

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

기술사업화지원사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004752-01

PTO를 포함하는 3점 히치장치를 구비한 30kW급 전동형 축산 작 업기 개발 및 산업화

2024. 07. 29.

주관연구기관 / (주)한국쓰리축
공동연구기관 / 충남대학교 산학협력단

농 립 축 산 식 품 부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "PTO를 포함하는 3점 히지장치를 구비한 30kW급 전동형 축산 작업기 개발 및 산업화"(개발기간 : 2021. 04. ~ 2023. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 07. 29.

주관연구기관명 : 주식회사 한국쓰리축 (대표자) 유



공동연구기관명 : 충남대학교산학협력단 (대표자) 임 남 형



주관연구책임자 : 정 희 종



공동연구책임자 : 김 용 주



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서						보안등급		
						일반	보안	
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명		기술사업화지원사업		
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		공공기술 사업화 촉진(시스템)		
공고번호	농축2021-41호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-		
				연구개발과제번호		821014-03		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0801	50%	LB0804	30%	LB0899	20%	
	농림식품과학기술 분류	RC0201	50%	RC0103	40%	RC0299	10%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	PTO를 포함하는 3점 히치장치를 구비한 30kW급 전동형 축산 작업기 개발 및 산업화						
연구개발과제명	영문							
	국문							
주관연구개발기관	기관명	(주)한국쓰리축		사업자등록번호	410-81-88992			
	주소	(우)전남 장성군 동회면 원남평길 15-21		법인등록번호	200111-0165945			
연구책임자	성명	정 회 중		직위	부 장			
	연락처	직장전화			휴대전화			
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)						
	단계	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)					
	(해당 시 작성)	n단계	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(1년 0개월)					
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발 의 지원금
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
총계	825,000	6,700	176,700			831,700	176,700	1,008,400
1단계	1년차	225,000		50,000		225,000	50,000	275,000
	n년차	300,000		66,700		300,000	66,700	366,700
n단계	1년차	300,000	6,700	60,000		306,700	60,000	366,700
	n년차							
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자		직위	휴대전화	전자우편	비고	
	역할			기관유형				
공동연구개발기관	충남대학교산학협 력단	김용주						
연구개발담당자 실무담당자	성명	정회중		직위	부 장			
	연락처	직장전화			휴대전화			
		전자우편			국가연구자번호			

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

2024년 02월 29일

연구책임자: 정 회 중

주관연구개발기관의 장: 유 구 현

공동연구개발기관의 장: 김 용 주



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	기술사업화지원사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-																																																								
내역사업명 (해당 시 작성)	공공기술 사업화 촉진(시스템)			연구개발과제번호		821014-03																																																								
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0801	50%	LB0804	30%	LB0899	20%																																																							
	농림식품 과학기술분류	RC0201	50%	RC0103	40%	RC0299	10%																																																							
총괄연구개발명 (해당 시 작성)																																																														
연구개발과제명		PT0를 포함하는 3점 히치장치를 구비한 30kW급 전동형 축산 작업기 개발 및 산업화																																																												
전체 연구개발기간		2021. 04. 01 ~ 2023. 12. 31 (2년 9개월)																																																												
총 연구개발비		총 1,008,400천원 (정부지원연구개발비: 825,000천원, 기관부담연구개발비 : 183,400천원)																																																												
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(TLR3) 종료시점 목표(TRL8)																																																								
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)																																																														
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)																																																														
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	30kW급 주행동력 및 6kW급 이상이 PT0 및 3점 히치장치의 동력성능을 구비한 축산용 다목적 작업기 개발																																																												
	전체 내용	<p>[한국쓰리축]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 30kW급 소형 궤도형의 차체구조를 갖는 주행장치 개발 ○ 유압식 동력인출장치의 개발 ○ 차체의 무게중심 개선을 통한 효율적 다기능 작업이 가능한 주행장치 기술 ○ 작업안정성 유지기능 부가 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="2">해외경쟁제품</th> <th>국내경쟁제품</th> <th>한국쓰리축</th> </tr> <tr> <th colspan="2">T76 (미국/BOB CAT)</th> <th>HS160 / 한성티안아이</th> <th>기술개발목표</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl;">주 행 부</td> <td>엔진</td> <td>디젤 / 66HP</td> <td>디젤 / 55.2HP</td> <td>전동형 / 30kW</td> </tr> <tr> <td>변속방식</td> <td>유압식 무단변속</td> <td>유압식 무단변속</td> <td>유압식 무단 변속</td> </tr> <tr> <td>변속단수</td> <td>고/저속, 후진</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td>전진, 후진</td> </tr> <tr> <td>주행방식</td> <td>차륜식</td> <td>차륜식</td> <td>무한궤도식</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl;">동 력 인 출</td> <td>유압PTO</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>1port 이상</td> </tr> <tr> <td>유압포트</td> <td>전방 2port</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td>2port 이상</td> </tr> <tr> <td>유량/유압</td> <td>64.7lpm / 245bar</td> <td>60lpm / 20bar</td> <td>64.7lpm / 210bar</td> </tr> <tr> <td>3점 히치</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td>인양능력 300kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl;">작 업 성 능</td> <td>인양하중</td> <td>998kg</td> <td>650kg</td> <td>750kg</td> </tr> <tr> <td>운전중량</td> <td>3,054kg</td> <td>2,790kg</td> <td>2,000kg</td> </tr> <tr> <td>전도하중</td> <td>1,99kg</td> <td>1,460kg</td> <td>1,500kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>[충남대학교]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 작업기 탈부착을 위한 가변형 3점히치 장치 개발 ○ 다목적 축산 작업기의 가변형 3점히치 장치 적용 ○ 다양한 축산 작업기 탈부착을 위한 가변형 3점히치 장치 성능 평가 						구분	해외경쟁제품		국내경쟁제품	한국쓰리축	T76 (미국/BOB CAT)		HS160 / 한성티안아이	기술개발목표	주 행 부	엔진	디젤 / 66HP	디젤 / 55.2HP	전동형 / 30kW	변속방식	유압식 무단변속	유압식 무단변속	유압식 무단 변속	변속단수	고/저속, 후진	-	전진, 후진	주행방식	차륜식	차륜식	무한궤도식	동 력 인 출	유압PTO	X	X	1port 이상	유압포트	전방 2port	X	2port 이상	유량/유압	64.7lpm / 245bar	60lpm / 20bar	64.7lpm / 210bar	3점 히치	-	-	인양능력 300kg	작 업 성 능	인양하중	998kg	650kg	750kg	운전중량	3,054kg	2,790kg	2,000kg	전도하중	1,99kg	1,460kg
구분	해외경쟁제품		국내경쟁제품	한국쓰리축																																																										
	T76 (미국/BOB CAT)		HS160 / 한성티안아이	기술개발목표																																																										
주 행 부	엔진	디젤 / 66HP	디젤 / 55.2HP	전동형 / 30kW																																																										
	변속방식	유압식 무단변속	유압식 무단변속	유압식 무단 변속																																																										
	변속단수	고/저속, 후진	-	전진, 후진																																																										
	주행방식	차륜식	차륜식	무한궤도식																																																										
동 력 인 출	유압PTO	X	X	1port 이상																																																										
	유압포트	전방 2port	X	2port 이상																																																										
	유량/유압	64.7lpm / 245bar	60lpm / 20bar	64.7lpm / 210bar																																																										
	3점 히치	-	-	인양능력 300kg																																																										
작 업 성 능	인양하중	998kg	650kg	750kg																																																										
	운전중량	3,054kg	2,790kg	2,000kg																																																										
	전도하중	1,99kg	1,460kg	1,500kg																																																										

연구개발 목표 및 내용	1단계 (해당 시 작성)	목표	<p>[한국쓰리축]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 30kW급 전동형 궤도주행장치 실증시험 및 안정화 설계 ○ 로더 및 3점 히치장치 안정화 설계 <p>[충남대학교]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다목적 축산 작업기의 가변형 3점히치 장치 적용 																																																															
		내용	<p>[한국쓰리축]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 전동 및 유압구동 장치부 발열분석 및 냉각구조설계 ○ 작업하중 변화에 따른 기체 무게중심 안정화 요소설계 ○ 전후방 장애물 및 전도위험 경고 및 자체비상 정지 안정화 ○ 수평 승강형 로더 작업 성능분석 및 기능 안정화 ○ 3점 히치장치의 효율적 작업기 장착 구조 설계 및 개선 <p>[충남대학교]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 가변형 3점히치 장치의 다목적 축산 작업기 적용 ○ 가변형 3점히치 장치의 유압 제어 장치 개발 																																																															
	2단계 (해당 시 작성)	목표	<p>[한국쓰리축]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 30kW급 전동형 축산작업기 실증 및 사업화 모델 개발 ○ 로더 및 3점 히치장치 구조설계 및 시제품 개발 <p>[충남대학교]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 축산 작업기 탈부착을 위한 가변형 3점히치 장치 성능 평가 ○ 3점히치 장치의 유압장치 개발 																																																															
		내용	<p>[한국쓰리축]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현장실증에 의한 기능 개선 및 성능 안정화 ○ 공인 인증 검정에 의한 사업화 모델 제시 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">평가항목 (주요성능 spec)</th> <th rowspan="2">단위</th> <th rowspan="2">전체 항목 비중 (%)</th> <th>목표개발치</th> <th rowspan="2">평가방법</th> </tr> <tr> <th>3차년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">주 행 부</td> <td>연속주행거리</td> <td>km</td> <td>10</td> <td>50</td> <td rowspan="5" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">실용화재단 공인시험</td> </tr> <tr> <td>충전능력</td> <td>Hr</td> <td>10</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>최소회전반경</td> <td>m</td> <td>7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>주행속도</td> <td>km/hr</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>등판능력</td> <td>%</td> <td>10</td> <td>27(15도)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>장애물감지</td> <td>m</td> <td>10</td> <td>5</td> <td style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">공인시험</td> </tr> <tr> <td rowspan="6" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">작 업 부</td> <td>로더인양하중</td> <td>kg</td> <td>10</td> <td>750</td> <td rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">실용화재단 공인시험</td> </tr> <tr> <td>히치인양하중</td> <td>kg</td> <td>10</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>전도하중</td> <td>kg</td> <td>10</td> <td>1500</td> </tr> <tr> <td>PTO 출력</td> <td>kg.m</td> <td>10</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>작업기 탈착</td> <td>sec</td> <td>3</td> <td>30</td> <td rowspan="2" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">자체기준</td> </tr> <tr> <td>장착작업기</td> <td>unit</td> <td>3</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>[충남대학교]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 축산 작업기의 탈부착 성능 시험 ○ 축산 작업에 따른 가변형 3점히치 장치 성능 평가 				평가항목 (주요성능 spec)		단위	전체 항목 비중 (%)	목표개발치	평가방법	3차년	주 행 부	연속주행거리	km	10	50	실용화재단 공인시험	충전능력	Hr	10	6	최소회전반경	m	7	4	주행속도	km/hr	7	7	등판능력	%	10	27(15도)		장애물감지	m	10	5	공인시험	작 업 부	로더인양하중	kg	10	750	실용화재단 공인시험	히치인양하중	kg	10	250	전도하중	kg	10	1500	PTO 출력	kg.m	10	15	작업기 탈착	sec	3	30	자체기준	장착작업기	unit
평가항목 (주요성능 spec)		단위	전체 항목 비중 (%)	목표개발치	평가방법																																																													
				3차년																																																														
주 행 부	연속주행거리	km	10	50	실용화재단 공인시험																																																													
	충전능력	Hr	10	6																																																														
	최소회전반경	m	7	4																																																														
	주행속도	km/hr	7	7																																																														
	등판능력	%	10	27(15도)																																																														
	장애물감지	m	10	5	공인시험																																																													
작 업 부	로더인양하중	kg	10	750	실용화재단 공인시험																																																													
	히치인양하중	kg	10	250																																																														
	전도하중	kg	10	1500																																																														
	PTO 출력	kg.m	10	15																																																														
	작업기 탈착	sec	3	30	자체기준																																																													
	장착작업기	unit	3	5																																																														

○ 연구개발 성과

- 성과지표에 의한 목표치

- 기술개발 및 사업화준비의 병행을 통한 조기시장 진출 시도
- 사업화 기간중 기술인증을 통한 제품기술 신뢰성 입증
- 각종 정책활용, 홍보전시를 통한 제품기술 인지도 상승유도 및 학술자료, 지적 재산권의 확보를 통한 시장 및 기술선점 우위 달성

성과지표명		단계	사업기간내	사업종료후 3년	계	가중치(%)
전담기관 등록·기탁지표	특허출원		3	-	3	5
	특허등록		3	-	3	5
	품종등록		-	-	-	-
	SAMRT		-	-	-	-
	기술실시(건)		1	-	1	10
	기술료		20	-	20	10
	제품화		1	-	1	10
	매출액		-	285	285	-
	수출액		-	-	-	-
	고용창출		1	-	1	10
	투자유치		-	-	-	-
	기술인증		1	-	1	10
	정책활용		1	-	1	5
	홍보전시		1	-	1	10
연구개발과제 특성 반영 지표	논문(SCI)		3	-	3	
	논문(비SCI)		-	-	-	
	논문 IF		3	-	3	5
	학술발표		1	-	1	10
	교육지도		1	-	1	5
	인력양성		1	-	1	5
계			41	285	326	100

- 정량적 성과목표

- 실용화재단 공인 성능인증시험을 통한 사업화 모델 인증 실시
- 비 표준화 기술에 대한 실용화재단 ICT분석검정센터와의 유기적 협의에 의한 표준화 기술 제시방안 모색

평가항목 (주요성능 spec)	단위	전체항목 비중 (%)	목표개발치			평가방법	
			1 차년	2 차년	3차년		
주행부	연속주행거리	km	10	30	40	50	실용화재단 공인시험
	충전능력	Hr	10	9	8	6	
	최소회전반경	m	7	7.5	5	4	
	주행속도	km/hr	7	7	7	7	
	등판능력	%	10	18(10도)	23(13도)	27(15도)	
	장애물감지	m	10	10	7	5	공인시험
작업부	로더인양하중	kg	10	650	700	750	실용화재단 공인시험
	히치인양하중	kg	10	150	200	250	
	전도하중	kg	10	1,000	1,200	1,500	
	PTO 출력	kg.m	10	10	12	15	
	작업기 탈착	sec	3	60	45	30	자체기준
	장착작업기	unit	3	-	3	5	

※ 실제 기체 성능시험은 농업용로더, 트랙터등 유사동력기의 성능검정기준에 의한 검정예정
 ※ 연구개발 효율성을 위하여 1차년 시험은 기술지도검정으로 실시하고 2차년 이후 공인인증

연구개발성과
활용계획 및
기대 효과

- 활용계획
 - 기술이전 및 사업화
 - 다목적화된 주행기체부응용 파생 제품 개발 생산
 - 궤도부행부를 가지는 전동형 플랫폼의 단위부품 B to B 시장
 - 소형 농작업기의 로터베이터, 플라우등 기본작업기에 대한 동력기 시장진입
 - 응용파생이 가능한 다양한 분야에 대한 신제품 / 기술개발
 - 건설용 소형 로더 시장진입
 - 자율주행 기능을 구비한 산불감시등 특수목적형 로봇시장 진입
 - 상용화 모델의 시장진입을 통한 사업화목표달성
- 기대효과
 - 기술적 측면
 - 본 연구사업을 통한 한국형 축산작업기의 개발 및 생산기술에 대한 기술선점 효과
 - 해외유입 제품 시장의 국산화 대체를 통한 국내 농기계 기술보호 효과
 - 지속적 확장중인 축산업 기계화 시장에 대한 선점 효과를 통한 매출 및 고용창출
 - ※ 사업화 5년 내 매출신장 55억 및 고용창출 10명 예상
 - 경제적 측면
 - 축산 전용형 동력기 개발을 통한 건설장비의 농기계시장 유입 억제
 - 연간 약 750억 시장의 농기계 시장 규모 형성 가능
 - 국산화 다기능 축산 작업기 개발을 통한 해외시장 진출
 - 사회적 측면
 - 고령화 여성화된 농업에 대한 기계화비율 증대효과
 - ※ 축산작업기 제어기술의 개발을 통한 5년내 30%전후방 산업자동화 기술개발 가능
 - 소요노동력 절감 및 작업시간의 단축을 통한 생산원가 절감과 이를 통한 사업성 확보
 - ※ 전용형 축산작업기의 활용을 통한 현행의 27%노동비율을 12%로 노동투입절감
 - 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

산업화 기준 항 목	과제 종료후 1차년도	과제 종료후 2차년도	과제 종료후 3차년도	과제 종료후 4차년도	과제 종료후 5차년도	계
	직접 경제효과	1,650	2,625	5,000	9,500	
경제적 파급효과	1,980	3,150	6,000	11,400	17,100	39,630
부가가치 창출액	2,640	4,200	8,000	15,200	22,800	52,840
합 계	6,270	9,975	19,000	36,100	54,150	125,495

- 1) 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- 2) 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치 (직접 매출의 120%)
- 3) 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치 (직접 매출의 150%)

연구개발성과의
비공개여부 및 사유

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	3점 히치		축산작업기		전동형 궤도		다목적		축산용 로더			
영문핵심어 (5개 이내)	Three-point hitch		Livestock Machine		Motorized Infinite-track Vehicle		Multi-purpose		Livestock Loader			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	7
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	12
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	52
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	67
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	68
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	69
별첨 자료 (참고 문헌 등)	

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발과제의 필요성

1) 국내 축산업 현황

가) 축산업 현황

(1) 2018년 현재 국내 축산업 규모는 전체 농업종사자 대비 19%로 약 19만 2천 가구가 축산업 영위중



그림 3. 국내 농업분야별 종사자 현황(좌) 및 축산업분야 농업 경영성 분석(우)

(2) 식량작물대비 사업비중은 42%수준이나 생산액 규모는 170%수준으로 농산업 분야 중 가장 경영성이 우수한 산업분야임

(3) 국내 농업환경의 현안 문제점인 농업인력의 고령화 및 여성화는 축산업에서도 공통적으로 나타나고 있음

(가) 2019년 현재 전체 농업인구의 62%가 65세 이상 고령농으로 구성되며, 축산업분야는 43.6%로 나타남

(나) 유효 노동력의 부족으로 인한 소규모 축산농가의 생업포기 현상 발생

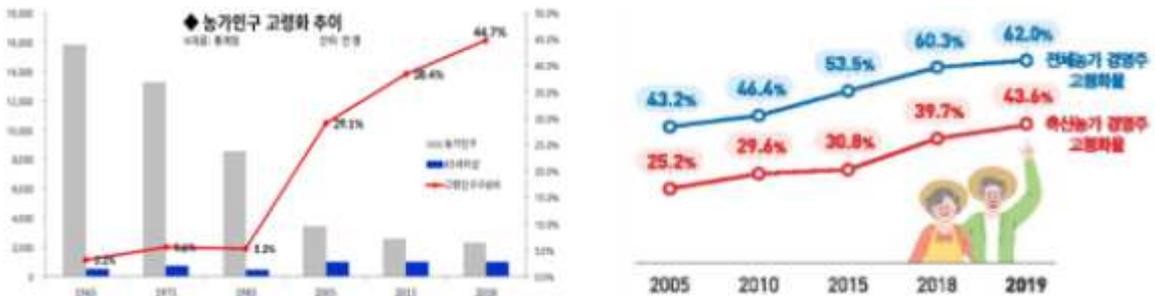


그림 4. 농가 고령화 및 유효노동력 현황(좌) 및 축산업 도령화 현황(우)

단위: 천여, 천가구

구분	1995년	2000년	2010년	2015년	
한·육우	농가 수	820	298	172	95
	마리 수	1,822	2,019	2,922	3,676
젖소	농가 수	33	13	6.3	5.5
	마리 수	904	544	430	411
돼지	농가 수	133	24	7.3	4.9
	마리 수	4,526	8,214	9,991	10,187
닭	농가 수	161	218	3.6	3.0
	마리 수	74,483	102,547	149,200	164,131

그림 5 가축동향조사, 2017년, 농림축산식품부

단위: kg

축산물	1970년	1980년	1990년	2000년	2010년	2014년
쇠고기	1.2	2.6	4.1	8.5	8.8	10.8
돼지고기	2.6	6.3	11.8	16.5	19.2	21.5
닭고기	1.4	2.4	4.0	6.9	10.7	12.8
육류 합계	5.2	11.3	19.9	31.9	38.7	45.1
계란	77	119	167	184	236	254
우유	1.9	10.8	43.8	59.6	64.2	72.4

그림 6 1인당 연간 축산물소비 현황, 2016, 농림축산식품부

4) 2015년 한·육우 사육농가는 9만5천여 호로 1995년 대비 20%수준으로 감소된 반면 사육두수는 170%증가되었으며, 이는 대기업계열화에 의한 위탁 관리 및 축산농가

의 대형화가 이루어지고 있는 것으로 판단됨

- (가) 국내 육류소비의 증가에 따른 축산업의 양호한 사업성으로 인해 육계, 한우, 육우 등 축산업 전반적인 분야에 대한 대기업의 산업참여가 이루어 짐
- (나) 고령농가 및 소규모 영세농가의 생업포기로 인해 단위 축산규모가 대형화되어 지면서 축사 및 가축관리에 대한 시스템화에 의한 공장형 축사 관리가 가능해 지는 계기가 됨

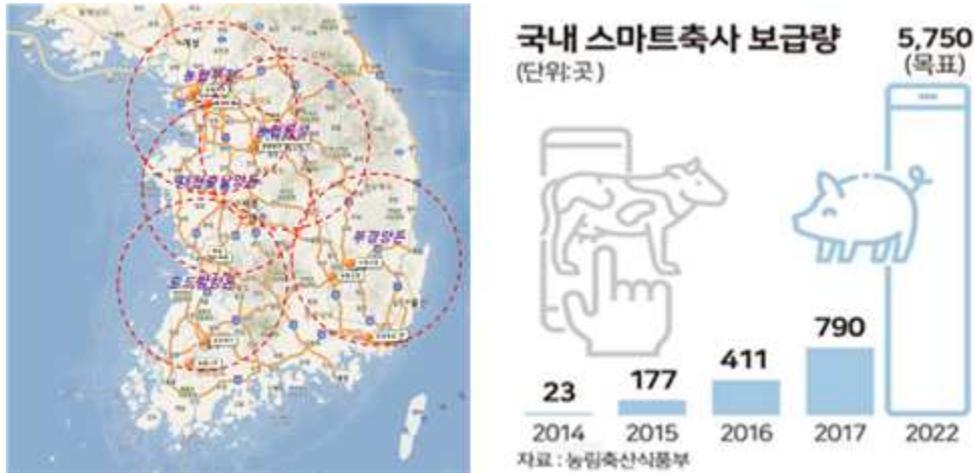


그림 7. 지역별 축산업 현황 및 스마트 축사 보급현황, 양돈협회

나) 국내 축산업 형태



그림 8 표준화 축사, 농업진흥청



그림 9 국내 축산작업 현황

- (1) 농업 진흥청에서는 축종별 축사관리에 대한 시설, 설비, 장비에 대한 구체적인 표준안을 제시하고 있으며, 대상가축의 사육에 필요한 성장환경, 급이 작업은 물론 축분에 대한 처리단계까지 시스템화 된 기준을 제시하고 있음
- (2) 그러나 시스템화된 축사관리를 위한 각종 선행 작업 및 분뇨 처리 등 후 작업 공정은 농업용 트랙터, 로더, 굴착기등을 활용한 수작업 공정으로 이루어지고 있음.



