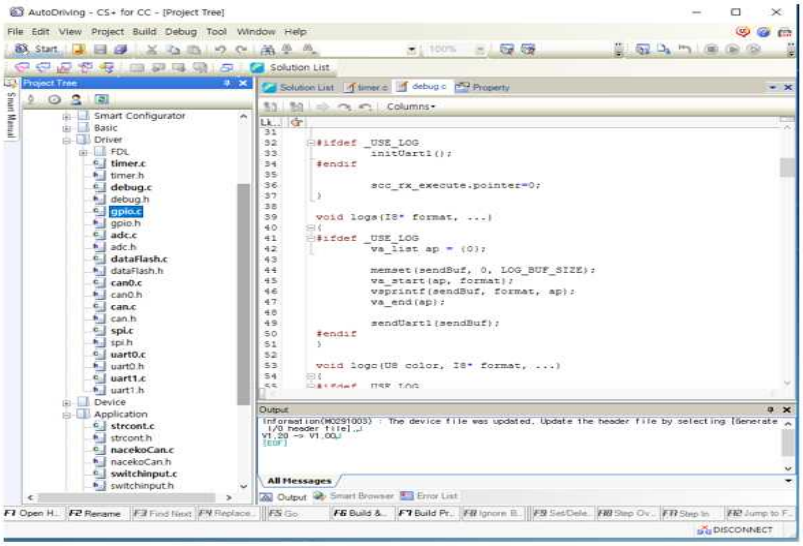
<그림 115>MCU 주변회로 1

-. MCU 주변회로 2



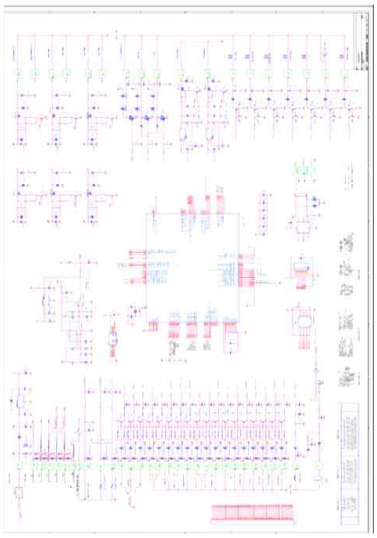
<그림 116>MCU 주변회로 2

-. 드라이버 펌웨어 Timer, Debug, Gpio, Adc, Dataflash, Can, Spi, Uart, Input Capture, Output Capture 개발



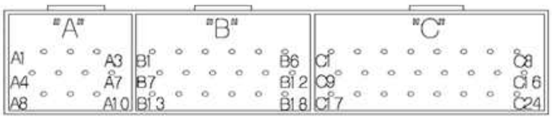
<그림 117>드라이버 펌웨어 개발

㉢ 회로도면



<그림 118>회로도면

㉣ 파워시프트입출력 PIN 정리

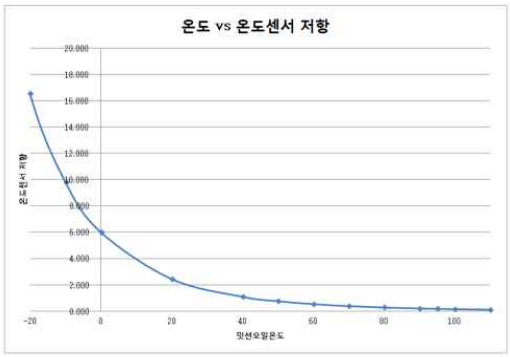


커넥터 구분	핀 번호	기능설명	제어	입력	출력	H8S 2626 IC		비고
						PIN NO	PORT	
A	1	고정스위치DEC(-)입력	D/I(-)	O		69	PF6	
A	2	HI SW(-)입력	D/I(-)	O	-	70	PF5	
A	3	[illegible] SW(-)입력	D/I(-)	O		10	PE0	
A	4	고정스위치INC(-)입력	D/I(-)	O		68	PF7	
A	5	LOW비례솔레노이드(+)출력	PWM(+)		O	3	TIOCA1	
A	6	HIGH비례솔레노이드(+)출력	PWM(+)		O	36	TIOCA3	
A	7	전진비례솔레노이드(+)출력	PWM(+)	-	O	40	TIOCC3	
A	8	4 SOL PWM(+)출력	PWM(+)		O	1	TIOCD0	
A	9	2 SOL PWM(+)출력	PWM(+)		O	4	TIOCA2	
A	10	1 SOL PWM(+)출력	PWM(+)		O	99	TIOCA0	
B	1	센서1(SPARE)입력	AD IN	O		80	AN2	
B	2	서행모드 스위치(-)입력	D/I(-)	O		86	P90	
B	3	4WD무접점식 스위치(-)입력	D/I(-)	O		87	P91	
B	4	서행해제 스위치(-)입력	D/I(-)	O		89	P93	
B	5	부변속단자1스위치(-)입력	D/I(-)	O		91	P95	
B	6	CAN_H	CAN통신			7	HTXD	
B	7	[illegible]센서 입력	AD IN	O		81	AN3	
B	8	QT무접점식 스위치(-)입력	D/I(-)	O		88	P92	
B	9	[illegible]SW(-)입력	D/I(-)	O		90	P94	
B	10	[illegible]스위치(-)입력	D/I(-)	O		92	P96	
B	11	서행종료 스위치(-)입력	D/I(-)	O		93	P97	
B	12	CAN_L	CAN통신			9	HRXD	
B	13	오일온도센서입력	AD IN	O		79	AN1	
B	14	부변속 단자2스위치(-)입력	D/I(-)	O		75	PF0	
B	15	LOW SW(-)입력	D/I(-)	O	-	74	PF1	
B	16	[illegible]SW(-)입력	D/I(-)	O		73	PF2	
B	17	브레이크SW(+) 입력	D/I(+)	O	-	72	PF3	
B	18	[illegible] SW(-)입력	D/I(-)	O		71	PF4	
C	1	GND						
C	2	[illegible]램프(-)출력	D/O(-)		O	36	PD6	
C	3	HIGH램프(-)출력	D/O(-)		O	33	PC5	
C	4	통신 (TXD3단자)				47	TXD3	
C	5	통신 (MD2단자)				56	MD2	
C	6	통신 (RES단자)				60	RES	
C	7	차속센서 입력	주파수IN	O		43	TIOCA4	
C	8	5V 출력 (통신)						
C	9	LOW램프(-)출력	D/O(-)		O	29	PC1	
C	10	[illegible]부저(-)출력	D/O(-)		O	34	PC6	
C	11	SPARE1 램프(-)출력	D/O(-)		O	35	PC7	
C	12	통신 (RXD3단자)				48	RXD3	
C	13	통신 (FWE단자)				67	FWE	
C	14	ECO변속모드 SW(-)입력	D/I(-)	O		13	PE3	
C	15	5V 출력 (센서)						
C	16	12V 전원						
C	17	전진램프(-)출력	D/O(-)		O	35	PD5	
C	18	[illegible]램프(-)출력	D/O(-)		O	34	PD4	
C	19	CUT OFF SOL 출력(ON/OFF)	D/O(-)		O	32	PC4	
C	20	3 SOL PWM(+)출력	PWM(+)		O	100	TIOCC0	
C	21	QT SOL(-)출력(ON/OFF)	D/O(-)		O	31	PC3	
C	22	4WD SOL(-)출력(ON/OFF)	D/O(-)		O	30	PC2	
C	23	POWER변속모드 SW(-)입력	D/I(-)	O		11	PE1	
C	24	후진비례솔레노이드(+)출력	PWM(+)		O	41	TIOCD3	

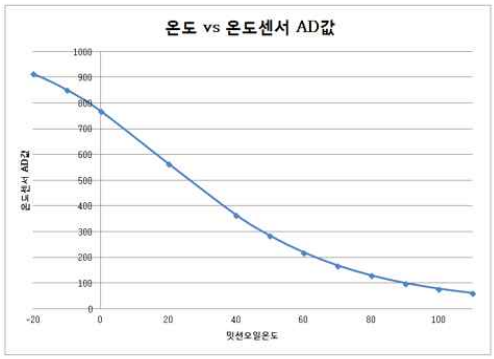
<그림 119>파워시프트입출력 PIN

Ⓑ 밋션오일온도센서 품질 보완 설계

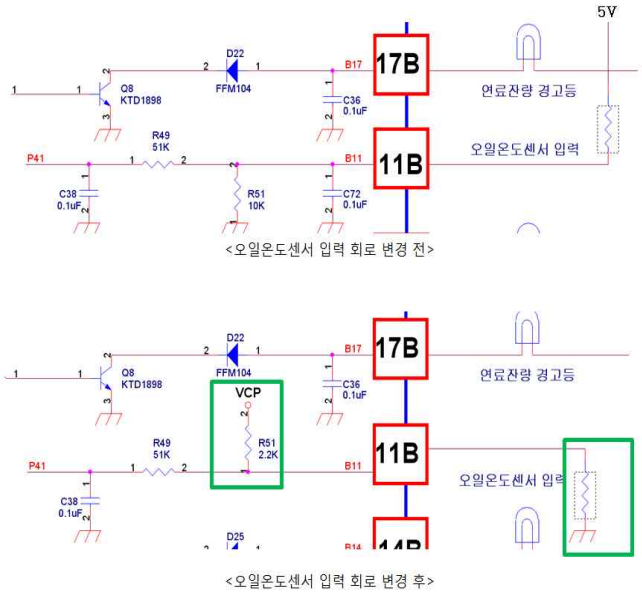
-. 밋션 작동유의 온도를 감지하여 파워시프트밸브의 솔레노이드 제어 값을 보정하기 위해 밋션오일온도센서를 적용하였다. 온도가 증가함에 따라 저항이 감소하는 NTC 타입의 센서로서 온도의 변화에 따라 센서값의 변화량이 일정하지 않아 MCU ADC 입력단의 회로를 아래와 같이 변경하여 센서 입력 값의 특성을 선형화함



<그림 120>온도별 온도센서의 저항



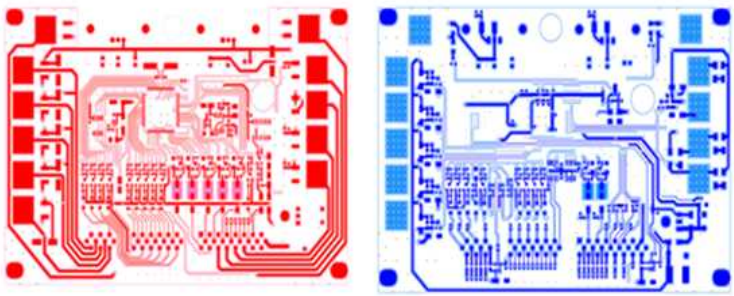
<그림 121>온도별 온도센서 AD값(MCU)



<그림 122>오일온도센서 입력 회로 변경 전, 후

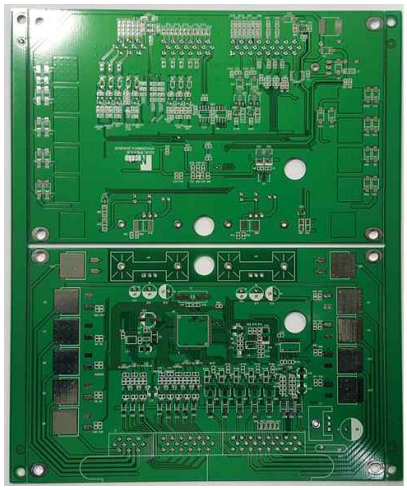
□ 제어기 H/W 보완 PCB 설계

Ⓐ PCB ARTWORK



<그림 123>PCB ARTWORK 상, 후면

Ⓑ 파워시프트 PCB 외관 형상



<그림 124>파워시프트 PCB
외관

□ 1차년도 제어 알고리즘 튜닝

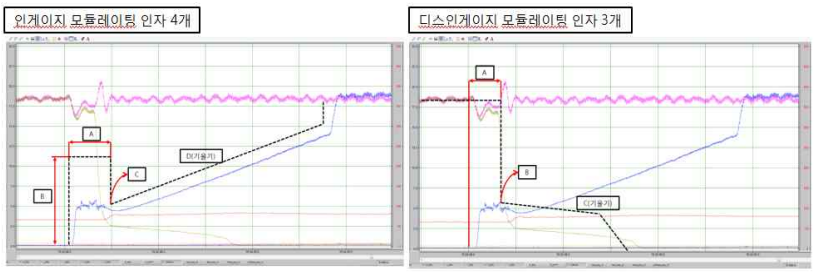
Ⓐ 변속 선도 최적화

㉠ 정량적 목표인 변속 반응 시간, 변속 충격을 만족시키기 위해 1차적으로 변속 선도 튜닝을 하였으나 주행 단수, 작업 조건에 따라 결과가 다르게 나타났다. 주관기업과 함께 L18 직교표 시험으로 변속 선도 최적화 시험을 하였고 그 결과를 파워시프트컨트롤러 제어 로직에 반영함

-. 최적화 주요 인자

: 변속 시 인게이지 클러치와 디스인게이지 클러치 각각을 위한 변속 선도가 필요하였고 주요 인자로 인게이지 인자 4개, 디스인게이지 인자 3개로 총 7개 인자를 선정하였고 우선순위를 고려하여 3수준 6개, 2수준 1개로 수준으로 진행함

인게이지 인자	수준	중요도	디스 인게이지 인자	수준	중요도
UP-A	3	1	DOWN-A	3	1
UP-B	3	2	DOWN-B	3	2
UP-C	3	3	DOWN-C	3	3
UP-D	2	4			



<그림 125>주요인자 및 수준

-. 노이즈 선정

: 부하조건에 따라 변속 시간, 변속 충격이 크게 나타나므로 부하 조건을 노이즈로 선정하였고 2수준으로 평지와 쟁기로 정하여 시험 진행함

-. 시험 결과 측정

: 변속 시간, 변속 충격 측정은 당해년도에 실용화 재단에서 개발한 측정 방법에 준하

여 측정

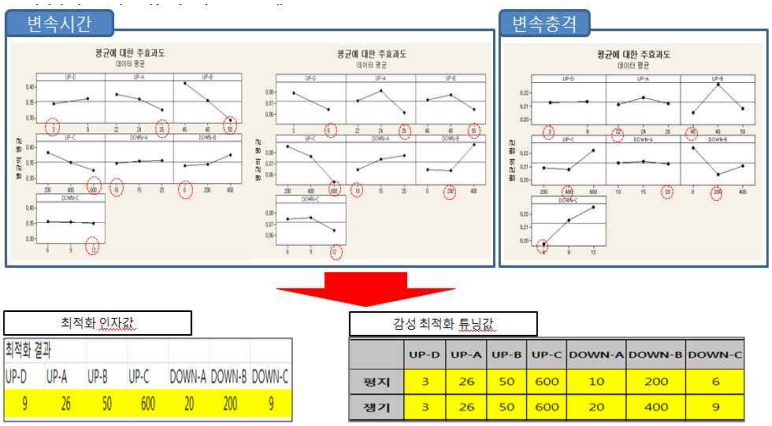
: 결과 분석 방법은 결과 분석 시 측정값이 최소가 될수록 유리한 망소특성으로함

-. 시험 결과 분석

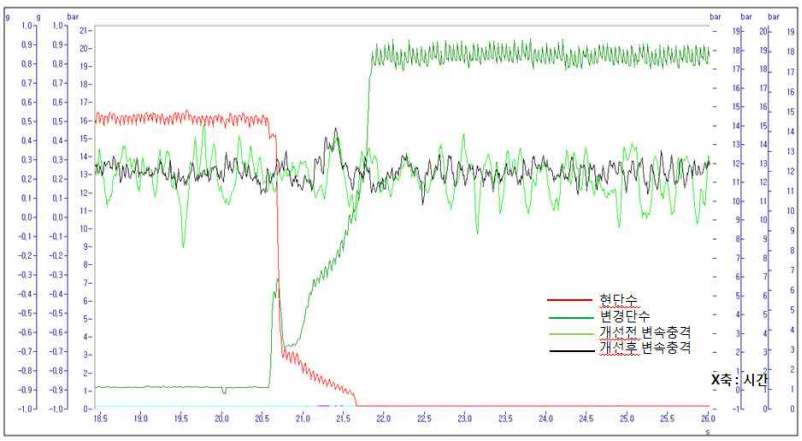
: 최적화 결과 값을 도출 하여 프로그램에 적용하여 최적화 전후 충격량이 0.3G 감소하였고 정량적 목표에 만족 하였다. 3차년도에는 전체 단수별로 최적화 시험을 하여 각 변속시간, 단수별 편차를 최소화할 예정

순서	시험 인자							시험 결과	
	UP-D	UP-A	UP-B	UP-C	DOWN-A	DOWN-B	DOWN-C	변속시간	변속 충격
1	3	22	46	200	10	0	6		
2	3	22	48	400	15	200	9		
3	3	22	50	600	20	400	12		
4	3	24	46	200	15	200	12		
5	3	24	48	400	20	400	6		
6	3	24	50	600	10	0	9		
7	3	26	46	400	10	400	9		
8	3	26	48	600	15	0	12		
9	3	26	50	200	20	200	6		
10	9	22	46	600	20	200	9		
11	9	22	48	200	10	400	12		
12	9	22	50	400	15	0	6		
13	9	24	46	400	20	0	12		
14	9	24	48	600	10	200	6		
15	9	24	50	200	15	400	9		
16	9	26	46	600	15	400	6		
17	9	26	48	200	20	0	9		
18	9	26	50	400	10	200	12		

<그림 126>L18 직교표



<그림 127>최적화 결과 분석



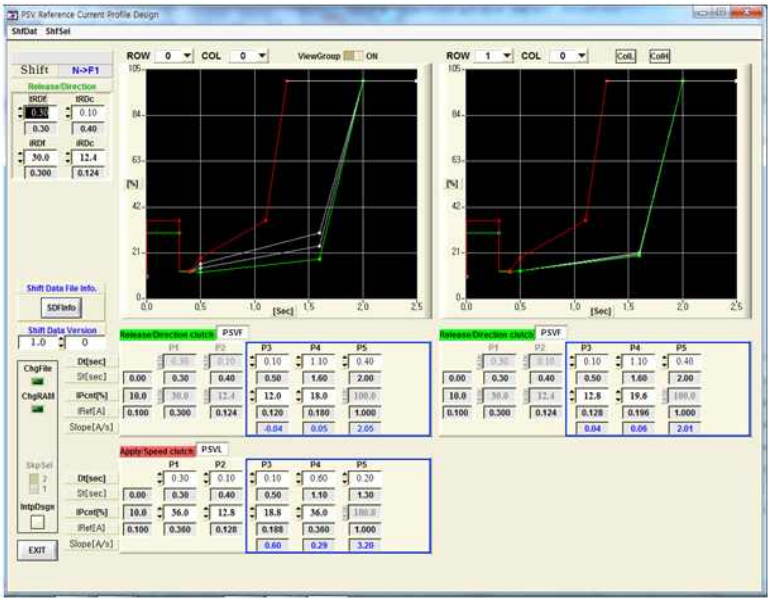
<그림 128>최적화 결과 적용 변속 선도

㉡ Calibration 로직 개발

-. Calibration PC용 S/W를 개발

: 최적화 주요 인자를 Calibration 인자, 최적화 결과 값을 Calibration 목표로 정하여

Calibration을 위한 PC용 S/W를 개발 하였다. PC와 트랙터간에 RS232 통신으로 연결한 후 직접 프로그램 코딩을 거치지 않고 Calibration S/W 입력창에 주요 인자를 입력한 후 트랙터를 변속 하면 그 인자값에 대한 결과 값이 S/W 결과 창에 나타나는 구조



<그림 129>Calibration PC용 S/W

-. 보완 사항

: Calibration 로직은 클러치조합 및 솔레노이드를 포함하는 밋션 총조합 구동라인의 제작 편차를 보정하여 생산 공정상에서 사용되어지는 제어 로직부로써 생산공정 시간을 고려하여 최대한 짧은 시간에 수행이 가능하도록 프로그램 되어야한다. 그리고 판매 후 관련부품 정비시 Calibration이 정비사에 의해 진행 되어야 하므로 쉽고 간단한 방법이어야 한다. 당해년도에 개발한 PC용 S/W는 직접 프로그램 코딩을 하는 것 보다는 간단하지만 공장 작업자 또는 정비사가 수행하기에는 방법이 복잡하고 숙련도에 따라 시간이 다소 소요 된다. 차년도에는 이런 불편함을 해소할 수 있는 Self Calibration 방법을 구상하여 양산성 있는 로직을 완성할 예정

□ 성능평가

Ⓐ 솔출력 단자 측정

㉠ 시험방법 (스위치 ON/OFF 측정)

㉡ [입출력 컨넥터에 오시로스코프를 연결하여 측정]

: TEST스위치 OFF일 경우 DUTY 100% , 스위치 ON일 경우 DUTY 0%로 설정

: TEST스위치 OFF → ON으로 변경후 AD값 변화(5V→0V)되는 시간 측정

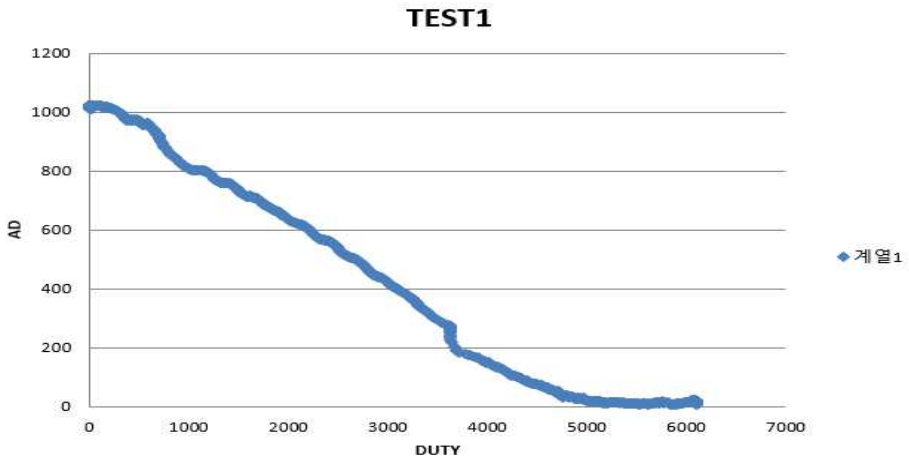
<그림 130>오실로스코프 데이터 측정

㉢ 결론: 선형적 파형이 발생되며, 실차평가 시 검증 필요

Ⓑ 솔출력 단자 측정 1

㉠ 시험방법 (다이얼 가변 측정)

㉡ MCU출력 데이터를 그래프 표시

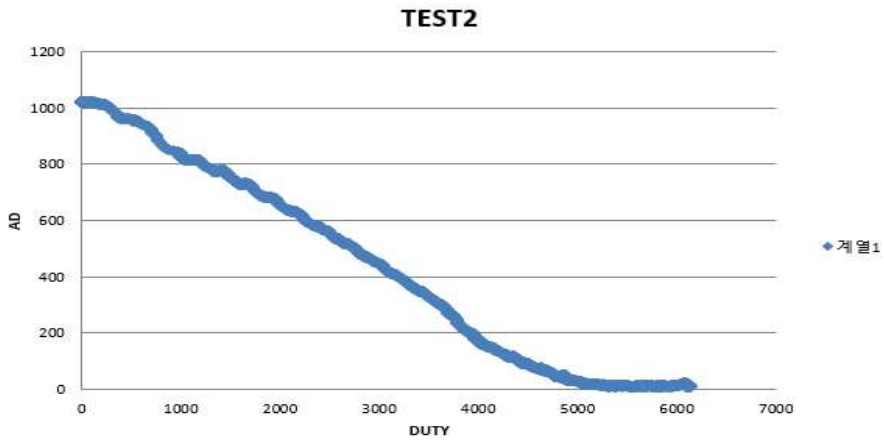


<그림 131>솔출력 단자 측정 1

Ⓒ 솔출력 단자 측정 2

㉠ 시험방법 (다이얼 가변 측정)