그림 10. 축사작업에 사용되는 통용 트랙터 및 기타장비류

- (3) 축산업에서 주로 활용되어지는 동력 작업기로는 대표적으로 농업용 트랙터, 농업용 로더 등이 있음
- (가) 농업용 로더의 경우 기체중량이 2ton 미만인 소형 및 4ton 미만의 허리굴절식 로더를 농기계로 인정하고 있으며, 농업용 굴착기는 1ton 미만의 초소형 장비를 농업용으로 인정
- (나) 축사환경을 고려할 경우 궤도형 장비가 활용성이 높으나 2ton 미만의 궤도형 로더는 차륜 대비 일률이 낮고 4ton 미만의 허리굴절식 로더의 경우 경사지 조향시 전도 또는 전복의 위험이 있음



그림 11. 주요 축산용 로우더

(3) 농업용 트랙터 및 로우더등 동력기를 활용한 축사내·외부 작업기



그림 12. 축산업에 사용되는 트랙터 및 작업기 활용(예)

- (가) 로더의 경우 100마력이상 대형 트랙터에 장착 또는 농업용 로더를 활용하여 작업기를 장착하여 사용하는 방식으로 그레이더, 버킷, 베일러 집게등 주로 밀거나 들어올리는 작업에 활용되어지며, 3점 히치 장치는 동력기의 기계동력을 활용하여 작업기의 위치선정 및 작업 방향을 제어해야하는 경우 주로 쓰임
- (나) 농업용 트랙터의 경우 후방 또는 전후방에 3점 히치장치를 그리고 농업용 로더의 경우 로더암을 기본적으로 장착하여 사용하고 있으며, 트랙터의 경우 로더암을 추가 장착하여 사용할 수 있으나 작업하중 발생시 차축, 프레임등 부위에 대한 비정상적인 파손이 발생 되어짐
- (다) 이러한 이유로 축산농가에서는 100마력 이상의 대형 트랙터를 구비하거나 70마력급 중형 트랙터 및 농업용 로더를 동시에 구비함
- (라) 또한 100마력 이상의 트랙터는 중형트랙터 대비 2배 이상의 가격대를 형성하고 중형 트랙터와 농업용 로더를 동시에 구비하는 것 역시 도입 비용 및 관리에 대한 부담이 발생되어지는 실정임

2) 기술개발의 필요성

(1) 축산 전용형 다목적 동력 작업기에 대한 시장 수요증가

- (가) 축사시설의 현대화 및 시스템화 기술의 도입과 표준화기술에 의한 설비시설 기준에 의한 전후방 작업공정에 대한 전용화된 동력 작업기 수요증가
- (나) 농촌인구 고령화 및 여성화에 의한 간편한 조작이 가능한 단일화된 동력작업기의 수요증가
- (다) 장비의 도입, 관리, 활용, 사후관리에 대한 부담이 경감되어 질 수 있는 최적화된 동력 작업기의 수요 증가

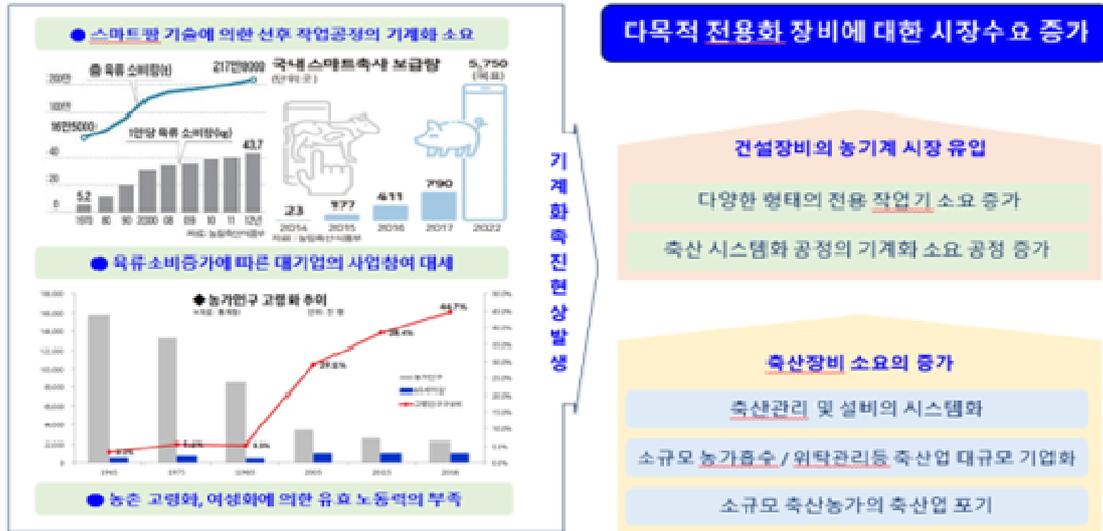


그림 13 농촌 노동력 부족과 육류소비증가에 따른 기계화 수요 촉진

(2) 다목적화 된 동력작업기의 개발을 통한 축산작업 공정의 단순화 및 경제적 부담 완화

- (가) 축산업 전반에 대한 활용성 확보는 물론 로터베이터, 플라우, 방제등 발작물 작업의 병행이 가능한 다목적화 된 동력 작업기 개발 및 상용화
 - (1) 기존의 로더 또는 중형급 트랙터 도입 가격의 범위 내에서 가격적 접근이 가능한 다목적 축산 작업기의 개발
 - (2) 전용화된 축산작업기와 작업목적별 작업기 구매를 통한 다양한 작업성능 확보



그림 14 로더 및 PTO를 포함하는 3점 히치장치를 구비한 다목적 축산작업기

(나) 농업용 다목적 축산작업기의 개발 및 상용화를 통한 수입장비 및 건설장비의 농기계 시장 유입을 차단함으로써 농업기계 시장의 보호



그림 15 축산업 규모의 증가에 따른 건설장비 유입현황, 2019, 농림축산식품부

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 연구내용 (주관기관 : 주식회사 한국쓰리축)

1) 30kW급 전동형 궤도주행 플랫폼 개발

가) 주행부 동력전달부 설계 및 제어부 설계

(가) 설계하중 계산 및 소요동력 성능분석

(1) 농업기계화촉진법 - 농업용 로더의 기체하중은 2,000kg이내일 것

- 주행동력은 최소 0.5kW/100kg이상일 것

(2) 소요성능분석 - 최대주행속도 7km/hr

등판성능 30% 및 인양하중(로더) 750kg

(3) 주요부품 설계사양 검토

- 궤도차량 주행부하 분석



그림 16. 소요성능 분석 및 설계하중에 의한 구동모터 소요동력 검토

- 축산작업기의 예상 주행 소요성능 검토결과 기체하중 1,980kg를 고려할 경우 총 구동력은 약 5,000kgm가 필요할 것으로 판단됨.

- 축산작업기의 최대속도(스프로킷 회전) 대비 모터 회전을 고려하여 감속장치 고려

- 동력설계내용을 바탕으로 구동플랫폼 시뮬레이션 모델 구성 및 성능예측 실시결과 모터의 출력은 10,800 sec 동안 일정하게 유지되었으며, 각각 1.5, 1.35, 1.2, 1.05kW가 나옴

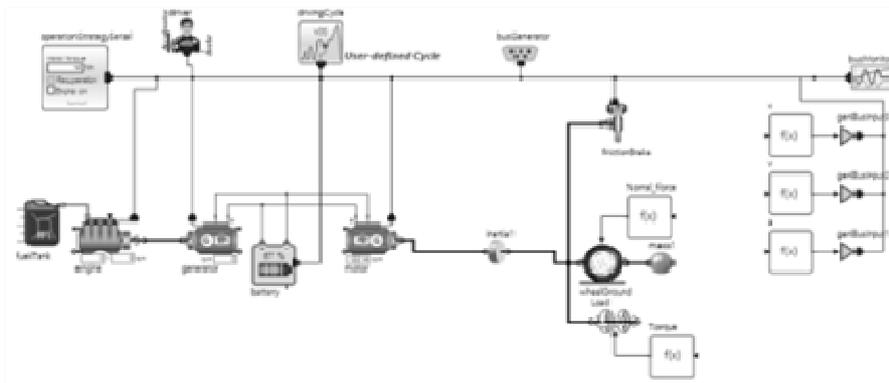


그림 17 전기구동 플랫폼 시뮬레이션 모델

- 배터리는 SOC 변화량은 모터의 최대 출력 조건에서 10,800 sec 동안 97.5%로 나타남.
모터 최대 출력의 90%, 80%, 70% 조건에서 각각 84.7%, 74.5%, 64.7%로 확인됨.
- 모든 출력 조건에서 3시간 사용 시 SOC 변화량은 100% 이상(완전 방전)으로 나타나지 않았으며, 현재 선정된 제원의 배터리를 사용할 경우 연속작업시간은 3시간 이상 확보되는 것으로 확인됨

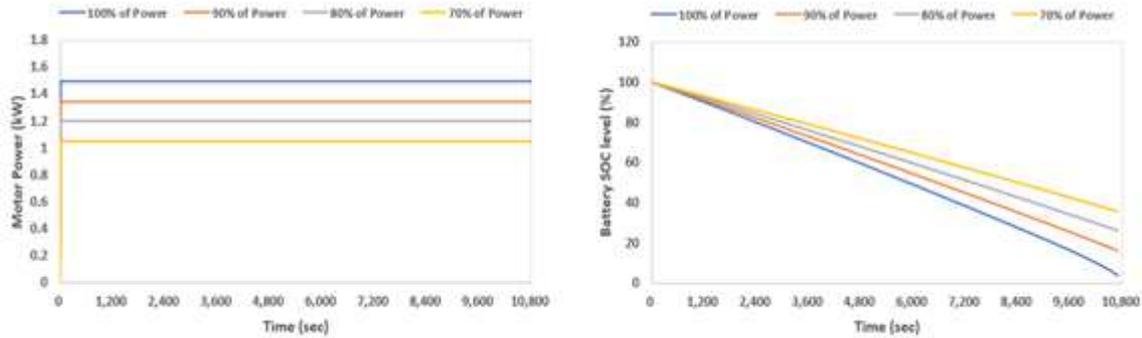


그림 18 소요동력 분석 및 전기구동 제어시스템 시뮬레이션 그래프

(나) 주요 동력전달계 부품 및 시스템 구성

(1) 주행부 롤러류 설계 및 시제품 제작

- 기체 설계하중을 고려한 트랙롤러 구조설계

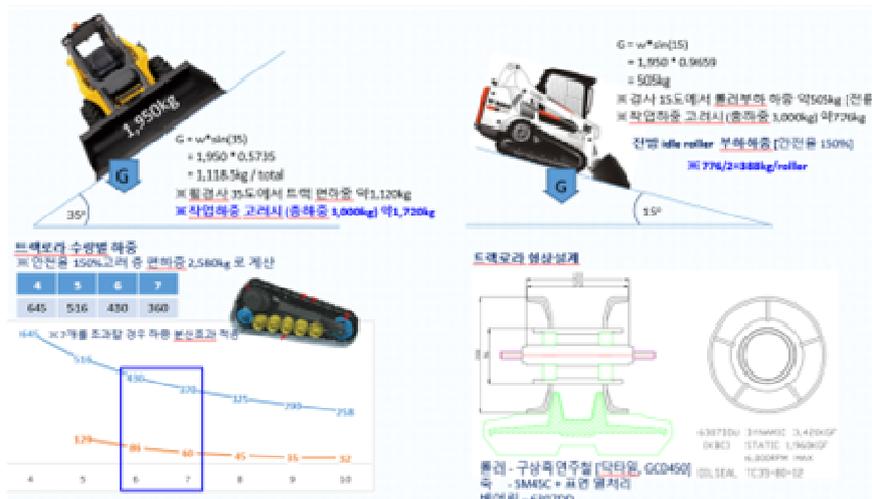


그림 19 기체 설계하중에 의한 트랙롤러의 소요 내하중 검토

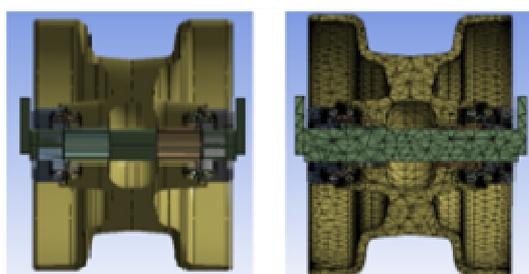


그림 20 트랙롤러 구조설계

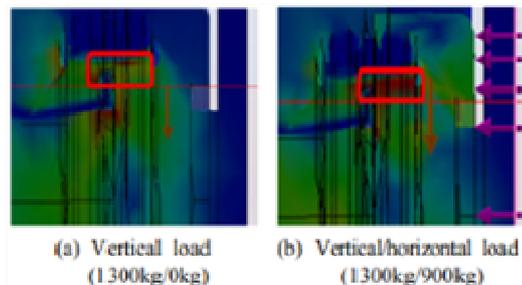


그림 21 수평 및 수직방향 하중 시뮬레이션

(2) 수직 및 수평하중에 대한 내구시험 시뮬레이션 실시

- fc40재질의 트랙롤러 설계 및 기체 최대하중 500kg/roller를 고려한 시뮬레이션 실시
- 최대 1,300kg 수직하중에서 오일씰 및 축류 파손으로 설계하중 500kg대비 약 100%의 안전을 확보

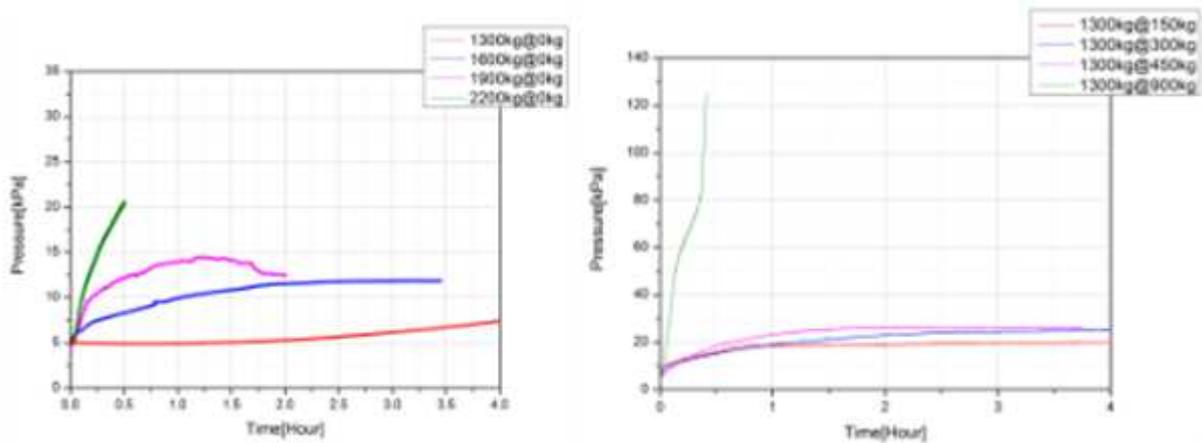


그림 22 수평 및 수직방향 압력하중 내구시험 시뮬레이션 결과

- 트랙롤러 시제품 개발



그림 23 트랙롤러 주물 시제품



그림 24 아이들러 주물 시제품

(3) 축산작업기 파워트레인 시스템구성



그림 25. 축산작업기 시스템 구성도

(4) 주행 구동계 시제품제작

- 동력설계에 의한 주요 구동부품 선정



그림 26. 구동계 동력전달 주요부품 선정

- 트랙플랫폼 설계 및 시제작
- 농업용 궤도차량용 트랜스 미션 및 유압펌프를 활용한 동력전달 계통 분석 및 설계
- 전동 모터 구동에 의한 유압펌프제어 설계 및 동력효율 시뮬레이션
- 30kW급 전동 모터에 의한 유압펌프동력전달 효율 분석 및 배터리, 제어기에 대한 세부 소요성능 확인 및 구조설계

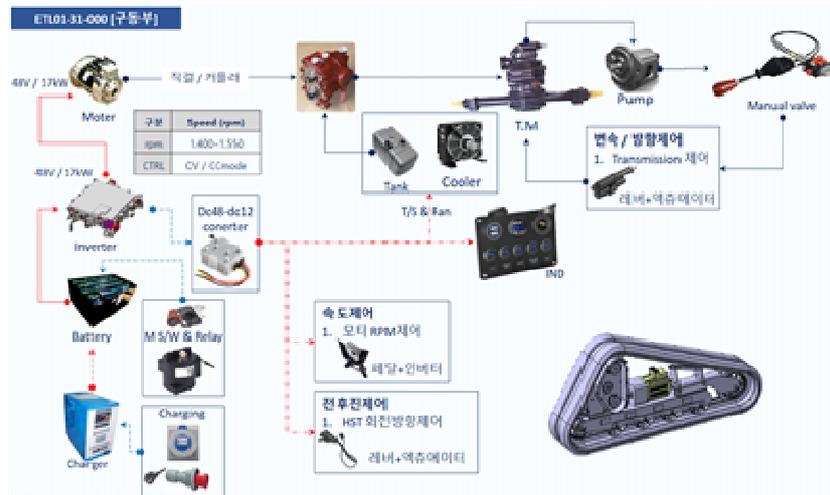


그림 27. 파워트레인 주요부품 구성

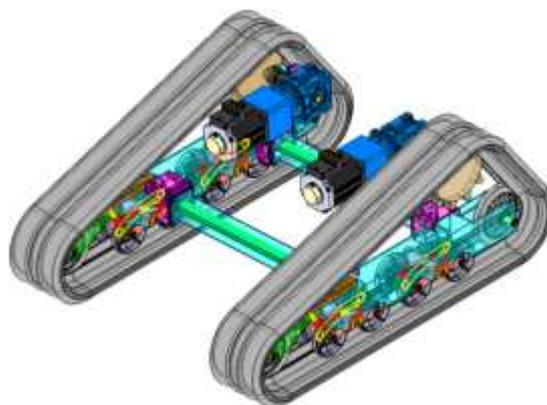


그림 28 시뮬레이션 결과를 활용한 트랙 프레임 설계



그림 29. 트랙프레임 시제작



그림 30. 전기구동모터에 의한 파워트레인

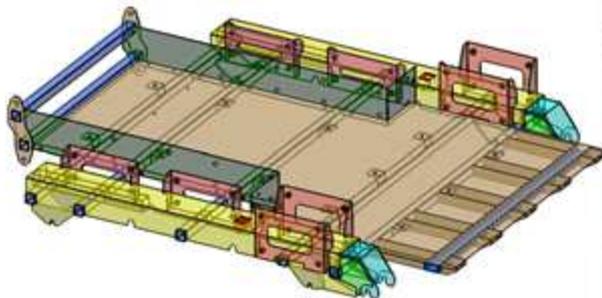


그림 31. 주행플랫폼 설계 및 시제작

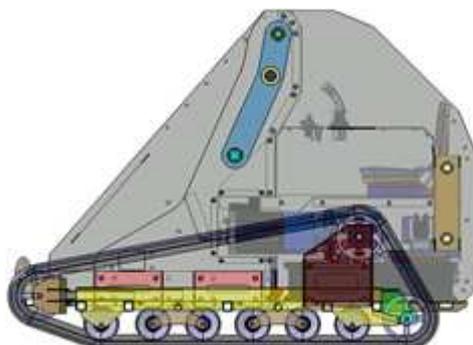


그림 32. 외관부 설계 및 시제작

(2) 유압 구동계 부품 선정

- 소요동력 설계에 의한 주요부품 사양 및 성능 확인
- 유압동력설계에 의한 주요 유압구동부품 선정
- 유압장치 설계 및 시제작

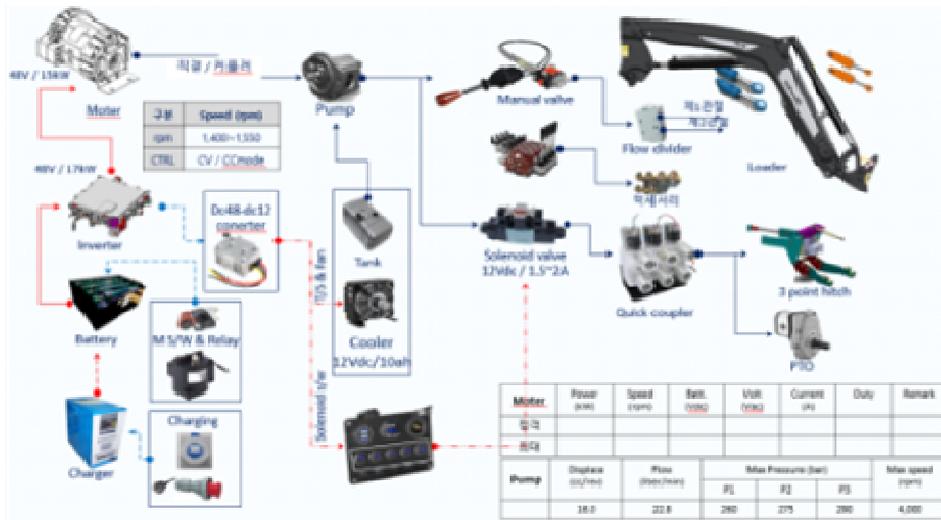


그림 33 소요동력 설계에 의한 파워트레인 구성

- 전동 및 유압구동 장치부 발열분석 및 냉각구조설계
 - 모터, 유압펌프등 주요 발열부 구동시간 및 작업부하별 온도변화에 따른 에너지 소모율 분석
 - 주요 발열부 냉각장치 장착에 의한 및 성능개선 효율 분석

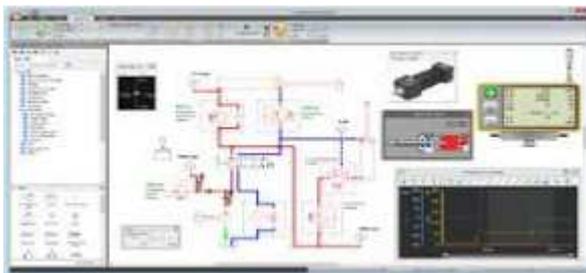


그림 34 유압라인 냉각 시뮬레이션

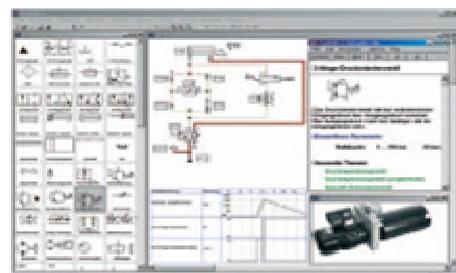


그림 35 유압회로 설계

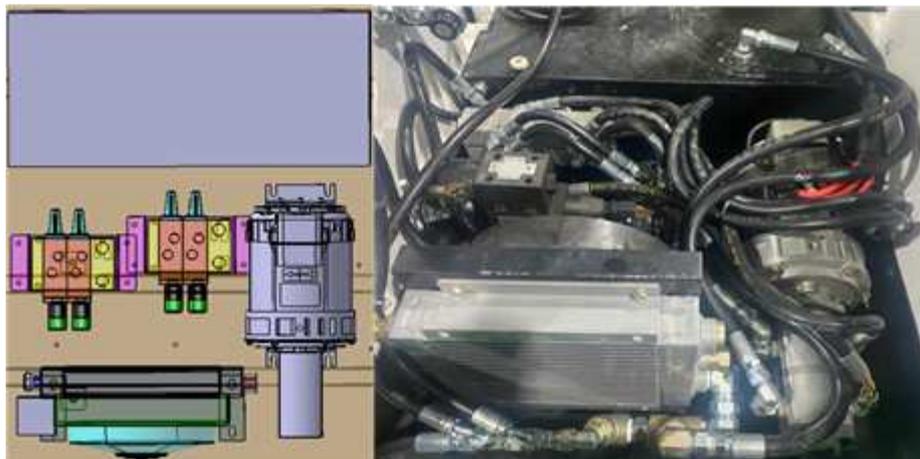


그림 36. 유압라인 회로 설계 및 시제품 제작

(3) 전장 및 제어부품 선정

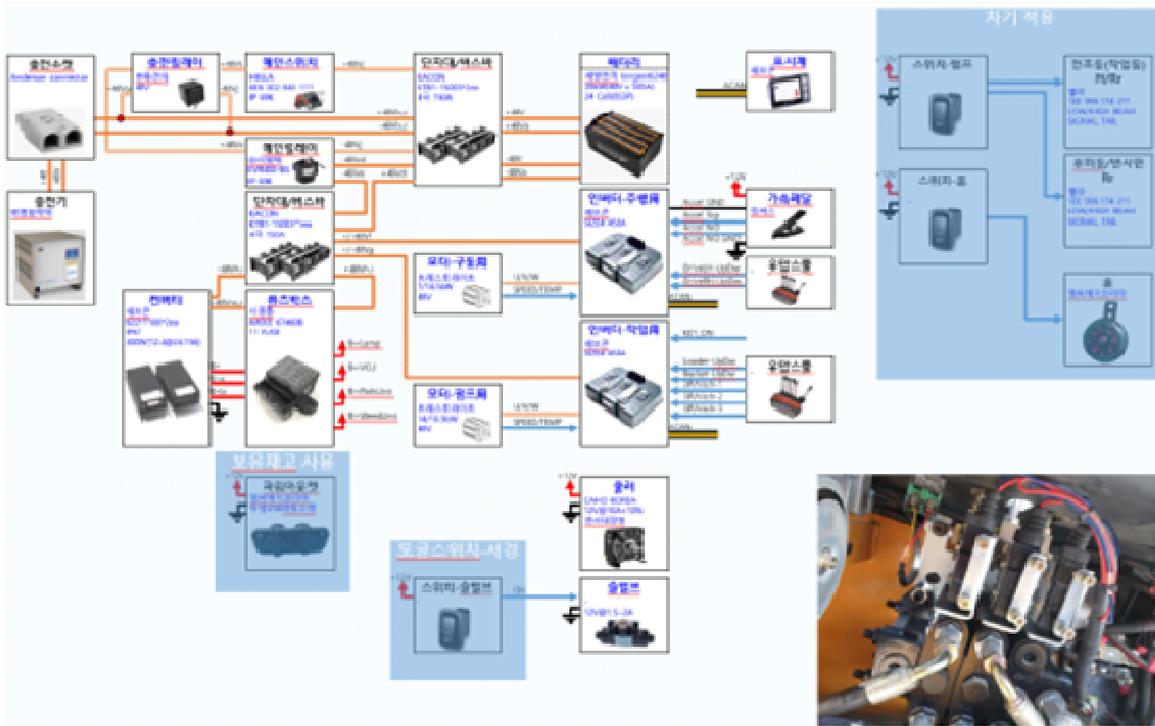


그림 37 안정적인 구동 파워트레인 설계를 위한 전기구동 제어시스템 구성

(1) 전기장치 시스템의 구성 체계 분류 및 구성도 작성

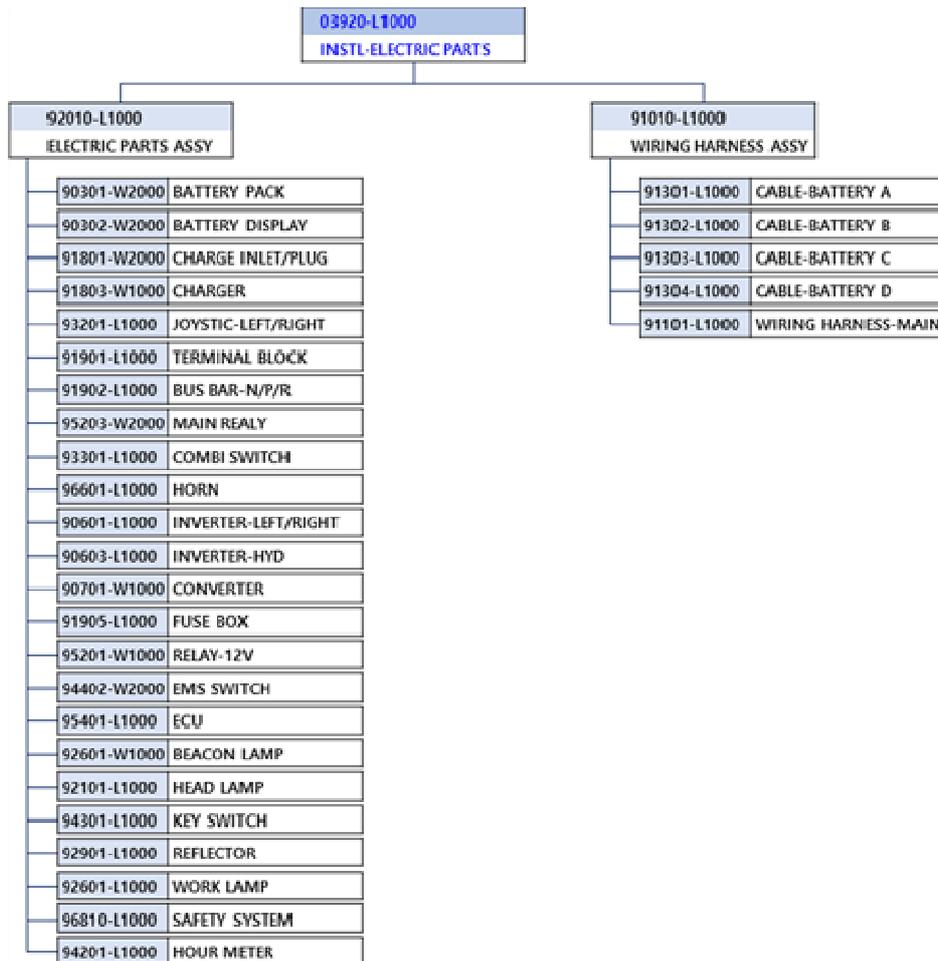


그림 38 전기장치 시스템 구성도

(2) 전기장치 전체 부품의 소비전류 검토

Classification	Power source	Fuse no.	Current(A)	Consumption	Current(A)	Remark
Vehicle's	Battery	F1	10A	DC-DC Converter	8.0	max full load 48V @ 8A
	Battery	F2	10A	DC-DC Converter	8.0	max full load 48V @ 8A
Vehicle's	Converter-1 300W 12.4V 24Amax	F3	15A	Oil Cooler	6.0	nom 6, inrush 15
				RLY Oil Cooler	0.2	
		F4	15A	Safety System-Monitor	0.5	6W 0.5/ea
				Safety System-CameraFt	0.9	10W 0.9/ea
				Safety System-CameraRr	0.9	10W 0.9/ea
	Safety System-Horn			3.0		
	F5	15A	Safety System-Beam	3.4	40W 3.4/ea	
			WRU	8.0	sol 2.5/ea*3	
			EMS switch	0.1		
	Sub- sum 1				23.3	
	Converter-1 300W 12.4V 24Amax	F6	15A			
F7		10A				
F8		10A	Diagnosis B+			
			Power Outlet		17W 1.5/ea	
F9		10A	Horn	2.5		
			BeaconLamp	1.5	17W 1.5/ea	
F10		10A	Work Lamp LEFT	2.5	HI 60W 5/ea, LOW 55W 4.6/ea	
	Work Lamp RIGHT		2.5	30W 2.5/ea		
F11	15A	Head Lamp LEFT	4.6	HI 60W 5/ea, LOW 55W 4.6/ea		
		Head Lamp RIGHT	4.6	30W 2.5/ea		
Sub- sum 2				18.2		
Total sum					41.5	

그림 39 전기장치 소비전류

(3) 전기장치 부품 선정

(가) 전원장치 사양

- 배터리 사양 조사 및 선정

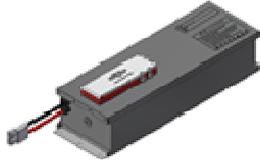
항목/제조사	에너담	영극엑스코리아	듀라파워
전압 (Vdc)	50.8	72	48.1
전류량 (A)	150	100	180
전력량 (kW)	7.6	7.2	8.65
크기 (mm)	500(W) x 500(L) x 330(H)	967(W) x 216(L) x 280(H)	500(W) x 500(L) x 330(H)
중량 (kg)	46	70	98
형상			

그림 40 배터리 사양 조사

- 7.6kW 배터리 선정 및 상세 사양
- 4개의 배터리를 병렬 연결하여 30.4kW의 배터리가 구성됨

(나) 충전기 사양

- 6시간 이내 충전 가능한 급속 충전기 적용

항목	사양	형상
전압 (AC Input)	220, 380, 440V (단상, 3상)	
주파수 (Frequency)	50Hz, 60Hz	
용량 (Application)	150 Ah ~ 12000 Ah	
전압 (DC Output)	DC 12V ~ 96V	

그림 41 충전기 사양

- 급속 충전 알고리즘으로 전류 및 전압 충전 로직 적용됨

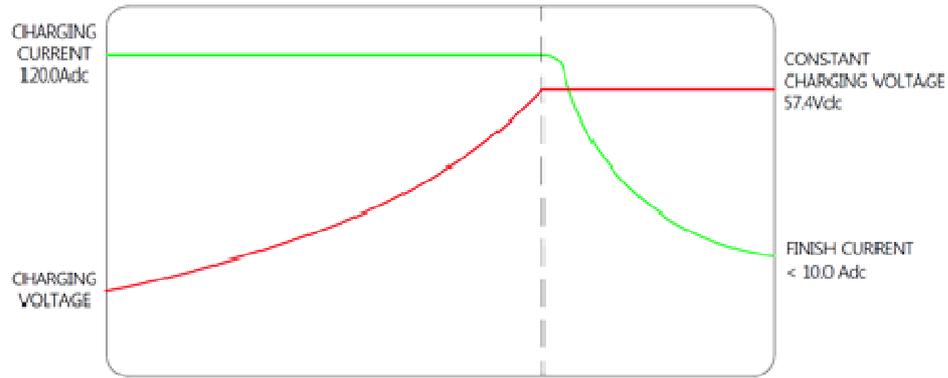


그림 42 충전 알고리즘

(다) 전원분배장치 및 직류변환장치 사양

- 4개의 배터리 전원을 전원분배장치에 연결되며 전원분배장치는 단자대와 버스바 및 릴레이를 조합하여 구성됨

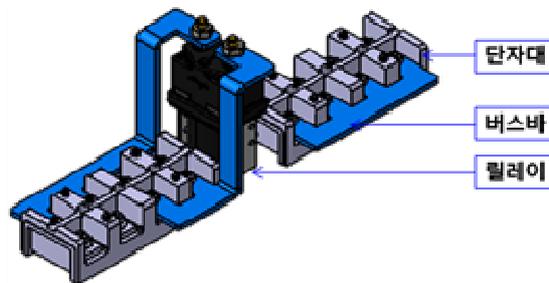


그림 43 전원분배장치 구성도

- 직류변환장치는 배터리의 48Vdc 전압을 입력받아 12.4Vdc가 출력되며 퓨즈박스를 통해 분배됨

주요 사양	형상
<ul style="list-style-type: none"> • High frequency: silent operation • Output power: 180 or 300W • Protection: from short circuit, overload, and reverse polarity • Fully isolated • IP67 protection rating • 180 Watts: Amp 4 pin Universal Mate-N-Lok • 300 Watts: Molex 4 pin Mini-Fit Senior • Vibration: 6G, 40-200Hz, 1 hour in x, y, and z planes • Operating Temperature: -30oC to +55oC • Storage Temperature: -40oC to +70oC • Frequency: 62kHz 	

그림 44 직전원분배장치 사양

(라) 제어장치 사양

- 키 스위치와 EMS 스위치는 상용부품을 적용함

주요 사양	형상	
Dielectric Strength	1,800VAC for 1 minute	
Degree of Protection	IP54	
Insulation Resistance	100MΩ min.(at 500VDC)	
Frequency of Alteration	30 / 1 Minute	
Ambient Temperature	-25°C ~ +70°C (with no icing)	
Torque	0.8N·m (8.16kgf·m)	

그림 45 키 스위치 사양

주요 사양		형상	
Dielectric Strength	1,800VAC for 1 minute		
Life Cycles	Mechanical		Min. 200,000
	Electrical		Min. 500,000
Degree of Protection	IP65 (Key : IP40)		
Insulation Resistance	Min. 100MΩ (500VDC)		
Frequency of Alteration	30 / 1 Minute		
Ambient Temperature	-25℃ ~ + 70℃ (with no icing)		
Torque	0.8N·m (8.16kgf·cm)		

그림 46 EMS 스위치 사양

- 조이스틱은 주행 및 작업기 제어 사양에 맞춰 개발 진행됨

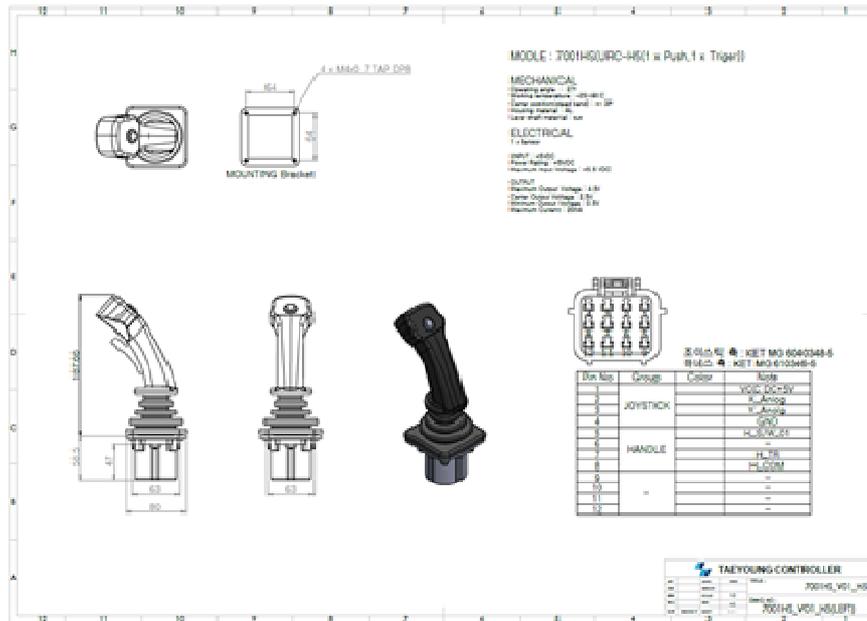


그림 47 조이스틱 도면

- 통합 제어기는 유압제어에 특화된 상용품의 컨트롤러가 적용되었으며, 30개의 I/O를 활용하여 다양한 센서 입력과 액추에이터를 제어되고 두 개의 CAN 통신 인터페이스가 가능함

주요 사양		형상
Parameter		Unit
ECU Dimensions	147 x 92 x 38	mm
Dimensions for Minimum Connector Release Clearance	208 x 92 x 38	mm
Weight	330	g
Connector	48	pins
Operating Temperature	- 40 to + 85	°C
Operating Altitude	0 to 4000	m
Supply Voltage	8 to 32	V
Peak Supply Voltage	40	V _{max}
Max Idle Current	≤120	mA
Standby Current	≤1	mA
Total Load Current	24	A _{max}



그림 48 통합제어기 사양

(마) 구동 인버터 사양

- 직류전원으로 동작하는 BLDC 모터드라이버를 적용되었으며, CAN통신으로 모터를 제어하고 홀센서를 통한 모터 상태 정보와 저/과전압 경고, 과온도 경고, 모터 단락 감지등의 다양한 정보를 모니터링함

주요 사양	형상
정격전압: DC 24V~72V(±10%) 정격전류: 100A 정격파워: 2kW 구동대상: DC 24V~72V BLDC motor 제어: 입력신호타입 Pull-up 출력신호타입 Open-collector 통신: RS485 1ch, Baud rate: 19,200bps, CAN 1ch, 50kbps 작동환경: -20°~+50°	

그림 51 구동 인버터 사양

(바) 감지 시스템 사양

- 전후방 좌우측면의 사람 인식을 통한 자체 비상 정지 시스템으로 부착된 카메라를 통해 사람이 인식되는 순간에 위험 상황을 인지하여 경보음이 출력되고 모니터를 통해 주변을 확인할 수 있으며, 통합제어기에서는 모든 작동을 비상 정지함

주요 사양	형상																				
<table border="1"> <tr><td>모니터 크기</td><td>10" TFT 16:9/4:3</td></tr> <tr><td>모니터 해상도</td><td>1024 x 600p 최대 30FPS지원</td></tr> <tr><td>소비 전류</td><td>6W</td></tr> <tr><td>사용 전압</td><td>DC 12~24V</td></tr> <tr><td>작동 온도</td><td>-20°C ~ +80°C</td></tr> <tr><td>메모리카드 허용치</td><td>최대512GB허용 자동포맷</td></tr> <tr><td>시스템</td><td>PAL/NTSC</td></tr> </table>	모니터 크기	10" TFT 16:9/4:3	모니터 해상도	1024 x 600p 최대 30FPS지원	소비 전류	6W	사용 전압	DC 12~24V	작동 온도	-20°C ~ +80°C	메모리카드 허용치	최대512GB허용 자동포맷	시스템	PAL/NTSC							
모니터 크기	10" TFT 16:9/4:3																				
모니터 해상도	1024 x 600p 최대 30FPS지원																				
소비 전류	6W																				
사용 전압	DC 12~24V																				
작동 온도	-20°C ~ +80°C																				
메모리카드 허용치	최대512GB허용 자동포맷																				
시스템	PAL/NTSC																				
<table border="1"> <tr><td>카메라 화각</td><td>90° / 140° / 170° (선택)</td></tr> <tr><td>해상 유효픽셀</td><td>1280 x 720P</td></tr> <tr><td>최소 조명</td><td>0.2 LUX</td></tr> <tr><td>카메라 운영체제</td><td>자동셔터</td></tr> <tr><td>작동 온도</td><td>-30°C ~ +85°C</td></tr> <tr><td>방수 등급</td><td>IP68</td></tr> <tr><td>사용 전압</td><td>12V</td></tr> <tr><td>최대 전력</td><td>10W</td></tr> <tr><td>인식 거리</td><td>3M/5M/7M (설정 가능)</td></tr> <tr><td>인식 대상</td><td>사람(노랑), 자동차(파랑)</td></tr> </table>	카메라 화각	90° / 140° / 170° (선택)	해상 유효픽셀	1280 x 720P	최소 조명	0.2 LUX	카메라 운영체제	자동셔터	작동 온도	-30°C ~ +85°C	방수 등급	IP68	사용 전압	12V	최대 전력	10W	인식 거리	3M/5M/7M (설정 가능)	인식 대상	사람(노랑), 자동차(파랑)	
카메라 화각	90° / 140° / 170° (선택)																				
해상 유효픽셀	1280 x 720P																				
최소 조명	0.2 LUX																				
카메라 운영체제	자동셔터																				
작동 온도	-30°C ~ +85°C																				
방수 등급	IP68																				
사용 전압	12V																				
최대 전력	10W																				
인식 거리	3M/5M/7M (설정 가능)																				
인식 대상	사람(노랑), 자동차(파랑)																				

그림 52 감지 시스템 사양

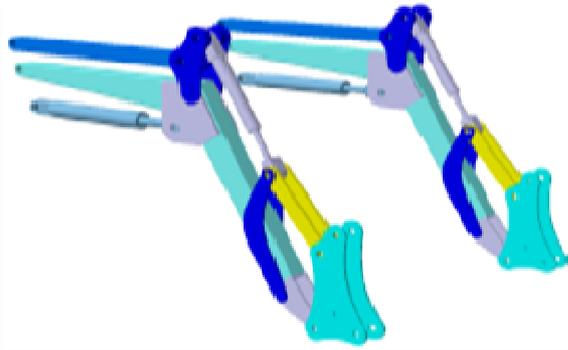


그림 61 수평 승강형 로더장치 설계

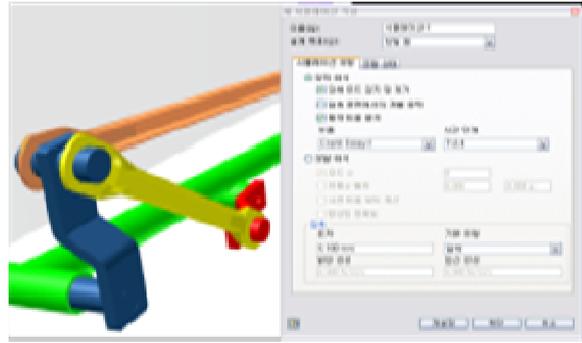


그림 62 동작하중 분석 시뮬레이션



그림 1 로더암 시제품 외관



그림 64 로더 시제품 1차



그림 65. 로더 시제품 제작 2차

라. 기본 작업기류 시제품 제작

- 축산작업에 활용도가 높은 작업기 선정 및 시제품 제작

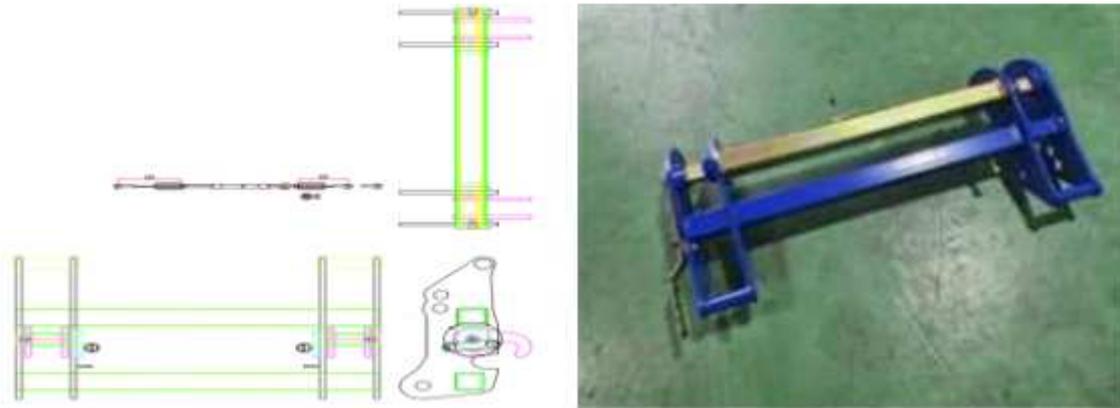


그림 66. 대목적 탈착기 설계 및 시제품 제작

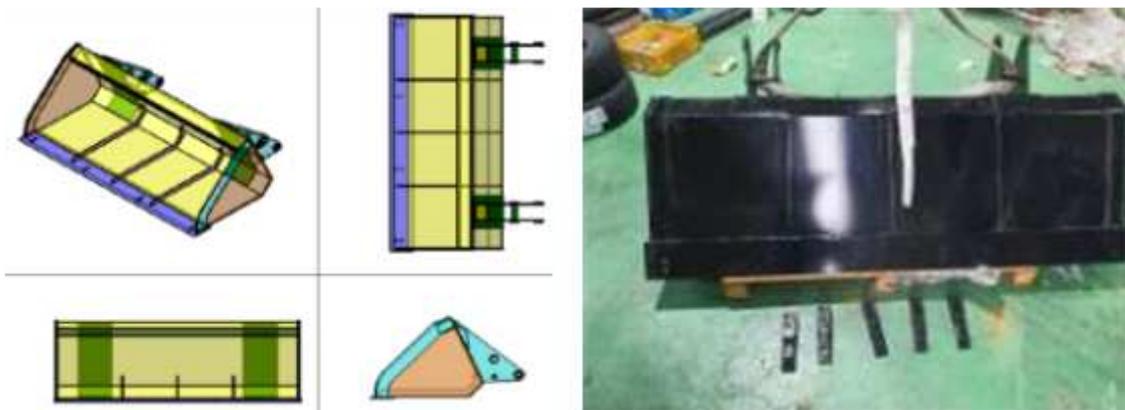


그림 67. 로더버킷 설계 및 시제품 제작

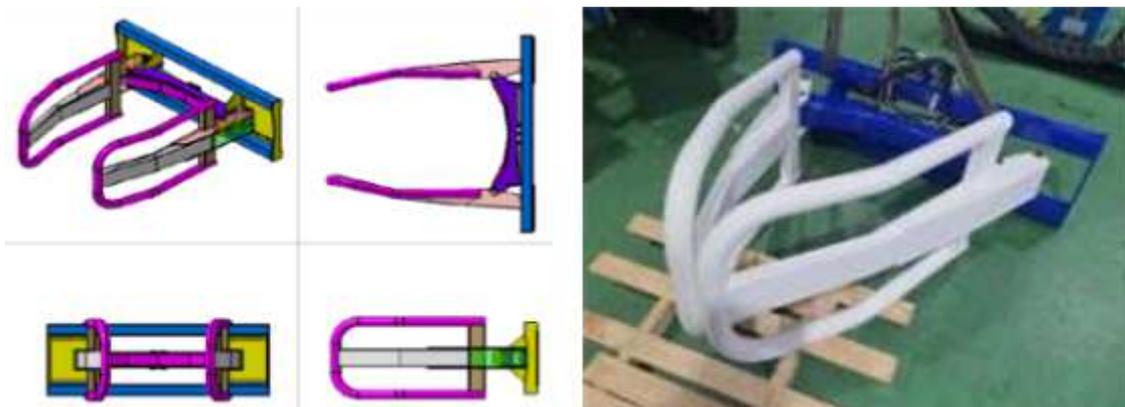


그림 68. 베일러 집게 설계 및 시제품 제작

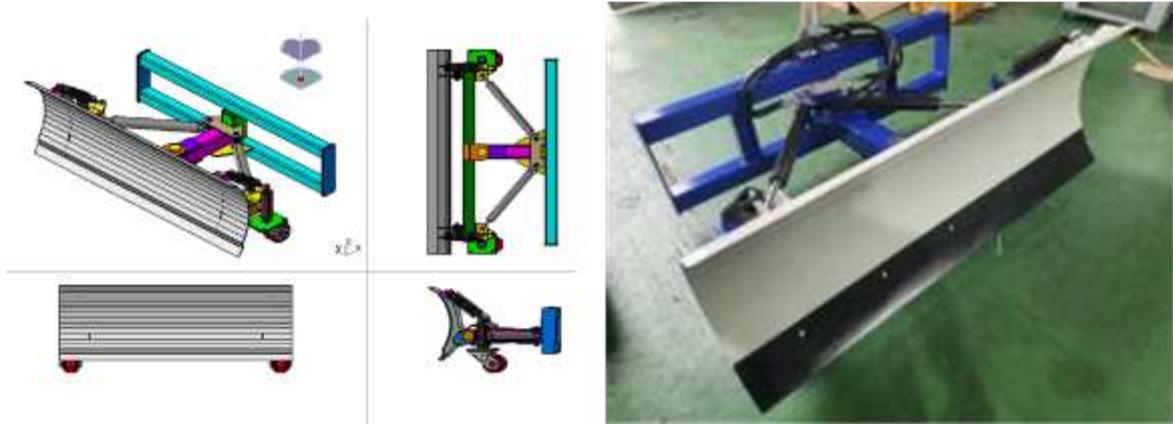


그림 69. 그레이더 설계 및 시제품 제작



그림 70. 스위퍼 설계 및 시제품 제작

- 3점 히치장치의 효율적 작업기 장착 구조 설계 및 개선
 - 1차 시제품 작업효율 분석에 의한 기술보완 및 상용화를 위한 안전형 탈착구조 설계 및 개발
 - 3점 히치를 활용한 축산용 작업기 개발 및 성능인증



그림 71 다양한 형태의 3점 히치장치 구조기술 분석

다) 가변형 3점히치 장치의 다목적 축산 작업기 적용

- (1) 기구부 및 유압액추에이터를 포함한 가변형 3점히치 장치의 축산작업기 적용
- (2) 축산작업기 후방 3점히치 장치 및 PTO(동력취출장치) 장치 적용
- (3) 작업기의 크기에 따라 유압 액추에이터를 이용하여 3점히치를 가변적으로 구동하도록 유압 제어 장치 개발
- (4) 가변적인 3점히치 구동이 가능한 유압 제어 장치 설계 시 작업기 폭 및 적용 가능한 범위로 설계



그림 72. 다목적 축산작업기 전후반 3점히치적용

라) 시뮬레이션 결과에 따른 시제품 제작 및 실 모델 검증

(1) 시뮬레이션 결과를 바탕으로 기존의 유압회로설계 결과에 대한 주요부품별 세부 사양 확정

- 시뮬레이션 결과 PTO구동을 위한 소요동력은 12kW이상으로 예상되었으며, 출력토크는 약 17kgm으로 나타남.
- 이는 최초 연구개발목표치인 출력토크 15kgm을 만족할 수 있는 수치로 판단되어 선정된 부품에 의한 유압회로구성시 성능구현에 문제가 없을 것으로 판단함.