㉡ MCU출력 데이터를 그래프 표시

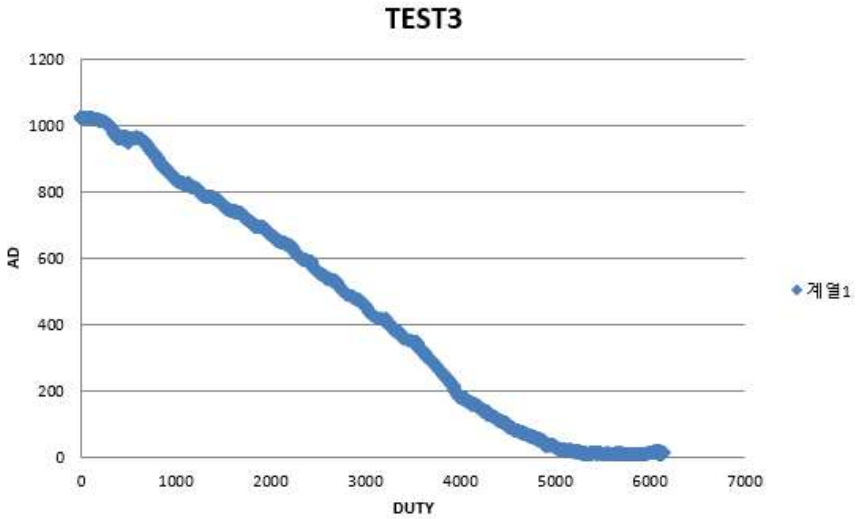


<그림 132> 솔출력 단자 측정 2

Ⓓ 솔출력 단자 측정 3

㉠ 시험방법 (다이얼 가변 측정)

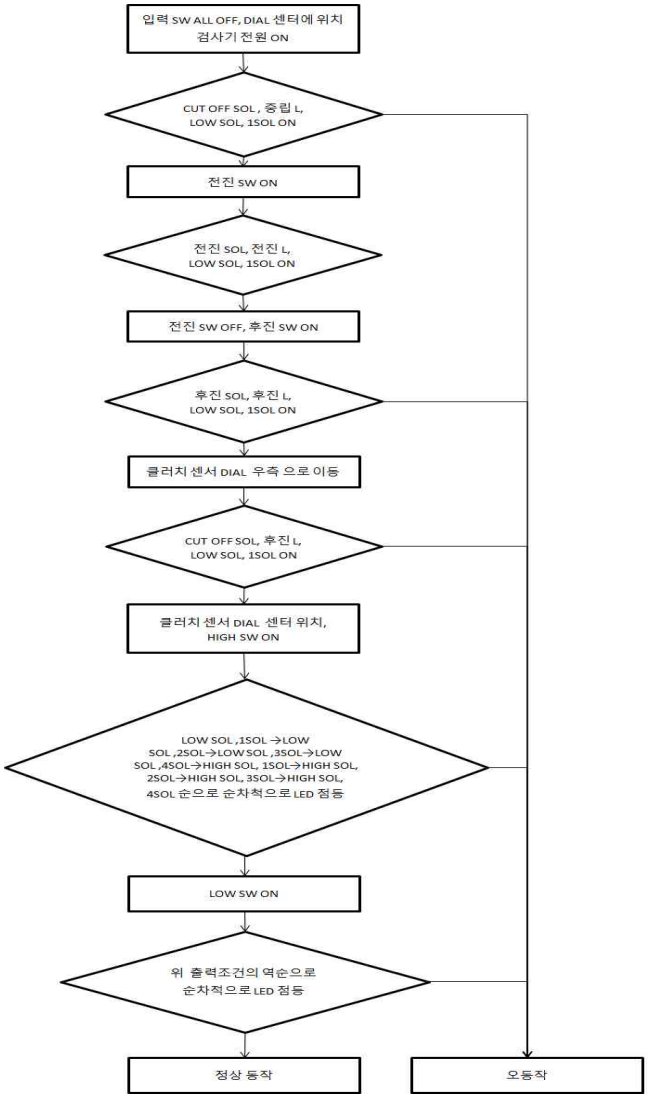
㉡ MCU출력 데이터를 그래프 표시



<그림 133> 솔출력 단자 측정 3

□ 시험 절차서 초안 작성

Ⓐ 시험 절차서



<그림 134> 시험 절차서

Ⓑ 파워시프트 검사 순서

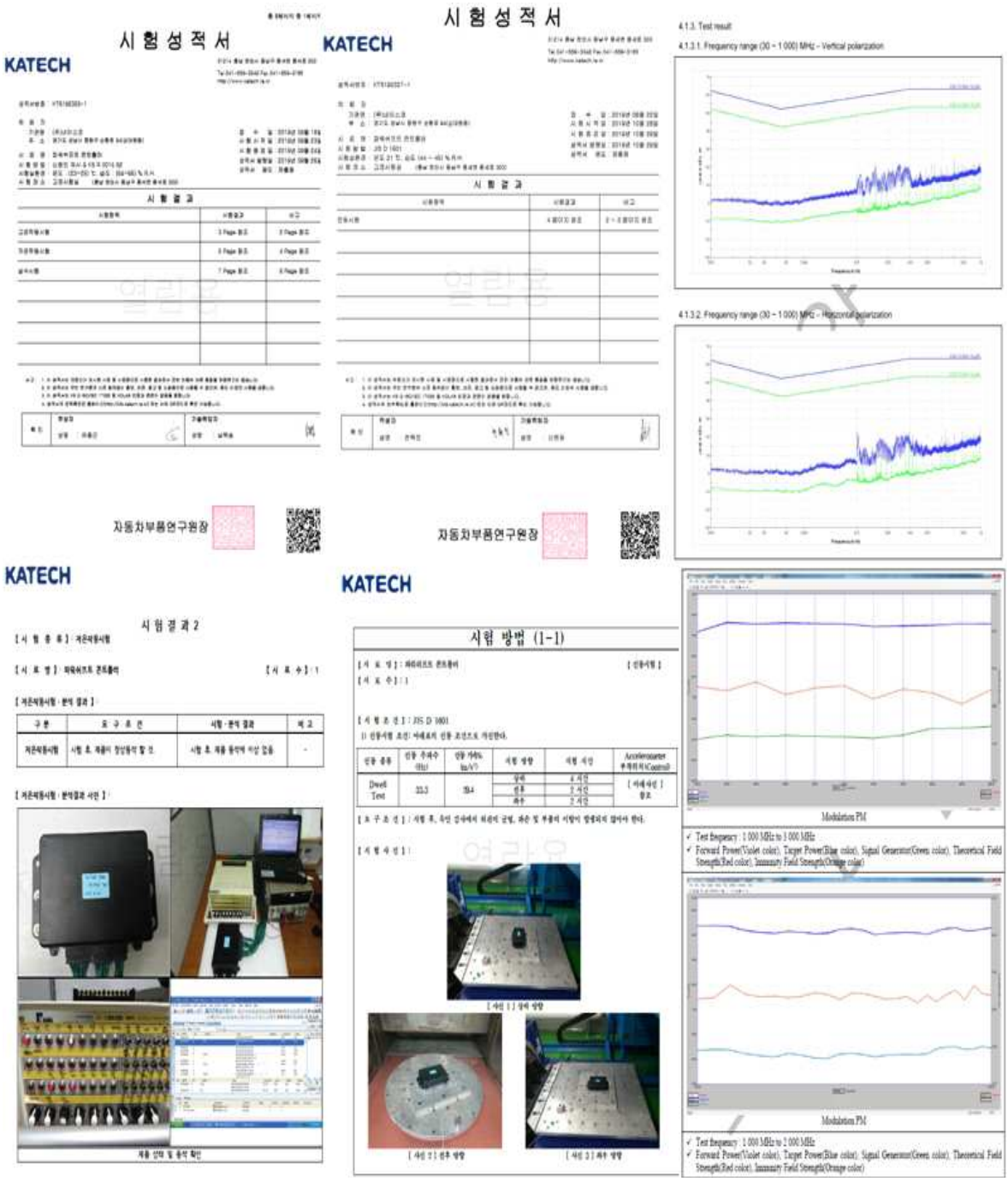
NO	입력조건 스위치 & AD(0~1023)	출력 조건	비 고	15	14	CUT OFF SOL 13	SPARE 1램프 12	후진 램프 11	중립 램프 10	HIGH LAMP 9	4WD SOL 8	전진 램프 7	QT SOL 6	LOW LAMP 5	부저 4	1SOL 3	2SOL 2	3SOL 1	4SOL 0	전진 SOL 3	후진 SOL 2	HIGH SOL 1	LOW SOL 0
				OUTPUT CHECK1																OUTPUT CHECK2			
1	입력조건 초기화 설정, 클러치센서 AD512, 자동검사 시작 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	브레이크 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
3	편브레이크 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
4	4WD SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5	브레이크, 편브레이크 4WD SW OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
6	QT SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
7	전륜각 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, QT SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9288 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
8	후진 SW ON	1 SOL, LOW SOL 후진 SOL, 4WD SOL, 후진 램프 ON output check1 : 2312 / output check2 : 5		0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
9	후진 SW OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, QT SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9288 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
10	차속센서 ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11	QT, 전륜각 SW OFF 차속센서 OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
12	전진 SW ON	1SOL, LOW SOL, 전진 SOL, 전진 LAMP ON output check1 : 0136 / output check2 : 9		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
13	핸드 클러치 SW ON	1SOL, LOW SOL, CUT OFF SOL ON, 전진램프 점멸 반복 output check1 : 8200(전진L off) or 8328(전진L on) / output check2 : 1		0	0	1	0	0	0	0	0	점멸	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
14	핸드클러치 SW OFF 편브레이크, 전진, INC SW ON KEY OFF 후 ON	1SOL , LOW SOL, 중립램프, CUT OFF SOL ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
15	클러치센서 AD960, INC SW OFF , DEC SW ON	1SOL , LOW SOL, 중립램프 OFF 후 ON, CUT OFF SOL ON output check1 : 8200(중립L off) or 9224(중립L on) / output check2 : 1		0	0	1	0	0	0→1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
16	클러치센서 AD40, DEC SW OFF , INC SW ON	1SOL , LOW SOL, 중립램프 OFF 후 ON, CUT OFF SOL ON output check1 : 8200(중립L off) or 9224(중립L on) output check2 : 1		0	0	1	0	0	0→1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
17	편브레이크, 전진, INC SW OFF KEY OFF 후 ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
18	차속센서 ON , 전진 SW ON	1SOL, LOW SOL ON, 전진L, 부저 점멸 output check1 : 8(off) or 152(on) output check2 : 1		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	점멸	1	0	0	0	0	0	0	1
19	차속센서 OFF , 전진 SW OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1 can통신 : 126		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,2 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9220 / output check2 : 1 can통신 : 127		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
21	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,3 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9218 / output check2 : 1 can통신 : 128		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
21	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9217 / output check2 : 1 can통신 : 129		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
22	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, HIGH SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224/ output check2 : 2 can통신 : 130		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
23	LOW SW ON → OFF	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9217/ output check2 : 1 can통신 : 129		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
24	부변속감지1 SW ON	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립, LOW LAMP ON output check1 : 9249/ output check2 : 1 can통신 : 129		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
25	부변속감지1 SW OFF, 부변속감지2 SW ON	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립, HIGH LAMP ON output check1 : 9729/ output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

<그림 135> 파워시프트 검사 순서

Ⓒ 파워시프트 외관 형상

<그림 136> 파워시프트 외관 형상

□ 공인기관 신뢰성 평가 시험성적서



- 3차년도

□ 트랙터용 자동변속 제어 알고리즘 튜닝 및 개발

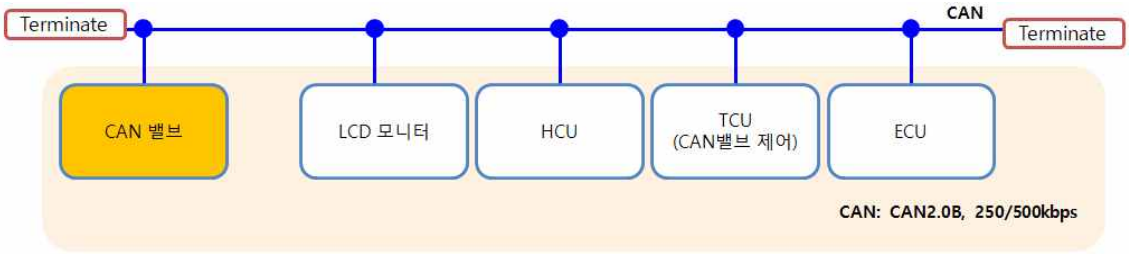
Ⓐ CAN(Controller Area Network)밸브 제어

: CAN 통신으로 차량 상태에 따른 밸브제어 및 밸브 상태 FEEDBACK

㉠ 블록도

1)트랙터 Controller Area Network

-. 트랙터의 CAN통신 구성은 아래 그림과 같고, 차량 상태에 따라 CAN밸브를 제어기에서 제어한다.



<그림 137> 트랙터 CAN통신 구성

2)제어기와 CAN밸브 간 동작 순서도

<그림 138> CAN밸브 동작 순서도

㉡ CAN PROTOCOL 및 밸브 사양

1) CAN 밸브의 CAN 통신 규격으로 CAN ID, START BIT, DATA LENGTH,메시지 NAME, CYCLE TIME등 CAN PROTOCOL을 정리하여 소프트웨어 설계 자료로 사용

CAN 밸브 CAN 프로토콜 정리

CAN ID	CYCLE TIME	START BIT	DATA LENGTH	변수명	내용	TEST VALUE
18FF5005	100ms	1.3	2BIT	SolSetP0.SystemInfor.B.Initialization;	SYSTEM INFORMATION -> 0: Normal operation, 1: Initialization, 2: Pilot pressure, 3: Initialization + Pilot pressure	0: Normal operation
		3.1	2BIT	SolSetP2.OperMode.B.Neutral;	OPERATION MODE -> NEUTRAL 00 : OFF, 01 : ON	입력조건에 따라 변경
		3.3	2BIT	SolSetP2.OperMode.B.Float;	OPERATION MODE -> FLOAT 00 : OFF, 01 : ON	0: OFF
		3.5	2BIT	SolSetP2.OperMode.B.Lower;	OPERATION MODE -> LOWER 00 : OFF, 01 : ON	입력조건에 따라 변경
		3.7	2BIT	SolSetP2.OperMode.B.Raise;	OPERATION MODE -> RAISE 00 : OFF, 01 : ON	입력조건에 따라 변경
		4.1	1BYTE	SolSetP3.OilFlowSetpoint;	OIL FLOW SETPOINT -> 0x00(0d) : 0.0000%, 0x01(1d) : 0.3937%, ... 0xFE(254d) : 100%, 0xFF(255d) : Invalid!	0XFE : 100%
		5.1	1BYTE	SolSetP4.ExternOilTemp;	EXTERNAL OIL TEMPERATURE -> VALUE=TEMP(℃)+0x50	0 : -80℃
		6.1	2BIT	SolSetP5.RampRounding.B.RaiseRampEnd;	RAMP ROUNDING -> RAISE RAMP END 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
		6.3	2BIT	SolSetP5.RampRounding.B.RaiseRampStart;	RAMP ROUNDING -> RAISE RAMP Start 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
		6.5	2BIT	SolSetP5.RampRounding.B.LowerRampEnd;	RAMP ROUNDING -> Lower RAMP END 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
		6.7	2BIT	SolSetP5.RampRounding.B.LowerRampStart;	RAMP ROUNDING -> Lower RAMP Start 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
18FF6005	1000ms	1.3	2BIT	SolConfig0.SystemInfor.B.Initialization	SYSTEM INFORMATION -> 0: Normal operation, 1: Initialization	0: Normal operation
		2.1	4BIT	SolConfig1.CHAForm.B.Lower	CHARACTERISTIC FORM -> 0: off(linear), 1~14: on(progressive)	0: off(linear)
		2.5	4BIT	SolConfig1.CHAForm.B.Raise	CHARACTERISTIC FORM -> 0 : off(linear), 1~15 : on(progressive)	0: off(linear)
		3.1	1BYTE	SolConfig2.CHAGradientRaise	CHARACTERISTIC GRADIENT - RAISE -> 0x00 : 0%, 0x01 : 0.3937%, ... 0xFE : 100% of max. oil flow, 0xFF : Invalid!	0xFE : 100%
		4.1	1BYTE	SolConfig3.CHAGradientLower	CHARACTERISTIC GRADIENT - LOWER -> 0x00 : 0%, 0x01 : 0.3937%, ... 0xFE : 100% of max. oil flow, 0xFF : Invalid!	0xFE : 100%
		5.1	1BYTE	SolConfig4.RampTimeACTRaise	RAMP TIME ACTIVATED - RAISE -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms
		6.1	1BYTE	SolConfig5.RampTimeDeACTRaise	RAMP TIME DEACTIVATED - RAISE -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms
		7.1	1BYTE	SolConfig6.RampTimeACTLower	RAMP TIME ACTIVATED - LOWER -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms
		8.1	1BYTE	SolConfig7.RampTimeDeACTLower;	RAMP TIME DEACTIVATED - LOWER -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms
18FF5105	100ms	1.3	2BIT	OilPressSolSetP0.SystemInfor.B.Initialization;	SYSTEM INFORMATION -> 0: Normal operation, 1: Initialization, 2: Pilot pressure, 3: Initialization + Pilot pressure	0: Normal operation
		3.1	2BIT	OilPressSolSetP2.OperMode.B.Neutral;	OPERATION MODE -> NEUTRAL 00 : OFF, 01 : ON	입력조건에 따라 변경
		3.3	2BIT	OilPressSolSetP2.OperMode.B.Float;	OPERATION MODE -> FLOAT 00 : OFF, 01 : ON	0: OFF
		3.5	2BIT	OilPressSolSetP2.OperMode.B.Lower;	OPERATION MODE -> LOWER 00 : OFF, 01 : ON	입력조건에 따라 변경
		3.7	2BIT	OilPressSolSetP2.OperMode.B.Raise;	OPERATION MODE -> RAISE 00 : OFF, 01 : ON	입력조건에 따라 변경
		4.1	1BYTE	OilPressSolSetP3.OilFlowSetpoint;	OIL FLOW SETPOINT -> 0x00(0d) : 0.0000%, 0x01(1d) : 0.3937%, ... 0xFE(254d) : 100%, 0xFF(255d) : Invalid!	0XFE : 100%
		5.1	1BYTE	OilPressSolSetP4.ExternOilTemp;	EXTERNAL OIL TEMPERATURE -> VALUE=TEMP(℃)+0x50	0 : -80℃
		6.1	2BIT	OilPressSolSetP5.RampRounding.B.RaiseRampEnd;	RAMP ROUNDING -> RAISE RAMP END 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
		6.3	2BIT	OilPressSolSetP5.RampRounding.B.RaiseRampStart;	RAMP ROUNDING -> RAISE RAMP Start 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
		6.5	2BIT	OilPressSolSetP5.RampRounding.B.LowerRampEnd;	RAMP ROUNDING -> Lower RAMP END 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
		6.7	2BIT	OilPressSolSetP5.RampRounding.B.LowerRampStart;	RAMP ROUNDING -> Lower RAMP Start 00:OFF, 01:WEAK 10:MEDIUM, 11:STRONG	0X03: STRONG
18FF6105	1000ms	1.3	2BIT	OilPressSolConfig0.SystemInfor.B.Initialization;	SYSTEM INFORMATION -> 0: Normal operation, 1: Initialization	0: Normal operation
		2.1	4BIT	OilPressSolConfig1.CHAForm.B.Lower;	CHARACTERISTIC FORM -> 0: off(linear), 1~14: on(progressive)	0: off(linear)
		2.5	4BIT	OilPressSolConfig1.CHAForm.B.Raise;	CHARACTERISTIC FORM -> 0 : off(linear), 1~15 : on(progressive)	0: off(linear)
		3.1	1BYTE	OilPressSolConfig2.CHAGradientRaise;	CHARACTERISTIC GRADIENT - RAISE -> 0x00 : 0%, 0x01 : 0.3937%, ... 0xFE : 100% of max. oil flow, 0xFF : Invalid!	0xFE : 100%
		4.1	1BYTE	OilPressSolConfig3.CHAGradientLower;	CHARACTERISTIC GRADIENT - LOWER -> 0x00 : 0%, 0x01 : 0.3937%, ... 0xFE : 100% of max. oil flow, 0xFF : Invalid!	0xFE : 100%
		5.1	1BYTE	OilPressSolConfig4.RampTimeACTRaise;	RAMP TIME ACTIVATED - RAISE -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms
		6.1	1BYTE	OilPressSolConfig5.RampTimeDeACTRaise;	RAMP TIME DEACTIVATED - RAISE -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms
		7.1	1BYTE	OilPressSolConfig6.RampTimeACTLower;	RAMP TIME ACTIVATED - LOWER -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms
		8.1	1BYTE	OilPressSolConfig7.RampTimeDeACTLower;	RAMP TIME DEACTIVATED - LOWER -> 0x00 : 0ms, 0x01 : 16ms, ... 0xFE : 4064ms, 0xFF : Invalid!	0 : 0ms

<그림 139> CAN PROTOCOL

2) CAN 밸브의 사양

-. Input Signal : CAN , 250KBaudrate

-. 소비전류 : neutral < 50mA , maximum 1150mA,

-. CAN 사양

CAN 밸브 사양 정리

㉢ CAN 밸브 Number 설정

-. CAN밸브에 고유 Number를 설정하여 두개이상의 CAN밸브 제어가능

Valve number programming from valve number 0 to 1:

	Time		CAN ID	Name	Dir	DCL	Data									
[+]	8.7489	1	18ff3280x	V0_Status	Rx	4	91	11	6a	81					→	Diagnosis Msg.with valve number 0
[+]	8.7635	1	18ff3305x	Diag_Request	Tx	8	3b	15	00	01	00	00	00	00	→	Command to program valve number 1
[+]	8.8148	1	18ff3480x	Diag_Answer_v0	Rx	8	7f	3b	15	01	00	00	00	00	→	Confirmation
[+]	13.8111	1	18ff3281x	V1_Status	Rx	4	94	00	6a	81					→	Diagnosis Msg.with valve number 1

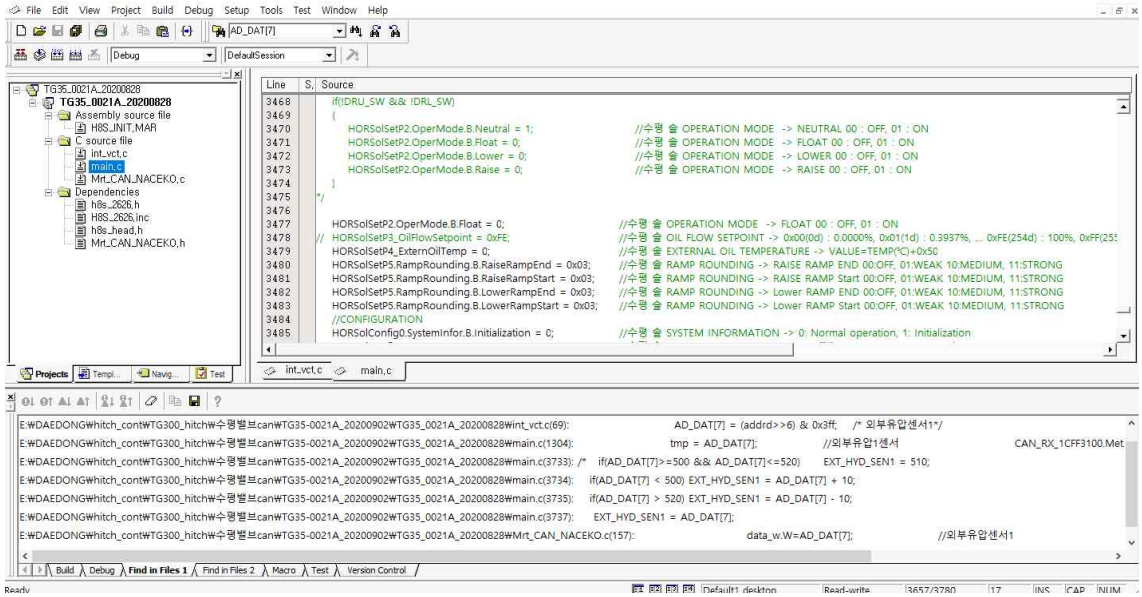
Valve number programming to valve number 2:

	Time		CAN ID	Name	Dir	DCL	Data									
[+]	192.9875	1	18ff3280x	V0_Status	Rx	4	91	11	6a	81					→	Diagnosis Msg.with valve number 0
[+]	193.0758	1	18ff3305x	Diag_Request	Tx	8	3b	15	00	02	00	00	00	00	→	Command to program valve number 2
[+]	193.1269	1	18ff3480x	Diag_Answer_v0	Rx	8	7f	3b	15	02	00	00	00	00	→	Confirmation
[+]	195.1302	1	18ff3282x	V1_Status	Rx	4	94	00	6a	82					→	Diagnosis Msg.with valve number 2

<그림 140> Valve number 설정

㉣ program 설계

-. CAN밸브 사양, CAN PROTOCOL 설정, 센서입력에 다른 CAN밸브 제어 프로그래밍



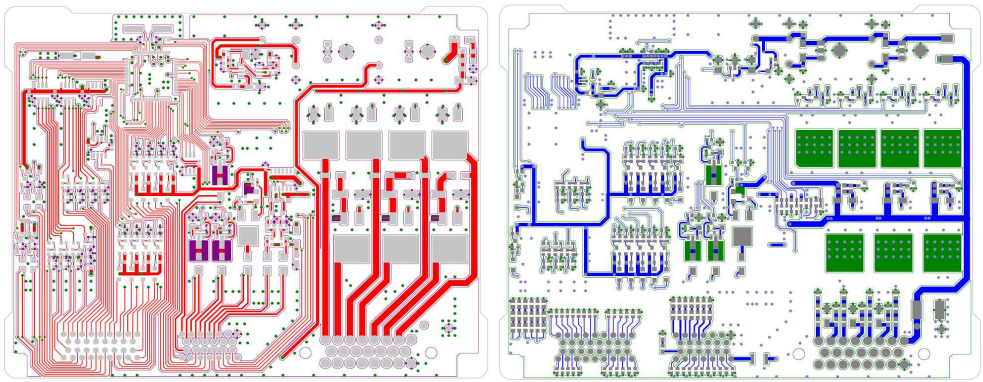
□ 2차 Pilot 제어기 제작

Ⓐ Print Circuit Board (인쇄회로 기판) 설계

-. PCB 재질 FR-4, 동판 두께 1OZ로 제작

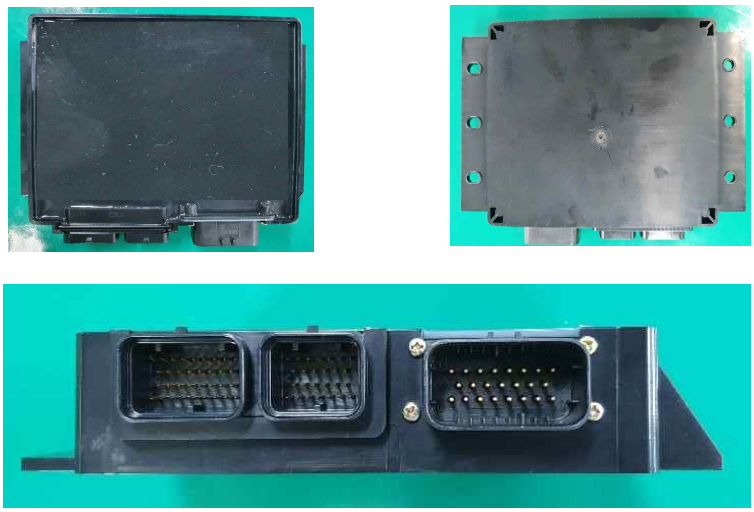
-. 부하 용량에 따른 패턴 설계 및 그라운드 패턴 강화

-. CASE 재질(아연강판->내열ABS), Connector, PCB 변경



<제어기 Print Circuit Board 설계 TOP/BOTTOM>

Ⓑ 파워시프트 외관 형상



ⓒ 세뮬레이터 제작 사진

<그림 141>시뮬레이터 제작 사진

□ 공인기관 신뢰성 평가 및 성능 시험 보고서

Ⓐ 상온진동시험/성적서

Ⓑ 고온시험/성적서2차 Pilot 제어기

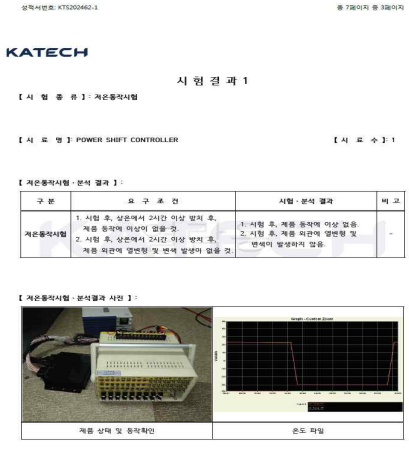
Ⓒ 저온시험/성적서

Ⓓ EMC시험 7항목 시험/성적서

KATECH

시 험 성 적 서

한국자동차연구원장



KATECH

시 험 결 과 1

KATECH

시 험 결 과 2

KATECH

시 험 결 과 3

KATECH

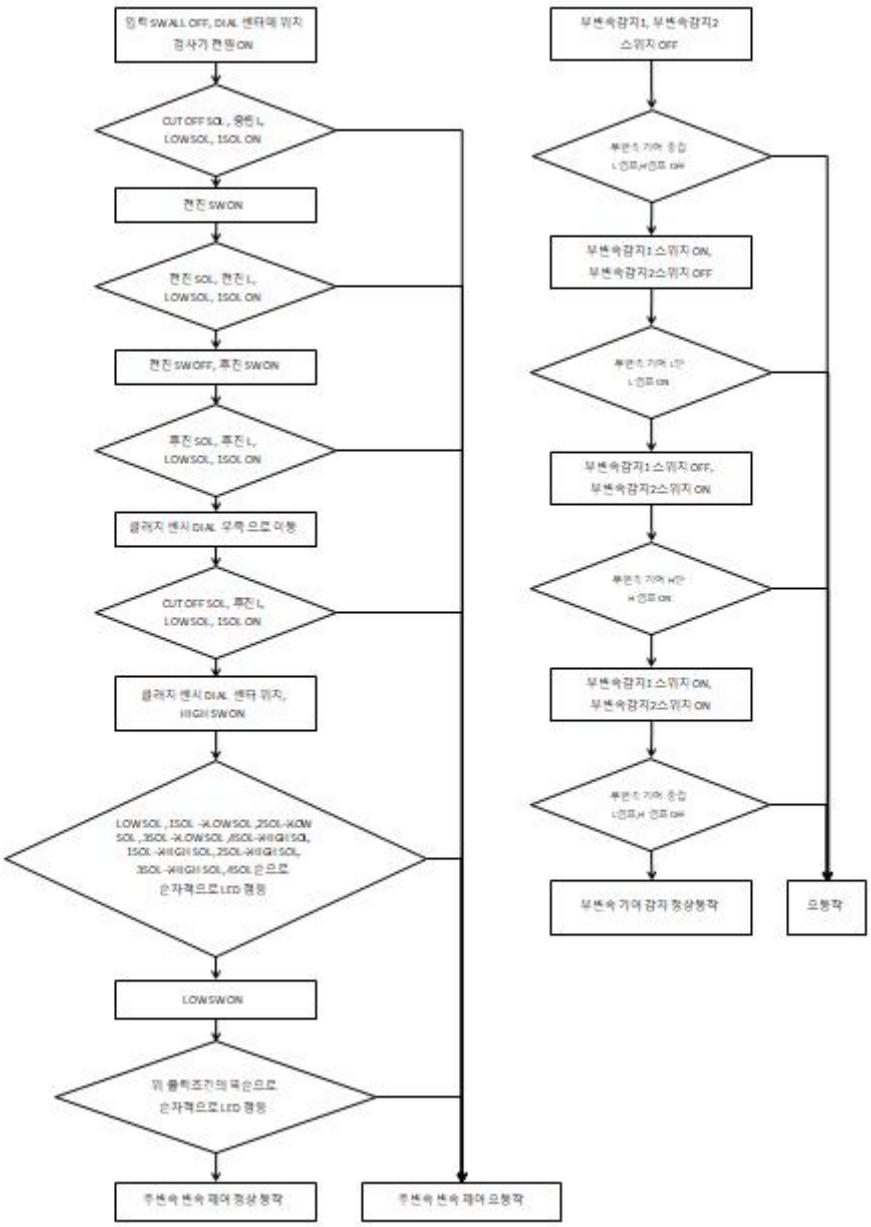
시험 · 분석 결과 (1-1)

KATECH

시험 · 분석 결과 (1-2)

□ 시험 절차서 보완 작성

Ⓐ 시험 절차서



<그림 142> 시험 절차

Ⓑ 파워시프트 검사 순서

-. 입력조건에 따른 출력 확인

NO	입력조건	출력 조건	비 고	OUTPUT CHECK1																OUTPUT CHECK2			
	스위치 & AD(0~1023)					CUT OFF SOL	SPARE 1램프	후진 램프	중립 램프	HIGH LAMP	4WD SOL	전진 램프	QT SOL	LOW LAMP	부저	1SOL	2SOL	3SOL	4SOL	전진 SOL	후진 SOL	HIGH SOL	LOW SOL
				15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	3	2	1	0
1	입력조건 초기화 설정, 클러치센서 AD512, 자동검사 시작 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	브레이크 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
3	핸브레이크 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
4	4WD SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
5	브레이크, 핸브레이크 4WD SW OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
6	QT SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
7	전륜각 SW ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, QT SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9288 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
8	후진 SW ON	1 SOL, LOW SOL 후진 SOL, 4WD SOL, 후진 램프 ON output check1 : 2312 / output check2 : 5		0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
9	후진 SW OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, QT SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9288 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
10	자속센서 ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 4WD SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9480 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11	QT, 전륜각 SW OFF 자속센서 OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
12	전진 SW ON	1SOL, LOW SOL, 전진 SOL, 전진 LAMP ON output check1 : 0136 / output check2 : 9		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
13	핸드 클러치 SW ON	1SOL, LOW SOL, CUT OFF SOL ON, 전진램프 점멸 반복 output check1 : 8200(전진L off) or 8328(전진L on) / output check2 : 1		0	0	1	0	0	0	0	0	점멸	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
14	핸드클러치 SW OFF 핸브레이크, 전진, INC SW ON KEY OFF 후 ON	1SOL , LOW SOL, 중립램프 CUT OFF SOL ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
15	클러치센서 AD960, INC SW OFF , DEC SW ON	1SOL , LOW SOL, 중립램프 OFF 후 ON, CUT OFF SOL ON output check1 : 8200(중립L off) or 9224(중립L on) / output check2 : 1		0	0	1	0	0	0→1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
16	클러치센서 AD40, DEC SW OFF , INC SW ON	1SOL , LOW SOL, 중립램프 OFF 후 ON, CUT OFF SOL ON output check1 : 8200(중립L off) or 9224(중립L on) output check2 : 1		0	0	1	0	0	0→1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
17	핸브레이크, 전진, INC SW OFF KEY OFF 후 ON	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
18	자속센서 ON , 전진 SW ON	1SOL, LOW SOL ON, 전진L, 부저 점멸 output check1 : 8(off) or 152(on) output check2 : 1		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	점멸	1	0	0	0	0	0	0	1
19	자속센서 OFF , 전진 SW OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224 / output check2 : 1 can통신 : 126		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,2 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9220 / output check2 : 1 can통신 : 127		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
21	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,3 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9218 / output check2 : 1 can통신 : 128		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
21	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9217 / output check2 : 1 can통신 : 129		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
22	HIGH SW ON → OFF	CUT OFF SOL,1 SOL, HIGH SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9224/ output check2 : 2 can통신 : 130		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
23	LOW SW ON → OFF	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립 LAMP ON output check1 : 9217/ output check2 : 1 can통신 : 129		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
24	부변속감지1 SW ON	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립, LOW LAMP ON output check1 : 9249/ output check2 : 1 can통신 : 129		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
25	부변속감지1 SW OFF, 부변속감지2 SW ON	CUT OFF SOL,4 SOL, LOW SOL, 중립, HIGH LAMP ON output check1 : 9729/ output check2 : 1		0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

<그림 143>파워시프트 검사 순서

Ⓑ 파워시프트 검사 순서

-. 입력조건에 따른 출력 확인

- 4차년도

(1) 세부 계획

구분 (연도)	세부과제명	세부 연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
4차 년도 (2021)	트랙터용 자동변속기 (TCU)개발	제어알고리즘 튜닝	제어 알고리즘 튜닝	성능평가 만족
		3차 Pilot 2대 제작	3차 pilot PCB 설계 및 제작	성능평가 만족
		3차 PILOT 정량적 목표 평가 및 시험 성적서	EMC 외 총 5항목 자부연 시험 실시	공인기관 평가하여 만족 판정

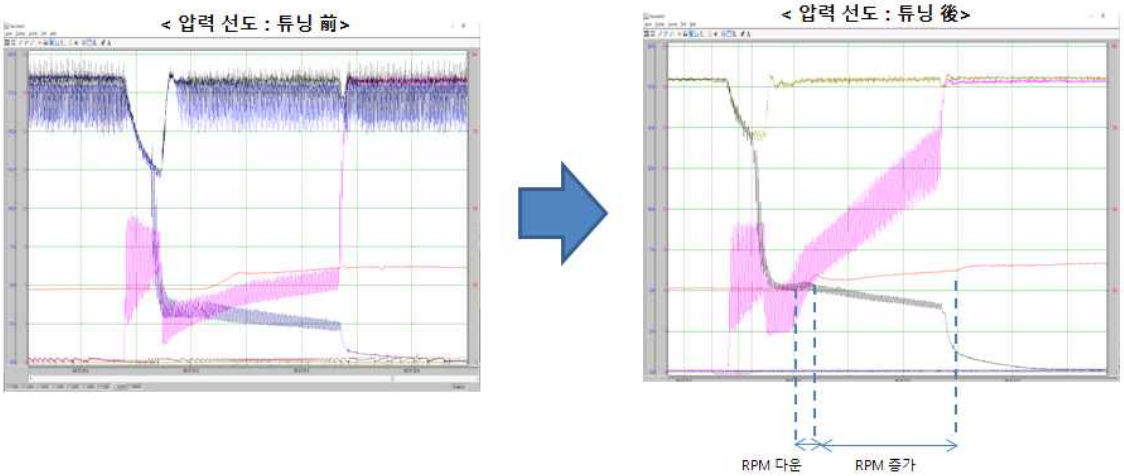
(2) 연구개발 수행 내용

□ 트랙터용 자동변속 제어 알고리즘 튜닝

Ⓐ 변속 시 엔진 RPM 제어

㉠ 변속 시 클러치 슬립을 최소화 하고 충격을 엔진 회전수로 제어가능 하도록 up변속 시 엔진 RPM일정량 down 후 일정시간 동안 천천히 증가시키고, down변속 시 엔진 RPM 일정량 up 후 일정시간 동안 천천히 감소하도록 제어 알고리즘 튜닝

㉡ 압력선도



Ⓑ 작업 과 주행으로 Profile을 분리

㉠ 작업 Profile

1) 기존 문제점

- 클러치 슬립으로 변속 충격을 감소하는 방법으로 작업 부하에 따라 변속 시점이 달라지는 문제점 발생

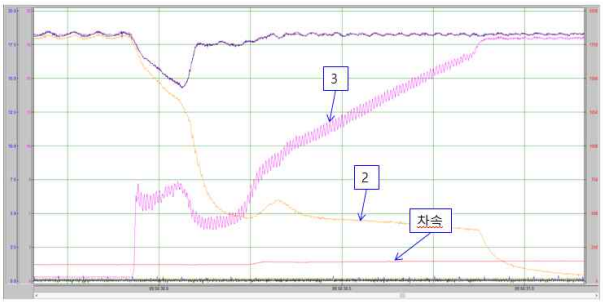
- 작업 부하가 클 때는 슬립 시간이 길어지고 느리게 변속

2) 해결 방안

- 압력 선도 기울기를 크게 하여 변속 시점을 일정하게 하여, 엔진 회전 수 제어로 변속 충격을 개선

3) 결과

- 공차 상태 평가 시 변속 충격, bench 내구시험 시 슬립 시간 감소



㉡ 주행 Profile

1) 기존 문제점

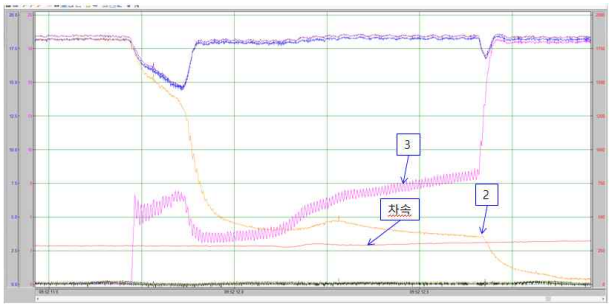
- 공차 상태 평가 시 변속 충격

2) 해결 방안

- 압력 선도 기울기를 줄여 변속 충격을 개선
- 일정 시간 동안 3.5 ~ 8.5bar

3) 결과

- 공차 상태 평가 시 변속 충격 개선, 부하 작업 시 슬립 시간 증대



㉢ 스위치 입력에 따라 자동으로 작업/주행 모드 변경

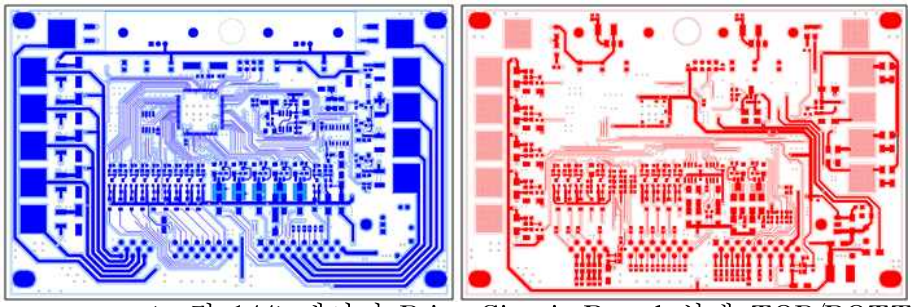
- 작업 모드를 우선으로 사용하도록 유도하기 위해 로터리/쟁기 모드 선택 시 자동으로 작업모드로 진입 하고 주행모드 선택 시 자동으로 로터리/ 쟁기 모드 해제 하도록 변경

□ 3차 Pilot 제어기 제작

Ⓐ Print Circuit Board (인쇄회로 기판) 설계

-. PCB 재질 FR-4, 동판 두께 1OZ로 제작

-. 부하 용량에 따른 패턴 설계 및 그라운드 패턴 강화

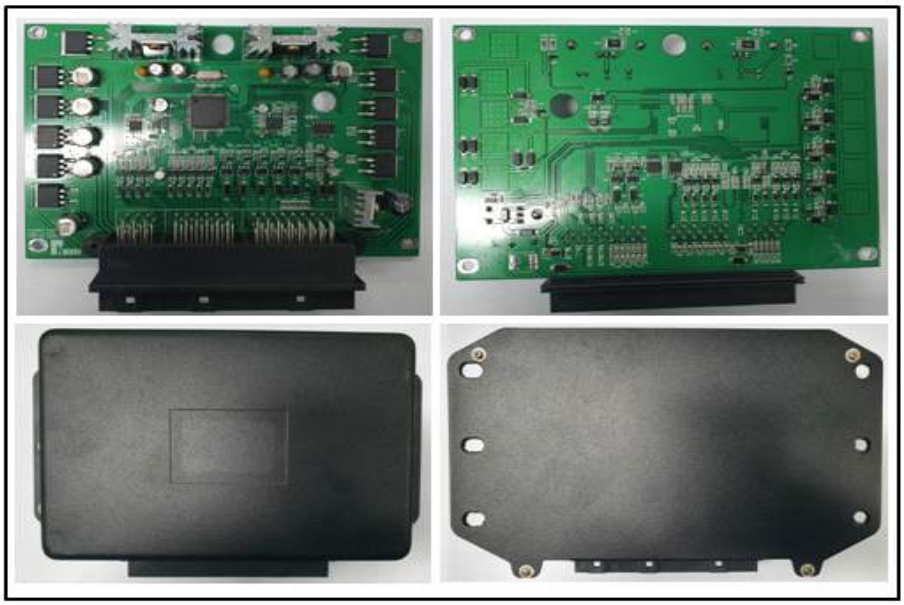


<그림 144>제어기 Print Circuit Board 설계 TOP/BOTTOM

Ⓑ 자동 변속기 ass'y 제작

-. CASE 재질(내열ABS -> 아연강판)변경

-. Connector, PCB 변경



□ 3차 Pilot 제어기 정량적 목표 평가 및 시험 성적서

Ⓐ 상온진동시험/성적서

Ⓑ 고온시험/성적서2차 Pilot 제어기

Ⓒ 저온시험/성적서

Ⓓ EMC시험 7항목 시험/성적서

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 진동 시험 성적서 (공인인증시험)

시 험 성 적 서

KATECH
31214 충남 천안시 동남구 풍세로 303
Tel.041-559-3342 Fax.041-559-3029
http://www.katech.re.kr

성적서번호 : KTS212239-1

의 뢰 자
거래명 : (주)네이스코
주 소 : 경기도 성남시 중원구 성남로 94(상대원동)

접 수 일 : 2021년 10월 13일
시 험 시 작 일 : 2021년 11월 03일
시 험 종 료 일 : 2021년 11월 04일
성적서 발행일 : 2021년 11월 04일
성적서 용도 : 제출용

시 료 명 : 파워쉬프트 컨트롤러
시 험 방 법 : 의뢰자 제시
시험실환경 : 온도 (20 ~ 22) ℃, 습도 (45 ~ 55) % R.H.
시 험 장 소 : 고정시험실 (충남 천안시 동남구 풍세로 303)

시 험 결 과

시험항목	시험결과	비고
진동내구시험	4 페이지 참조	2 ~ 3 페이지 참조

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시험방법으로 시험한 결과로서 전적 책임에 대한 품질을 보증하기는 않습니다.
2. 이 성적서는 무단 연구원의 사전 동의없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 복도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 연구원의 승인없이 전체를 또는 일부분을 복제하여 사용할 수 없습니다.
4. 성적서의 진위확인은 홈페이지(http://kts.katech.re.kr) 또는 아래 QR코드로 확인 가능합니다.
5. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정규정 준하여 검증을 받았습니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 전혁건	성명 : 신현동

한국자동차연구원장

KA-TP-14-06(Rev. 01)

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 진동 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

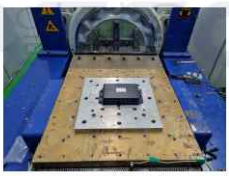
시험 방법 (1-1)

[시 료 명] : 파워쉬프트 컨트롤러 [시 험 명] : 진동내구시험
[시 료 수] : 1

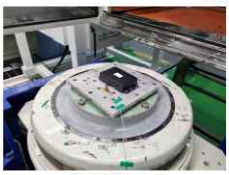
[시 험 조 건] : JIS D 1601
1) 진동시험 조건: 아래표 참조.

진동 종류	진동 주파수 (Hz)	진동 가속도 (m/s^2)	시험 방향	시험 시간	Accelerometer 부착위치(Control)
Fixed sine Test	33.3	53.9	Z-Axis	4 시간	[아래 사진] 참조
	33.3	53.9	X-Axis	2 시간	
	33.3	53.9	Y-Axis	2 시간	

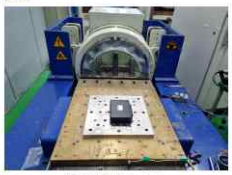
[진동내구시험 사진] :



[사진 1] Z-Axis



[사진 2] X-Axis



[사진 3] Y-Axis

KA-TP-14-03(Rev. 01)

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 진동 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

시험 · 분석 결과

[시 료 명] : 파워쉬프트 컨트롤러 [시 험 명] : 진동내구시험
[시 료 수] : 1

[시험 · 분석 결과] :

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과	비 고
진동내구시험	시험 후, 육안 검사에서 외관의 균열, 파손 및 부품의 이탈 등이 발생되지 않아야 하며, 정상 동작 할 것.	[사진 4 ~ 6]에서 보는 바와 같이 시험 후, 육안 검사 에서 외관의 균열, 파손 및 부품의 이탈이 발생 하지 않았으며, 정상 동작하였음.	

[파워쉬프트 컨트롤러 진단 결과] :

[사진 4] 시험 후 사진

[사진 5] 시험 후 사진

[사진 6] 시험 후 동작 사진

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 고온 ,저온 ,살수 시험 성적서 (공인인증시험)

시 험 성 적 서

KATECH
31214 충남 천안시 동남구 풍세로 303
Tel.041-559-3342 Fax.041-559-3029
http://www.katech.re.kr

성적서번호 : KTS212234-1

의 뢰 자
거래명 : (주)네이스코
주 소 : 경기도 성남시 중원구 성남로 94(상대원동)

접 수 일 : 2021년 10월 13일
시 험 시 작 일 : 2021년 10월 28일
시 험 종 료 일 : 2021년 10월 29일
성적서 발행일 : 2021년 11월 02일
성적서 용도 : 제출용

시 료 명 : 파워쉬프트 컨트롤러
시 험 방 법 : 신청인이 제시
시험실환경 : 온도 : (24~26) ℃, 습도 : 64~66) % R.H.
시 험 장 소 : 고정시험실 (충남 천안시 동남구 풍세로 303)

시 험 결 과

시험항목	시험결과	비고
저온동작시험	3 Page 참조	2 Page 참조
고온동작시험	5 Page 참조	4 Page 참조
살수시험	7 Page 참조	6 Page 참조

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시험방법으로 시험한 결과로서 전적 책임에 대한 품질을 보증하기는 않습니다.
2. 이 성적서는 무단 연구원의 사전 동의없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 복도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 연구원의 승인없이 전체를 또는 일부분을 복제하여 사용할 수 없습니다.
4. 성적서의 진위확인은 홈페이지(http://kts.katech.re.kr) 또는 아래 QR코드로 확인 가능합니다.
5. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정규정 준하여 검증을 받았습니다.

확인	실무자	기술책임자
	성명 : 유동근	성명 : 남혁승

한국자동차연구원장

KA-TP-14-06(Rev. 01)

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표 : 자동 변속 제어기 고온 ,저온 ,살수 시험 성적서 (공인인증 시험)

KATECH

시 험 방 법 1

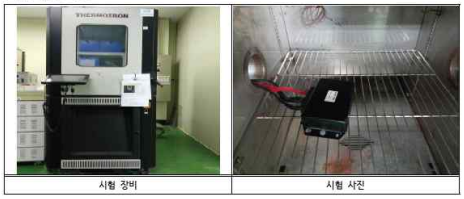
【 시 험 종 류 】: 저온동작시험

【 시 료 명 】: POWER SHIFT CONTROLLER 【 시 료 수 】: 1

【 시 험 조 건 】: KS R 0016 5종
1. 시험온도 -30 ℃ 에서 제품에 전원을 인가하여 12시간동안 실시한다.

【 요 구 조 건 】:
1. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 동작에 이상이 없을 것.
2. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 외관에 열변형 및 변색 발생이 없을 것.

【 저온동작시험 사진 】:



시험 장비	시험 사진

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표 : 자동 변속 제어기 고온 ,저온 ,살수 시험 성적서 (공인인증 시험)

KATECH

시 험 결 과 1

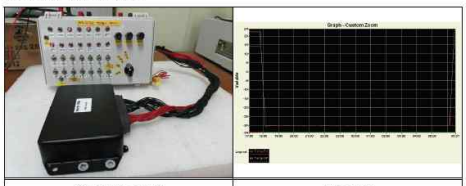
【 시 험 종 류 】: 저온동작시험

【 시 료 명 】: POWER SHIFT CONTROLLER 【 시 료 수 】: 1

【 저온동작시험 · 분석 결과 】:

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과	비 고
저온동작시험	1. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 동작에 이상이 없을 것. 2. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 외관에 열변형 및 변색 발생이 없을 것.	1. 시험 후, 제품 동작에 이상 없음. 2. 시험 후, 제품 외관에 열변형 및 변색이 발생하지 않음.	-

【 저온동작시험 · 분석결과 사진 】:



제품 상태 및 동작확인	시험 그래프

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 고온 ,저온 ,살수 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

시 험 방 법 2

【 시 험 종 류 】: 고온동작시험

【 시 료 명 】: POWER SHIFT CONTROLLER 【 시 료 수 】: 1

【 시 험 조 건 】: KS R 0016 5종
1. 시험온도 105 ℃ 에서 제품에 전원을 인가하여 12시간동안 실시한다.

【 요 구 조 건 】:
1. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 동작에 이상이 없을 것.
2. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 외관에 열변형 및 변색 발생이 없을 것.

【 고온동작시험 사진 】:

시험 장비	시험 사진

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 고온 ,저온 ,살수 시험 성적서 (공인인증 시험)

KATECH

시 험 결 과 2

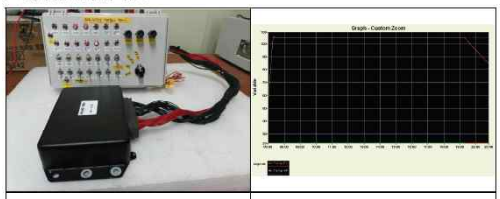
【 시 험 종 류 】: 고온동작시험

【 시 료 명 】: POWER SHIFT CONTROLLER 【 시 료 수 】: 1

【 고온동작시험 · 분석 결과 】:

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과	비 고
고온동작시험	1. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 동작에 이상이 없을 것. 2. 시험 후, 상온에서 2시간 이상 방치 후, 제품 외관에 열변형 및 변색 발생이 없을 것.	1. 시험 후, 제품 동작에 이상 없음. 2. 시험 후, 제품 외관에 열변형 및 변색이 발생하지 않음.	-

【 고온동작시험 · 분석결과 사진 】:



제품 상태 및 동작확인	시험 그래프

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 고온 ,저온 ,살수 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

시 험 방 법 3

【 시 험 종 류 】: 살수시험

【 시 료 명 】: POWER SHIFT CONTROLLER 【 시 료 수 】: 1

【 시 험 조 건 】: KS R 0015 S2

분수구 수압 (게이지압력)(Kg/㎠)	전방수량(최소) (L/min)	분수구 수	Turntable회전 속도 (/min⁻¹)	시험 시간 (m)	물의 온도 (℃)
3.0	39.4	40	17	60	19.7

【 요 구 조 건 】:
1. 시험 후, 제품 동작에 이상이 없을 것.

【 살수시험 사진 】:

시험 장비	시험 사진

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 고온 ,저온 ,살수 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

시 험 결 과 3

【 시 험 종 류 】: 살수시험

【 시 료 명 】: POWER SHIFT CONTROLLER 【 시 료 수 】: 1

【 살수시험 · 분석 결과 】:

구 분	요 구 조 건	시험 · 분석 결과	비 고
살수시험	1. 시험 후, 제품 동작에 이상이 없을 것.	1. 시험 후, 제품 동작에 이상 없음.	-

【 살수시험 · 분석결과 사진 】:

제품 상태 및 동작확인	살수조건

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

총 28페이지 중 1페이지

KATECH

시 험 성 적 서

31214 충남 천안시 동남구 풍세면 풍세로 303
Tel.041-559-3342 Fax.041-559-3029
http://www.katech.re.kr

성적서번호 : KTS212241-1

의 뢰 자
기관명 : (주)네이스코
주 소 : 경기도 성남시 중원구 순환로 94(상대원동)

시 료 명 : 파워쉬프트 컨트롤러

시 험 방 법 : 75/332/EEC : 20.8.2009

시험실환경 : 각 항 참조

시 험 장 소 : 고정시험실 (충남 천안시 동남구 풍세면 풍세로 303)

접 수 일 : 2021년 10월 13일
시 험 시 작 일 : 2021년 10월 15일
시 험 종 료 일 : 2021년 10월 22일
성적서 발행일 : 2021년 10월 28일
성적서 용도 : 제출용

시 험 결 과

시험항목	시험결과	비고
Method(s) of testing for immunity – Absorber chamber test	규격 만족	4.1.항 참조
Method(s) of testing for immunity – BCI test	규격 만족	4.2.항 참조
Method fo measurement of radiated broadband/narrowband	규격 만족	4.3.항 참조
Method(s) of testing for immunity – Transient test	규격 만족	4.4.항 참조
Method(s) of testing for emission – Transient test	규격 만족	4.5.항 참조

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 우리 연구원의 사전 동의없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 연구원의 승인없이 전체를 제외하고는 일부분만 복제하여 사용할 수 없습니다.
4. 성적서의 진위확인은 홈페이지(http://kts.katech.re.kr) 또는 아래 QR코드로 확인 가능합니다.
5. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없음을 밝힙니다.

확 인	실무자 성명 : 윤진상	기술책임자 성명 : 김준원

한국자동차연구원장

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

4. TEST RESULT

4.1. Method(s) of testing for immunity of electrical/electronic sub-assemblies to electromagnetic radiation
- Absorber chamber test

4.1.1. Test condition

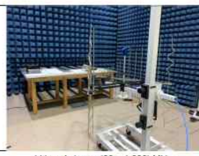
4.1.1.1. Frequency range : (20 ~ 2 000) MHz

4.1.1.2. Test Temperature & Humidity : (22.6 ~ 23.1) ℃ & (44.6 ~ 45.2) % relative humidity

4.1.1.3. Test condition

Modulation type	Frequency range (MHz)	Antenna polarization	Dwell time (sec)	Test Method
AM (1 kHz, 80 %)	20 ~ 800	Vertical	2	✓ Field strength : 30 V/m ✓ Applied to substation method ✓ AM test applies conservation peak
	400 ~ 800	Horizontal		
PM (t=577 us, period=4600 us)	800 ~ 2000	Vertical	2	
		Horizontal		

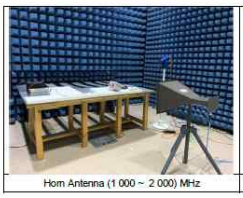
4.1.2. Setup

	
Biconical Antenna (20 ~ 80) MHz	V-Log Antenna (80 ~ 1 000) MHz

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH



Horn Antenna (1 000 ~ 2 000) MHz

Monitoring View

4.1.3. Test result Table

Modulation Type	Frequency Range(MHz)	Antenna Polarization	Step Frequency (MHz)	Dwell Time (sec)	Level (V/m)	Result
AM (1kHz, 80 %)	20 ~ 200	Vertical	5	2	30	Class A
	200 ~ 400	Vertical	10	2	30	Class A
	400 ~ 800	Vertical	20	2	30	Class A
PM (t=577 us, period=4600 us)	800 ~ 1000	Vertical	10	2	30	Class A
	1000 ~ 2000	Vertical	20	2	30	Class A

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

4.2. Method(s) of testing for immunity of electrical/electronic sub-assemblies to electromagnetic radiation
- BCI test

4.2.1. Test condition

4.2.1.1. Frequency range : (20 ~ 400) MHz

4.2.1.2. Test Temperature & Humidity : (24.1 ~ 24.9) ℃ & (45.1 ~ 45.9) % relative humidity

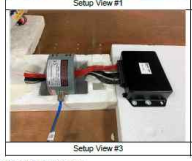
4.2.1.3. Test condition

Modulation type	Frequency range (MHz)	Dwell time (sec)	Test Method
AM (1 kHz, 80 %)	20 ~ 400	2	✓ Field strength : 60 mA ✓ Applied to Substituion method ✓ AM test applies conservation peak

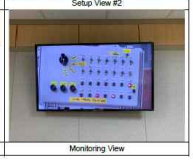
4.2.2. Setup

Setup View #1

Setup View #2



Setup View #3



Monitoring View

4.2.3. Test result Table

Modulation Type	Frequency Range(MHz)	Step Frequency (MHz)	Dwell Time (sec)	Injection Probe Distance (mm)	Level (mA)	Result
AM (1 kHz, 80 %)	20 ~ 400	5	2	150	60	Class A

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

4.3. Method fo measurement of radiated broadband/narrowband electromagnetic emissions from electrical/electronic sub-assemblies (ESAs)

4.3.1. Test condition

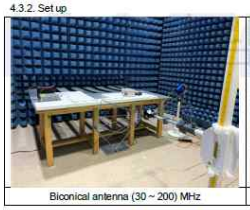
4.3.1.1. Frequency range : (30 ~ 1 000) MHz

4.3.1.2. Test Temperature & Humidity : (22.1 ~ 22.9) ℃ & (42.8 ~ 43.5) % relative humidity

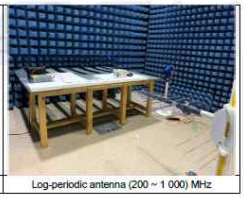
4.3.1.3. Test condition

Frequency range (MHz)	Condition				Detection Mode
	IF Bandwidth (kHz)	Step Size (kHz)	Measure Time (ms)	Mode	
30 ~ 1 000	120	50	10	Scan	Peak & Average Quasi-Peak Detection
30 ~ 1 000	120	50	1 000	Scan	

4.3.2. Set up



Biconical antenna (30 ~ 200) MHz



Log-periodic antenna (200 ~ 1 000) MHz

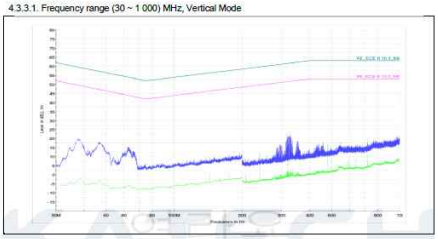
기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

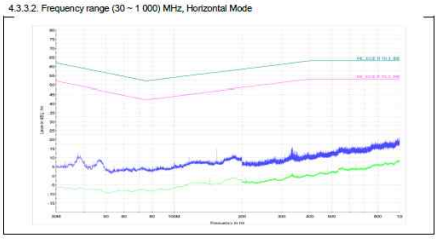
4.3.3. Test result

4.3.3.1. Frequency range (30 ~ 1 000) MHz, Vertical Mode



✓ 전 대역에서 3 dB 이상 마진 확보함.

4.3.3.2. Frequency range (30 ~ 1 000) MHz, Horizontal Mode



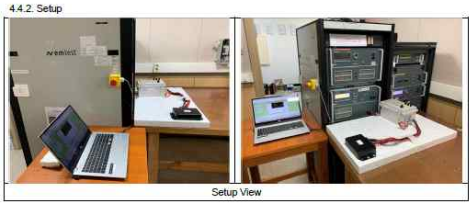
✓ 전 대역에서 3 dB 이상 마진 확보함.

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

4.4.2. Setup



Setup View

4.4.3. Test Results

Test Pulse	Level 3 (V)	Deviation	FPSC
1	-75	앞쪽 시 LED LAMP 가 OFF 되고, 앞쪽 오 자동 복귀함.	Class C
2a	+37	앞쪽 시 램프의 오 점상 없적 함.	Class A
2b	+10	앞쪽 시 LED LAMP 가 OFF 되고, 앞쪽 오 자동 복귀함.	Class C
3a	-112	앞쪽 시 램프의 오 점상 없적 함.	Class A
3b	+75	앞쪽 시 램프의 오 점상 없적 함.	Class A
4	-6	앞쪽 시 LED LAMP 가 밝기가 어두어지고, 앞쪽 오 자동 복귀함.	Class C

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

4.5. Method(s) of testing for immunity to and emission of transients of electrical/electronic sub-assemblies
- Emission

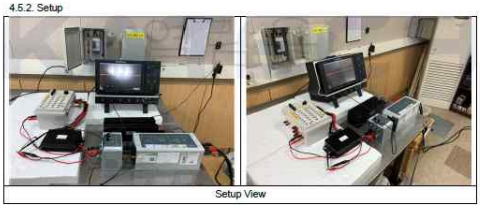
4.5.1. Test condition

4.5.1.1. Measuring waveform

Type	Requirement	Pulse	Sampling Time
Maximum amplitude of transient, positive polarity	+75 V	Slow	ms
		Fast	us
Maximum amplitude of transient, negative polarity	-100 V	Slow	ms
		Fast	us

4.5.1.2. Test Temperature & Humidity : (21.8 ~ 22.5) ℃ & (42.6 ~ 43.2) % relative humidity

4.5.2. Setup



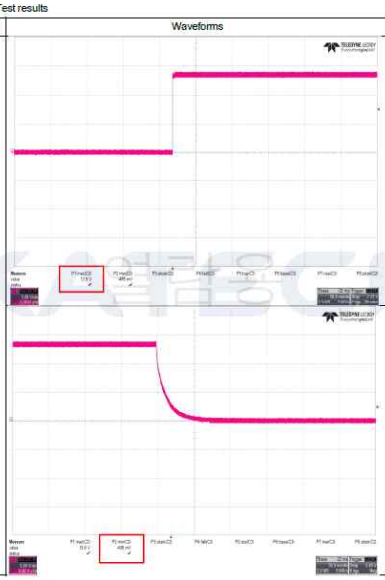
Setup View

기관 : ㈜네이스코

기술적 성과목표: 자동 변속 제어기 EMC 시험 성적서 (공인인증시험)

KATECH

4.5.3. Test results

Pulse	Waveforms	Result
Slow		+0.4 V -14.0 V

라 위탁연구기관 : 충남대학교 - 연구개발 수행 과정 및 수행 내용

1) 연구개발 수행내용 :

-. 트랙터 자동변속 시스템 시뮬레이션 모델 검증 및 최적화

㉮ 작업 환경 및 조건별 트랙터 동력전달시스템 수명 해석

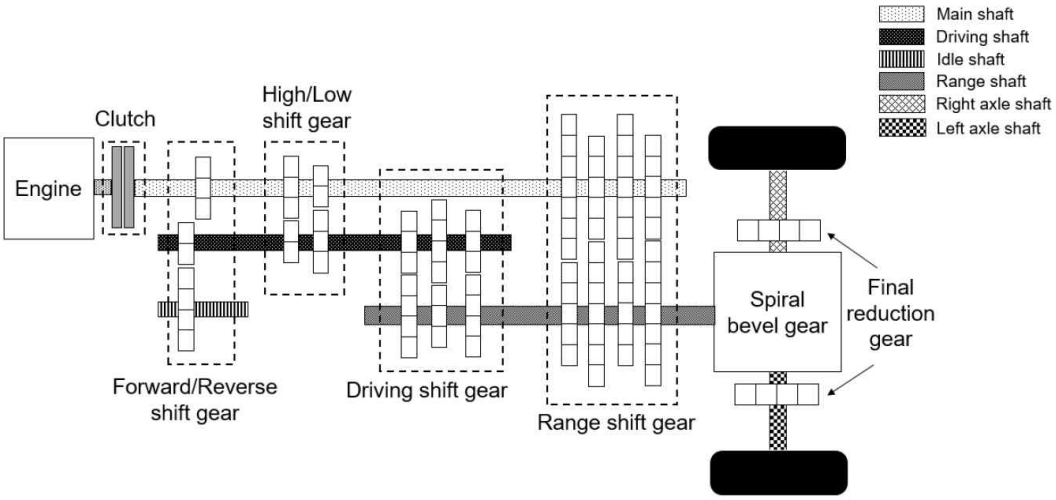
① 농작업 부하 계측

- 트랙터 동력전달 시스템은 국내 농작업 환경 및 조건에 따른 동적 특성의 데이터를 고려하는 것이 중요함. 이에 따라 국내 대표적인 농작업을 선정하여 부하를 계측하였음
- 주요 농작업 부하 데이터 계측을 위해 78 kW급 트랙터(S07, TYM Co. Ltd., Korea) 모델을 사용하였으며, 트랙터 크기는 4,225(L) × 2,140(W) × 2,830(H) mm, 공차 중량은 3,985 kg임. 트랙터 변속기는 유압기계식 변속기가 탑재되어있으며, 전·후진은 파워셔틀(power shuttle)로 구성되어 있음. 주변속은 4단의 동기물림기어식과 파워시프트로(High, Low) 구성되어 있으며, 부변속은 상시물림식의 4단으로 총 전진 32단, 후진 32단의 변속 단수로 구성됨. 트랙터의 상세 제원은 아래 표와 같음

Item		Specifications
Length × Width × Height (mm)		4,225 × 2,140 × 2,830
Weight (kg)		3,985
Engine	Rated power(kW)	78.3 @2300 rpm
	Max. torque(Nm)	430 @1400 rpm
Transmission	NO. gear stages	32 Forward / 32 Reverse
	Power shift	2 (High and Low)
	Driving shift	4(1,2,3, and 4)
	Range shift	4(C, L, M, and H)

<그림 145> 필드 테스트용 트랙터 제원

- 계측용 트랙터의 동력전달 시스템은 아래 그림과 같이 구성되었음. 엔진의 동력은 전후진 변속부, High/Low 변속부, 주변속부, 부변속부, 스파이럴 베벨기어 및 최종감속부를 거쳐 차축으로 동력이 전달됨



<그림 146> 계측용 트랙터 동력전달 시스템

- 필드 테스트는 아래 그림과 같이 쟁기 경운 작업, 로타리 경운 작업, 베일러 작업을 대상으로 수행하였음. 각각의 농작업 시 차축에서 발생하는 토크 및 회전속도를 계측하기 위해 센서를 설치하였음
- 차축 토크미터(MW 20 kNm Fu PCM16, Manner, Germany)는 텔레메트리(Telemetry) 방식의 모델을 사용하였으며, 토크미터는 차륜 바깥쪽에 설치하지 않고 내부에 축을 가공 후 설치하여 작업 시 외부 요인에 의한 잡음 발생 및 파손을 방지할 수 있도록 하였음. 트랙터 작업에 따라서 토크미터에서 측정된 차축 토크 데이터는 안테나(수신부)에 전송되며, Amplifier를 통해 증폭되어 데이터 수집 장치로 전송된다. 토크미터, 안테나, Amplifier는 하나의 세트로 구성되므로, 본 연구에서는 트랙터 후륜 당 1 set씩 총 2 set의 토크미터를 사용하였음
- 차축 회전속도는 물체의 유·무를 감지하는 근접센서(MP-981, ONO SOKKI, Japan) 모델을 사용하였으며, 근접센서를 이용한 차축 회전속도의 측정은 단위시간 당 기어의 톱니 수를 측정하여 회전체의 회전수를 계산함. 기어의 톱니가 통과할 때마다 센서의 신호가 측정되고 단위시간 동안 측정된 기어의 톱니 개수와 기어의 총 톱니수를 이용하여 회전속도를 측정함

<그림 147> 농작업에 따른 필드 테스트

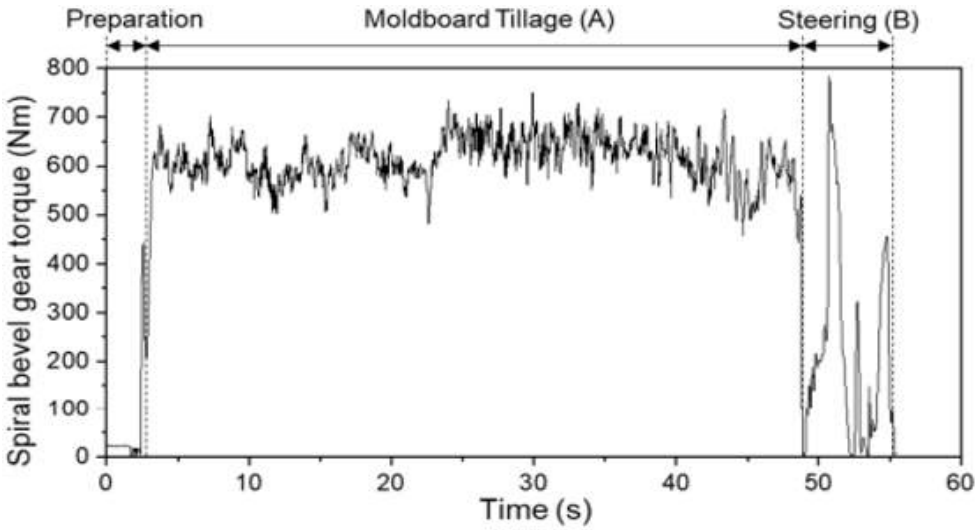
- 아래 표는 필드 테스트에 사용된 작업기 제원을 나타내며, 계측용 트랙터 마력대에 적합한 작업기를 선정하였음. 몰드보드 경운 작업은 M3 Low 단(7.09 km/h), 심경 경운 작업 및 로타리 작업은 L3 Low 단(2.38 km/h), 베일러 작업은 M1 Low 단(3.78 km/h)에서 수행하였음. 이 때, 몰드보드 및 로타리 경운 작업의 경심은 15-20 cm, 심경 경운 작업의 경심은 35-40 cm로 설정하였음