			
설계동력	<p>프레스트라이트 아시아 48V14kW at 2,080rpm - 2,000rpm constant speed driving - 77Nm at 2,000rpm</p>	<p>마조끼 유압펌프[2단] / 30cc+16cc - 2단 (16cc) : 32LPM → Hydro PTO and attach</p>	<p>마조끼 Motor + 중국산 - Target rpm : 500 rpm max - Allowable load : 350 kg - Power required : 1.5kW max; - Reduction ratio : Hydronic → 1.9 : 1 / Gear → 1.5 : 1</p>
	Ele-Motor	Hy-Pump	Hy-Motor
	77Nm at 2,000rpm	16cc/32Lpm	38cc/842rpm
	77Nm	1.9:1 → 146Nm at 842rpm	
			1.5:1 → 219.5Nm at 561rpm (≈ 22.389kgm)

그림 73. 주요 구동부품별 성능사양 및 동력설계 검토

(2) 시뮬레이션 결과를 바탕으로 시제품 제작 및 구동 테스트

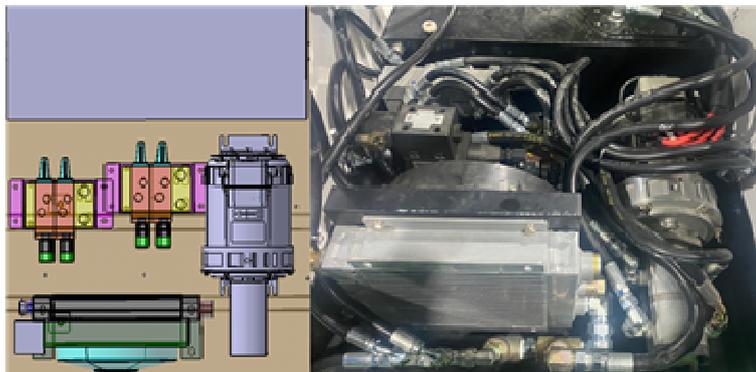


그림 74. 유압회로구성 및 시제품 제작



그림 78. PTO성능시험검사

- 전후방 장애물 및 전도위험 경고 및 자체비상 정지 안정화
 - 거리감지 센서 및 수평감지센서 장착에 의한 기체 제어부 제어시스템 설계 및 시제품 제작, 성능시험



그림 79 좌우경사 감지 및 장애물 감지에 의한 안전사고 예방 기술 적용



그림 61 기체외부 감시카메라 및 내부 디스플레이장치



그림 82. 시제품 개발 1차



그림 83. 시제품개발 2차



그림 84. 시제품 개발 2차 (외관)

마) 시제품 성능시험

(1) 주행성능시험

(가) 기체의 완충 후 연속주행성능검증을 위한 시험실시

(나) 주행속도 2.5hr 및 배터리 방전율 (100% to 방전종지전압) 측정

(다) 기체하중측정, 연속주행거리, 최고속도, 선회반경, 경사주행, 횡전도성능 확인

(라) 성능시험결과

- 기체하중 검사결과 최초 설계하중인 2,000kg에 만족되는 기체중량 확보
- 1차 시제품 제작시 1,980kg, 2차 시제품제작시 1,613kg



그림 85. 1차 및 2차 시제품 하중측정

- 기체경량화를 위한 개선

- 배터리 사양변경 - 납산 덩사이클배터리 → 리튬이온배터리



그림 86. 1차 시제품[납산배터리] 및 2차 개선 시제품[리튬이온 배터리]

- 저속운동 및 작업환경을 고려한 상부 캐빈 탑구조 변경



그림 87. 1차 ROPS규정에 의한 캐빈 및 2차 경량화 루프캐노피형 구조 변경

- 주행성능 개선을 위한 건설장비용 궤도장치 → 농업용 궤도장치로 변경



그림 88. 1차 건설장비용 궤도장치 및 2차 농기계용 궤도장치

- 횡전도각 측정 및 경사주행 성능 평가

- 시험결과 35도의 횡전도에서 전도안정성 및 30% 경사주행 성능 확인
- 30% 경사주행시 주행구간 끝단에서 후륜구동축에 부하가 집중되는 현상이 있었으나 순간 부하에 대한 제어기 자체보호 회로에 의한 기체 손상방지



그림 89. 횡전도각 검사 및 등판성능시험



그림 90. 경사주행시 구동모터 성능곡선

- 주행성능평가

- 주행최고속도 및 연속주행거리, 선회반경, 충전시간 측정검사 실시
 - 1차 1.3km 평지 포장도로 주행구간 연속주행에 의한 성능시험 실시
 - 2차 한국농업기술진흥원 주행시험장 비포장 도로 주행시험 실시



그림 91. 1차 및 2차 주행성능시험 구간

- 시험결과 최대주행속도는 7km/hr을 보였으며, 최소회전반경은 4.95m, 연속주행거리는 SOC30%까지 38km로 방전종지전압까지 주행시 약 50km주행이 가능할 것으로 판단됨.
- 농기계 성능검사규정에는 완충으로부터 방전종지전압까지의 1회주행거리를 측정하도록 되어있으나 기체성능안전상의 이유로 SOC30%까지의 주행거리를 측정하였으며, 영하온도에서의 주행성능을 고려할 경우 성능기준인 50km연속주행성능은 만족될 것으로 판단됨.



그림 92. 연속주행시험[2024년 01월] 및 회전반경 측정 시험

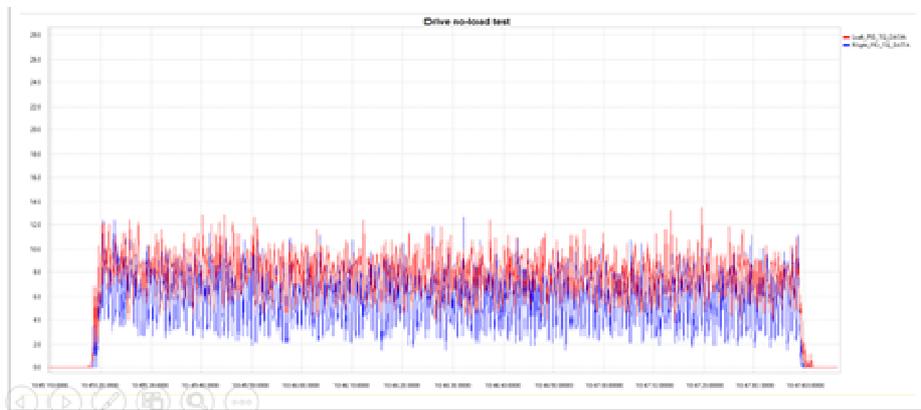


그림 93. 연속주행시험 데이터_동력성능 및 배터리 소모율

바) 주요외산제품 대비 개발기술 성능사양 비교

(1) 개발기획단계에서 개발대상 기술제품의 소요성능 제품에 대한 성능분석 및 파워트레인 구성실시

(가) 볼보사 및 밥캣사의 L25 및 T76e 등 전동화 로더에 대한 성능사양 분석

(나) 국내 농업용 로우더 및 굴삭기에 대한 성능분석 실시

(다) 국내의 경우 1ton급 이상의 작업성능을 가진 전동화 제품은 없었으며, 해외의 경우 시제품의 형태로 개발되어 사양은 공개되었으나 상용화된 제품은 없음.

- 기체하중 2,000kg이하 및 100kg당 0.5kW이상 동력확보



전동형 / 36 kW	구동모터	전동형 / 30 kW
유압식 무단 변속	변속방식	유압식 무단 변속
전진, 후진	변속단수	전진, 후진
차륜 구동식	주행방식	무한 궤도식
None	유압PTO	1port 이상
None	유압포트	2port 이상
55 lpm / 230 bar	유량/유압	64.7 lpm / 210 bar
None	히치 인양능력	300 kg
3,300 kg	로더 인양하중	750 kg
5,000 kg	운전중량	2,000 kg
-	전도하중	1,500 kg
-	실린더	10 Mpa
-	작업기발착시간	1.5 min
0.9 m ³	베킷	0.35 m ³
1,800 mm		1,500 mm
1,800 mm	그레이더	1,200 mm
None	회전형브러쉬	36 / 48"
None		25"
None	베일러 접개	0~350 rpm
forklift 2ton		800~1,200 mm



그림 94 . 주요 외산제품대비 개발제품 사양비교

(2) 개발기술에 의한 시제품의 기술적 특징

(가) 기존의 농업용 굴삭기 및 로우더 규격에 맞춤 작업기 장착구조설계 및 제작

- 기존장착기 보유시 본기 도입에 의한 활용 가능
- 필요시 동일사양 본기와의 작업기 호환장착 가능
- 작업기형 유압식 3점히치 및 PTO의 광범위한 사용 가능

(나) 전동화 기술적용에 의한 축사내 작업환경 개선효과 및 연료비 절감효과 기대

- 축사내 탄소, 소음 발생억제 가능
- 낮은 연료비사용 및 4hr이상 연속사용에 따른 내연기관대비 대등한 작업능력 확보

(다) 국내의 경우 1ton급 이상의 작업성능을 가진 전동화 제품은 없었으며, 해외의 경우 시제품의 형태로 개발되어 사양은 공개되었으나 상용화된 제품은 없음.

- 기체하중 2,000kg이하 및 100kg당 0.5kW이상 동력확보

사) 축산작업기 주요 퍼트리스트 현황

LEVEL							PART NAME	PART NO (DW'G NO)	QTY	COST (₩)	
1	2	3	4	5	6	7				UNIT COST	TOTAL COST
	●						INSTALL-CHASSIS	TL1 10 000	1	5,743,300	5,904,800
		●					ASSY MAIN FRAME	TL1 10 100	1	450,000	534,000
			●				CHANNELS	TL1 10 110	3	42,000	126,000
			●				ASSY CROSS MEMBER FR	TL1 10 120	1	106,800	106,800
				●			MEMBER FR	TL1 10 121	2		-
				●			MEMBER CTR	TL1 10 123	1		-
				●			PLATE	TL1 10 124	1		-
				●			M12X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	3		-
			●				ASSY_CROSS MEMBER RR	TL1 10 130	1	301,200	301,200
				●			CHANNELS	TL1 10 110	1		-
				●			ASSY MEMBER CTR	TL1 10 131	1		-
					●		CHANNELS	TL1 10 132	1		-
					●		M12X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	2		-
				●			ASSY MEMBER LH	TL1 10 133	1		-
					●		CHANNELS	TL1 10 134	1		-
					●		SIDE CHANNELS	TL1 10 137	1		-
					●		CYLINDER MTG BRKT	TL1 10 138	2		-
					●		M12X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	2		-
				●			ASSY MEMBER RH	TL1 10 135	1		-
					●		CHANNELS	TL1 10 136	1		-
					●		SIDE CHANNELS	TL1 10 137	1		-
					●		CYLINDER MTG BRKT	TL1 10 138	2		-
					●		M12X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	2		-
		●					ASSY MAIN BODY	TL1 10 200	1	1,405,100	1,407,400
			●				ASSY MAIN FLOOR	TL1 10 210	1	1,152,000	1,152,000
				●			MAIN FLOOR	TL1 10 211	1		-
				●			FLOOR GUARD	TL1 10 212	1		-
				●			ASSY CABIN MTG BRKT LH	TL1 10 213	1		-
					●		CABIN MTG BRKT	TL1 10 214	1		-
					●		PIPE	TL1 10 215	1		-
					●		M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	1		-
				●			ASSY CABIN MTG BRKT RH	TL1 10 216	1		-
					●		CABIN MTG BRKT	TL1 10 214	1		-
					●		PIPE	TL1 10 215	1		-
					●		M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	1		-
				●			GA\$ SPRING MTG BRKT	TL1 10 217	4		-
				●			M12X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	14		-
				●			M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	18		-
			●				ASSY PLATE RUBBER	TL1 10 220	1		-
				●			PLATE RUBBER CTR	TL1 10 221	1		-
				●			PLATE RUBBER SIDE	TL1 10 222	2		-
			●				ASSY MTG BRKT LH	TL1 10 240	1	54,000	54,000
				●			MTG BRKT LH	TL1 10 241	1		-
				●			MTG BLOCK	TL1 10 242	2		-
				●			M8X1.0 HEXAGON WELD NUT	-	2		-
			●				ASSY MTG BRKT LH	TL1 10 250	1	54,000	54,000
				●			MTG BRKT LH	TL1 10 251	1		-
				●			MTG BLOCK	TL1 10 242	2		-
				●			M8X1.0 HEXAGON WELD NUT	-	2		-
			●				HOLD BRKT	TL1 10 260	1	10,800	10,800
				●			M10X1.25X300 BOLT	TL1 10 270	4		-
			●				ASSY BATTERY PACK MTG	TL1 10 280	1	132,000	132,000
				●			CROSS BAR	TL1 10 281	2		-
				●			SIDE PIPE	TL1 10 282	3		-
				●			CROSS PIPE	TL1 10 283	2		-
			●				M10X1.25 나비너트	-	4		-
			●				DUSTPROOF RUBBER 50*40	-	2	2,300	4,600
		●					ASSY REAR BODY	TL1 10 300	1	1,092,000	1,092,000

그림 95 . MAIN Part=List

LEVEL							PART NAME	PART NO (DWG NO)	Q/TY	COST (₩)	
1	2	3	4	5	6	7				UNIT COST	TOTAL COST
	●						INSTALL-TRACK	TL1 20 000	1	2,171,200	3,888,800
		●					ASSY FRAME BODY LH	TL1 20 100	1	472,800	472,800
			●				FRAME BODY BASE LH	TL1 20 110	1		
				●			ASSY MOTOR BASE BRKT	TL1 20 120	1		
					●		MOTOR BASE BRKT	TL1 20 121	1		
						●	M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8		
				●			SPACER TRACK ROLLER OTR	TL1 20 130	1		
				●			SPACER TRACK ROLLER INR	TL1 20 135	1		
				●			SPACER IDLER	TL1 20 140	2		
				●			FRAME MTG BRKT	TL1 20 150	4		
				●			FRAME MTG SUPPORT	TL1 20 160	8		
				●			ASSY TENSION GUIDE	TL1 20 170	1		
					●		TENSION GUIDE	TL1 20 171	1		
					●		RIB	TL1 20 172	2		
					●		TRACK GUIDE FR	TL1 20 173	1		
					●		TRACK GUIDE RR	TL1 20 174	1		
					●		TRACK GUIDE UPR	TL1 20 175	2		
					●		MITG PLATE FR	TL1 20 180	1		
					●		M12X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	24		
		●					ASSY FRAME BODY RH	TL1 20 200	1	472,800	472,800
			●				FRAME BODY BASE RH	TL1 20 210	1		
				●			ASSY MOTOR BASE BRKT	TL1 20 120	1		
					●		MOTOR BASE BRKT	TL1 20 121	1		
					●		M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8		
				●			SPACER TRACK ROLLER OTR	TL1 20 130	1		
				●			SPACER TRACK ROLLER INR	TL1 20 135	1		
				●			SPACER IDLER	TL1 20 140	2		
				●			FRAME MTG BRKT	TL1 20 150	4		
				●			FRAME MTG SUPPORT	TL1 20 160	8		
				●			ASSY TENSION GUIDE	TL1 20 170	1		
					●		TENSION GUIDE	TL1 20 171	1		
					●		RIB	TL1 20 172	2		
					●		TRACK GUIDE FR	TL1 20 173	1		
					●		TRACK GUIDE RR	TL1 20 174	1		
					●		TRACK GUIDE UPR	TL1 20 175	2		
					●		MITG PLATE FR	TL1 20 180	1		
					●		M12X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	24		
		●					ASSY TRACK ROLLER	TL1 20 300	8	82,000	656,000
			●				TRACK ROLLER	TL1 20 310	1	82,000	82,000
				●			TRACK ROLLER SHAFT	TL1 20 320	1		0
				●			BEARING 6207	TL1 20 330	4		0
				●			SNAP RING R72	TL1 20 340	2		0
				●			OIL SEAL 307210	TL1 20 350	2		0
		●					ASSY TENSION IDLER FRT	TL1 20 400	2	152,600	305,200
			●				ASSY TENSION ARM	TL1 20 410	1	61,600	61,600
				●			TENSION ARM OTR	TL1 20 411	1		0
				●			TENSION ARM INR	TL1 20 412	1		0
				●			ASSY TENSION IDLER FRT	TL1 20 420	1		0
				●			TENSION IDLER	TL1 20 421	1	91,000	91,000
				●			TENSION IDLER SHAFT FRT	TL1 20 422	1		0
				●			DOUBLE BALL BEARING 4207	TL1 20 423	2		0
				●			SNAP RING R72	TL1 20 340	2		0
				●			OIL SEAL 307210	TL1 20 350	2		0
		●					ASSY TENSION IDLER RR	TL1 20 500	2	91,000	182,000
			●				TENSION IDLER SHAFT REAR	TL1 20 510	1		0
				●			SNAP RING R72	TL1 20 340	2		0
				●			OIL SEAL 307210	TL1 20 350	2		0
				●			TENSION IDLER	TL1 20 421	1	91,000	91,000
				●			DOUBLE BALL BEARING 4207	TL1 20 423	2		0
		●					RUBBER TRACK	TL1 20 600	2	900,000	1,800,000
			●				M14X1.5X30 FLANGE HEXAGON BOLT	-	24		

그림 96 Part-List -Track Frame

FIGURE	URG	LEVEL							PART NAME	PART NO (DWG NO)	QTY	COST (₩)	
		1	2	3	4	5	6	7				UNIT COST	TOTAL COST
				●					INST-PLL-POWER TRAIN	TL 1 30 000	1	3,964,876	4,207,626
				●					ASSY MOTOR&REDUCER LH	TL 1 30 100	1	1,282,000	1,282,000
				●					BLDC MOTOR	TL 1 30 110	1	582,000	582,000
				●					REDUCER	TL 1 30 120	1	700,000	700,000
				●					ASSY MOTOR&REDUCER RH	TL 1 30 200	1	1,282,000	1,282,000
				●					BLDC MOTOR	TL 1 30 110	1	582,000	582,000
				●					REDUCER	TL 1 30 120	1	700,000	700,000
				●					ASSY SPROCKET LH	TL 1 30 300	1	418,800	427,500
				●					SPROCKET	TL 1 30 310	1	118,000	118,000
				●					ASSY SPROCKET MTG BRKT OTR LH	TL 1 30 320	1	90,000	90,000
				●					SPROCKET SUPPORT OTR	TL 1 30 321	1	1	1
				●					MTG BRKT LH	TL 1 30 333	1	1	1
				●					RUB	TL 1 30 323	1	1	1
				●					SPRING MTG BRKT	TL 1 30 324	1	1	1
				●					SPRING TURN BASE	TL 1 30 325	1	1	1
				●					M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8	1	1
				●					M8X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	15	1	1
				●					ASSY SPROCKET MTG BRKT INR LH	TL 1 30 330	1	54,000	54,000
				●					SPROCKET SUPPORT INR	TL 1 30 331	1	1	1
				●					MTG BRKT RH	TL 1 30 332	1	1	1
				●					RUB	TL 1 30 333	1	1	1
				●					M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8	1	1
				●					LOCKWASHER	TL 1 30 340	2	8,700	17,400
				●					ASSY SPROCKET SHAFT INR	TL 1 30 350	1	42,000	42,000
				●					SPROCKET SHAFT INR	TL 1 30 351	1	1	1
				●					SPROCKET MTG PLATE INR	TL 1 30 352	1	1	1
				●					ASSY SPROCKET SHAFT OTR	TL 1 30 360	1	67,200	67,200
				●					SPROCKET SHAFT OTR	TL 1 30 361	1	1	1
				●					SPROCKET MTG PLATE OTR	TL 1 30 362	1	1	1
				●					SPROCKET SHAFT KEY	TL 1 30 363	2	1	1
				●					CHAIN SPROCKET	TL 1 30 370	1	35,000	35,000
				●					SPRING	TL 1 30 380	1	3,000	3,000
				●					WASHER	TL 1 30 550	1	450	450
				●					WASHER	TL 1 30 630	1	450	450
				●					M10X1.25X30 HEXAGON FLANGE BOLT	-	8	-	-
				●					M10X1.25X30 HEXAGON FLANGE BOLT	-	8	-	-
				●					M10X1.25 HEXAGON FLANGE NUT	-	8	-	-
				●					ASSY SPROCKET RH	TL 1 30 400	1	418,800	427,500
				●					SPROCKET	TL 1 30 310	1	118,000	118,000
				●					ASSY SPROCKET MTG BRKT OTR RH	TL 1 30 420	1	90,000	90,000
				●					SPROCKET SUPPORT OTR	TL 1 30 321	1	1	1
				●					MTG BRKT RH	TL 1 30 332	1	1	1
				●					RUB	TL 1 30 323	1	1	1
				●					SPRING MTG BRKT	TL 1 30 324	1	1	1
				●					SPRING TURN BASE	TL 1 30 325	1	1	1
				●					M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8	1	1
				●					M8X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	15	1	1
				●					ASSY SPROCKET MTG BRKT INR RH	TL 1 30 430	1	54,000	54,000
				●					SPROCKET SUPPORT INR	TL 1 30 331	1	1	1
				●					MTG BRKT LH	TL 1 30 332	1	1	1
				●					RUB	TL 1 30 333	1	1	1
				●					M10X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8	1	1
				●					LOCKWASHER	TL 1 30 340	2	8,700	17,400
				●					ASSY SPROCKET SHAFT INR	TL 1 30 350	1	42,000	42,000
				●					SPROCKET SHAFT INR	TL 1 30 351	1	1	1
				●					SPROCKET MTG PLATE INR	TL 1 30 352	1	1	1
				●					ASSY SPROCKET SHAFT OTR	TL 1 30 360	1	67,200	67,200
				●					SPROCKET SHAFT OTR	TL 1 30 361	1	1	1
				●					SPROCKET MTG PLATE OTR	TL 1 30 362	1	1	1
				●					SPROCKET SHAFT KEY	TL 1 30 363	2	1	1
				●					CHAIN SPROCKET	TL 1 30 370	1	35,000	35,000
				●					SPRING	TL 1 30 380	1	3,000	3,000
				●					WASHER	TL 1 30 550	1	450	450
				●					WASHER	TL 1 30 630	1	450	450
				●					M10X1.25X30 HEXAGON FLANGE BOLT	-	8	-	-
				●					M10X1.25X30 HEXAGON FLANGE BOLT	-	8	-	-
				●					M10X1.25 HEXAGON FLANGE NUT	-	8	-	-
				●					ASSY DRIVE SHAFT	TL 1 30 500	2	168,450	336,900
				●					DRIVE SHAFT	TL 1 30 510	1	100,000	100,000
				●					CHAIN SPROCKET	TL 1 30 530	1	40,000	40,000
				●					DRIVE SHAFT KEY	TL 1 30 530	2	15,000	30,000
				●					DRIVE SHAFT KEY	TL 1 30 540	2	15,000	30,000
				●					WASHER	TL 1 30 550	2	450	900
				●					ASSY CHAIN IDLER LH	TL 1 30 600	1	80,213	80,213
				●					MISUMI IDLER	TL 1 30 610	1	79,763	79,763
				●					ASSY CHAIN IDLER TENSION LH	TL 1 30 620	1	-	-
				●					CHAIN IDLER SHAFT	TL 1 30 621	1	-	-
				●					CHAIN IDLER TENSION BRKT	TL 1 30 622	1	-	-
				●					WASHER	TL 1 30 630	1	450	450
				●					ASSY CHAIN IDLER RH	TL 1 30 700	1	80,213	80,213
				●					MISUMI IDLER	TL 1 30 610	1	79,763	79,763
				●					ASSY CHAIN IDLER TENSION RH	TL 1 30 720	1	-	-
				●					CHAIN IDLER SHAFT	TL 1 30 621	1	-	-
				●					CHAIN IDLER TENSION BRKT	TL 1 30 622	1	-	-
				●					WASHER	TL 1 30 630	1	450	450
				●					ASSY CHAIN COVER LH	TL 1 30 800	1	67,200	67,200
				●					ASSY CHAIN COVER INTG LH	TL 1 30 810	1	49,200	49,200
				●					CHAIN COVER MFG LH	TL 1 30 811	1	-	-
				●					CHAIN COVER UPPER	TL 1 30 812	1	-	-
				●					CHAIN COVER LOWER	TL 1 30 813	1	-	-
				●					M8X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8	-	-
				●					ASSY CHAIN COVER LH	TL 1 30 820	1	18,000	18,000
				●					CHAIN COVER	TL 1 30 821	1	-	-
				●					CHAIN COVER LPR	TL 1 30 822	1	-	-
				●					ASSY CHAIN COVER RH	TL 1 30 900	1	67,200	67,200
				●					ASSY CHAIN COVER INTG RH	TL 1 30 910	1	49,200	49,200
				●					CHAIN COVER MFG RH	TL 1 30 911	1	-	-
				●					CHAIN COVER UPPER	TL 1 30 912	1	-	-
				●					CHAIN COVER LOWER	TL 1 30 913	1	-	-
				●					M8X1.25 HEXAGON WELD NUT	-	8	-	-
				●					ASSY CHAIN COVER RH	TL 1 30 920	1	18,000	18,000
				●					CHAIN COVER	TL 1 30 921	1	-	-
				●					CHAIN COVER LPR	TL 1 30 922	1	-	-
				●					M10X1.25X30 HEXAGON FLANGE BOLT	-	18	-	-
				●					M10X1.25X30 HEXAGON SOCKET HEAD CAP BOLT	-	24	-	-
				●					CHAIN	-	1	100,000	100,000

그림 97 . Part-list-주요부품

나. 연구내용 (공동기관 : 충남대학교)

1) 다양한 작업기 탈부착을 위한 가변형 3점 히치 장치 설계

가) 축산 작업기의 종류 및 선행 기술 조사

- (1) 축사시설에서 사용되는 작업기의 용도는 퇴비 살포, 사일리지 운반, 급이, 축사 청소, 방제 등으로 매우 다양하며, 그 중 로더 및 3점 히치를 활용하는 작업기는 대표적으로 퇴비 부착기, 사일리지 작업기(버킷, 디스펜서, 커터), 베일 작업기(그립, 핸들러, 리프트), 청소 작업기(브러쉬, 살균기), 축사 작업기(블레이드, 스크류) 등이 있음
- (2) 퇴비 부착기는 가축분뇨 내 유기물이 호기성 미생물에 의해 분해되어 토양에 사용할 수 있도록 안정화하기 위해 사용되는 작업기이며, 주로 3점 히치에 부착되어 사용됨.