Agricultural operations	Model	Dimensions (length × width ×height; mm)	Weight (kg)	Working width (mm)
Moldboard tillage	WJSP-8 (WOONGJIN)	2,180 × 2,800 × 1,285	495	2,800
Subsoiler tillage	WHDP500 (WECAN GLOBAL)	1,800 × 2,095 × 1,380	870	2,095
Rotary tillage	SW 230 GL (SUNGWOOL325)	930 × 2,640 × 1,280	735	2,300
Baler operation	L325 (LIVEMAC)	3,490 × 2,430 × 2,400	3,180	2,000

<그림 148> 필드 테스트용 농작업기 제원

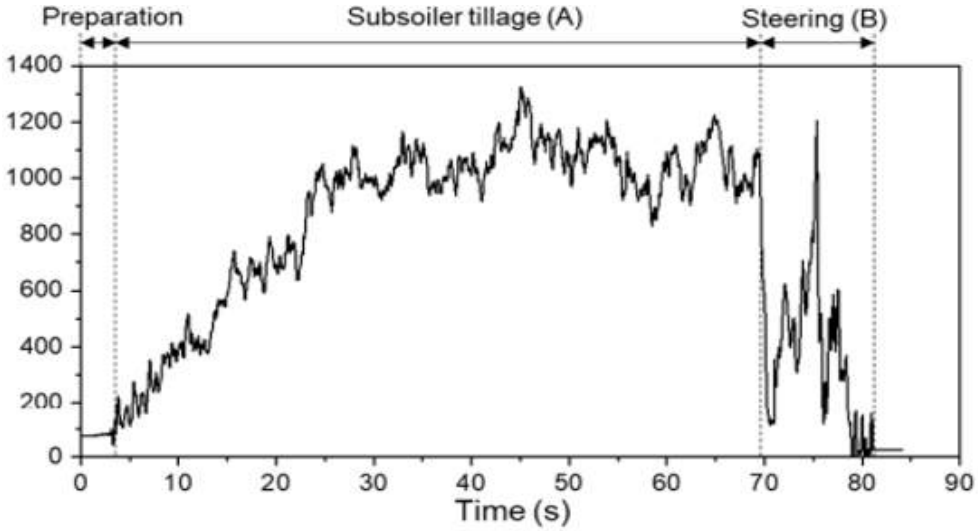
② 작업별 부하 데이터 분석

- 아래 그림은 몰드보드 경운, 심경 경운 및 로타리 작업, 베일러 작업 시 계측 부하 데이터 분석 결과를 나타냄. 작업 데이터는 작업 구간 및 선회구간으로 나누어 분석 실시하였으며, 계측한 차축 토크에 기어비를 적용하여 나타냄
- 몰드볼드 경운 작업에서의 스파이럴 베벨기어의 토크는 작업구간에서 약 500 ~ 700 Nm로 나타났으며, 선회구간에서 토크 데이터는 큰 변동을 보이는 것으로 나타남



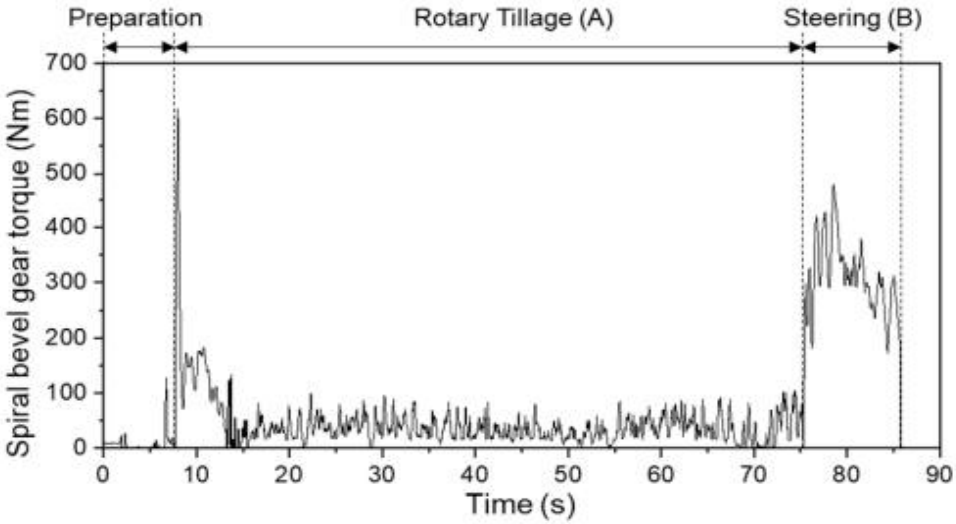
<그림 149> 몰드보드 경운작업에서의 작업 부하 데이터 측정 결과

- 심경 경운작업에서의 토크는 경심 깊이가 증가함에 따라 점차 증가하는 경향을 보였으며, 작업구간에서 900 ~ 1300 Nm로 나타남. 선회구간에서는 토크 범위가 작업구간에 비해 적게 나타났지만 일시적으로 증가하는 경향을 보였으며, 트랙터가 작업 패턴에 따라 경운 작업 후 선회를 위해 멈추는 구간에서 증가하는 것으로 나타남



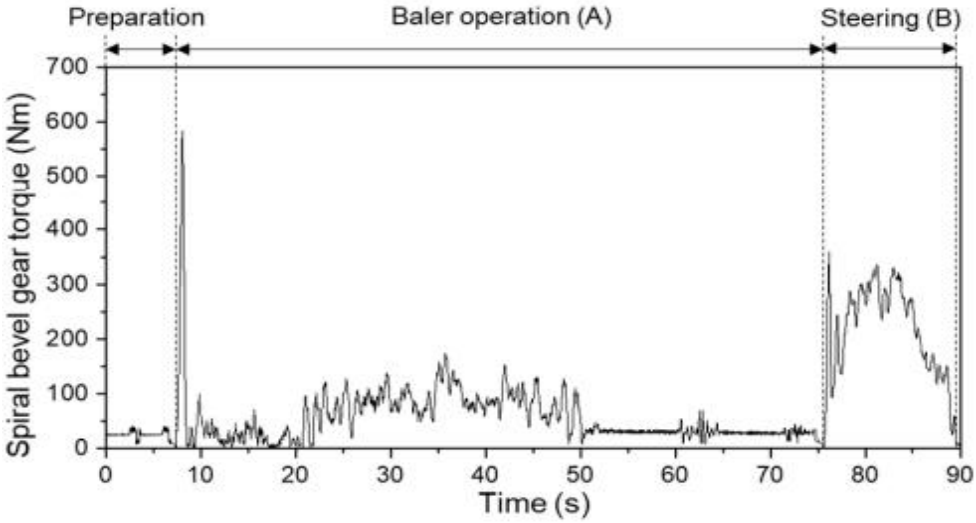
<그림 150> 심경 경운작업에서의 작업 부하 데이터 측정 결과

- 로타리 경운작업에서의 토크는 정지 상태에서 작업 시작 후 최대값을 나타냈으며, 작업구간에서는 100 Nm 미만으로 나타남. 몰드보드 및 심경 경운과 달리, 로타리 경운작업은 PTO 동력을 이용하여 칼날을 회전시켜며, 토양은 칼날을 통해 트랙터의 전방방향으로의 반력을 발생시켜 작업 토크가 낮게 나타나는 것으로 판단됨



<그림 151> 로타리 경운작업에서의 작업 부하 데이터 측정 결과

- 베일러 작업의 경우 로타리 경운 작업과 유사하게 작업 시간과 동시에 최대 토크 값을 나타내며, 작업구간에서는 10 ~ 50초 동안 0 ~ 150 Nm의 토크 범위를 나타냄. 50 ~70초 구간에서는 베일 형성 후 배출하는 구간이므로 일정한 토크 값을 나타냄



<그림 152> 베일러 작업에서의 작업 부하 데이터 측정 결과

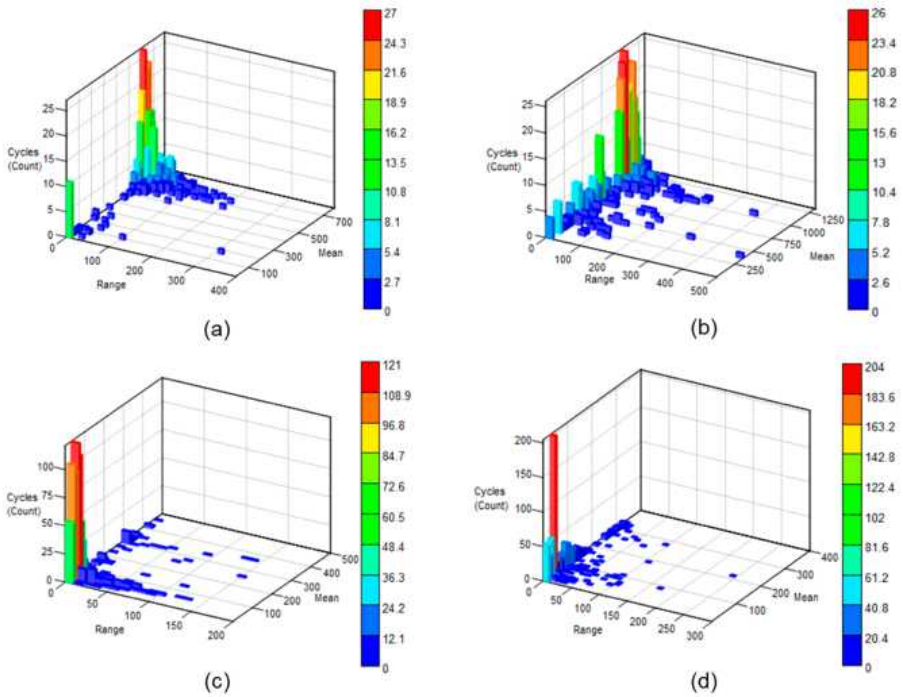
- 아래 표는 쟁기 경운, 로타리 ,베일러 작업 시 작업 및 선회 구간에서의 스파이럴 베벨기어에 작용하는 토크의 최대, 평균, 표준편차를 나타냄. 몰드보드 및 심경 경운 작업에 경우 작업 구간에서의 평균 토크값은 선회구간보다 높게 나타났으며, 로타리 및 베일러 작업에서의 평균 토크값은 선회구간에서 더 높게 나타남
- 작업구간에서의 평균 토크값은 몰드보드 경운작업에서 제일 높게 나타났으며, 이후 로타리 경운, 베일러 작업 및 심경 경운 순으로 나타났으며, 선회구간에서는 심경 경운, 몰드보드 경운, 로타리 경운, 베일러 작업 순으로 나타남
- 작업구간에서의 평균 토크값은 몰드보드 경운작업에서 제일 높게 나타났으며, 이후 로타리 경운, 베일러 작업 및 심경 경운 순으로 나타났으며, 선회구간에서는 심경 경운, 몰드

보드 경운, 로타리 경운, 베일러 작업 순으로 나타남

Field Operations	Spiral Bevel Gear Torque (Nm)			
	Working period		Steering period	
	Max.	Avg. ± Std.	Max	Avg. ± Std.
Moldboard plow tillage	750.7	614.7 ± 45.1	784.8	214.0 ± 202.1
Subsoiler tillage	1,324	876.5 ± 293.9	1,205	400.3 ± 238
Rotary tillage	617.8	47.2 ± 46.3	481.4	305.1 ± 74.1
Baler operation	584.0	55.9 ± 49.5	358.9	212.8 ± 87.0

<그림 153> 필드 테스트 데이터 분석 결과

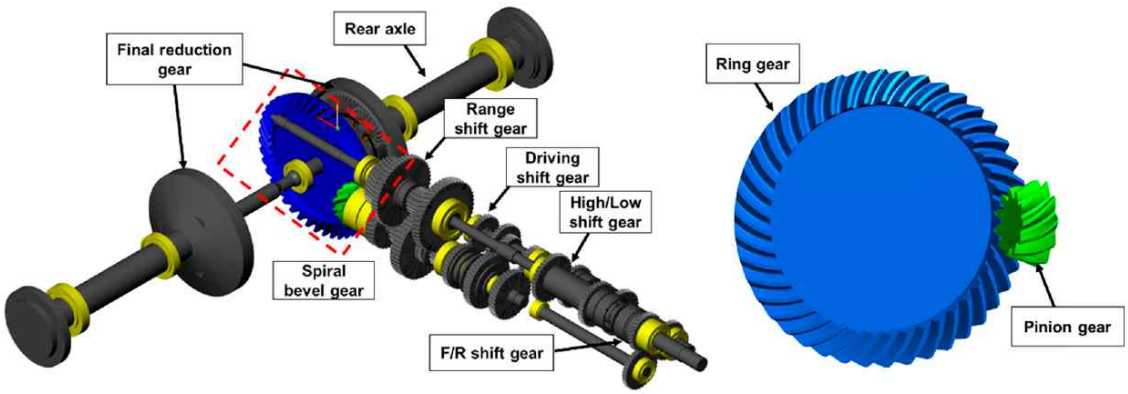
- 4개의 농작업에 따른 부하 스펙트럼은 아래 그림과 같이 나타났으며, 부하 스펙트럼은, Range, Cycles, Mean을 기준으로 3D 그래프로 나타냄
- 몰드보드 경운작업에 경우 0 ~ 200 Nm의 토크 범위 및 500 ~ 700 Nm 평균 토크 범위에서 가장 높은 사이클을 나타냈으며, 심경 경운 작업에 경우 0 ~ 100 Nm 토크 범위 및 750 ~1,250 Nm 평균 토크 범위에서 가장 높은 사이클을 나타냄
- 로타리 경운 및 베일러 작업은 0 ~ 50 Nm 토크 범위 및 0 ~ 100 Nm 평균 토크 범위에서 가장 높은 사이클을 나타냄



<그림 154> 부하 스펙트럼 3D 그래프 분석 결과

③ 트랙터 동력전달 시스템 수명 해석

- 트랙터 동력전달 시스템 수명 해석을 위해 상용 소프트웨어인 KISSsoft (Version 03/2017, KISSsoft AG, Switzerland)를 사용하였음. KISSsoft 소프트웨어는 기어 및 축 설계, 베어링 수명 계산에 특화된 설계 프로그램으로 단일 기계 요소에서부터 다양한 기어 트레인까지 모델링 및 강도 분석을 할 수 있으며, 다양한 국제 기어 강도 규격에 기초하여 기계요소의 선정 과정에 대한 광범위한 최적화 옵션을 제공함
- 이 소프트웨어는 빠르고 정확한 강도 계산을 수행할 수 있음. 또한, 안전율 및 수명 등에 대한 자세한 정보가 포함된 보고서를 제공함. 본 연구에서는 KISSsoft의 'Bevel and Hypoid gears' 모듈을 사용하여 굽힘 응력과 접촉 응력을 계산하였음
- 트랙터 변속기의 차동기어장치에 사용되는 스파이럴 베벨기어는 트랙터 변속기 추진축의 회전력을 구동 피니언으로부터 전달받아 직각 방향의 좌, 우 차륜으로 동력을 전달함. 또한, 기어의 회전이 원활하고 마모가 적으며 진동과 소음이 적음
- 스파이럴 베벨기어는 전후진 변속, High/Low 변속, 주변속, 부변속의 변속부에서 전달되는 동력을 좌, 우 차축에 연결해 주는 역할을 하고 있으며, 감속의 역할도 하고 있음. 스파이럴 베벨기어는 피니언 기어와 링기어로 구성되어 있으며, 기어비는 3.82, 모듈은 6.5, 압력각은 20°의 사양을 갖고 있음. 스파이럴 베벨기어의 상세 제원은 아래 표와 같음

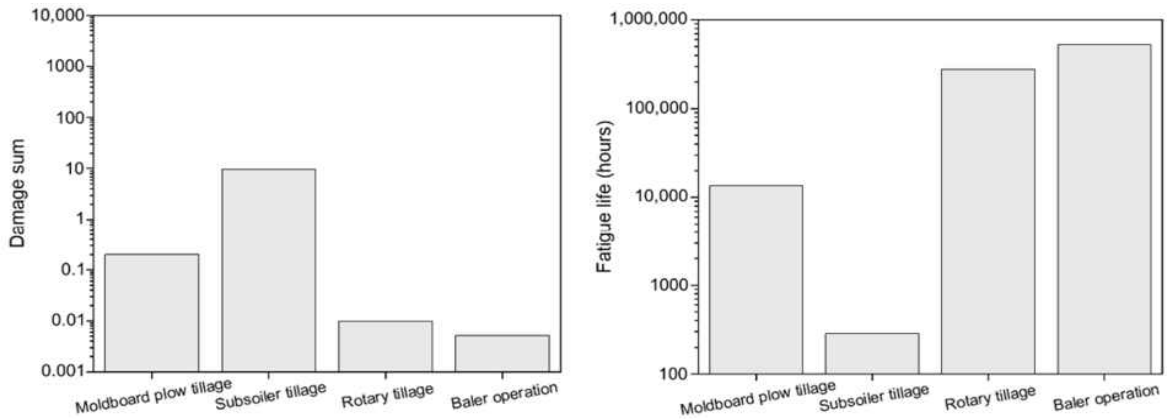


<그림 155> 트랙터 동력전달 시스템 시뮬레이션 모델

Item	Gear Specifications	
	Pinion gear	Ring gear
NO. teeth	11	42
Type of gear	Spiral bevel gear	
Tooth profile	Gleason	
Module (mm)	6.5	
Pressure angle (°)	20°	
Helix angle and direction (°)	35°	
Center distance (mm)	89 mm	
Face width (mm)	42.5 mm	42.5 mm
Pitch circle diameter (mm)	71.5 mm	273 mm
Cone distance (mm)	141.104 mm	141.104 mm
Material	SCM822	

<그림 156> 트랙터 스파이럴 베벨기어 제원

- 아래 그림과 표는 개발된 시뮬레이션 모델을 이용하여 몰드보드 경운, 심경 경운, 로타리 경운 및 베일러 작업에 대한 스파이럴 베벨기어의 수명을 계산 결과를 나타냄
- 몰드보드 경운 작업에서 누적 손상합은 0.2012, 수명 시간은 13,599시간으로 나타났으며, 심경 경운 작업에서 누적 손상합은 9.6000, 수명 시간은 285시간으로 나타남.
- 로타리 경운작업에서 누적 손상합은 0.0098, 수명 시간은 278,884로 나타났으며, 베일러 작업에서는 누적 손상합 0.0052, 수명 시간은 525,977시간으로 나타남
- 심경 경운작업에 경우, 누적 손상합이 1을 초과하므로 수명이 제일 적은 것으로 나타났으며, 몰드보드 경운, 로타리 경운, 베일러 작업에 경우 누적 손상합이 1을 넘지 않으므로 service life 보다 수명이 높은 것으로 나타남

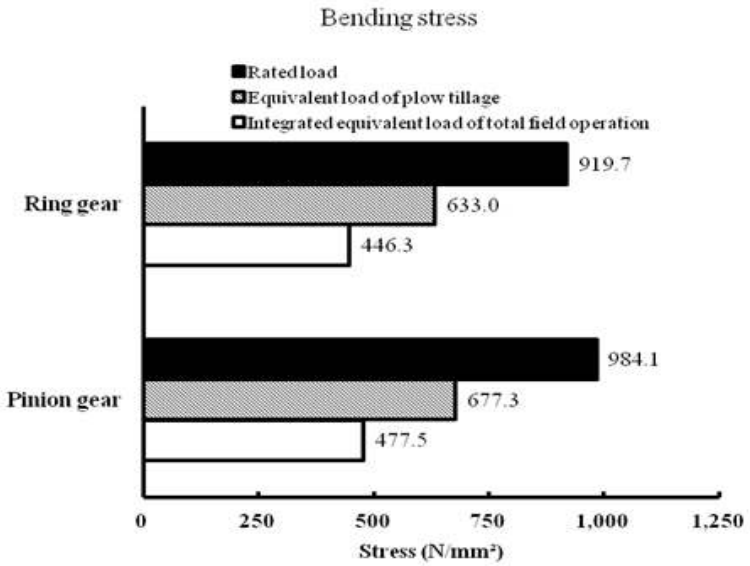


<그림 157> 스파이럴 베벨기어의 누적손상합 및 피로 수명 분석 결과

Field Operations	Damage Sum	Fatigue Life (h)
Moldboard plow tillage	0.2012	13,599
Subsoiler tillage	9.6000	285
Rotary tillage	0.0098	278,884
Baler operation	0.0052	525,977

<그림 158> 각 농작업 별 누적 손상합 및 피로 수명 시간 결과

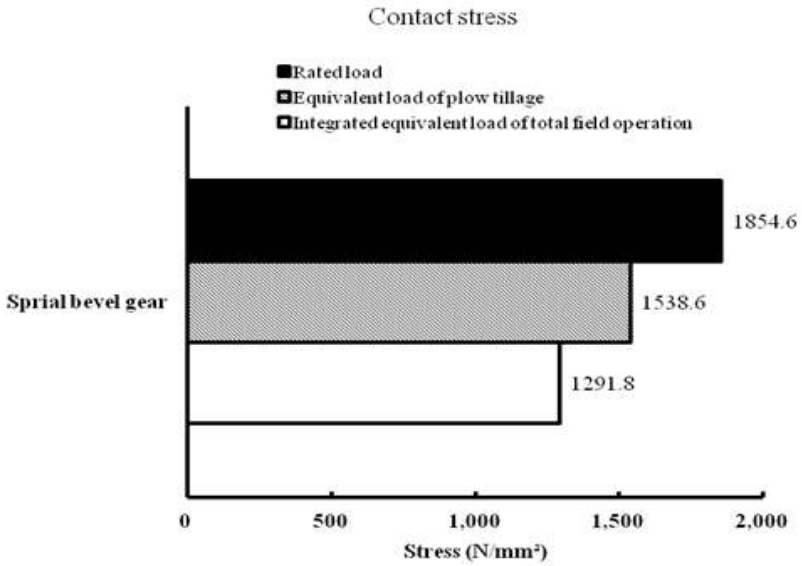
- 본 연구에서는 ISO 10300-3 규격의 베벨기어 계산식을 이용하여 굽힘 응력을 계산하였음
- 아래 그림과 같이 정격 부하 조건에서는 피니언 기어에서 984.1 N/㎟, 링기어에서 919.7 N/㎟의 굽힘 응력이 발생하였으며, 쟁기 작업 등가 부하 조건에서는 피니언 기어에서 677.3 N/㎟, 링기어에서 633 N/㎟의 굽힘 응력이 발생하였음
- 농작업 통합 등가 부하 조건에서는 피니언 기어에서 477.5 N/㎟, 링기어에서 446.3 N/㎟의 굽힘 응력이 나타났음. 굽힘 응력의 경우 농작업 통합 등가 부하 대비 정격 부하가 약 2.1배, 쟁기 작업 등가 부하가 약 1.4배 높게 나타남



<그림 159> 농작업 부하 조건에 따른 굽힘 응력 해석 결과

- 접촉 응력은 ISO 10300-2 규격의 베벨기어 계산식을 이용하여 계산하였음
- 아래 그림과 같이 정격 부하 조건에서는 1,854.6 N/㎟, 쟁기 작업 등가 부하 조건에서는 1,538.6 N/㎟의 접촉 응력이 발생하였음

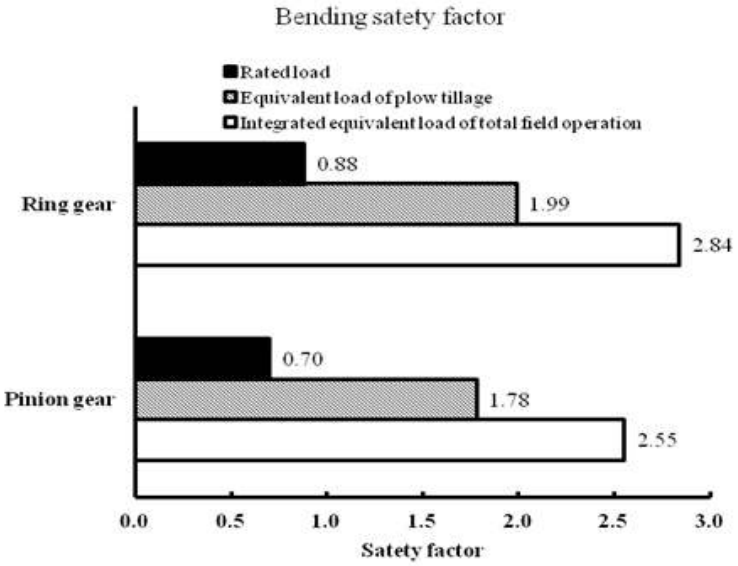
• 농작업 통합 등가 부하 조건에서는 1,291.8 N/㎟의 접촉 응력이 나타났음. 접촉 응력의 경우 농작업 통합 등가 부하 대비 정격 부하가 약 1.4배, 쟁기 작업 등가 부하가 약 1.2배 높은 결과를 보여주었음



<그림 160> 농작업 부하 조건에 따른 접촉 응력 해석 결과

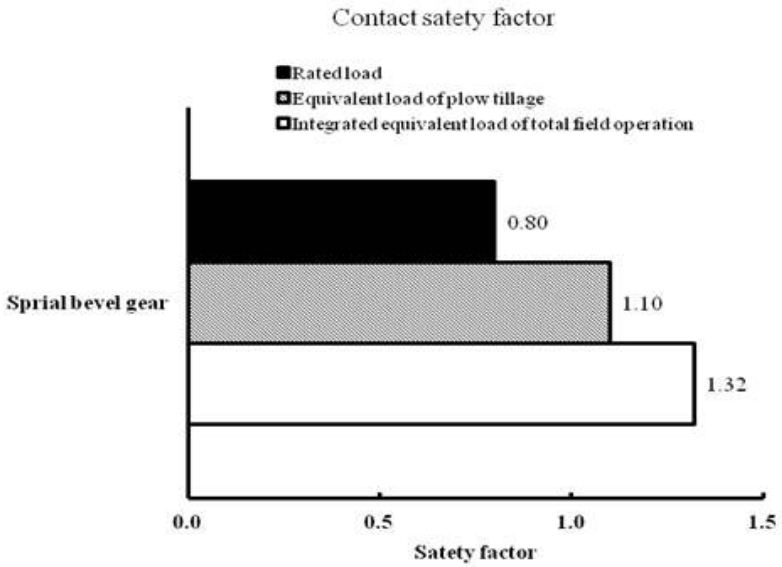
• 안전율은 해석된 굽힘 응력과 접촉 응력의 값을 허용 굽힘 응력과 허용 접촉 응력을 이용하여 농작업 통합 등가 부하 조건, 쟁기 작업 등가 부하 조건 및 정격 부하 조건에서의 안전율을 비교 분석하였음

• 굽힘 응력 안전율의 경우, 아래 그림 같이 정격 부하 조건에서는 피니언 기어에서 0.70, 링기어에서 0.88의 굽힘 응력 안전율을 보여주었으며, 쟁기 작업 등가 부하 조건에서는 피니언 기어에서 1.78, 링기어에서 1.99의 굽힘 응력 안전율이 나타났음. 또한, 농작업 통합 부하 등가 조건에서는 피니언 기어에서 2.55, 링기어에서 2.84의 굽힘 응력 안전율이 나타



<그림 161> 부하조건별 굽힘 안전율 비교

- 접촉 응력 안전율은 아래 그림과 같이 정격 부하 조건에서 1.32, 쟁기 작업 등가 부하 조건에서는 1.1의 접촉 응력 안전율이 나타났음. 또한, 농작업 통합 등가 부하 조건에서는 0.82의 접촉 응력 안전율이 나타났음. 정격 부하 조건에서의 굽힘 및 접촉 안전율은 1.0 이하로 농작업 통합 등가 부하 조건의 약 2.1배, 1.4배 낮게 나타났으며, 농작업 통합 등가 부하와 쟁기 작업 등가 부하의 경우 굽힘 및 접촉 안전율은 1이상으로 파손의 위험성이 없는 것으로 판단됨



<그림 162> 부하조건별 접촉 안전율 비교

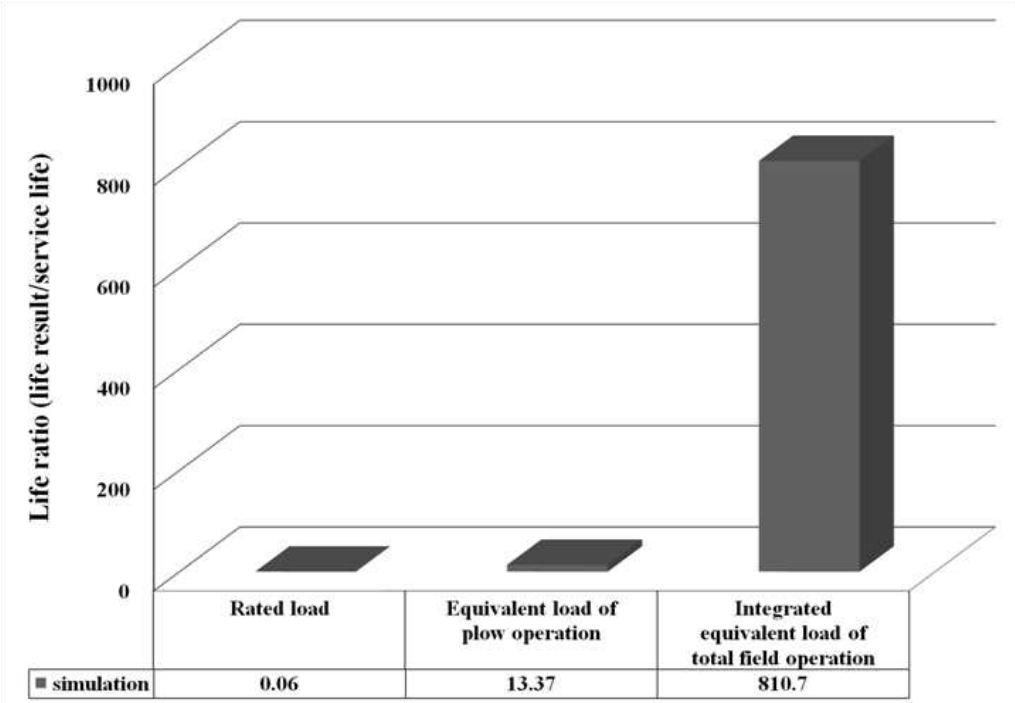
- 수명 해석은 굽힘 응력이 크게 작용한 피니언 기어를 대상으로 하였으며, 부하 조건별 시뮬레이션 수명 해석 결과는 아래 표와 같음

- 정격 부하 조건에서의 수명은 151 시간으로 나타났으며, 쟁기 작업 등가 부하 조건에서의 수명은 36,585 시간, 농작업 통합 등가 부하 조건에서의 수명은 2,218,081 시간으로 나타남
- Service life 대비 정격 부하 조건에서의 수명은 0.06배 수준이며, 쟁기 작업 등가 부하 조건에서는 약 13배, 농작업 통합 등가 부하 조건에서는 수명이 약 810배로 나타남

Load condition		Life (hours)
Rated load	① Torque : 1,128 Nm ② Rotational speed : 559 rpm	151
Equivalent load of plow operation	① Torque : 621 Nm ② Rotational speed : 482 rpm	36,585
Integrated equivalent load of total field operation	① Torque : 423 Nm ② Rotational speed : 314 rpm	2,218,081

<그림 163> 부하조건별 시뮬레이션 모델을 이용한 나선형 베벨기어의 수명 해석 결과

- 아래 그림은 Service life 대비 수명 비율을 나타냄

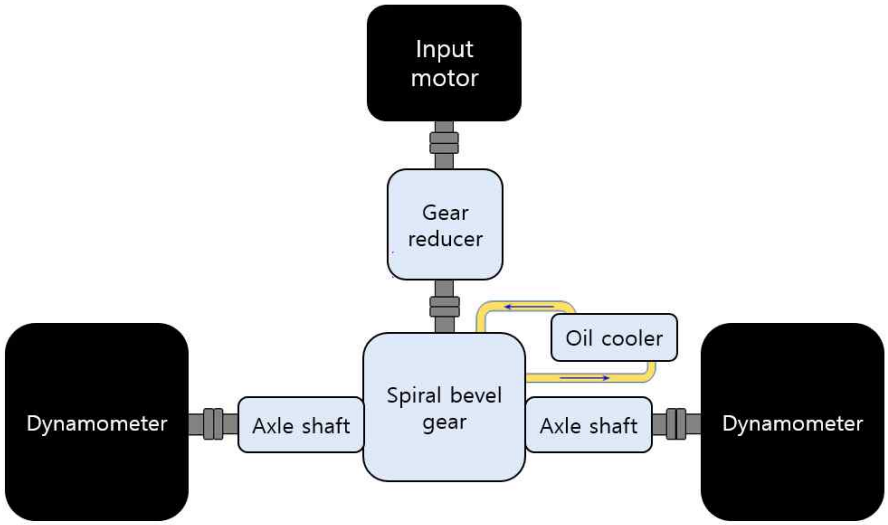


<그림 164> 부하조건별 시뮬레이션 모델을 이용한 피로수명비 비교

㉰ 다이나모 시스템을 이용한 동력전달 시스템 검증

① 다이나모 시스템 구성

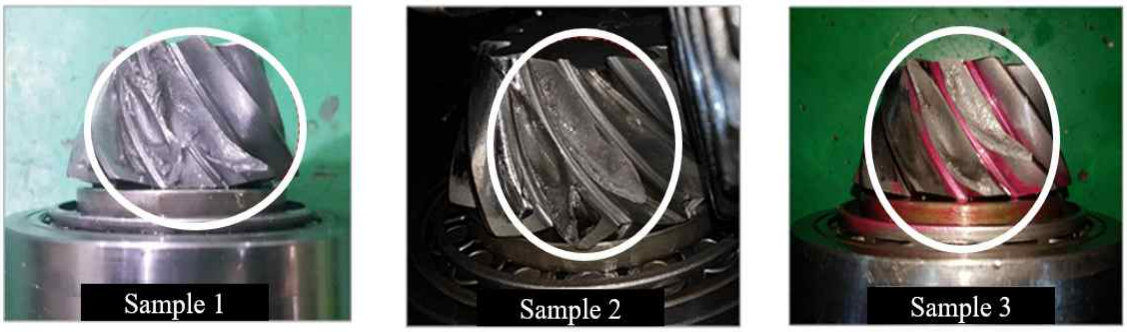
- 개발한 동력전달 시뮬레이션 모델의 검증은 3차년도에 구성한 다이나모 시스템을 이용하였으며, 구성은 아래와 같음
- 동력전달 시스템 스파이럴 베벨기어의 부하에 따른 수명을 평가하기 위한 가속 수명 시험 장치는 입력 모터(DC motor), 오일 온도 조절 장치(Oil cooler), 자동변속기(Power shift transmission) 및 동력계(Dynamometer) 등으로 구성하였음
- 동력전달 시스템을 구동하기 위한 입력 DC 모터의 용량은 151 kW에 토크는 810 Nm의 용량이며, 차축 동력계는 0.4~15 kNm까지 토크 제어가 가능함



<그림 165> 다이나모 시험 장치 구성

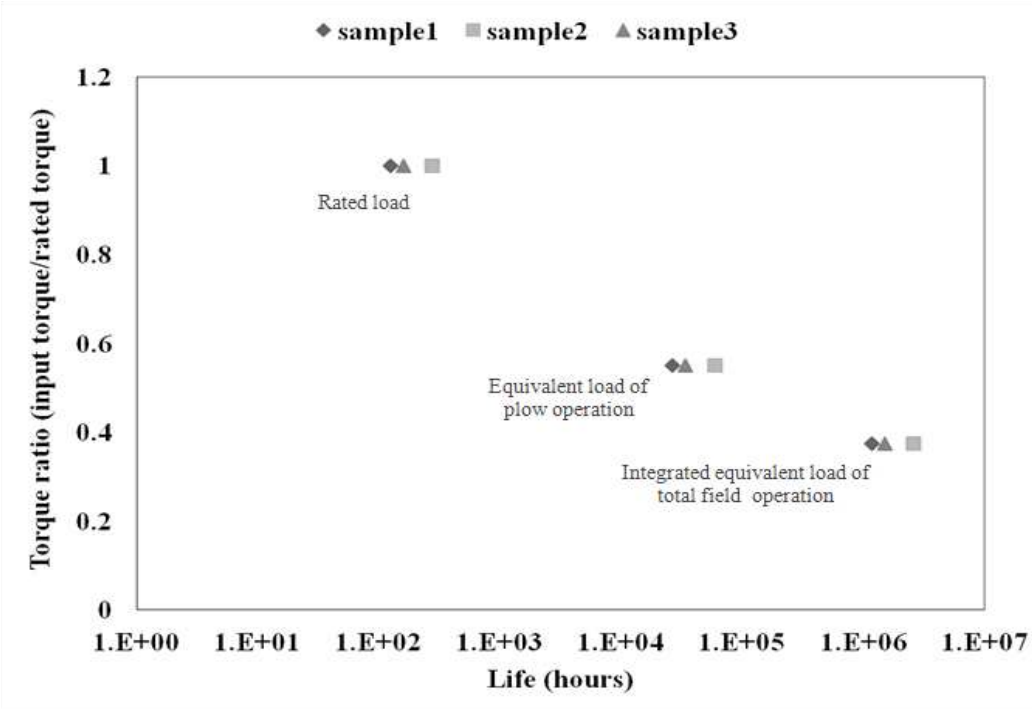
② 다이나모 시스템 시험 결과

- 가속 수명 시험은 3 set의 스파이럴 베벨기어 샘플을 제작하여 진행하였고, 기어가 굽힘 피로의 영향으로 파손되는 시간을 기록하였음
- 정격 부하의 120%에서 시험을 진행한 결과 1차 샘플은 25 시간, 2차와 3차 샘플은 각각 55.5 시간, 32 시간 진행 후 스파이럴 베벨 피니언 기어 이의 파손이 발생하였음
- 샘플별 파손 시간의 차이가 발생한 요인은 기어 가공 시의 환경 조건 및 시험 환경 등에 기인한 것으로 판단됨. 아래 그림은 기어 이의 파손된 모습을 나타내며, 3 set의 기어 샘플 모두 동일한 파손 형태로 나타남



<그림 166> 다이나모 시스템 시험 후 스파이럴 베벨기어 샘플

- 가속 시험 결과와 역승모형의 부하-수명 관계식을 이용하여 정격 부하 조건, 트랙터 작업 중 사용비율이 높고 고부하 작업인 쟁기 작업 등가 부하 조건 및 부하 분석 프로세스에 따른 농작업 통합 등가 부하 조건에서의 수명을 추정하였음
- 추정한 결과 정격 부하 조건에서의 수명은 Service life 대비 약 0.04 ~ 0.1배 수준이며, 쟁기 작업 등가 부하 조건에서는 약 9 ~ 21배, 농작업 통합 등가 부하 조건에서는 수명이 400배 이상으로 나타났음. 아래 그림 및 표는 각 조건별 스파이럴 베벨기어의 수명을 나타냄

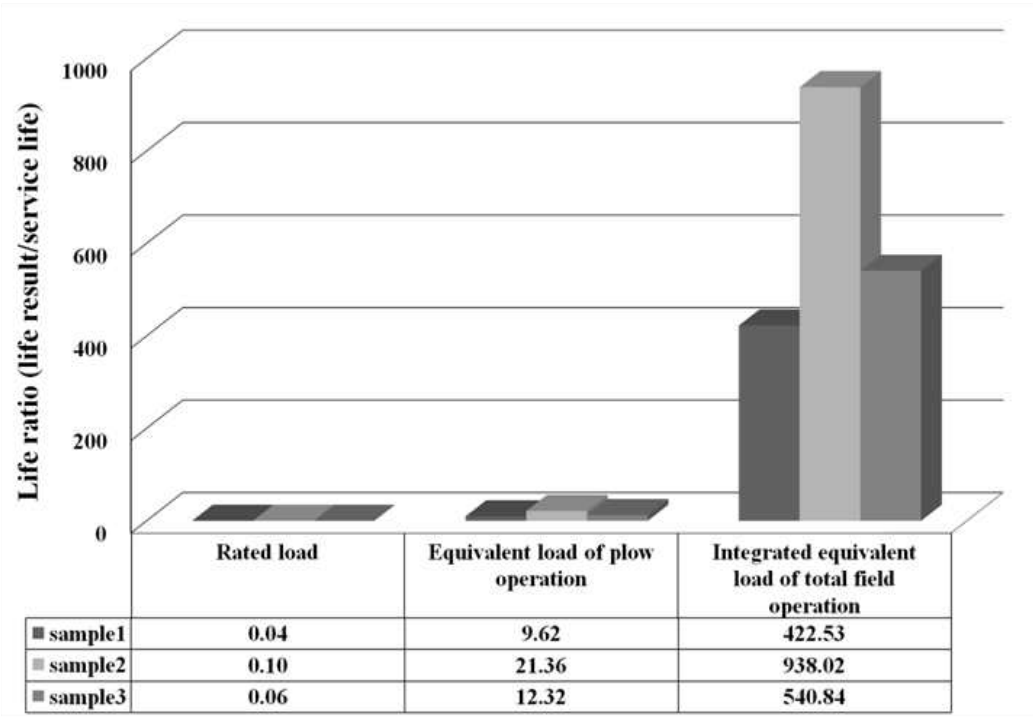


<그림 167> 다이나모 시스템 시험 수명 결과

Load condition		Sample 1 life(hours)	Sample 2 life(hours)	Sample 3 life(hours)
Rated load	① Torque : 1,128 Nm ② Rotational speed : 559 rpm	123	273	157
Equivalent load of plow operation	① Torque : 621 Nm ② Rotational speed : 482 rpm	26,330	58,453	33,702
Integrated equivalent load of total field operation	① Torque : 423 Nm ② Rotational speed : 314 rpm	1,156,049	2,566,429	1,479,742

<그림 168> 부하 조건별 다이나모 시스템을 이용한 스파이럴 베벨기어의 수명 결과

- 아래 그림은 Service life 대비 수명 비율을 나타냄



<그림 169> 부하 조건별 다이나모 시스템을 이용한 수명 비율 비교

마 참여기관 : 농업기술 실용화재단 - 연구개발 수행 과정 및 수행 내용

1) 연구개발 수행내용 :

㉮ 트랙터 자동변속기 변속감(변속충격, 변속시간) 측정방법 개발

○ 목표 : 변속시험 모드 개발 수(3)
- 1(2차년도) : 변속감 항목 선정 및 측정방법 모드개발
- 2(3차년도) : 주행방법 시험모드 개발
- 3(4차년도) : 시험환경에 따른 시험모드 개발

○ 결과 : 개발한 모드를 취합하여 “트랙터 자동변속기”에 대한 검정방법으로 작성

농업기계 검정방법

00 트랙터 자동변속기

1. 적용범위

이 검정방법은 전·후진 또는 주변속, 부변속 자동변속기의 기능을 가지고 주행 변속 시 동력전달 과정에서 변속충격, 변속시간 등 변속감이 발생하는 농업용트랙터에 대하여 적용한다.

2. 용어의 뜻

2-1. 변속감

차량의 가감속 또는 버튼의(파워시프트 등) 수동조작에 의해 변속이 발생하는 경우, 변속기 내부의 클러치 요소가 해방 또는 체결되는 과정에서 동력의 출력 토크가 순간적으로 변동되는 것을 차량의 실내에 탑승한 사람이 감각을 통해 인지하는 것을 말한다.

2-2. 변속충격(G)

변속 시 전후 출력축에 전달되는 토크영역에서의 클러치 해체와 결합요소의 불평형 토크 전달 및 관성영역에서 발생되는 회전속도 변화에 의한 과도 토크의 급격한 변화에 따른 충격을 느끼는 기계 진동에 대한 인체 진동학적 충격량을 말한다.

2-3. 변속응답시간

자동변속기 제어장치(TCU)에서 변속 명령 후 차량이 반응(차속이 변하기 시작하기 전까지 시간)하기까지의 소요시간(①, 그림 1, 2)을 말한다.

2-4. 클러치 동기화시간

자동변속기 제어장치(TCU)에서 변속 명령 후 클러치의 입력축과 출력축 간의 속도 차

이가 목표 차속 이내로 들어오는 시간으로 가장 이상적인 변속시간(①+②+③, 그림 1, 2)을 말한다.

2-5. 변속완료시간

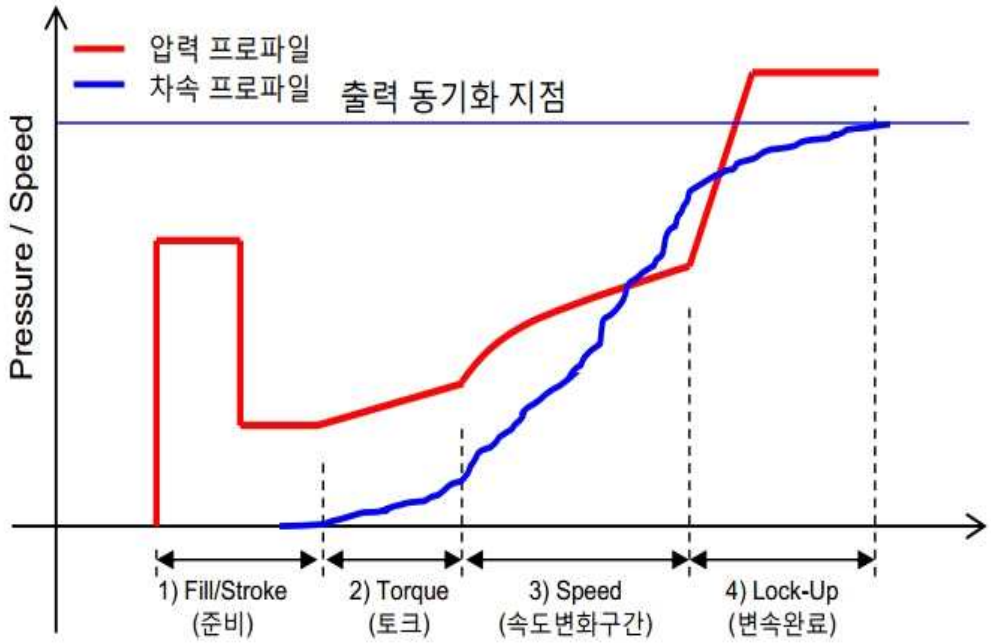
클러치 동기화 완료 후 변속 클러치 잠금 상태로 전환 되는 시간(④, 그림 1) 또는 변속 후 차량속도가 해당 변속단수에서 안정화될 때까지 시간을 말한다.

2-6. 출발변속

정지되어 있는 트랙터를 변속기의 변속 단수와 엔진회전속도에 따라 결정된 최종 주행 속도까지 가속 시켜야 하는 변속을 말한다.

2-7. 주행 중 변속

트랙터의 변속 단수를 바꾸어 주행 중 속도를 변화(가속 또는 감속)시키는 변속을 말한다.