그림 98. 트랙터 부착형 퇴비 부착기

- (3) 사일리지 작업기는 대표적으로 운반을 위한 버킷, 사일리지의 분배를 위한 디스펜서, 사일리지 크기 조절을 위한 커터가 있으며, 각각의 작업기는 전방 작업기 혹은 3점 히치에 부착하여 사용됨

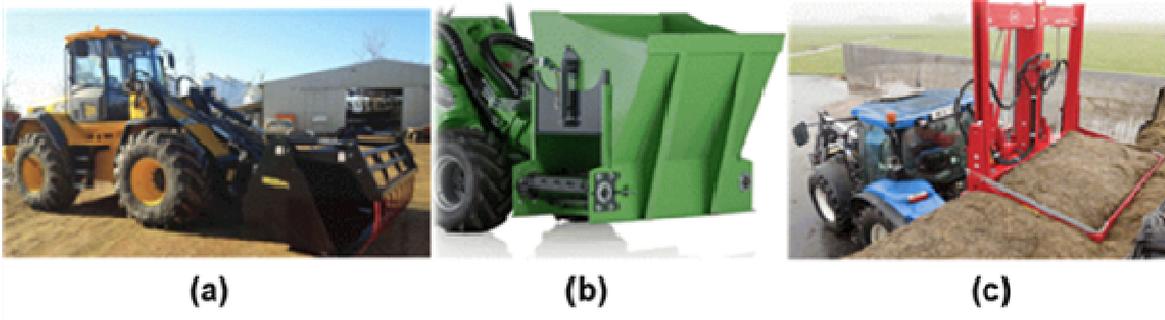


그림 99. 트랙터 부착형 사일리지 작업기. (a) 사일리지 버킷 (b) 사일리지 디스펜서 (c) 사일리지 커터

- (4) 베일 작업기는 대표적으로 베일 저장을 위한 그립 및 핸들러, 운반을 위한 리프트가 있으며, 각각의 작업기는 로더 및 3점 히치에 부착하여 사용됨



그림 100. 트랙터 부착형 베일 작업기 베일 그립(좌) 및 베일 리프트(우)

(5) 축사용 청소 작업기는 급이시설 청소를 위한 브러쉬, 고압 살수 및 소독을 위한 살균기가 있으며, 트랙터 후방의 3점 히치에 부착하는 형태로 사용되며, PTO (Power take off)를 통해 동력을 전달함



그림 101. 트랙터 부착형 축사용 청소 작업기 브러쉬(좌) 및 고압 살수 살균기(우)

(6) 대부분의 축산 작업기는 유압 시스템을 통해 구동되므로, 로더, 후방 3점 히치를 통해 부착되는 형태로 개발되고 있으며, 특히 PTO 동력 활용이 용이 해야함

(7) John deere 사 등 해외 선진사에서는 트랙터의 전면부에 3점 히치를 장착한 모델이 양산되고 있으며, 다양한 작업기 장착을 통해 활용도를 높임



그림 102. 해외 선진사에 적용되는 전방 3점 히치 John deere 사(좌) 및 New holland 사(우)

- (8) 축산 작업기는 종류가 다양하여 작업기 교환 작업이 필수적이거나, 현재 트랙터에 장착되어 있는 3점 히치 장치는 자유도가 낮고 조작성이 어려워 작업기 교환에 많은 시간이 소요되므로 이를 개선한 3점 히치 장착 플랫폼 개발이 필요함
- (9) ‘트랙터용 3점 히치장치(충남대학교 산학협력단, 10-2023389, 특허청)’는 하부링크가 유압실린더에 의해 좌우로 이동하거나 전후로 이동할 수 있도록 구성하여 트랙터에 작업기를 쉽게 연결할 수 있도록 함과 동시에 작업기 연결부 구조에 관계없이 자유롭게 연결할 수 있도록 하는 발명임

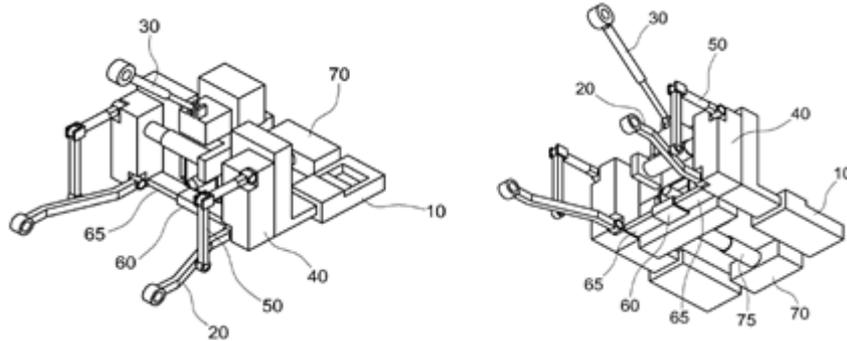


그림 103. 트랙터용 3점 히치장치(충남대학교 산학협력단, 10-2023389, 특허청)

- (10) 해당 발명을 축산작업기 플랫폼에 적용할 경우, 작업기 교환 시간을 단축시킬 수 있으며, 다양한 작업기를 활용 가능한 축산작업기의 효율성 및 농업생산성을 극대화할 수 있을 것으로 기대됨

2) 3점 히치 장치의 유압시스템 개발

가) 3점 히치의 유압 시뮬레이션 모델 개발 - 요소 부품 SI를 통한 시뮬레이션 모델 구성

- (1) 축산작업기의 실제 요소 부품을 시뮬레이션 모델에 구성하기 위해 각 단품에 대한 세부 제원을 참고하여 모델을 구성하였음.



그림 104. 3점 히치 구동을 위한 전동유압형 TPO 주요부품 (구동모터, 유압PTO, 펌프, 오일탱크)

나) 상용 1-D 소프트웨어를 활용한 3점 히치 장치의 시뮬레이션 모델 개발

- (1) 상용 1-D 소프트웨어인 Amesim 프로그램을 사용

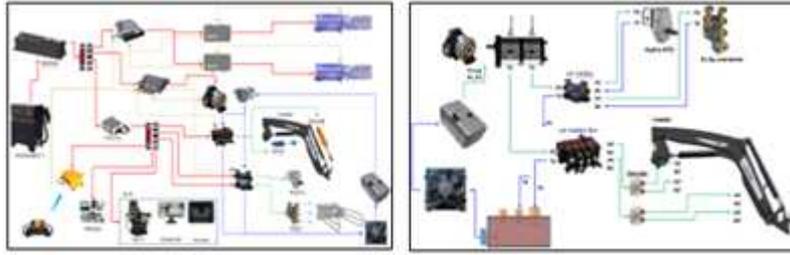


그림 105 . 유압라인회로구성도

- (2) 시뮬레이션 모델의 전체 구성은 전기모터, 유압펌프, 솔레노이드밸브, 릴리프밸브, 오일탱크, 유압모터, PTO 구동축으로 구성하였음.

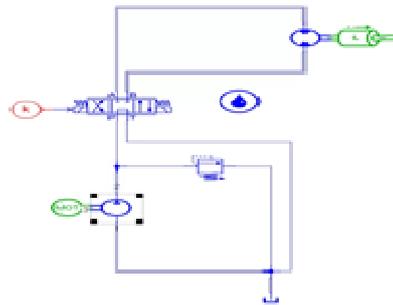


그림 106. PTO Simulation model 구성

- (3) 시뮬레이션 수행을 위하여 각 요소 부품의 제원을 바탕으로 파라미터값을 unit에 입력값으로 설정하였음.

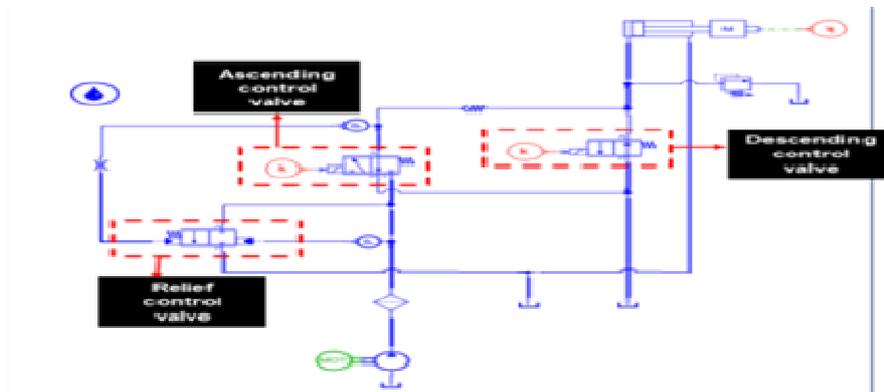


그림 107. 요소 부품 SI를 통한 3점 히치 장치의 동력전달효율 시뮬레이션 모델

- (4) 3점 히치 장치의 유압시스템 단품모델은 국내 중형 마력급 이상의 트랙터에서 사용하는 3점 히치(Category-III) 도면을 참고하여 개발하였음
- (5) 가변형 3점 히치 장치 구동을 위한 유압 펌프 및 모터의 제원은 도면을 참고 하였으며, 펌프 배제용적 및 모터의 회전속도는 각각 24 cc/rev, 2,200 rpm으로 입력하였음
- (6) 유압 펌프의 배제용적 및 모터 회전속도의 입력 값에 따라, 펌프 토출유량은 약 52.8 lpm이며, 일정한 유량이 유압시스템에 공급되도록 모델을 구성하였음

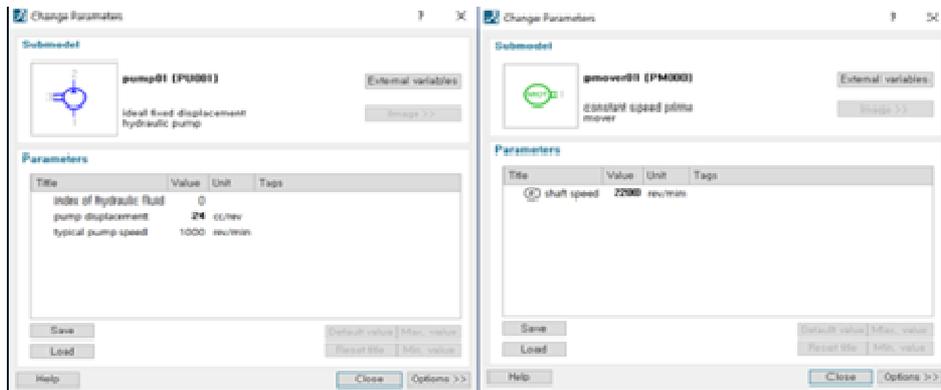


그림 108. 라이브러리 컴포넌트를 활용한 유압 펌프 및 모터 단품모델 및 파라미터

- (7) 3점 히치의 유압 실린더 모델은 Category-III 3점 히치에 장착된 수평제어 실린더의 제원을 반영하였으며, piston diameter, stroke length의 값은 각각 65, 115 mm로 입력하였음
- (8) 3점 히치에 작용하는 수직 하중을 구현하기 위해 외력 적용이 가능한 실린더 모델을 활용하였으며, 입력 신호 값은 작업기의 무게(7,840 N)를 반영하여 지속적인 하중이 작용하도록 구성하였음

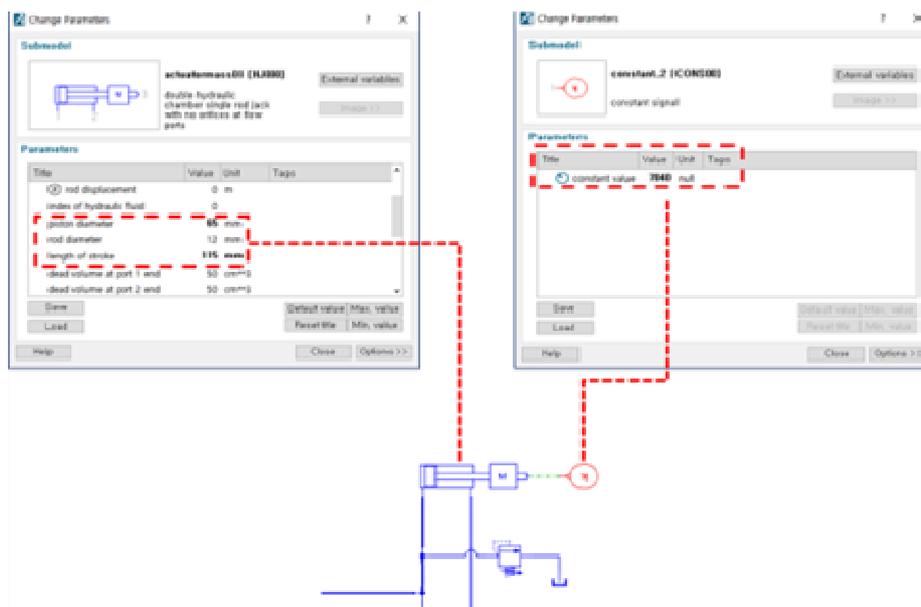


그림 109. 라이브러리 컴포넌트를 활용한 유압 실린더 및 외부 로드 입력 모델

- (9) 3점 히치 제어 및 구동을 위한 밸브는 승강 제어 밸브, 하강 제어 밸브, 압력 제어 밸브로 구분되며, 각 밸브의 특징에 따라 단품 모델을 개발하였음
- (10) 승강 제어 밸브는 입력 신호에 따라 방향을 제어해주는 2 position 밸브이며, 초기 상태에는 실린더 방향으로 유압이 전달되지 않으며, 솔레노이드 신호 값 (0 to 1)에 따라 스톱을 이동시켜 밸브를 개방함으로써 실린더로 유압을 전달시킴

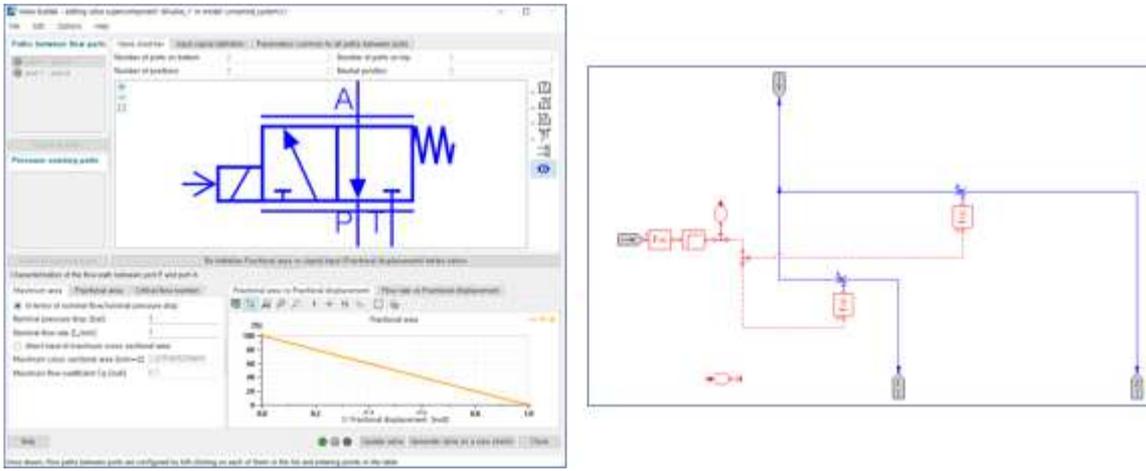


그림 110. Valve builder를 활용한 3점 히치의 2 position 승강 제어 밸브 단품 모델(좌) 및 세부 구조도(우)

(11) 하강 제어 밸브는 승강 제어 밸브와 유사하게 입력 신호에 따라 방향을 제어해주는 2 position 밸브이며, 솔레노이드 신호 값(0 to 1)에 따라 스풀을 이동시켜 밸브를 개방함으로써 실린더 내의 유압을 탱크로 드레인시킴

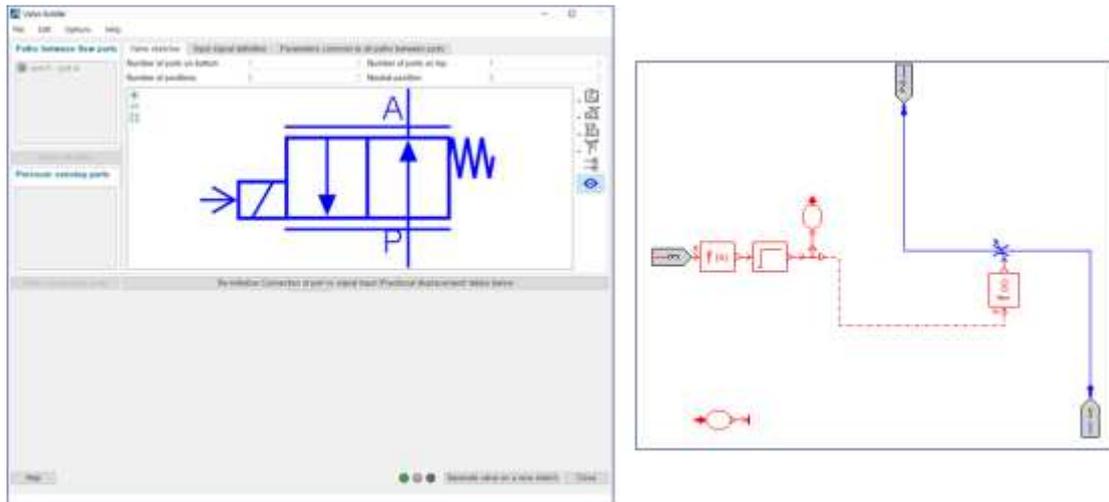


그림 111. Valve builder를 활용한 3점 히치의 2 position 하강 제어 밸브 단품 모델(좌) 및 세부 구조도(우)

(12) 3점 히치 장치의 시뮬레이션 해석은 승강 및 하강 조건에서 각각 수행하였으며, 상승·하강 조건을 구현하기 위하여 승강 제어 밸브 및 하강 제어 밸브의 입력 신호를 아래와 같이 입력하였음 (하강 조건에서는 입력신호에 음의 부호를 적용하여 방향을 전환하였음)

(13) 또한, 시뮬레이션 시간은 유압 장치의 제어 응답성을 고려하여 10sec로 설정하였으며, 해당 시간 동안의 주요 단품모델의 파라미터 변화를 분석하였음.

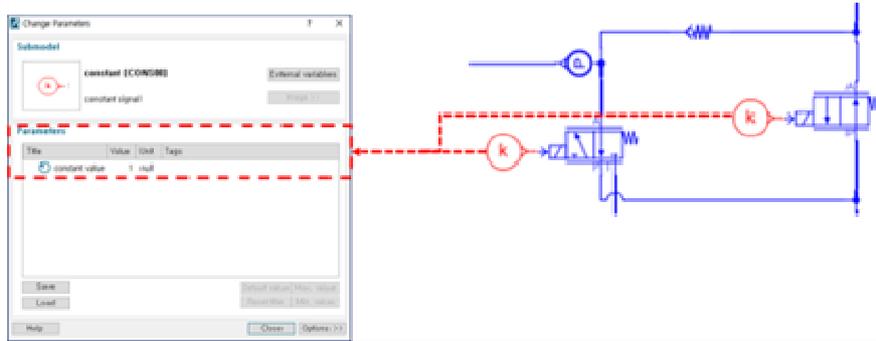


그림 112. 3점 히치 장치의 시뮬레이션 해석 조건

- (14) 시뮬레이션 결과, 펌프의 토출 유량 및 압력은 2 sec의 안정화 구간 이후 각각 27.2 MPa, 880 cc/s으로 나타났으며, 실린더 입력단의 유량 및 압력은 각각 25.0 MPa, 880 cc/s으로 나타남
- (15) 압력은 약 2.2 MPa 강하하였으며, 유량은 일정하게 공급되는 것으로 확인되었으며, 실린더 입력단의 유량은 압력의 증가에 따라 2 sec에 약 550 cc/s까지 감소하였으나 안정화 이후 일정한 유량을 공급받은 것으로 나타남

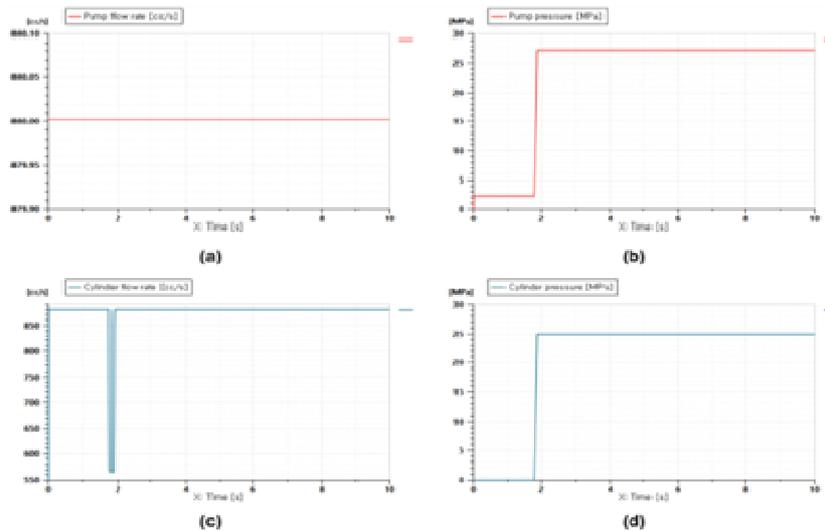


그림 113. 3점 히치 장치의 시뮬레이션 해석 결과.