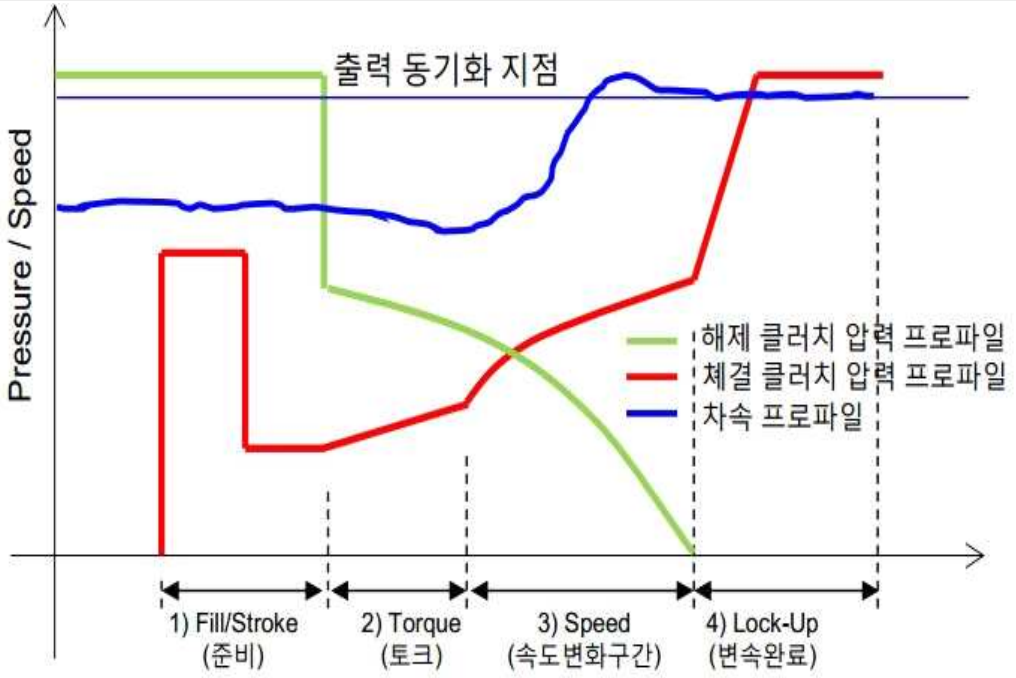
※ 출발 변속 단계 정의

1) Fill/Stroke : 클러치로 토크가 전달되기 직전의 상태. (준비)

2) Torque : 클러치의 토크 전달 용량이 증가 → 요구 가속 토크를 전달하는 단계

3) Speed : 관성에 의해 결정된 가속도를 통해 차량을 가속 시키는 단계

4) Lock-Up : 클러치를 100% 체결 시키는 상태



<그림 170> 주행 중 변속 그래프 예시

※ 주행 중 변속 단계 정의

1) Fill/Stroke : 해제 클러치는 토크 전달 용량을 낮춰 토크 전달을 유도하는 구간

2) Torque : 해제 클러치와 체결 클러치 압력을 교번 제어하여 토크를 전달시키는 구간

3) Speed : 관성에 의해 결정된 가속도를 통해 트랙터가 가속 혹은 감속 하는 구간

4) Lock-Up : 체결 클러치를 100% 체결 시키는 상태

3. 시험항목

3-1. 구조조사

3-2. 성능시험

3-2-1. 출발 변속감 측정시험

3-2-2. 주행 중 변속감 측정시험

4. 시험조건

4-1. 정비 및 준비운전

시험에 사용되는 트랙터는 신품으로서 충분히 길들임 운전을 실시한 것으로 간주하며 시험 전에 정상의 상태로 정비하고 준비운전은 2시간 이내로 한다.

4-2. 연료 및 윤활유

4-2-1. 시험에 사용하는 연료 및 윤활유는 시판되고 있는 것으로 하고 트랙터 제조자가 규격 및 성능설명서에서 정하는 것으로 한다.

4-2-2. 변속 시 변속성능에 영향을 줄이기 위해 시험 전 충분한 준비운전을 통해 오일 온도가 더 이상 증가하지 않는 온도까지 충분히 예열한다.

4-3. 운전조건

대기조건이나 기타 여건에 의한 시험결과의 수정은 하지 않는다. 대기압은 96.6 kPa 보다 낮지 않은 상태에서 실시하며 각 시험 시 측정을 시작하기 전 운전조건이 안정되도록 하여야 한다.

4-4. 시험 주행로

시험 주행로는 이음매가 적은 깨끗하고 수평인 건조한 콘크리트 또는 아스팔트 노면으로 한다.

4-5. 타이어 공기압

차륜형 트랙터의 경우 타이어 공기압은 신청자가 규격 및 성능 설명서에 제시한 값으로 하며 시험 시작 시 타이어 또는 고무궤도의 러그높이는 신제품일 때의 타이어 또는 궤도 러그높이의 65 % 이상으로 하고 측정은 3점 게이지 등을 사용한다.

4-6. 시험계기

시험장비 및 계측기는 시험 전에 교정하여 둔다.

5. 구조조사

5-1. 조사목적

이 조사는 트랙터 자동변속기의 형식, 주요치수 및 장치의 주요제원 등을 확인하는 것을 목적으로 한다.

5-2. 조사항목

(1) 자동변속기 형식

(2) 전·후진 선택장치

(3) 주변속, 부변속 형식

(4) 작동방식

(5) 클러치 수

(6) 변속단수

(7) 주행장치

(8) 전·후륜 타이어 규격

(9) 차륜거리

5-3. 측정 및 조사 방법

상기 조사항목에 대한 세부적인 측정 및 조사항목은 육안 또는 계측장비를 통해 조사한다.

6. 성능시험

6-1. 출발 변속감 측정시험

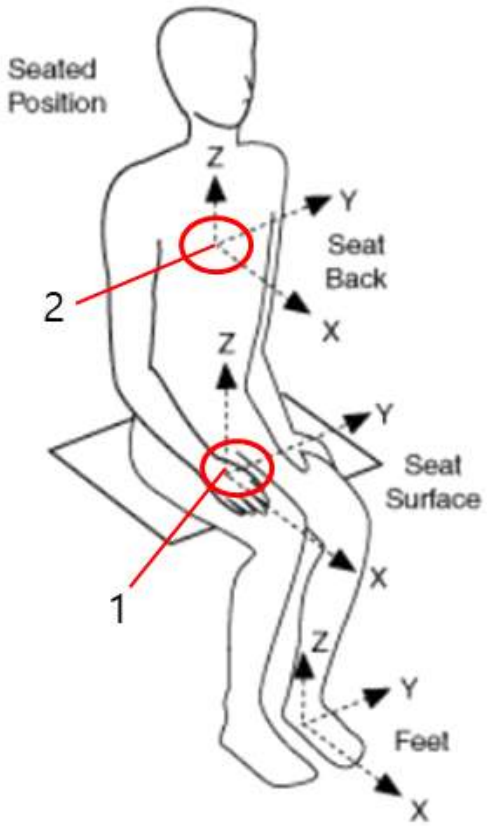
6-1-1. 시험목적

이 시험은 트랙터가 정지 상태에서 출발하였을 때 발생하는 변속충격 및 변속시간 등 변속성능을 확인하는 것을 목적으로 한다.

6-1-2. 시험조건

(1) 시험 속도단수는 초저속 단수는 제외하고 자동변속기가 적용되는 단수에 대해서 실시한다.

(2) ISO 2631-1에 따라 트랙터에 앉아 있는 사람의 주된 2가지 접촉면인 운전자가 앉는 시트 표면 중앙(1) 및 시트의 등 받침대(2) 부위에 가속도센서를 부착하여 전·후 방향(x축)의 가속도를 측정한다.



<그림 171> 운전자 변속충격 측정 위치

(3) 각 단수별 최고속도를 측정하기 위해 조속기는 최대로 전개한 상태로 실시한다.

6-1-3. 측정항목

(1) 변속충격

(2) 변속응답시간 및 변속완료시간

(3) 주행속도

(4) 기관회전속도

(5) 미션오일온도

6-1-4. 시험방법

(1) 트랙터 전·후진 레버 중립 및 클러치 해제 상태에서 변속버튼으로 출발단수를 설정한 후 전·후진레버를 전진방향으로 조작하여 출발하여 시험을 실시한다.

(2) 출발 가능한 단수까지 시험하며 각 단수별 측정된 변속충격, 변속시간 등은 평균값으로 한다.

(3) 변속 관련 시험항목은 자동변속기 제어장치(TCU)에서 들어오는 신호를 계측한다.

(4) TCU에 접속이 불가할 경우 주행속도는 후륜에 엔코더를 설치하여 직접 측정하거나 GPS 등을 이용하여 측정하고, 엔진회전속도는 비접촉센서 또는 PTO축 회전속도를 측정하여 기관회전속도와 PTO회전속도의 기어비를 곱하여 기관회전속도로 환산한다.

(5) 미션오일 온도는 트랙터 후방 미션오일 주입구를 열어 온도센서를 충분히 감지할 수 있는 깊이만큼 삽입하여 온도를 측정한다.

6-1-5. 시험장비 및 계측기

(1) 데이터수집장치

(2) 가속도센서

(3) CAN

(4) 회전계

(5) 온도계

(6) 기타 시험에 필요한 장비

6-2. 주행 중 변속감 측정시험

6-1-1. 시험목적

이 시험은 트랙터가 주행 중 변속(가속 또는 감속)하였을 때 발생하는 변속충격 및 변속시간 등 변속성능을 확인하는 것을 목적으로 한다.

6-1-2. 시험조건

출발 변속감 측정시험과 동일하게 한다.

6-1-3. 측정항목

(1) 변속충격

(2) 변속시간

(3) 주행속도

(4) 기관회전속도

(5) 미션오일온도

6-1-4. 시험방법

(1) 변속순서는 최저단수부터 시작하여 최고단수까지 순차적으로 실시한 후(Up shift) 다시 최고단수에서 최저단수까지 실시한다.(Down shift)

(2) 변속은 현재 변속단수에서 기체가 안정(주행속도 및 진동)될 때까지 기다린 후 실시한다.

(3) 변속 관련 시험항목은 자동변속기 제어장치(TCU)에서 들어오는 신호를 계측한다.

(4) TCU에 접속이 불가할 경우 주행속도는 후륜에 엔코더를 설치하여 직접 측정하거나 GPS 등을 이용하여 측정하고, 엔진회전속도는 비접촉센서 또는 PTO축 회전속도를 측정하여 엔진과 기어비를 곱한 후 기관회전속도로 환산한다.

(5) 미션오일 온도는 트랙터 후방 미션오일 주입구를 열어 온도센서를 충분히 감지할 수 있는 깊이만큼 삽입하여 온도를 측정한다.

6-1-5. 시험장비 및 계측기

(1) 데이터수집장치

(2) 가속도센서

(3) CAN

(4) 회전계

(5) 온도계

(6) 기타 시험에 필요한 장비

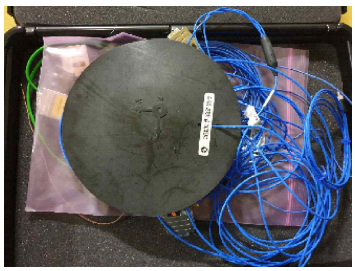
㈏ 해외 선진사 트랙터 변속감 성능평가 비교 시험

○ 목표 : 해외 트랙터 제조 선진사 성능확인

㉠ 성능시험을 위한 계측장비 구성

- 트랙터 자동변속기의 시험항목으로는 변속감(변속충격, 변속시간)과 더불어 변속단수별 주행속도, 기관회전속도 및 오일 온도 변화에 따른 영향 분석을 위한 미션오일온도 총 5개 항목 선정하였음
- 국산 트랙터의 경우 TCU 정보 취득이 각 제조사 별 협조를 통해 취득 가능하나 수입 트랙터의 경우 정보가 공개되어 있지 않아 어려움이 있어 각 측정항목별 요소에 대한 직접 측정할 수 있도록 구성함
- 변속충격은 가속도 센서를 사용하여 ISO 2631-1 규격에 따라 운전좌석 착석부, 등받이부에 설치할 수 있도록 제작하였으며 시험 전 캘리브레이터를 통해 변속충격에 대한 캘리브레이션을 실시함

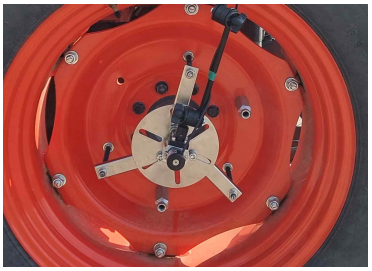
<다채널 수집장치>



<변속충격 측정 센서>

<진동캘리브레이터>

- 차량속도를 측정하기 위해 엔코더를 트랙터 좌·우 후륜 타이어 림에 설치할 수 있도록 지그 제작하여 고정하였으며 타이어 사이즈를 고려하여 지그 고정위치가 조절될 수 있도록 제작하였음. 또한, 부착된 지그의 고정을 위해 다관절 암과 진공흡착패드를 사용하여 트랙터에 고정함

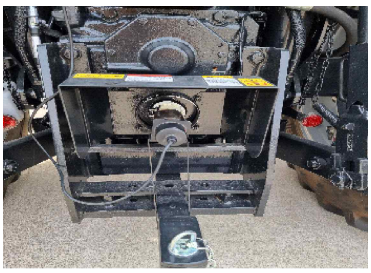


<엔코더 부착지그>

<다관절 암>

<진공흡착패드>

- 기관회전속도는 비접촉식 센서를 사용하여 측정할 경우 노면 상태, 변속시 변속 충격에 의한 진동의 영향이 있어 PTO 축에 엔코더를 설치한 후 기어비로 환산하여 계산하였으며 오일의 온도는 트랙터 후방 엔진오일 주입구에 온도센서를 삽입하여 측정하였다. 또한, 변속시간 확인을 위해 변속버튼에 직접 트리거를 부착하였음



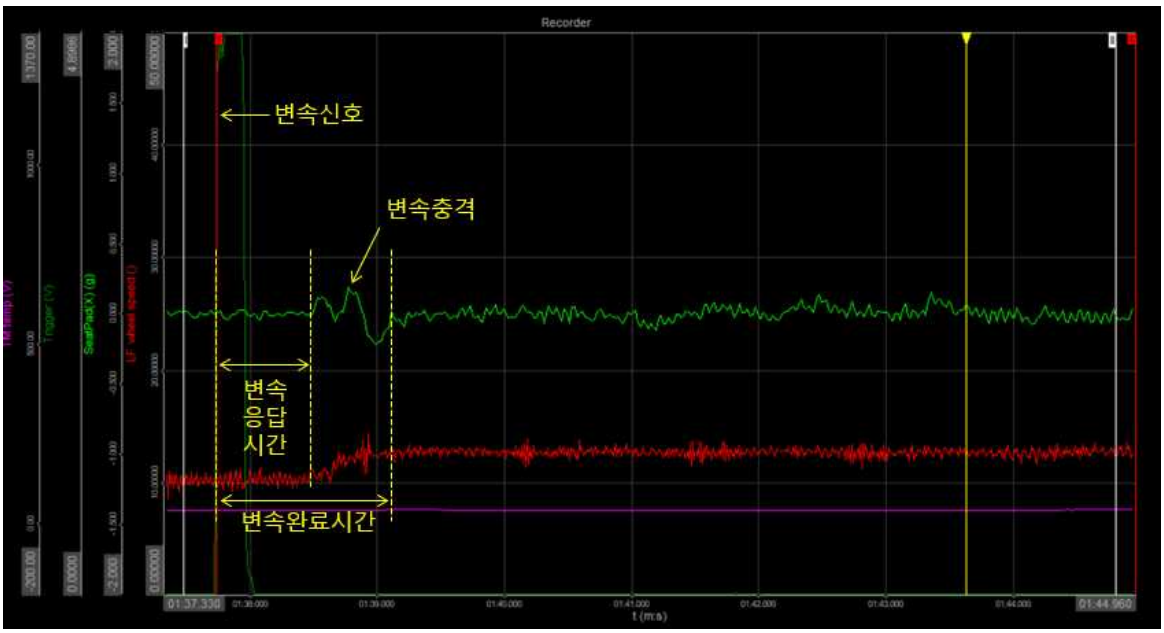
<PTO 엔코더>

<미션오일 온도센서>

<변속신호 트리거>

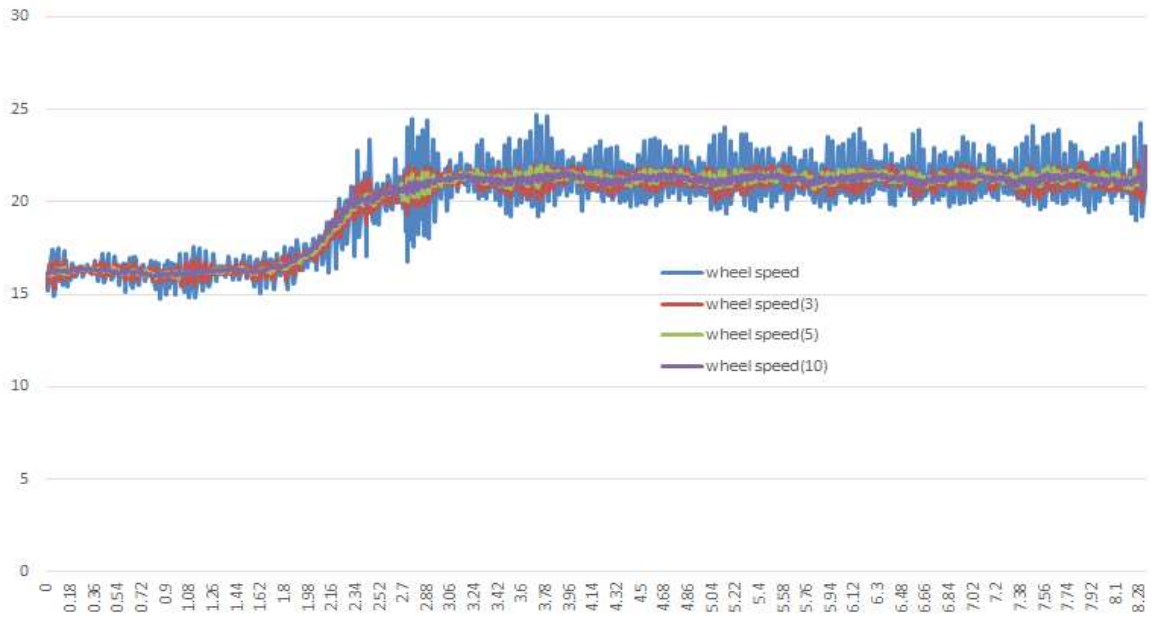
㉡ 성능평가 프로그램 구성 및 데이터 처리 방법 설정

- 변속응답시간 파악을 위해 트리거 신호 1초전 데이터부터 변속완료시간 계측을 위해 트리거 신호 후 7초까지 저장할 수 있도록 프로그램을 세팅함(트랙터, 변속단수 마다 변속완료시간의 차이가 있으나 대부분 7초이내 변속이 완료됨)



<그림 172> 변속성능 측정 결과

- 변속응답시간은 1초 내로 매우 빠른 시간안에 일어나기 때문에 고분해능 엔코더를 사용함. 고분해능 엔코더를 사용함에 있어 진동과 노면 상태에 따라 차량속도 값에 노이즈가 발생하여 평균화하기 위해 이동평균법을 사용함. 아래 그림에서 파란색 그래프는 바로 계측한 값이며 빨간색과 초록색 및 보라색은 각각 3개 평균, 5개 평균, 10개 평균을 사용하여 이동평균법을 적용한 그래프임. 평균개수가 많아질수록 선형적인 모습을 볼 수 있으며 본 분석에서는 10개 평균을 가지고 이동평균법을 적용시켜 변속응답시간과 변속완료시간을 분석하였음.



<그림 173> 이동평균법 적용 차량속도처리

㉢ 국산 및 해외 선진사 트랙터 변속감 성능평가

- 변속성능의 기준을 설정하기 위해 변속성능시험 방법과 데이터 취득을 위한 검정장비를 사용하여 해외 선진농기계 제조사의 트랙터와 국산트랙터의 변속성능 비교시험을 실시하였다. 선진트랙터로 CASE사 VESTRUM 100(2021생산)을 선정하였으며 수입트랙터 중 KUBOTA사 MR707(2015생산)와 ㈜대동 HX1150ATSC(2021생산)를 사용하였다.

  세 모델 모두 주변속 파워시프트의 단수는 8단이였으며 VESTRUM 100의 부변속은 3단(A, B, C) 대동과 구보다는 2단(L, H) 였다.

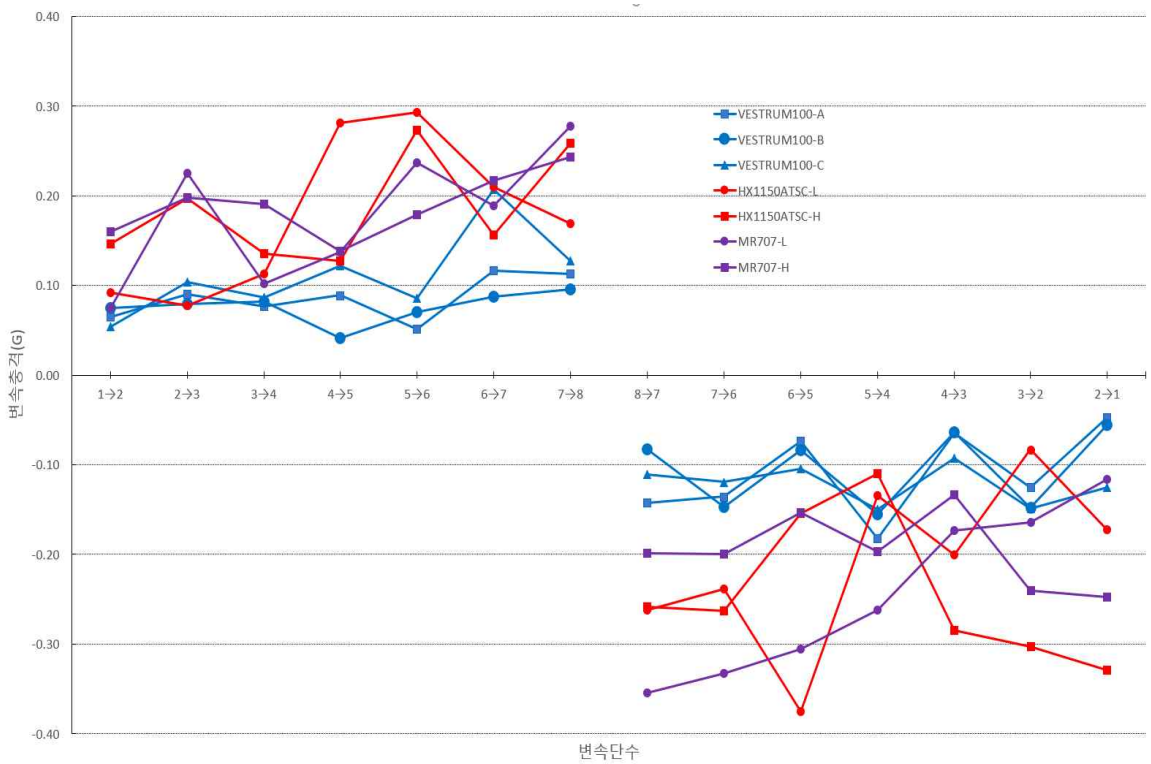
< VESTRUM 100 >

< HX1150ATSC >

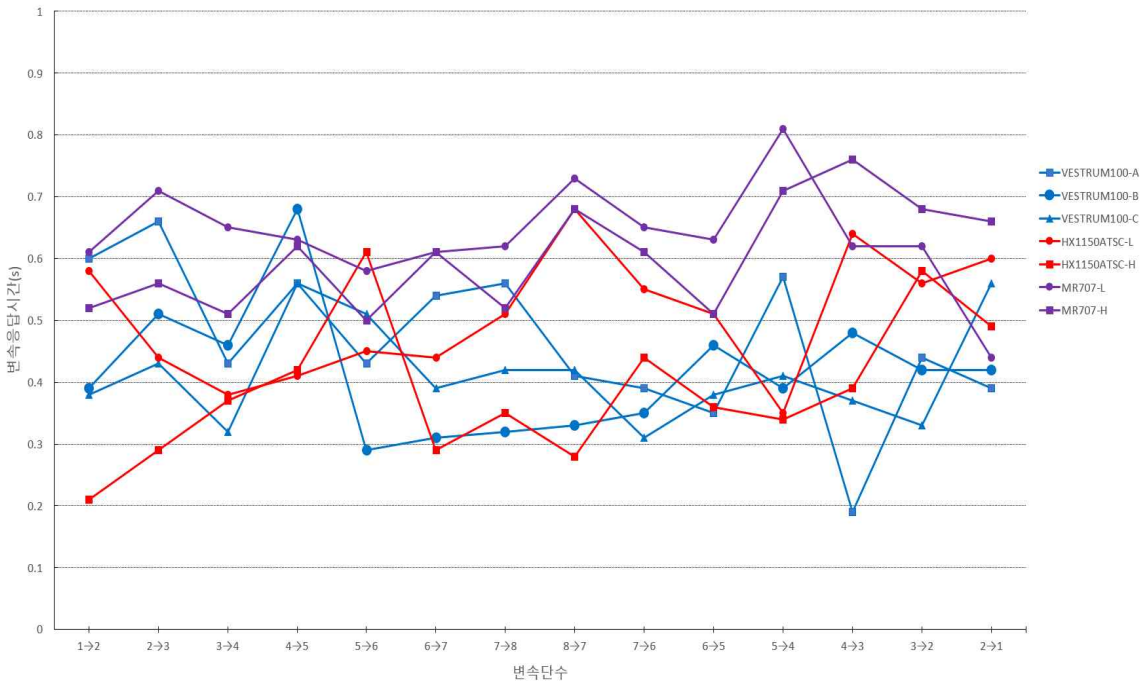
< MR707 >

- 시험 결과 변속 시 인체에 전달되는 변속충격과 변속신호 입력 후 변속이 시작되는 응답시간 모두 VESTRUM 100 모델이 우수하게 나타났으며 대동에서 제작한 모델과 일본 구보다사 모델 비교 시 거의 비슷한 수준을 보였다.

구분	변속충격		변속응답시간	
	최대	평균	최대	평균
VESTRUM100	0.21	0.1	0.68	0.43
HX1150ATSC	0.38	0.2	0.68	0.45
MR707	0.35	0.2	0.81	0.62



<그림 174> 트랙터 단수별 변속충격



<그림 175> 트랙터 단수별 변속응답시간

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

자동변속 트랙터 개발을 통해 선진사의 기술동향, 특허현황을 확인하여 세계적인 기술 트랜드 및 방향을 확인하고, 이에 대응하여 독자적인 구조의 자동변속기 레이아웃을 작성하고 자동변속기 자체의 개발 및 자동변속기 장착 트랙터의 개발을 완료함.
또한 자동변속기 및 자동변속기 장착 트랙터의 성능 및 내구시험을 각각 실행하고, 실차시험 및 실수요자를 대상으로 한 현장 실증 시험까지 완료하여 내수는 물론 수출까지 문제없는 자동변속 트랙터의 기술을 확보함.

시제품, 1차 및 2차 파일럿 트랙터를 제작하며 H/W부 문제를 개선하였고, 자동변속관련 공동연구기관에서 진행되는 자동변속 핵심기술에 대한 시뮬레이션 평가 및 기술 평가를 진행할 수 있었음. 주된 S/W기술인 TCU의 자동변속 알고리즘 설계를 통해 초기의 자동변속충격을 개선하여 정량적 목표를 달성하도록 개선하였고, 튜닝 이후 최종 내구 및 실증 작업에서도 내구성 확보 및 작업시 문제점이 없음을 확인하였음.

2차 파일럿 기대가 제작되었고 트랙터 자동변속관련 핵심부품 및 본기 전체 레이아웃에 관한 양산화를 준비완료하여 본격적인 양산준비를 마침.

종합적으로 자동변속 트랙터 기술개발은 당초 계획한 내용대로 각 기관별 전반적인 기술개발이 이루어지고 목표한 바를 달성하였음. 하지만 수입트랙터 대비 부족한 부분도 확인 되어 향후 개선계획을 수립하여 다양한 필드 및 상황에서 자동변속 트랙터의 작업성 및 장기 내구성을 추가 확보해야 할 것으로 판단됨.

(2) 정량적 연구개발성과

평가 항목 (주요성능[1])		단위	전체 항목에서 차지하는 비중[2] (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치/실적				목표설정 근거
				보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1차년도 (2018)	2차년도 (2019)	3차년도 (2020)	4차년도 (2021)	
1	동력전달 효율(TM)	%	5	독일/ZF	80	-	74 /74.6	76 /78	78 /81.7	80 / -	-
2	소 음 (TM)	dB(A)	5	독일/ZF	87	-	93 /92.7	91 /90.1	89 /86.9	87 /86.9	
3	내구 수명 시 험 (TM)	hr	5	-	-	-	-	4000 /4000	6000 /6000	-	
4	시스템 압력(TM)	kgf/cm^2	5	독일/ZF	20	-	19 /18.7	18 /17.01	17 /16.35	16 /15.40	
5	편 의 성 향 상 기술 수	수	5	-	-	-	1 /1	2 /2	3 /3	4 /4	
6	변속시험 모드개발 수	수	5	-	-	-	-	1 /1	2 /2	3 /3	
7	PTO출력	%	5	미국/John Deere	80	-	-	75 /76.8	77 /78.3	80 /81.2	

8	변속충격	G	10	일본/구보다	0.8	-	-	1.0 /0.89	0.9 /0.86	0.8 /0.53	
9	변속반응시간	sec	10	일본/구보다	0.8	-	-	1.0 /0.93	0.9 /0.84	0.8 /0.57	
10	성능내구시험	hr	10	-	-	-	-	-	500 /500	-	
11	현장실증시험	hr	10	-	-	-	-	-	100 /100	200 /200	
12	고온작동시험	℃	5	독일/ZF	85	85	65 /85	85 /85	95 /95	105 /105	
13	저온작동시험	℃	5	독일/ZF	-40	-30	-20 /-30	-25 /-30	-27 /-27	-30 /-30	
14	살수시험	kgf/cm^2	5	독일/ZF	0.8	0.8	0.6 /1.0	0.6 /3.0	0.7 /3.06	0.8 /3.06	
15	진동시험	G	5	독일/ZF	5.5	-	3.5 /4.5	4.5 /4.5	5.0 /5.0	5.5 /5.5	
16	EMC시험	-	5	독일/ZF	규격만족	-	-	규격만족 / 규격만족	규격만족 / 규격만족	규격만족 / 규격만족	

※ 상기 목표 설정 근거는 독일/ZF는 T-7140 TM, 미국/John는 6120R 트랙터, 일본/구보다는 M126GX 트랙터에 대한 실제 측정값임.

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2018 추계 한국농업기계학회	정연준	2018.10.19	서울대학교	대한민국
2	2018 추계 정밀농업학회	이남규	2018.11.13	농업기술실용화재단	대한민국
3	드라이브·컨트롤 2019년 춘계학술대회	이남규	2019.06.27	제주대학교	대한민국
4	한국정밀농업학회 2019년 추계학술대회	MD ABU AYUB SIDDIQUE	2019.10.10	농촌진흥청	대한민국
5	2020년도 동역학 및 제어/IT융합부문 공동 춘계학술대회	문석표	2020.07.23	Online E-Conference	대한민국
6	2021년 (사)한국농업기계학회 춘계 공동학술대회	백승민	2021.04.30.	한국농업기계학회/온라인 발표	대한민국
7	2021 (사)유공압건설기계학회 드라이브·컨트롤 추계학술대회	백승민	2021.11.12.	일산 킨텍스 1전시관 207호	대한민국

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	특허 출원	트랙터의 구동기어 어셈블리	최진하	2019.10.29	10-2019-0135015	-	최진하	2021.06.15	10-2267175	100	√
2	특허 출원	작업차용 변속기	최진하, 김두한	2020.12.16	10-2020-0176047	-	최진하, 김두한	2022.02.14	10-2364511	100	√
3	특허 출원	작업차 변속기용 오일팬 및 이를 포함하는 작업차용 변속기	최진하, 장효주	2020.12.16	10-2020-0176046	-	최진하, 장효주	2021.12.02	10-2336579	100	√

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	공인인증시험	한국생산기술연구원	트랙터 및 자동 변속기	C18N920033	2018.11.27	
2	공인인증시험	한국생산기술연구원	트랙터 및 자동 변속기	C19N920034	2019.10.07	
3	공인인증시험	한국생산기술연구원	트랙터 및 자동 변속기	C19N920044	2019.11.27	
4	공인인증시험	한국생산기술연구원	트랙터 및 자동 변속기	C20N920028-01-01-(00-00)	2020.11.13	
5	공인인증시험	한국생산기술연구원	트랙터 및 자동 변속기	C20N920036-01-01-(00-00)	2020.12.18	
6	공인인증시험	한국생산기술연구원	트랙터 및 자동 변속기	C21N920043-01-02-(01-00)	2021.11.29	한국

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	HX1150ATSC	2021.12.03	(주)대동	(주) 대동 창녕개발본부 시작동	필드 시험 구현용	사업화 완료	-	-

[사회적 성과]

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	-	2019		1			1			1			
2	-	2020		2			2			2			
3	-	2021		2			2			2			

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	SNS	YOUTUBE	대동의 첫 번째 미래형 트랙터, HX시리즈	2021.02.10
2	SNS	YOUTUBE	미래형 트랙터, HX 리뷰토크 1부(feat. 농업&농기계 유튜버)	2021.03.02
3	SNS	YOUTUBE	미래형 트랙터, HX 리뷰토크 2부(feat. 농업&농기계 유튜버)	2021.03.26
4	SNS	YOUTUBE	[고객인터뷰] HX트랙터의 힘&조작성에 반한 박경원님	2021.07.02
5	SNS	YOUTUBE	'강함'의 차원이 다른 황충원의 트랙터, HX1200 [11월 출시]	2021.11.15
6	SNS	YOUTUBE	중장비 오퍼레이터. 황충원의 인생 트랙터 HX 운전 소감은?	2021.12.06

2) 목표 달성 수준

추 진 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 선진기술 동향 조사 및 특허 회피 ○ 자동변속기 레이아웃 설계 ○ 자동변속기 각 단계별 제작 ○ 각 연차별 소음목표 만족	○ 특허 분석 및 회피 방안 수립, 선진기술 분석 및 벤치마킹 트랙터 분석을 통한 8단 자동변속기 구조 확정 ○ 동력전달 효율, 소음 저감을 위한 레이아웃 설계 완료 ○ 시제품, 1차파일럿, 2차파일럿 자동변속기 개발 완료 ○ 기어 치형개선 및 지지베어링개선, 치 가공 공정 개선을 통한 소음 목표 만족	○100% ○100% ○100% ○100%
○ 자동변속기장착 트랙터 각 단계별 제작 ○ 트랙터 성능 및 조작성 개선 ○ 트랙터 성능시험 및 정량적 목표 도달 ○ 양산화 설계 보완 ○ 현장 실증 시험	○ 시제품, 1차파일럿, 2차파일럿 개발 완료 ○ 성능 및 효율 향상을 위한 구조설계, 특허출원 ○ 동력전달 효율 시험, PTO효율 및 출력시험, 변속충격시험, 변속반응시간 시험 완료 ○ 신뢰성 시험 및 평가 기준 개발 및 신뢰성 시험 실시 ○ 시험중 발생된 문제점 (유압부, 레버조작부)의 보완을 통한 양산화 설계 완료 ○ 농작업 실수요자를 통한 실작업성 검증 완료	○100% ○100% ○100% ○100% ○100%
○ 트랙터 자동변속기 핵심부품 시뮬레이션을 통한 성능평가 ○ 자동변속기 내구수명 시뮬레이션 모델 개발	○ 자동변속기 유압 클러치팩의 시뮬레이션모델 개발 및 성능 평가 ○ 자동변속기 내구수명 시뮬레이션 모델개발 및 부하조건에 따른 내구수명 분석	○100% ○100%
○ 자동변속기 TCU용 제어알고리즘 개발 ○ 자동변속기 TCU H/W 개발	○ 제어알고리즘 연구/분석을 통한 제어알고리즘 개발 및 보완 ○ 벤치시험을 통한 입출력 특성 분석 및 각 단계별 TCU 제작 ○ 각 단계별 신뢰성 평가 및 성능 평가 시행 및 보고서 작성	○100% ○100% ○100%
○ 트랙터 자동변속기 변속감 성능평가 시험모드 개발	○ 변속감 항목별 시험모드, 주행시험모드, 환경시험 모드 개발	○100%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

(해당없음)

2) 자체 보완활동

(해당없음)

3) 연구개발 과정의 성실성

● 주관기관 : (주) 대동
- 분기별 각 기관별 전체 회의를 통해 진행사항을 검토하고 일정의 변경 및 지연이 발생하는 부분에 대해 기관별 내용 공유를 진행함
- 연구노트 작성을 각 섹션별 개발 담당자별 진행함으로써 개발 기종의 개발 이력을 문서화 하였음
- 각단계별 기대 제작 이후 각종 벤치 시험평가를 진행하며, 내부 시험과정 및 결과 내용을 문서화하여 관리 하였음.
- 실제 현장 실증 시험 (200시간)을 만족시키기 위해 농작업 실수요자를 물색하고 트랙터의 대여를 통해 실작업자의 불편사항및 문제점을 취합하고 각 기관에 전달하여 변속기 및 TCU프로그램 개선토록 노력함

● 참여기관 : 대동기어(주)
- 자동변속 트랙터에 들어가는 각 단계별 자동변속기 개발을 완료함
- 3D NX 프로그램 및 해석 기술을 이용하여 자동변속기 개발에 활용하고 개발과정에서 발생하는 문제점등을 정리하고 이후 단계에서는 개선품을 개발 적용함
- 변속기의 정량적 평가를 위한 공인인증시험용 변속기 제작 및 몇차례의 소음개선용 샘플 제작에 성실히 임함을 통해 정량적 평가를 만족시키기 위해 노력함

● 참여기관 : 주)네이스코
- 목표 단계별로, 자동변속 트랙터에 들어가는 자동변속기 “전자제어기” 개발 완료
- 단계별 제어알고리즘 튜닝 UPGRADE 완료
- 시험절차서 규격서 단계별 작성 및 보완
- 단계별로 PILOT제품(2EA)을 제작하여, 공인시험평가 및 성능시험보고 활용
- 입출력 시뮬레이터 검사기 제작 후, 성능시험 확인 검증

● 위탁연구기관 : 충남대학교

- 주관기관과의 빈번한 소통을 통하여 자동변속기의 시뮬레이션 모델링 및 시뮬레이션 진행을 통해, 실제 시험 중 발생되는 문제점을 사전에 분석하여 개발 검토함으로써 과제 진행시의 H/W의 시행 착오을 줄이는데 크게 기여함

● 참여기관 : 농업기술실용화재단

- 자동변속 본기 테스트를 위해 타 참여기업, 기관 간 긴밀히 소통하며, 과제목표를 달성할 수 있도록 지원하였음
- 자동변속 트랙터의 성능평가방법의 표준화를 위한 기준 정립
- 자동변속 본기테스트의 비교를 위해 기 개발된 해외 선진사 자동변속 기대의 변속감 특성 비교분석 연구를 진행하여 현 과제의 완성에 기여함

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

현재 자동변속 트랙터의 기술 개발 수준은 해외 선진사 대비하여 80~90% 육박하는 수준으로 진행되어 있음. 국내 농업기계중 자동변속 트랙터관련 유사 기술에 관한 개발내용은 일부 존재하며 본 과제의 진행 사양인 8단 자동변속기의 전단수 자동변속관련 진행 내용은 유일하게 수행된 과제로 판단되며, 유사한 파워시프트 변속 기술을 이용한 트랙터 제작은 진행되고 있으나 8단 자동변속에 140마력용 자동변속기 기술개발은 국내 최초임.

현재 수입에만 의존하던 축산작업용 자동변속 트랙터의 기술개발을 완료하여 상용화를 완료한 상태이고, 일부 수입트랙터 사용고객 및 기존 국산 트랙터 사용고객의 구매 문의가 활발한 상황임.

자동변속 트랙터 기술을 토대로 자율주행 트랙터등 농업기계 4차산업 기술확대가 이루어짐에 따라 향후 전개될 정밀농업 기술의 토대가 되는 기술이 개발되었다고 판단됨.

농업기계에 접목할 수 있는 4차 산업 기술 중 자동변속주행 기술은 초기 단계이며 추가로 변속단수를 부변속을 포함한 전단수 자동변속 기술 확보와 효율 및 신뢰성 개선을 바탕으로 한 기술 성숙이 이루어진다면 수입제품을 능가할 차세대기술이 탄생할 것으로 기대됨.

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	HX1150ATSC	2021.12.03	(주)대동	(주) 대동 창녕개발본부 시작동	필드 시험 구현용	사업화 완료		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식[1]	사업화 형태[2]	지역[3]	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술이전	신제품 개발	국내	자동변속트랙터 출시	자동변속 트랙터 국내 판매	(주) 대동	32,437,889,030	-	2021	-

* 1」 기술이전 또는 자기실시
* 2」 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
* 3」 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
트랙터 자동변속기 품질고도화 기술 개발	2021	32,437,889,030		32,437,889,030	
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			자동변속기 및 전장부품 국산화를 통한 국내 산업 활성화		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			32,437,889	173,576,547	240,217,231
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		- 매년 2회 주기적으로 필드조사 및 제품 추적 관리를 통해 다양한 작업 조건에서의 트랙터의 작업성, 내구성 및 안전성의 객관적인 데이터 확보할 예정임. - 상기 데이터 분석 및 제품 반영을 통해, 선진사 트랙터에 대한 경쟁력을 확보할 계획임. - 또한 자율작업 트랙터 개발을 위해 과제를 통해 개발한 자동변속기를 탑재 활용할 계획임.		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2019년	2020년	2021년	
1	자동변속기 개발	(주) 대동	1	1	1	3
합계			1	1	1	3

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	36
		생산인력	-
	개발 후	연구인력	39
		생산인력	-

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		318001-04	
사업구분	첨단공기계산업화 기술개발사업				
연구분야	농업기계 시스템			과제구분	단위
사 업 명	첨단공기계산업화 기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과 제 명	트랙터 자동변속기 품질 고도화 기술 개발			과제유형	(기초,응용,개발)
연구개발기관	(주) 대동			연구책임자	임영제
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	18.04.26 ~ 18.12.31	375,000	375,000	750,000
	2차년도	19.01.01 ~ 19.12.31	500,000	500,000	1,000,000
	3차년도	20.01.01 ~ 20.12.31	500,000	500,000	1,000,000
	4차년도	21.01.01 ~ 21.12.31	500,000	500,000	1,000,000
	계		1,875,000	1,875,000	3,750,000
참여기업	대동기어(주), 네이스코(주), 농업기술실용화재단, 충남대학교				
상 대 국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022년 02월 11일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주) 대동	상무보	임영제

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	임 명 제 (인)

210mm×297mm[백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

Ⅰ. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

자동변속 8단과 140 마력용 자동변속기는 국내 최초로 개발 및 양산을 하게 되었음. 변속기의 구조 단순화로 정비성 및 조립성을 향상시켰으며, 유압클러치와 제어기의 유로길이를 최소화하여 제어 반응성을 빠르게 구현함

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

자동변속기 및 주요 전장품의 국산화 개발을 성공함으로써 수입 트랙터 대비 가격 경쟁력을 확보하였음. 또한, 일부 수입 트랙터 대비 동등 이상의 자동변속 성능을 확보하여 수입 트랙터의 대체가 가능함.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

자동변속을 구현함으로써 자율주행트랙터 연구의 기초 기술을 확보하였음. 자동변속기 소음 / 진동 개선 기술 및 유압클러치 반응성 / 내구성 기술은 향후 신규 파워트레인 개발에 있어서 큰 도움이 됨.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

코로나19 팬데믹에서 대면에는 제한이 있었지만, 참여기관과의 원활한 의사소통을 위한 많은 노력과 적극적인 협조를 바탕으로 자동변속기 개발 및 성능평가까지 성공적으로 마무리할 수 있었음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

2018년~2021년, 한국농업기계학회 외 6건을 학술자료 발표하였음. 특허 3건을 출원하였음.

Ⅱ. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
자동변속기 설계 및 각 단계별 자동변속기 제작 / 정량적목표만족	30	100	각 단계별 성과물 제작 및 정량적 목표 만족
자동변속기 장착 트랙터 각 단계별 제작 / 정량적목표만족	30	100	각 단계별 성과물 제작 및 정량적 목표 만족
자동변속기 핵심부품의 시뮬레이션을 통한 성능평가, 내구수명 모델개발	10	100	각 연차별 목표 달성 및 전산화 모델 개발 완료
자동변속기 TCU개발 및 제어알고리즘 개발 / 정량적목표만족	20	100	각 단계별 성과물 제작 및 정량적 목표 만족
트랙터 자동변속기 변속감 성능평가 시험모드 개발	10	100	성능평가 시험모드 개발 완료
합계	100점		

Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

자동변속 트랙터 개발을 통해 선진사의 기술동향, 특허현황을 확인하여 세계적인 기술 트랜드 및 방향을 확인하고, 이에 대응하여 독자적인 구조의 자동변속기 개발 및 자동변속기 장착 트랙터의 개발을 완료함.

또한, 자동변속기 및 자동변속기 장착 트랙터의 성능 및 내구시험을 각각 실행하고, 실차시험 및 실수요자를 대상으로 한 현장 실증 시험까지 완료하여 내수는 물론 수출까지 문제없는 자동변속 트랙터의 기술을 확보하였음.

수입의존도가 높은 트랙터 자동변속기의 국산화 및 농기계 수출 경쟁력을 강화를 할 수 있는 기회가 되었으며, 자동변속 기능이 일부 수입기종과 비교했을 때 동등 이상의 성능을 확보하여 피로도가 많이 감소된다는 평가를 받음.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

다소 미흡한 평가 점수이나, 본 과제로 인해 자동변속기 및 자동변속기 장착 트랙터에 대한 기술 개발을 완료하였으며, 현재 양산제품에 반영되었음.
이로 인해 90~140마력급 수입 자동변속트랙터를 대체하는 상품으로 개발되었으며, 2022년에는 북미/유럽/호주시장에 확대 공급하기 위한 파일럿 제작중이며, 변속기 자체 또한 향후 국내 농기계 메이커에 확대 공급적용 검토중임.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

자율주행 트랙터에 자동변속기 및 제어기술을 적용할 예정이며, 자동변속 트랙터에 대한 성능평가방법의 표준화 제정을 위한 초석을 마련함.

Ⅳ. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구개발기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

자동변속기 및 자동변속트랙터 개발관련 주요한 개발내용을 완료보고서에 소상히 기록했으며, 국내외 일반 공개 시 기술 유출 우려되므로 보안 자료로 사료됩니다.

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	□자유응모과제 ■지정공모과제	분 야	농업기계시스템	
연 구 과 제 명	트랙터 자동변속기 품질고도화 기술 개발			
주관연구개발기관	(주) 대동		주관연구책임자	임명제
연 구 개 발 비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	1,875,000 천원	1,875,000 천원	-	3,750,000 천원
연구개발기간	2018.04.26.~2021.12.31 (3년 9개월)			
주요활용유형	□산업체이전 □교육 및 지도 □정책자료 ■기타(제품화) □미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①자동변속기관련 각 핵심부품 고도화 개발	자동변속기H/W, TCU, 전자식레버등 개발완료
②자동변속기 자체 정량적 목표 달성	효율, 내구성, 소음 등 전체 목표 달성 완료
③자동변속기 장착 트랙터의 정량적 목표 달성	차량진동, 내구성, 작업성 등 전체 목표 달성 완료

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표		사업화지표												연구기반지표									
		지식재산권				기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
														논문									
		특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위		건	건	건	평균등급	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치		10	20					10	5	5	10						20		20			
최종목표		3	1						2,005		3						2		4			
당해년도	목표																					
	실적	3	2						32,437		3						7		8			
달성률(%)		100	100						100		100						100		100			

4. 핵심기술

구분	핵 심 기 술 명
①	농업기계용 자동변속기
②	농업용 자동변속기 장착 트랙터
③	농업용 자동변속기 장착 트랙터용 TCU 및 제어기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술					V	V				
②의 기술					V		V			
③의 기술					V					
· ·										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	주관기관 ((주) 대동) 생산 제품에 적용, 국내 농기계 메이커 제품에 확대 적용
②의 기술	주관기관 ((주) 대동) 생산 제품 내수용에 적용중, 수출용에 확대 적용 예정(2022년)
③의 기술	(상동)

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표												연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
													논문								
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	SMART 평균등급	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위	건	건	건		건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치	10	20					10	5	5	10						20		20			
최종목표	3	3				55	2	147,344	119,417	4						2		4		2	
연구기간내 달성실적	3	2						32,437		3						7		8			
연구종료후 성과창출 계획		1					2	114,907	119,417	1											

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명[1]			
이전형태	□무상 □유상	기술료 예정액	천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 □통상실시권 □협의결정 □기타( )		
이전소요기간		실용화예상시기[3]	
기술이전시 선행조건[4]			

1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업화 기술개발사업의 연구보고서 입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업화 기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.