(a) 펌프 유량 (b) 펌프 압력 (c) 실린더 입력단 유량 (d) 실린더 입력단 압력

- (16) 3점 히치 장치의 동력전달효율은 입력단 펌프의 토출 유량 및 압력데이터를 활용하여 아래 식과 같이 계산한 동력과 실린더 모델의 입력단에 작용하는 동력의 비로 계산하였음

$$Power_{hydraulic} = \eta_v \times \frac{P \times Q}{1,000}$$

Where, $Power_{hydraulic}$ = Power of hydraulic system (kW)

η_v = Efficiency (%)

P = Pressure of hydraulic system (MPa)

Q = Flow rate of hydraulic system (cc/s)

- (17) 3점 히치의 시뮬레이션 결과 값을 통해 유압 펌프의 동력을 계산하였으며, 펌프 동력은 초기 구동을 위한 시간(2 sec) 이후 약 20.4 kW로 유지되는 것으로 나타남
- (28) 동일한 조건에서 시뮬레이션 결과 값을 통해 실린더 입력단에 작용하는 유압 동력을 계산하였으며, 실린더 입력단 유압 동력은 초기 구동을 위한 시간(2 sec) 이후 약 18.7 kW로 유지되는 것으로 나타남

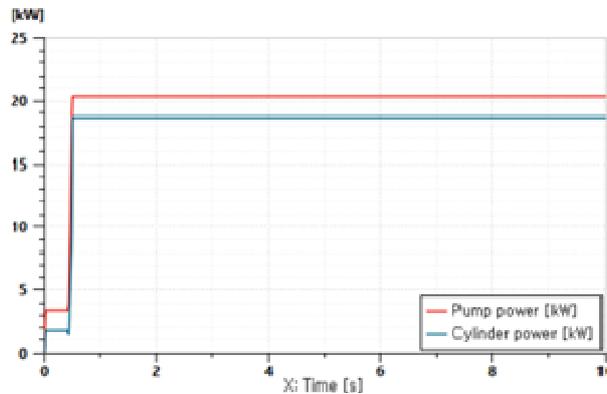


그림 114. 3점 히치 장치의 유압 펌프 및 실린더 출력

- (19) 유압 동력전달효율은 소프트웨어 내의 post processing 기능을 활용하여 계산하였으며, 펌프 출력단 및 실린더 입력단의 출력 값을 활용하였음
- (20) 유압 동력전달 효율은 안정화 구간 이후 약 91%로 나타났으며, 이는 유압 동력 효율 시뮬레이션 해석이 수행된 기존 선행 연구와 유사한 값으로 확인되었음
- (21) 유압 펌프의 신뢰성 평가 기준은 85% 이상의 효율을 가진 모델을 기준으로 하고 있으며, 본 연구에서 개발한 시뮬레이션 모델은 이를 만족하는 것으로 나타남

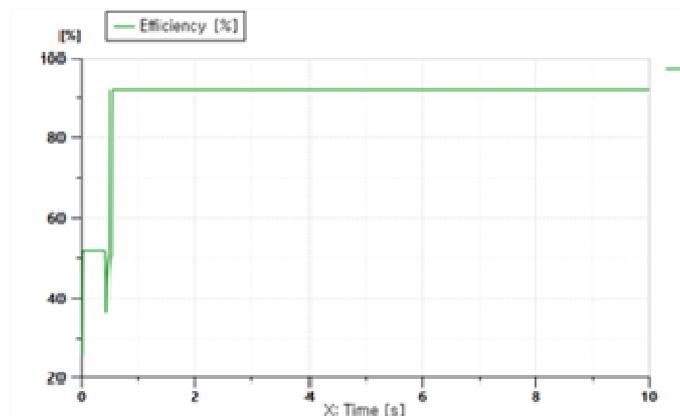


그림 115. 3점 히치 장치의 유압 동력전달효율

나) 시뮬레이션 모델에서의 파라미터 입력값에 따른 각 Unit 시뮬레이션 결과

- (1) PTO를 구동시키기 위해서는 전기모터 또는 엔진의 동력이 각 회로도 Unit에 전달되어야 하며, 시뮬레이션에서는 input 값을 동력으로 취급하여 모터의 파라미터를 선정하였음.
- (2) 입력된 파라미터 값은 5,000으로 입력하였으며, 이는 모터의 제원에 따라 최대 rpm을 입력한 값임.

- (3) 구동부 모터에서는 동력을 유압펌프로 오일을 이동시켜 오일은 각 port를 따라 오일이 흐르게 하며, 유압펌프는 각 유압라인에 오일을 내보내고 유압펌프에서는 유량 및 유압이 발생함.
- (4) 유압펌프의 파라미터값은 2,200 rev/min, 16 cc/rev으로 설정하였으며, 일정한 유량이 유압시스템에 공급되도록 모델을 구성하였음.
- (5) 파라미터 입력값은 유압펌프 제원의 정격 펌프 회전속도 및 배제 용적을 참고하였음.

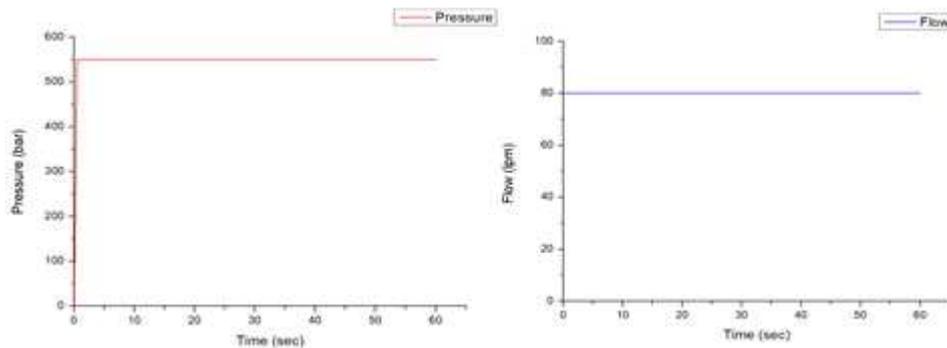


그림 116. 유압펌프에서의 유압 및 유량 데이터

- (6) 시뮬레이션을 작동하면 유압펌프의 시뮬레이션 결과는 유압 및 유량의 수치가 회전속도에 비해 미세하게 낮은 수치로 나타났는데, 이는 안정적인 유량 및 유압을 발생하면서 누유 없이 정상 작동한다는 것을 알 수 있음.
- (7) 유압펌프에서의 유압은 평균 약 550 bar로 나타났으며, 유량의 평균은 약 80 lpm으로 나타났음.
- (8) 입력값에 따라 일정한 동력을 전달받게 되면 유압펌프에서도 안정적으로 유압 및 유량이 나타난 것으로 판단됨.



그림 117. 시뮬레이션 모델에서의 솔레노이드 밸브 및 압력조절밸브

- (9) 모터 및 유압펌프를 지나, 솔레노이드 밸브 및 압력조절 밸브로 오일이 흐르고 솔레노이드 밸브 쪽으로 간 오일은 밸브 지시 방향에 따라 오일이 유압모터까지 흐르게 됨.
- (10) 유압모터는 동력을 전달하여 회전운동을 수행하는 PTO 축을 구성하기 위해 반드시 시뮬레이션 모델에서 unit을 주요 요소 부품으로 구성해야함.
- (11) 유압모터의 파라미터 입력값은 제원을 참고하여 입력하였으며, 정격 700 rev/min, 38 cc/rev으로 입력하였음.

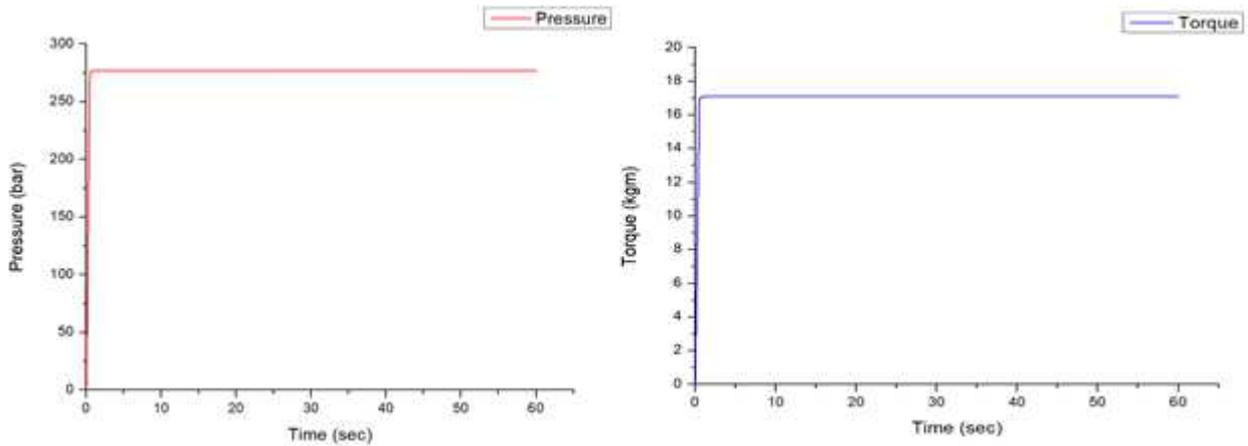


그림 118. 유압모터에서의 유압 압력 및 토크

(12) 유압모터에서의 유압 및 토크 시뮬레이션 결과는 유압이 약 274 bar, 토크는 약 17 kg·m로 나타났으며 초기 구동 이후 최대, 최소, 표준편차 없이 일정한 수치의 결과를 나타내며 유지되는 것으로 나타났음.

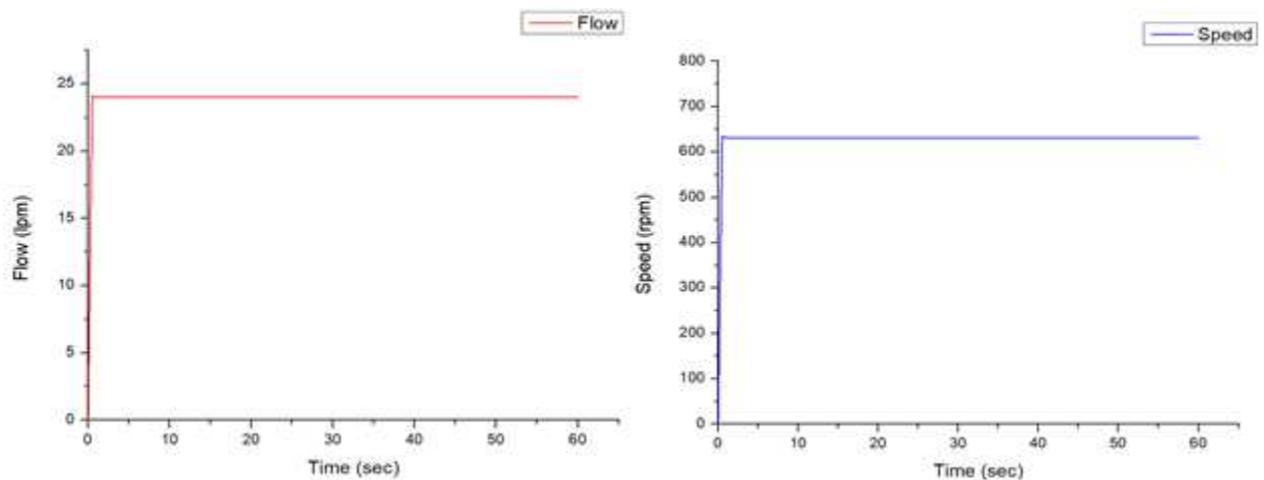


그림 119. 유압모터에서의 유량 및 회전속도

(13) 유압모터에서의 유량 및 회전속도 시뮬레이션 결과는 유량이 약 24.10 lpm, 회전속도는 약 631 rpm으로 나타났으며, 약 0.5 sec에 최대 회전속도가 약 634 rpm으로 나타났음.

(14) 유압모터의 토크 공식은 기존 도출되었던 “유압 bar * 1.019716 = P(kg/cm²)”에서 배제 용적을 곱하고 그 값에 628을 나누면 유압모터의 토크(kg·m)가 도출되며, 계산에 사용된 수식은 아래와 같음.

$$pressure(bar) \times 1.019716 = P(kg/cm^2)$$

$$Torque(kg \cdot m) = \frac{P(kg/cm^2) \times q(cc/rev)}{628}$$

- (15) 유압모터의 회전속도 공식은 도출한 “유량(lpm)*1000의 값에서 배제용적 나누면” 유압모터의 회전속도 도출이 가능하며, 계산에 사용된 수식은 아래와 같음.

$$Speed(RPM) = \frac{Flow(lpm) \times 1000}{q(cc/rev)}$$

- (16) 유압펌프를 통해 유압 유체가 유압모터를 구동하는 방식이며, 이때 회전운동을 출력하는 축이 있고, 포트에 유압 유체가 유입되면, 압력에 의해 로터가 회전하여 최종적으로 외부로 나와 있는 PTO 축을 회전시켜 작업기에 회전운동을 전달함.
- (17) 또한 유압모터의 유량 및 유압으로 산출한 회전속도 및 토크로 유압모터의 소요 동력을 도출할 수 있으며, 이는 PTO에 전달되는 동력을 알 수 있음.
- (18) 유압모터의 소요 동력을 구하기 위하여 아래와 같은 소요 동력식을 이용하여 계산하였음.

$$Power(kW) = \frac{2\pi \times N \times T}{102 \times 60}$$

$$N = \text{Hydraulic motor speed (rpm)}$$

$$T = \text{Hydraulic motor torque (kg} \cdot \text{m)}$$

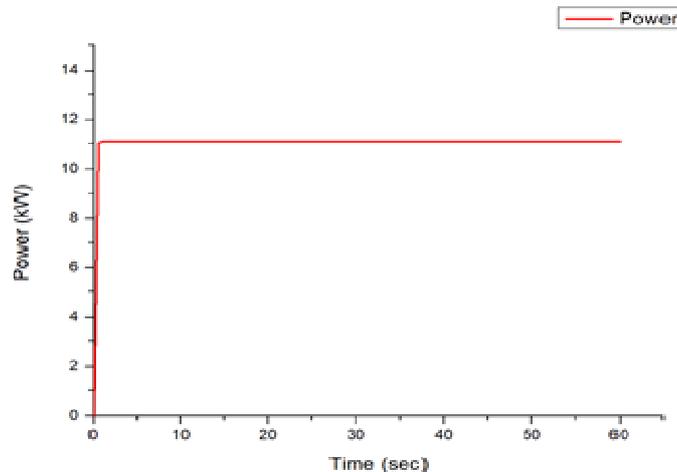


그림 120. PTO 축에 전달되는 유압모터의 소요 동력

- (19) PTO 모터의 소요 동력을 수식과 소프트웨어 내의 post processing 기능을 활용하여 분석 한 결과 소요 동력은 약 11.31 kW가 나타났으며, 이때 최대, 최소, 표준편차 없이 안정적으로 일정한 동력을 유지하는 것으로 나타났음.
- (20) 시뮬레이션 결과 일정한 동력이 나왔다는 것은 설계에 따라 PTO에 안정적으로 동력을 전달할 수 있다는 것으로 판단되며, 유압모터의 성능 제원에 따라 기준에 만족하는 것으로 판단됨.

(21) 3점치히 구동 선으시험에 의한 설계검증 실시

- PTO의 성능시험을 위해 시험기체의 동력에 의한 유압구동을 통해 PTO의 회전을 제어하고 이때의 동력손실 측정을 위해 PTO의 출력축을 다이나모와 연결하여 PTO의 출력 회전에 대한 부하량 측정을 통해 PTO의 성능테스트를 실시



그림 121. PTO 성능시험을 위한 다이나모(좌), 성능 모니터링(우)

- 시험은 PTO를 다이나모에 연결 후 매 10분단위 250~270rpm까지의 회전부하시의 출력 동력 및 토크값을 산출함

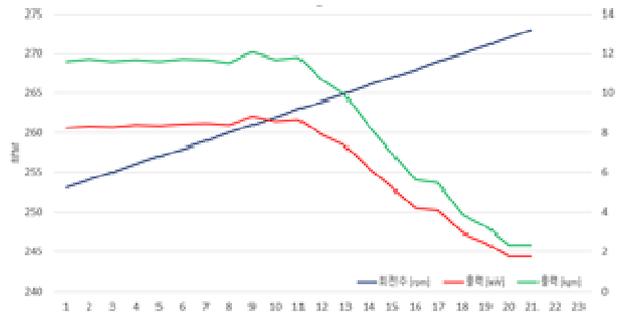


그림 122. PTO 출력성능시험결과

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 가) 축산용 전동 궤도형 플랫폼 주행성능 예측을 위한 시뮬레이션모델 개발
- (1) 소요성능 및 설계하중에 의한 소요동력 설계를 위한 전동모터용량, 감속비, 배터리 용량등 주요부품 소요성능 및 SPEC 예측 가능
 - (2) 배터리기반 전동화 플랫폼에 적용 가능한 일반사용환경에서의 배터리 성능예측 가능
 - (3) 축산업 및 제반 농업활동에 활용이 가능한 전동화 궤도형 주행플랫폼의 동력성능 예측 및 설계 신뢰성 확보
- 나) 스마트 농업을 대비한 다목적화 주행 플랫폼 개발 및 제작기술 확보
- (1) 트랙 플랫폼, 장엄장치, 전동에 의한 유압식 3점치장장치등 단위기술개발에 의한 선택적 조합기술개발
 - (2) 주요 부품별 Unit化 설계에 의한 사용 목적별 응용기술개발 기반 기술데이터 확보
 - (3) 국내농업환경에 부합되는 기체 사이즈 및 주행능력에 의한 국내환경용 플랫폼 기술 개발
 - (4) 영상인식기반 장애물 식별기술에 의한 작업 안전성 확보 및 자율작업 기반기술 확보
 - (5) CAN통신 기반 통합 통신기술에 의한 주행 및 작업데이터 정보공유 기술개발

(2) 정량적 연구개발성과

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2021년~2022년)	2단계 (2023년)	계	가중치 (%)	
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문(SCI)	목표(단계별)	2	1	3	5	
		실적(누적)	2	3	5		
	논문평균IF	목표(단계별)	2	1	3		
		실적(누적)	7.152	3.576	10.728		
	학술발표	목표(단계별)	1	-	1		10
		실적(누적)	2	-	2		
	특허출원	목표(단계별)	3	-	3		5
		실적(누적)	3	2	5		
	특허등록	목표(단계별)	1	2	3		5
		실적(누적)	1	3	4		
	기술실시(건)	목표(단계별)	-	1	1		10
		실적(누적)	1	1	2		
기술료	목표(단계별)	-	20,000	20,000	10		
	실적(누적)	30,000	-	30,000			
제품화	목표(단계별)	-	1	1	10		
	실적(누적)	1	1	2			
매출액	목표(단계별)	-	-	-	-		
	실적(누적)	51,513	178,000	229,513			
고용창출	목표(단계별)	1	-	1	10		
	실적(누적)	8	2	10			
기술인증	목표(단계별)	-	1	1	10		
	실적(누적)	1	1	2			
교육지도	목표(단계별)	-	1	1	5		
	실적(누적)	-	1	1			
인력양성	목표(단계별)	-	1	1	5		
	실적(누적)	-	1	1			
정책활용	목표(단계별)	-	1	1	5		
	실적(누적)	-	1	1			
홍보전시	목표(단계별)	-	1	1	10		
	실적(누적)	-	1	1			
계	목표(단계별)	10	20,011	20,021	100		
	실적(누적)	81,539	178,021	259,560			

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ² (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거	
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023)		
1	연속주행거리	km	10			-	40	50	한국농업기 술진흥원 농기계검정 기준
	충전능력	Hr	10			-	8	6	
	최소회전반경	m	7			-	5	4	
	주행속도	km/hr	7			-	7	7	
	등판능력	%	10			-	23(13도)	27(15도)	
2	장애물감지	m	10			-	7	5	
	로더인양하중	kg	10			-	700	750	
	히치인양하중	kg	10			-	200	250	
	전도하중	kg	10			-	1,200	1,500	
	PTO 출력	kg.m	10			-	12	15	
	작업기 탈착	sec	3			-	45	30	
	장착작업기	unit	3			-	3	5	

* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

* 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Traction Performance Evaluation of the Electric All-Wheel-Drive Tractor	Sensors	백승윤	21(14)	스위스	MDPI	SCI	22.01.20	1424-8220	100
2	Analysis of the Effect of Tillage Depth on the Working Performance of Tractor-Moldboard Plow System under Various Field Environments	Sensors	Yeon-Soo kim	22(7)	스위스	MDPI	SCI	22.04.02	1424-8220	100
3	Working Load Analysis of a 42 kW Class Agricultural Tractor According to Tillage Type and Gear Selection during Rotary Tillage Operation	agricultyure	Yeon-Soo Kim	13	스위스	MDPI	SCI	23.09.03	2077-0472	100
4	Prediction of Stress and Deformation Caused by Magnetic Attraction Force in Modulation Elements in a Magnetically Geared Machine Using Subdomain Modeling	machines	Manh-Dung Nguyen	11	스위스	MDPI	SCI	23.09.04	2075-1702	50
5	Performance Evaluation of a Virtual Test Model of the Frame-Type ROPS for Agricultural Tractors Using FEA	agricultyure	Ryu-Gap Lim	13	스위스	MDPI	SCI	23.10.15	2077-0472	50

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021동계학술대회	정희종	21.12.29	온라인	대한민국
2	2022년 춘계 학술대회	손모아	22.04.29	국립농업과학원 농업공학부 강당	대한민국

Article

Traction Performance Evaluation of the Electric All-Wheel-Drive Tractor

Seung-Yun Baek ¹, Seung-Min Baek ², Hyeon-Ho Jeon ³, Wan-Soo Kim ⁴, Yoon-Soo Kim ⁵,
Tae-Yong Sim ⁶, Kyu-Hong Choi ⁶, Soon-Jung Hong ⁷, Hyanggun Kim ⁸ and Yong-Joo Kim ^{9,10,*}

- ¹ Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea; seunghy07@naver.com (S.-Y.B.); baeksm10@naver.com (S.-M.B.); jeh556@naver.com (H.H.J.)
- ² Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea; seunghy07@naver.com
- ³ Convergence Agricultural Machinery Group, Korea Institute of Industrial Technology (KIITech), Gampu 34225, Korea; kimbh@kiit.ac.kr
- ⁴ Department of Artificial Intelligence, Sejong University, Seoul 50827, Korea; yoonsoo@sejong.ac.kr
- ⁵ Department of Smart Agriculture, Inje University, Seoung 50608, Korea; machy00@inje.ac.kr
- ⁶ Department of General Education, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54934, Korea; taeyong@knca.ac.kr
- ⁷ Department of Biomechanical Engineering, Sangju National University, Sangju 54479, Korea; khkim@snju.ac.kr
- ⁸ Correspondence: jhkim@kci.go.kr; Tel.: +82-42-821-6718

Abstract: This study aims to design, develop, and evaluate the traction performance of an electric all-wheel-drive (AWD) tractor based on the power transmission and electric systems. The power transmission system includes the electric motor, belt gear reducer, planetary gear reducer, and tires. The electric system consists of a battery pack and charging system. An engine generator and charger are installed for supply electric energy in emergency situations. The load measurement system consists of analog (current) and digital (battery voltage and rotational speed) of the electric motor components using a controller area network (CAN) bus. A traction test of the electric AWD tractor was performed using a test vehicle. The output torque of the tractor motor during the traction test was calculated using the current and torque curves provided by the motor manufacturer. The agricultural work performance is verified by comparing the torque and rpm (T-N) curve of the motor with the reduction ratio applied. The traction is calculated using torque and specifications of the wheel, and traction performance is evaluated using tractive efficiency (TE) and dynamic ratio (DR). The results suggest a direction for the improvement of the electric drive system in agricultural research by comparison with the conventional tractor through the analysis of the agricultural performance and traction performance of the electric AWD tractor.

Keywords: electric AWD tractor; traction performance; traction test; load measurement system



Citation: Baek, S.-Y.; Baek, S.-M.; Jeon, H.-H.; Kim, W.-S.; Kim, Y.-S.; Sim, T.-Y.; Choi, K.-H.; Hong, S.-J.; Kim, H.; Kim, Y.-J. Traction Performance Evaluation of the Electric All-Wheel-Drive Tractor. *Sensors* **2022**, *22*, 750. <https://doi.org/10.3390/s22070750>

Academic Editor: Yannis Angelopoulos

Received: 11 December 2021

Accepted: 19 January 2022

Published: 19 January 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

3. Conclusions

This study aimed to design, develop, and evaluate the traction performance of an electric AWD tractor based on the power transmission and electric systems. A load measurement system was employed to collect the data for traction performance evaluation during the traction test. The traction was calculated using torque that was measured using the load measurement system. Traction performance was evaluated using two metrics—TE and DR—of the electric AWD tractor. The TE was calculated using drawbar power and axle power, and the DR was calculated using net traction force and the weight of the tractor. The results indicate that the proposed electric AWD tractor demonstrates improved traction performance under high-load conditions, based on the output torque of the electric motor, TE, and DR. The TE of the electric AWD tractor was in the range of 0.60 to 0.80. The DR of the electric AWD tractor was in the range of 0.19 to 0.30. The traction performance of the electric AWD tractor was compared to that of a conventional tractor, as per the results of a previous study, and the range of slip was 0 to 15% considering the motor and conditions of the traction test. The average TE of the conventional tractor and electric AWD tractor were approximately 0.84 and 0.70, respectively, and the difference was around 0.14. The average DR of the conventional and electric AWD tractors were 0.77 and 0.22, respectively, and the tendency and difference were high. This result was due to the motor's self-protection algorithm. A low DR means that the output power got slight is insufficient; therefore, the power-limiting algorithm of the electric motor must be improved according to slip. In a future study, an improved motor control algorithm will be applied to allow the performance of actual agricultural operations, and the traction performance of AWD tractors in various conditions (i.e., soil environment, with different implements, etc.) will be evaluated.

Author Contributions: Conceptualization, S.-Y.B. and Y.-J.K.; methodology, S.-M.B., H.-H.J., and W.-S.K.; validation, T.-Y.S. and S.-M.B.; investigation, Y.-S.K., H.K. and K.-H.C.; data curation, S.-Y.B., H.-H.J.; writing—original draft preparation, S.-Y.B.; writing—review and editing, S.-Y.B. and Y.-J.K.; visualization, S.-Y.B.; supervision, Y.-J.K.; project administration, Y.-J.K.; funding acquisition, Y.-J.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2021044-00) and this research was also supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (11409-3).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Lee, D.H.; Choi, C.H.; Chung, S.O.; Kim, Y.J.; Inoue, H.; Okuyama, T. Evaluation of tractor fuel efficiency using dynamometer and fuel operation cycle. *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.* **2016**, *41*, 179–182. [\[CrossRef\]](#)
2. Chun, Y.; Kim, B.; Man, E. Electric Tractor Motor Drive Control Based on Fuzzy Logic. *Appl. Mech. Lett.* **2016**, *11*, 271–276. [\[CrossRef\]](#)
3. Lee, D.H.; Kim, Y.J.; Choi, C.H.; Chung, S.O.; Inoue, H.; Okuyama, T. Development of a parallel hybrid system for agricultural tractors. *J. Fac. Agric. Kyushu Univ.* **2007**, *42*, 137–144. [\[CrossRef\]](#)
4. Kang, B.; Pruthi, P.S.; Byun, J.; Supeno, D.; Chang, S.; Chek, W. Development of Super-capacitor Battery Charger System based on Photovoltaic Module for Agricultural Electric Carts. *J. Bioproc. Eng.* **2018**, *11*, 541–552.
5. Arsan, M.B.; Norouzi, A.L.; Sopian, K.; Abd Rahim, S.; Norman, K.; Ramdhan, K.; Soibak, D. Assessment of electric vehicle and photovoltaic integration for rural power. *J. Clean. Prod.* **2017**, *149*, 1345–1357. [\[CrossRef\]](#)
6. Mosada, G.P.; Mabeo-Garcia, M.A.; Barreiro, P. High voltage electrification of tractor and agricultural machinery—A review. *Energy Convers. Manag.* **2004**, *45*, 115–131. [\[CrossRef\]](#)
7. Ueda, Y.; Yamashita, J.; Sato, K.; Doi, Y. Study on the development of the electric tractor specifications and traveling and tilling performance of a prototype electric tractor. *Eng. Agric. Food* **2019**, *6*, 140–148. [\[CrossRef\]](#)

Article

Analysis of the Effect of Tillage Depth on the Working Performance of Tractor-Moldboard Plow System under Various Field Environments

Yoon-Soo Kim ¹, Sang-Dae Lee ², Seung-Min Baek ³, Seung-Yun Baek ⁴, Hyeon-Ho Jeon ⁵, Jun-Ho Lee ²,
Wan-Soo Kim ⁶, Jung-Yeal Shim ⁷ and Yong-Joo Kim ^{8,9,*}

- ¹ Smart Agricultural R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KIITech), Gampu 34225, Korea; kimbh@kiit.ac.kr (Y.-S.K.); shimyeal@kiit.ac.kr (J.-Y.S.)
- ² Department of Smart Agriculture Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea; baeksm10@naver.com (S.-M.B.); seunghy07@gmail.com (S.-Y.B.); jeh556@naver.com (H.-H.J.); shldh@111naver.com (J.-H.L.)
- ³ Department of Biosystems Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41961, Korea; seunghy07@naver.com
- ⁴ Agricultural Machinery Certification Team, Foundation of Agricultural Technology-Commerce and Innovation (FACI), Busan 48607, Korea; baeksm10@naver.com
- ⁵ Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
- ⁶ Correspondence: jhkim@kci.go.kr; Tel.: +82-42-821-6718

Abstract: The purpose of this study was to analyze the tillage depth effect on the tractor-moldboard plow system in various soil environments and tillage depths using a field load measurement system. A field load measurement system can measure the engine load, draft force, travel speed, wheel axle load, and tillage depth in real-time. In addition, measurement tests of soil properties in the soil layer were preceded to analyze the effect of field environments. The presented results show that moldboard plow at the same tillage depth had a wide range of influences on the tractor's working load and performance under various environments. As the draft force due to soil-towed interaction occurred in the range of 5.6–17.7 kN depending on the field environment, the overall mean engine torque and rear axle torque were up to 2.14 times and 1.67 times higher in hard and clayey soil, respectively, than in soft soil environments. In addition, the results showed tractive efficiency of 0.36–0.73 and were analyzed to have a lagging ability of 67.8% with a 14% maximum torque rise. The engine power requirements in hardpan was similar within 3.6–9.6%, but the power demand of the rear axle differed by up to 18.4%.

Keywords: tillage depth; soil properties; moldboard plow; field load measurement system; agricultural tractor



Citation: Kim, Y.-S.; Lee, S.-D.; Baek, S.-M.; Baek, S.-Y.; Jeon, H.-H.; Lee, J.-H.; Kim, W.-S.; Shim, J.-Y.; Kim, Y.-J. Analysis of the Effect of Tillage Depth on the Working Performance of Tractor-Moldboard Plow System under Various Field Environments. *Sensors* **2022**, *22*, 2750. <https://doi.org/10.3390/s22072750>

Academic Editor: Yannis Angelopoulos

Received: 4 March 2022

Accepted: 10 March 2022

Published: 1 April 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

3. Conclusions

1. The bulk density, cone index, and shear strength were increased by 1.25 times, 1.44–2.17 times, and 1.62–2.72 times, respectively, according to the field environment in the same soil layer. In addition, porosity decreased up to 0.73 times according to the field environment in the same soil layer. In particular, in the case of loam and clay loam, where the hardpan layer was distributed, it showed a tendency to change rapidly from a soil depth of approximately 12–13 cm. Therefore, the soil physical properties according to the target tillage depth should be considered the top priority in the performance evaluation process or field monitoring of agricultural machinery.
2. As a result of the field test, the travel speed decreased by 12.7–39.2%, and the slip ratio increased by up to 3.2 times according to tillage depth. Overall engine torque was up to 2.14 times higher in average engine torque in hard and cohesive soil environments compared to soft soil environments, and engine rotational speed was reduced by up to 0.74 times. In addition, the average rear wheel axle torque is up to 1.67 times higher.
3. From the tractor's point of view, even when plowing at the same tillage depth, clay showed the highest draft force, and it was confirmed that the tractor could withstand the maximum load, but excessive slip of more than 16% occurred. In addition, results showed that sandy loam and loam had relatively lower soil resistance than clay loam and had a margin of up torque increase, making it possible to plow even under higher gear stage conditions. For fuel efficiency, the tractor-implemented system in this study was analyzed to use a relatively high torque range at a moderate slip of 8–16% when plowing at a tillage depth of 16–20 cm in loam.
4. From the viewpoint of the tillage implement, if the target is a soil environment such as sandy loam or loam, it is judged that the working efficiency can be further increased by additionally increasing the tillage width or changing the geometry design that it can be operated at a deeper tillage depth. Alternatively, it is possible to comprehensively check whether the maximum load resistance occurs, which can serve as a basis for determining appropriate power machine matching.

The tractor-implement system performance evaluation method can be widely utilized to select an appropriate engine capacity and attached implement for agricultural tractors, optimal design, and gear selection of the tractor transmission system, decision support of the control system, and three-point hitch elevation control for soil adhesion of soil compaction, and so on. In addition, from the viewpoint of the attached implement, it will be possible to use it for research that can minimize the tillage force through geometry design. Based on this approach and utilization of the performance evaluation method, the optimal tractor-implement system matching and optimal design will be possible by predicting the working load according to the target soil environment.

Author Contributions: Conceptualization, Y.-S.K., S.-D.L. and Y.-J.K.; methodology, Y.-S.K. and W.-S.K.; software, S.-M.B. and S.-Y.B.; formal analysis, Y.-S.K. and W.-S.K.; investigation, Y.-J.K.; data curation, H.-H.J., J.-Y.S. and J.-H.L.; writing—original draft preparation, Y.-S.K.; writing—review and editing, Y.-S.K. and Y.-J.K.; supervision, Y.-J.K.; project administration, Y.-J.K.; funding acquisition, Y.-J.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2021044-00) and this research was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (2021044-00).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Article

Working Load Analysis of a 42 kW Class Agricultural Tractor According to Tillage Type and Gear Selection during Rotary Tillage Operation

Yoon-Seo Kim ¹, Bo-Min Bae ¹, Wan-Seo Kim ^{2,3}, Yong-Joo Kim ^{4,*}, Sang-Dae Lee ⁴ and Taek-Jin Kim ^{5,6}

- ¹ Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University, Miryang 50463, Republic of Korea; yskim2@pusan.ac.kr (Y.-S.K.); qbae@pusan.ac.kr (B.-M.B.)
- ² Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41360, Republic of Korea; wseokim@knu.ac.kr
- ³ Department of Biomechanics Machinery Engineering, Changjeon National University, Daejeon 34134, Republic of Korea
- ⁴ Smart Agricultural R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), Gimje 54125, Republic of Korea; yjkim@kitech.ac.kr
- ⁵ Department of Drive System Team, ITM R&D Center, Busan 48750, Republic of Korea
- ⁶ Correspondence: tjbkim@knu.ac.kr (T.-J.K.); taek.kim@knu.ac.kr (T.-J.K.); Tel.: +82-42-421-4714 (Y.-S.K.); +82-42-720-7733 (B.-M.B.)

Abstract: The objective of this study was to analyze the effect of tillage type (i.e., primary and secondary tillage) and gear selection (P11.2 to P11.4) on the working load of tractor–implement systems during rotary tillage. Soil properties change with depth, and differences in properties along the depth distribution, such as the location of fibrousness of the horsetail layer, internal friction angle, and moisture content, affect the load of rotary tillage operations. Therefore, the physical properties of soil along the field depth distribution were measured to analyze the effect of tillage type and gear selection on workload in rotary tillage. In addition, a load measurement system equipped with PTO torque meter, axle torque meter, proximity sensor, and RIK-GPS were configured on the 42 kW agricultural tractor. The experimental results show that the combination of tillage type and gear selection has a wide-ranging effect on the tractor’s workload and performance when the rotator operated at the same tilling depth. Overall working load was higher by up to 1.4% (engine) and 28.1% (PTO shaft) in primary tillage compared to secondary tillage when the gear selection was the same. When the tillage type is the same, it was analyzed that the overall average torque increased by up to 35.9% (engine) and 33.9% (PTO shaft) in P11.4 compared to P11.2 according to gear selection. Based on load analysis results, it was found that the effect of gear selection (Engines 1–14%, PTO: 12.1–28.6%) on engine and PTO loads was higher than that of tillage type (Engines 11.8–33.1%, PTO: 11.9–32.8%), and that power requirement tended to decrease in secondary tillage. Therefore, working load should be considered according to the soil environment and tillage type when designing agricultural machinery systems.

Keywords: working load; agricultural tractor; rotary tillage; soil property; tillage type

1. Introduction

In Korea, agricultural tractors have a working area of 18.9 ha per unit and an operation rate of 74.3%. Tractors not only simply pull attached implements, but also deliver the required power to drive attached implements through a power take-off (PTO) shaft [1]. In particular, agricultural power using PTO is mainly used for high-load agricultural work, such as powered disc plow, rotary, and loader operation. Because tractors are subjected to large and irregular working load fluctuations depending on the type of agricultural work performed, it is necessary to analyze the largest fluctuation load on the tractor to ensure reliability [2,3].

3. In the case of fuel efficiency, it was revealed that the effect of gear selection was greater than the effect of the tillage type. When working on loam field (soil water content of 17–20%, bulk density of 1571–1800 kg/m³, and cone index of 801–2065 kPa), the most suitable gear for reducing fuel consumption was found to be P11.4.
4. In addition, based on the power requirement results, from the perspective of the machine, when working on loamy soil with a tillage depth of 10 to 13 cm, 66.7–77% of the power generated by the engine was consumed by the PTO shaft. This shows that the force applied to the implements during rotary operation is greater than the traction load.
5. In the case of the power requirements, the power required on the same tillage type increased with increasing gear ratio. During secondary tillage, the overall power required decreased due to changes in key soil properties such as bulk density, cone index, and van der Waals force. Therefore, it was judged that design modification is necessary in order to have a wide working width, and that in some cases, rotary tillage will be possible at a deeper tillage depth or at a higher travel speed. It is expected that performance evaluation and optimal design of soil operation machinery in various working environments will be possible through similar field verification procedures in future studies.

Recently, various agricultural work environments have been defined, and virtual agricultural performance evaluation or load prediction simulation studies are being conducted through modeling. It is important to secure a database for the definition of agricultural work environments and load analysis. The results of this study are expected to be of use in future studies for designing loads in research on modeling and the verification of agricultural machinery systems such as soil–tool and soil–tire interaction during agricultural operation.

Author Contributions: Conceptualization, Y.-S.K. and T.-J.K.; methodology, Y.-S.K. and W.-S.K.; software, B.-M.B. and T.-J.K.; validation, Y.-S.K. and W.-S.K.; formal analysis, Y.-S.K. and W.-S.K.; investigation, Y.-S.K. and T.-J.K.; data curation, Y.-S.K. and B.-M.B.; writing—original draft preparation, Y.-S.K.; writing—review and editing, B.-M.B.; supervision, T.-J.K. and S.-D.L.; project administration, Y.-S.K. and T.-J.K.; funding acquisition, Y.-J.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through the Eco-Friendly Power Source Application Agricultural Machinery Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (22047-S), and it was also supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry (IPET) through the Technology Commercialization Support Program, funded by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (23054-000).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Data sharing not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Kim, W.S.; Kim, Y.J.; Park, S.U.; Hong, S.I.; Kim, Y.S. Evaluation of PTO Severeness for 78kW Class Tractor According to Disk Plow Tillage and Rotary Tillage. *J. Drive Control* **2019**, *14*, 23–31. [\[CrossRef\]](#)
2. Lim, S.; Kwon, H.; Kang, Y.; Lee, P.; Kim, E.; Kim, Y.; Kim, Y. Power Analysis of a 30kW Class Motor-Driven Multipurpose Walking-Type Transplanter. *J. Biomech. Eng.* **2018**, *44*, 138–143. [\[CrossRef\]](#)
3. Kim, Y.E.; Chung, S.O.; Park, S.J.; Choi, C.H. Analysis of Power Requirement of Agricultural Tractor by Major Field Operation. *J. Biomech. Eng.* **2011**, *36*, 29–48. [\[CrossRef\]](#)
4. Hui, K.H.; Kim, K.U.; Wu, Y.G. Severeness of Transmission Loads of Agricultural Tractor for Rotary Operations in Poorly Drained Paddy Field. *J. Biomech. Eng.* **1999**, *14*, 299–308.
5. Rapier, R.L. Force requirements and soil disruption of straight and bending subsoilers for conservation tillage systems. *Appl. Eng. Agric.* **2005**, *21*, 787–794. [\[CrossRef\]](#)



Citation: Kim, Y.S.; Bae, B.-M.; Kim, W.-S.; Kim, Y.J.; Lee, S.-D.; Kim, Y.-B. Working Load Analysis of a 42 kW Class Agricultural Tractor According to Tillage Type and Gear Selection during Rotary Tillage Operation. *Agriculture* **2023**, *13*, 1356. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081356>

Academic Editor: Jui-Hsiang
 Received: 29 June 2023
 Revised: 1 August 2023
 Accepted: 2 August 2023
 Published: 3 August 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Communication

Prediction of Stress and Deformation Caused by Magnetic Attraction Force in Modulation Elements in a Magnetically Geared Machine Using Subdomain Modeling

Manh-Dung Nguyen, Su-Min Kim, Jeong-In Lee, Hye-Seob Shin, Young-Kwon Lee, Hoon-Ki Lee, Kyung-Yun Shin, Yong-Joo Kim, Anb-Tuan Phung and Jang-Young Choi

- 1 Department of Electrical Engineering, Cheongnam National University, Daegu 700-749, Republic of Korea; nguyendung@cheon.ac.kr (M.-D.N.); smkim@cheon.ac.kr (S.-M.K.); jinlee@cheon.ac.kr (J.-I.L.); hshin@cheon.ac.kr (H.-S.S.); yklee@cheon.ac.kr (Y.-K.L.); hlee@cheon.ac.kr (H.-K.L.); kys@cheon.ac.kr (K.-Y.S.); yjkim@cheon.ac.kr (Y.-J.K.); atphung@cheon.ac.kr (A.-T.P.); jchoi@cheon.ac.kr (J.-Y.C.); project administration, J.-Y.C.; funding acquisition, J.-Y.C. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Abstract: This study presents an approach for calculating the stress and deformation increase in the modulation of magnetically geared machines using a mathematical method. An analytical method is employed to obtain the magnetic force-density acting on the modulation components. Afterward, the proposed mathematical method predicts the mechanical characteristics. The 9 slots/32 poles/19 modulation model was re-evaluated via a comparison with the finite element method simulation.

Keywords: magnetically geared machines; partial differential equations; subdomain modeling; analytical solution; FEM

1. Introduction

Currently, there are two approaches for addressing high-torque, low-speed applications. The first approach is a combination system of a gear and small-pole machines, which takes up more space. The second one entails using a large-pole-number machine that results in a complicated winding organization and increases the manufacturing cost. Both approaches have drawbacks. Hence, magnetically geared machines (MGMs) have become an increasingly attractive option for integrating permanent magnet synchronous machines (PMSMs) with magnetic gears into one structure. A comprehensive overview of the evolutions and various approaches to MGMs has been presented [1–3]. Four different winding organizations for MGMs were investigated in [4], in which the authors proposed a dual-structure machine that improved the torque and reduced the cogging torque. To obtain the air gap flux density, an analytical method was employed [5]. Performance analyses of double-rotor or double-stator MGMs were also carried out in [7–12], where the authors presented a novel “pseudo” machine whose architecture is similar to a magnetic gear, in which the outer rotor has attached a winding having the same pole pair with the inner rotor. Using a spoke-type magnet [13–15] was an alternative to surface-type magnets [16] in the Vernier structure. Through changing the shape of the inner permanent magnet and the magnetization of the outer permanent magnet, a new structure has high torque density and high mechanical properties [17–19]. Combinations of spoke-type and Halbach-type

Author Contributions: Conceptualization, M.-D.N.; methodology, M.-D.N., E.-H.S., Y.-J.K., A.-T.P. and J.-Y.C.; software, M.-D.N.; validation, M.-D.N.; formal analysis, M.-D.N.; investigation, M.-D.N.; resources, J.-Y.C.; data curation, M.-D.N.; writing—original draft preparation, M.-D.N.; writing—review and editing, S.-M.K., J.-I.L., J.-H.S., Y.-K.L., H.-K.L., K.-H.S., W.-J.K., A.-T.P. and J.-Y.C.; visualization, M.-D.N. and S.-M.K.; supervision, K.-H.S., Y.-J.K., A.-T.P. and J.-Y.C.; project administration, J.-Y.C.; funding acquisition, J.-Y.C. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Technology Commercialization Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) [2023H1-A1 and 122047-03].

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Appendix A

The following integrals are presented to shorten equations in Appendix B:

sin(α, β) = ∫_0^{α+β} sin(αθ) dθ = 1/α (cos(αβ) - cos(α(β + α))) (A1)

cos(α, β) = ∫_0^{α+β} cos(αθ) dθ = 1/α (sin(α(β + α)) - sin(αβ)) (A2)

∫ sin(kx, α, β) = ∫_0^{α+β} sin(αθ) cos(k(β - θ)) dθ = [1/2 (sin(αβ) - 1/2 (cos(α(β + 2β)) - cos(αβ))) + kπ = αβ - 1/2 (sin(αβ) - 1/2 (cos(α(β + 2β)) - cos(αβ))) + kπ ≠ αβ (A3)

∫ cos(kx, α, β) = ∫_0^{α+β} cos(αθ) cos(k(β - θ)) dθ = [1/2 (cos(αβ) + 1/2 (sin(α(β + 2β)) - sin(αβ))) + kπ = αβ - 1/2 (cos(αβ) + 1/2 (sin(α(β + 2β)) - sin(αβ))) + kπ ≠ αβ (A4)

F sin(α, β, γ) = ∫_0^{α+β} cos(k(β - θ)) cos(α(β - θ)) dθ = [1/2 (sin(αβ) - 1/2 (cos(α(β + 2β)) - cos(αβ))) + kπ = αβ - 1/2 (sin(αβ) - 1/2 (cos(α(β + 2β)) - cos(αβ))) + kπ ≠ αβ (A5)

Appendix B

From (1) to (8), vector potential in sub-domains can be rewritten as:

A_1^z = ∑_{n=1}^{∞} (A_n^z e^{α_n z} + B_n^z e^{-α_n z} + P_n sin(nθ_0)) sin(nθ) + (C_n^z e^{α_n z} + D_n^z e^{-α_n z} + P_n cos(nθ_0)) cos(nθ) (A6)

A_2^z = ∑_{n=1}^{∞} (A_n^z e^{α_n z} + B_n^z e^{-α_n z}) sin(nθ) + (C_n^z e^{α_n z} + D_n^z e^{-α_n z}) cos(nθ) (A7)



Citation: Nguyen, M.-D.; Kim, S.-M.; Lee, J.-I.; Shin, H.-S.; Lee, Y.-K.; Lee, H.-K.; Shin, K.-H.; Kim, Y.-J.; Phung, A.-T.; Choi, J.-Y. Prediction of Stress and Deformation Caused by Magnetic Attraction Force in Modulation Elements in a Magnetically Geared Machine Using Subdomain Modeling. Machines 2023, 11, 887. https://doi.org/10.3390/machines11090887

Academic Editor: Zoltan Huzar Received: 8 August 2023 Revised: 10 August 2023 Accepted: 1 September 2023 Published: 13 September 2023

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Machines 2023, 11, 887 https://doi.org/10.3390/machines11090887

https://www.mdpi.com/journal/machines

증빙. [과학적성과] 논문 4

Article

Performance Evaluation of a Virtual Test Model of the Frame-Type ROPS for Agricultural Tractors Using FEA

Rye-Gyo Lim, Wan-Seo Kim, Young-Woo Do, Md. Abu Ayub Siddique and Yong-Joo Kim

- 1 Department of Smart Agriculture, Korea Agricultural Technology Promotion Agency, Busan 4867, Republic of Korea; limr@kaptia.go.kr
- 2 Department of the Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu 700-701, Republic of Korea; wskim@knu.ac.kr (W.-S.K.); ydo@knu.ac.kr (Y.-W.D.)
- 3 Upland Field Machinery Research Center, Kyungpook National University, Daegu 71066, Republic of Korea
- 4 Department of Agricultural Machinery Engineering, Cheongnam National University, Daegu 700-749, Republic of Korea; ayub@cheon.ac.kr
- 5 Department of Biomechanical Machinery Engineering, Cheongnam National University, Daegu 700-749, Republic of Korea
- 6 Department of Smart Agriculture Systems, Cheongnam National University, Daegu 700-749, Republic of Korea
- Correspondence: jsyoo@cheon.ac.kr

Abstract: In this study, a model of the frame-type ROPS (roll-over protective structure) for an agricultural tractor was developed using FEA (finite element analysis). Various boundary conditions were applied as input variables to replace the actual test of the ROPS with a virtual test. An optimization study was carried out based on the boundary conditions of the body, considering the ROPS part directly mounted on the tractor and the folding connection to the ROPS. The results of the virtual test were compared with those of the actual test, and the error was determined. The maximum error of the evaluation model was 7.0% for the force applied on the load, and 9.8% for the corresponding ROPS deformation. All mounting bolts of the ROPS required modeling. In particular, we had to establish free boundary conditions for axial rotation to implement the folding connection. In addition, a simulation of the frame-type ROPS was conducted according to the mesh size. A convenient simulation time was obtained for a mesh size of 8–10 mm. Compared with the actual test, the accuracy was the highest with a mesh size of 8–10 mm.

Keywords: agricultural tractor; ROPS; virtual test; FEA

1. Introduction

According to a survey on agricultural machinery accidents in Korea, tractor accidents due to a lack of safety measures account for 16.1% of all farming accidents, and overturning and fall accidents account for 43.7% of all tractor accidents [1]. According to a fatal accident investigation by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan conducted in 2005, about 70% of tractor fatal accidents were caused by tractor tipping or falls. This may be related to the fact that, in Japan, the installation rate of rollover protection structure (ROPS) is 69%, and only 48% of these frames are certified ROPSs, ensuring the required performance [2]. In 2002, approximately 52% of fatal accidents during tractor operation in the United States were caused by tipping, and the ROPS installation rate was 58% [3]. In Portugal, over the past 10 years, tractor accidents accounted for 79% of all deaths caused by farming accidents, and 38.6% of these accidents were caused by the overturning; the application rate of the ROPS for tractors was only 4.1% [4]. In Korea, the installation rate of the ROPS is 80.1%, but 15.6% of the ROPSs are then removed due to the conditions of the working environment [5]. It thus appears that, in most countries, tractor accidents are often fatal, which makes crucial the installation of the tractor ROPS with certified safety performance [6–8].

implement full virtual testing as a replacement for actual testing through advanced research such as individual research on the physical properties of materials.

Author Contributions: Conceptualization, R.-G.L. and W.-J.K.; methodology, R.-G.L., Y.-W.D. and W.-S.K.; software, R.-G.L.; validation, R.-G.L. and W.-S.K.; formal analysis, R.-G.L. and W.-S.K.; investigation, R.-G.L., W.-S.K., Y.-W.D. and M.A.A.S.; data curation, R.-G.L.; writing—original draft preparation, R.-G.L., W.-S.K. and Y.-W.D.; writing—review and editing, R.-G.L., W.-S.K., Y.-W.D. and M.A.A.S.; supervision, R.-G.L. and Y.-J.K.; project administration, R.-G.L.; funding acquisition, R.-G.L. and W.-J.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Technology Commercialization Support Programs, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) [2023H1-A1 and 2023H1-A3].

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available within the article.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Rural Development Administration (RDA). Current Status of Damage for Farmers Related to Agricultural Machinery; RDA: Jeonju, Republic of Korea, 2019; pp. 20–26.
- Miyake, T. Survey on the accident caused by agricultural machinery and its protective equipment. In Proceedings of the Japan-Korea Joint Seminar on the Safety of Agricultural Machinery, Saitama, Japan, 10 October 2006.
- Kanaiwala, R.H.; Reynolds, S.J. Mortality and morbidity in agriculture in the United States. *J. Agric. Saf. Health* **2002**, *4*, 256–258. [CrossRef] [PubMed]
- Ashman, S.M.; Cordeiro, C.; Teixeira, H.M. Analysis of fatal accidents with tractors in the centre of Portugal: Ten years analysis. *Transport Sci. Int.* **2018**, *287*, 74–80. [CrossRef] [PubMed]
- Kim, H.J.; Kim, K.W.; Choi, S.; Kim, J.S.; Kim, Y.V.; Kim, J.O.; Kim, H.K.; Kwon, S.H. A Study on Improving the Tractor ROPS and Seatbelt use of Korean Farmers. *J. Biomech. Eng.* **2010**, *35*, 294–301. [CrossRef]
- Kim, J.H.; Hwang, S.J.; Nam, J.S. Simulation study on the safety of a tethering device of agricultural product collector. *J. Drive Control* **2022**, *20*, 42–49. [CrossRef]
- Lee, D.; Yoo, H.J.; Shim, M.; Oh, J.; Shin, S.B. Analysis of overturning stability of small off-road vehicle. *J. Biomech. Eng.* **2022**, *45*, 809–814. [CrossRef]
- Inghal, M.Z.; Islam, M.N.; Ali, M.; Kiraga, S.; Kim, W.J.; Chung, S.O. Theoretical overturning analysis of a 2.6×70 two-row walking-type automatic pepper transplanters. *J. Biomech. Eng.* **2022**, *47*, 79–81. [CrossRef]
- Lim, R.G.; Kang, Y.S.; Kim, Y.J. Measurement uncertainty calculation for improving test reliability of agricultural tractor ROPS test. *J. Drive Control* **2022**, *20*, 34–42. [CrossRef]
- Karalialah, S.S.; Williams, R. Agricultural tractor cabin safety analysis and test correlations. *Int. J. Automot. Sci. Technol.* **2002**, *4*, 1–9. [CrossRef]
- Blanco, D.; Martin, C.; Ortado, A. Virtual ROPS and ROPS testing on agricultural tractors according to OECD standard code 4 and 10. In Proceedings of the 14th International IS-EPVA Users Conference, Detroit, MI, USA, 12–14 June 2016.
- Falder, A.; Ward, S. Validation of a finite element program for the design of rollover protective framed structures (ROPS) for agricultural tractors. *Biomech. Eng.* **2002**, *41*, 287–296. [CrossRef]
- Hu, C.H.; Kim, H.J.; Gao, N.S.; Kwon, Y.D. Finite element analysis of an agricultural cabin based on the OECD standard (code 4). *J. Biomech. Eng.* **2003**, *28*, 433–436. [CrossRef]
- Kim, H.J.; Gao, N.S.; Kwon, Y.D.; Hu, C.H.; Jung, H.K. Structural analysis of an agricultural tractor cabin for OECD certification. In Proceedings of the Korean Society of Mechanical Engineers Autumn Conference, Jeju, Republic of Korea, 27–29 June 2001.
- Jung, H.; Lee, B. Optimal design of tractor cabin frame using design of experiment of Taguchi. *J. Korea Acad.-Ind. Coop. Soc.* **2003**, *10*, 7377–7384. [CrossRef]
- Woo, J.G.; Yoon, H.; Lee, H.A.; Chung, S.G.; Jeong, J.S. Simulation analysis on static safety of ROPS/nervous-hand hydrostatic transmission. *J. Drive Control* **2022**, *19*, 36–42. [CrossRef]
- Wu, Y.J.; An, Y.C.; Lee, K.H.; Park, J.H.; Lee, D.; Lee, C.M. Fatigue and severity analysis of drive axle parts according to fork-lift driving environment. *J. Drive Control* **2022**, *20*, 24–30. [CrossRef]
- Kumar, N.; Towati, V.K. Modification of reactive muffler in farm tractor to reduce noise level using finite element method. *J. Biomech. Eng.* **2022**, *45*, 165–177. [CrossRef]
- Lim, R.G.; Kang, Y.S.; Lee, S.H.; Kim, W.S.; Lee, J.H.; Kim, Y.J. Agricultural tractor roll-over protective structure (ROPS) test using simplified ROPS model. *Emerg. J. Agric. Sci.* **2023**, *61*, 773–783. [CrossRef]
- Agüero, D.J.; Karamanis, E.H.; Talle, M.; Talle, A. Enhanced non-linear material modelling for analysis and qualification of rollover protective structures. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D: J. Automot. Eng.* **2018**, *230*, 1308–1368. [CrossRef]



Citation: Lim, R.-G.; Kim, W.-S.; Do, Y.-W.; Siddique, M.A.A.; Kim, Y.-J. Performance Evaluation of a Virtual Test Model of the Frame-Type ROPS for Agricultural Tractors Using FEA. Agriculture 2023, 13, 2004. https://doi.org/10.3390/agriculture13102004

Academic Editor: Jon Ho Received: 14 September 2023 Revised: 12 October 2023 Accepted: 13 October 2023 Published: 13 October 2023

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Agriculture 2023, 13, 2004 https://doi.org/10.3390/agriculture13102004

https://www.mdpi.com/journal/agriculture

증빙. [과학적성과] 논문 5

견인시험 장치를 이용한 전기구동 AWD 플랫폼의 견인효율 및 견인계수 분석
Analysis of Tractive Efficiency and Traction Coefficient of the Electric AWD Platform using Traction Performance Test Device

정희중^{1*}
 Hui-Jung Chung¹

¹(주)한국트라이올 기술연구소
¹R&D center, Korea Triolite Co., Ltd., Gwangju 624817, Korea
 * E-mail : hjjung2029@naver.com

초록(Abstract)

본 연구는 전기구동 AWD 플랫폼의 견인성능을 평가하기 위해 수행되었다. 동력전달시스템은 전기 모터, 벨리얼 기어, 감속기, 유성 기어 감속기 및 풀로 구성되어 있으며, 배터리로부터 전기 에너지를 공급받아 구동된다. 부하 계측 시스템은 전후 센서 및 CAN (Control Area Network) bus를 기반으로 개발되었으며, 아날로그(전류) 및 디지털(모터 회전속도 및 배터리 전압) 데이터를 DAQ (Data acquisition)를 통해 실시간으로 기록하였다. 전기구동 AWD 플랫폼의 견인 시험은 견인시험 장치를 통해 수행되었으며, 이소달로 조건에서 플랫폼의 후방에 장치를 연결 후 견인 시 모터에 작용하는 부하를 계속하였다. 견인력은 토크와 모터의 출력 토크를 통해 계산하였으며, 모터의 출력 토크는 계측 데이터 및 모터의 T.N (Torque-rpm) 선도를 통해 추정하였다. 견인 성능은 견인효율과 견인계수를 통해 평가하였으며, 기존 트랙터의 견인 성능 지표를 통해 검증하였다. 본 연구 결과는 농업 분야에서 전기구동 AWD 플랫폼 설계 시 활용 가능할 것으로 판단된다. 향후에는 다양한 농작업 조건(포장, 작업기 등)에 따른 전기구동 AWD 플랫폼의 실드시험을 통해 농작업 성능 검증 관련 연구를 수행할 예정이다.

사사(Acknowledgement)

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농정식품과학기술기획지원의 기술사업화지원사업의 지원을 받아 연구되었음 (202014-03)

키워드(Keywords)

견인시험 장치, 전기구동 AWD 플랫폼, 견인효율, 견인계수

농업용 트랙터의 가변형 3점 hitch 유압 시뮬레이션 모델 개발
Development of Hydraulic Simulation Model for Variable Three-point Hitch of an Agricultural Tractor

손은아¹ 권현호² 박승민² 박승윤¹
 Mo-A Son¹ Hyeon-Ho Jeon² Seung-Min Park² Seung-Yun Park²
 이준호³ 김용주^{1,2,3*}
 Jun-Ho Lee³ Yong-Joo Kim^{1,2,3*}

¹충남대학교 농업기계공학과
 Department of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea
²충남대학교 스마트농업시스템학과
 Department of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University, Daejeon, Korea
³충남대학교 바이오시스템기계공학과
 Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea

초록(Abstract)

현재 트랙터에 사용하고 있는 3점 hitch는 작업에 맞추어 시 차용도가 낮고 조작성이 어려워 작업기 교환에 많은 시간이 소요되기 때문에 이를 개선하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 높이 및 폭 조절이 가능한 3점 hitch를 개발하기 위해 시뮬레이션 모델을 개발하였으며, 제작에 따른 시뮬레이션을 수행하였다. 유압 시스템 해석은 상용 소프트웨어인 AMESim (Ver.: 16, Imagine S. A. company, France)을 사용하였다. 가변형 3점 hitch 장치의 유압시스템 단물모형은 국내 중형 트랙터 이상의 트랙터에 사용하는 3점 hitch (Category-III) 의 제원을 참고하여 개발하였다. 유압 펌프의 회전 속도는 52.8 rpm@2,200rpm으로 설정하였으며, 농작업 조건을 반영하여 유압펌프의 회전속도는 일정하게 설정하였다. 유압 실린더의 피스톤 직경 및 스트로크 길이는 65, 115 mm로 설정하였으며, 3점 hitch에 작용하는 수직 하중을 구별하기 위해 90kg 적용이 가능한 실린더 모델을 활용하였다. 입력 신호 값은 작업기의 무게(800 kg)를 반영하여 지속적인 하중이 적용하도록 구성하였다. 3점 hitch 장치의 시뮬레이션 해석은 승강 및 하강 조건에서 각각 수행되었으며, 펌프의 모듈 유량 및 압력은 2 sec의 안정화 구간 이후 각각 27.2 MPa, 880 cc/s으로 나타났으며, 실린더 입력 유량 및 압력은 각각 25.0 MPa, 880 cc/s으로 나타났다. 유압 펌프의 입력량 평가 기준은 85% 이상의 효율을 가진 모델을 기준으로 시뮬레이션 모델은 이를 만족하는 것으로 나타났다. 이후 연구에서는 추가 실린더를 구성하여 가변형 3점 hitch 구동을 위한 연구를 수행할 예정이다.

키워드(Keywords)

농업용 트랙터, 가변형 3점 hitch, 유압 시스템, 시뮬레이션 모델

사사(Acknowledgement)

본 연구는 농림수산식품과학기술정책지원의 기술사업화지원사업(과제번호:202014-03) 지원으로 수행되었음.

*교신저자: 김용주(yjkim@nra.cnu.ac.kr)

증빙. [과학적성과] 학술회의발표 1

증빙. [과학적성과] 학술회의발표 2

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 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	트랙터용 3점 hitch장치	대한민국	충남대학교	19.02.28	제10-2019-0023664호	제10-202-3389호	(주)한국 쓰리축	21.12.15	제10-202-3389호	100	√
2	트랙구동장치	대한민국	(주)한국 쓰리축	22.09.30	제10-2022-0125620호	제10-255-9710호	(주)한국 쓰리축	23.07.21	제10-255-9710호	100	√
3	트랙구동장치가 구비된 이동 플랫폼	대한민국	(주)한국 쓰리축	22.09.30	제10-2022-0125642호	제10-255-9714호	(주)한국 쓰리축	23.07.21	제10-255-9714호	100	√
4	트랙구동장치가 구비된 이동 플랫폼을 이용한 농업용 주행장치	대한민국	(주)한국 쓰리축	22.09.30	제10-2022-0125658호	제10-255-9715호	(주)한국 쓰리축	23.07.21	제10-255-9715호	100	√
5	GPS 활용 발두둑 이동 제어 기술	대한민국	(주)한국 쓰리축	23.12.20	제10-2023-0186503호					100	√
6	ROI 제한 및 작물판단 및 회피	대한민국	(주)한국 쓰리축	23.12.20	제10-2023-0186513호					100	√

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√		√							
2	√		√							
3	√		√							
4	√		√							
5	√		√							
6	√		√							

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	농기계 검정	한국농업기술진흥원	기술지도검정	22-KOMP-434	2022.11.14	대한민국
2	농기계 검정	한국농업기술진흥원	기술지도검정	23-KOATNP-705	2024.01.26	대한민국

기술이전계약서

계약기술 : 국내등록특허 제10-2023389호
(트레이더용 3점 히체장치)



2021. 10. 29.

양도인 : 충남대학교 산학협력단 단장 정종욱
 양수인 : 주식회사 한국쓰리축 대표 유구현

발급번호 : 5-5-2021-06958 1800



특허등록원부

특허번호 제 2023389 호

【 권 리 관 】

표시번호	명	목	시	항
1번	출원인명	2021년 02월 26일	출원번호	2019-0022864
	과고인명	2019년 09월 27일	과고번호	-
	특허심판(심판)인명	2019년 08월 19일	특허심판의 결과	-
	발표일자	2019년 04월 15일	발표일자	2019년 04월 15일
	발표일자	2019년 04월 15일	발표일자	2019년 04월 15일
	특허권자명	2019년 04월 15일	특허권자명	2019년 04월 15일
	특허권자명	2019년 04월 15일	특허권자명	2019년 04월 15일

【 특허료란 】
제 21 - 03 년월 (2019.03.04 - 2022.09.16) 금액 42,500 원(분할납부) 2019년 03월 17일 납부

【 특허권자란 】

순위번호	명	목	시	항
1번	특허권자명	2021년 02월 26일	출원번호	2019-0022864
	과고인명	2019년 09월 27일	과고번호	-
	특허심판(심판)인명	2019년 08월 19일	특허심판의 결과	-
	발표일자	2019년 04월 15일	발표일자	2019년 04월 15일
	발표일자	2019년 04월 15일	발표일자	2019년 04월 15일
	특허권자명	2019년 04월 15일	특허권자명	2019년 04월 15일
	특허권자명	2019년 04월 15일	특허권자명	2019년 04월 15일

이 등본(등본)은 특허원부와 동일하게 효력을 증명합니다.
(제 00357340 호)

2021년 10월 29일

특 허 청

증빙. [기술적성과] 지식재산권 1

특허증

CERTIFICATE OF PATENT

특허 제 10-2559710 호

출원번호 제 10-2022-0125620 호
 출원일 2022년 09월 30일
 등록일 2023년 07월 21일

발명의 명칭 Title of the Invention
트랙구동장치

특허권자 Patentee
주식회사 한국쓰리축(200111-*****)
광주광역시 광산구 광동로913번길 6 (월전동)

발명자 Inventor
동북사립대학 김재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2023년 07월 21일

특허청장
COMMISSIONER
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

이 인 신

등록번호 10-2559710

5529 CPC의분류
B60L 1/00 (2019.02.08)
B60L 55/70 (2013.08.08)
B60L 55/72 (2013.08.08)
B60L 55/74 (2013.08.08)
B60L 55/76 (2013.08.08)
F16D 1/00 (2013.02.01)
H01F 2209/20 (2013.01.11)
H01F 2209/51 (2013.01.11)

이 발명을 위한 발명실용성평가서
 과제공유번호 154201907
 과제번호 2019-0022864
 부서명 농림축산식품부
 과제관리(선문)기관명 농림축산식품부
 연구자명 김재
 연구자명 1000 조영태, 김재, 김재, 김재, 김재, 김재, 김재, 김재, 김재, 김재
 개 개 출 1/1
 과제수행기관명 (주)한국쓰리축
 연구기간 2021.04.01 - 2023.12.31

증빙. [기술적성과] 지식재산권 2



등록번호: 10-2559714

(32) CPC특허분류

B60D 21/54	(2013.01)
B60D 65/70	(2013.01)
B60D 65/02	(2013.01)
B60D 65/04	(2013.01)
F16H 51/08	(2013.01)
B60Y 2300/22	(2013.01)
B60Y 2300/23	(2013.01)
B60Y 2300/91	(2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1543024907
과제번호	2019R1A5A1A01000001
부서명	국립중앙과학관
과제관리(원문)기관명	농림축산검역본부 국립중앙과학관
연구사업명	기술사업화지원
연구과제명	2019-프탈레인-3-일-에피옥시제일-구비된-3D프린팅-구조물-제작용-자동-제어장치-개발-및-산업화
기액율	3/3
과제수행기간명	(주)한국스리축
연구기간	2021.04.01 - 2023.12.31

증빙. [기술적성과] 지식재산권 3



등록번호: 10-2559715

(32) CPC특허분류

B60D 21/54	(2013.01)
B60D 65/70	(2013.01)
B60D 65/02	(2013.01)
B60D 65/04	(2013.01)
F16H 51/08	(2013.01)
B60Y 2300/22	(2013.01)
B60Y 2300/23	(2013.01)
B60Y 2300/91	(2013.01)

(58) 발명기술공표일명

과제고유번호	2019R1A5A1A01000001
과제번호	2019R1A5A1A01000001
부서명	국립중앙과학관
과제관리(원문)기관명	농림축산검역본부 국립중앙과학관
연구사업명	기술사업화지원
연구과제명	2019-프탈레인-3-일-에피옥시제일-구비된-3D프린팅-구조물-제작용-자동-제어장치-개발-및-산업화
기액율	3/3
과제수행기간명	(주)한국스리축
연구기간	2021.04.01 - 2023.12.31

증빙. [기술적성과] 지식재산권 4

공인생략
출원번호통지서

출원일자 2023.12.20
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2023-0186503 (접수번호 1-1-2023-1428775-92)
출원인명칭 주식회사 한국쓰리옥(1-2009-002228-0)
대리인명칭 이송환(9-2013-001988-2)
발명자명칭 정희종
발명희명칭 GPS 활용 밭두둑 이형 제어 기술

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허포털사이트(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수 일로부터 다음날까지 통정된 납입명수령에 상응, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고격번호 정보변경(명칭), 정정신고서)를 제출하여 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차제도에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고격상담센터☎ 1544-8080에 문의하여 주시기 바랍니다.
※ 심사제도 안내 : <https://www.patent.go.kr> 지식재산제도

【출원일자】 2022.12.21
【출원서류】 종부
【심사청구】 청구
【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】
【과제유형번호】 1545024907
【과제번호】 82101403289010
【부처명】 농림축산식품부
【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
【연구사업명】 기술사업화지원
【연구과제명】 PTO를 포함하는 3원 형지장치를 구비한 30k급 전동형 축산 작업기 개발 및 산업화
【기여율】 1/1
【과제수행기관명】 (주)한국쓰리옥
【연구기간】 2022.01.01 - 2022.12.31
【특지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
대리인 이송환 (서명 또는 인)
【수수료】
【출원료】 0 면 46,000 원
【가상출원료】 50 면 0 원
【우선권주장료】 1 건 18,000 원
【심사청구료】 5 항 421,000 원
59-2

증빙. [기술적성과] 지식재산권 5

공인생략
출원번호통지서

출원일자 2023.12.20
특기사항 심사청구(무) 공개신청(무)
출원번호 10-2023-0186513 (접수번호 1-1-2023-1428818-67)
출원인명칭 주식회사 한국쓰리옥(1-2009-002228-0)
대리인명칭 이송환(9-2013-001988-2)
발명자명칭 정희종
발명희명칭 PCR 재현 및 작동원리 및 회로

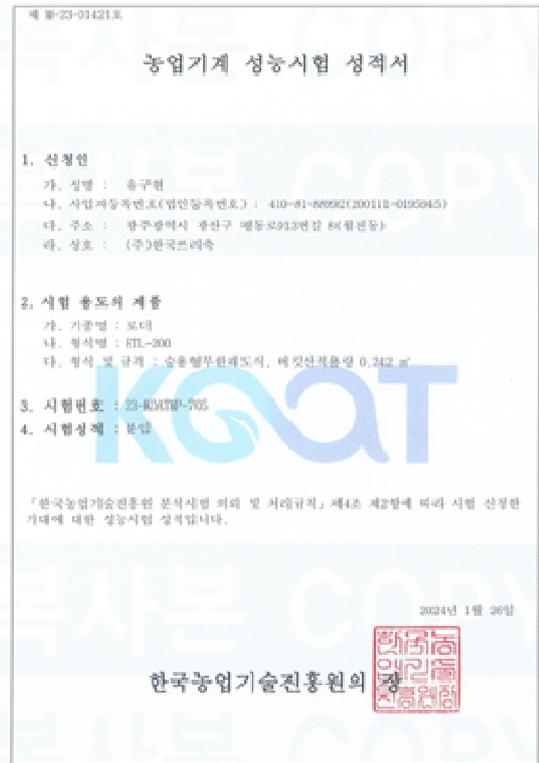
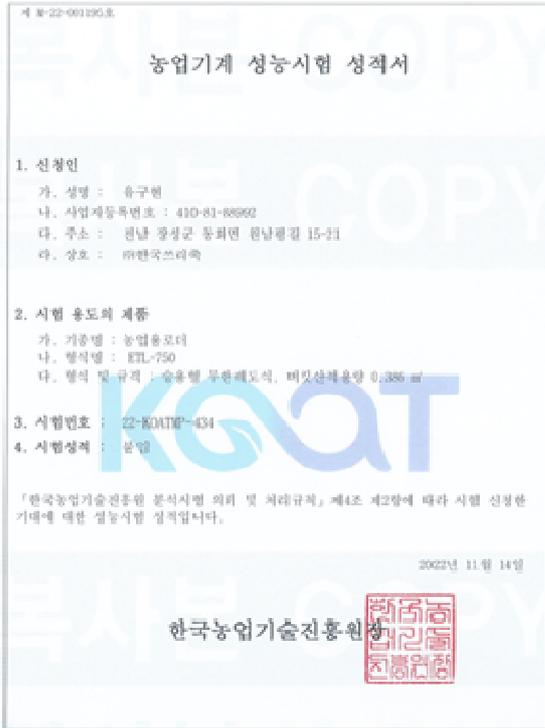
특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허포털사이트(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통정된 납입명수령에 상응, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고격번호 정보변경(명칭), 정정신고서)를 제출하여 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차제도에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고격상담센터☎ 1544-8080에 문의하여 주시기 바랍니다.
※ 심사제도 안내 : <https://www.patent.go.kr> 지식재산제도

【출원일자】 2022.12.21
【출원서류】 종부
【심사청구】 청구
【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】
【과제유형번호】 1545024907
【과제번호】 82101403289010
【부처명】 농림축산식품부
【과제관리(전문)기관명】 농림식품기술기획평가원
【연구사업명】 기술사업화지원
【연구과제명】 PTO를 포함하는 3원 형지장치를 구비한 30k급 전동형 축산 작업기 개발 및 산업화
【기여율】 1/1
【과제수행기관명】 (주)한국쓰리옥
【연구기간】 2022.01.01 - 2022.12.31
【특지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.
대리인 이송환 (서명 또는 인)
【수수료】
【출원료】 0 면 46,000 원
【가상출원료】 50 면 0 원
【우선권주장료】 1 건 18,000 원
【심사청구료】 4 항 370,000 원
65-2

증빙. [기술적성과] 지식재산권 6



증빙. [기술적성과] 기술인증 2

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	농용로더	2022.10.20	(주)한국쓰리축	(주)한국쓰리축	성능시험	1년	농업기술진흥원	2022.11.14

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	특허권 양도	트랙터용 3점 히치장치	(주)한국쓰리축	2021.12.15	30,000,000원	-
2	직접실시	트랙구동장치가 구비된 이동플랫폼을 활용한 농업용주행장치	(주)한국쓰리축	2023.07.21	-	-

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 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	자기실시		국내	전동캐도형 트랙플랫폼	전동형 트랙플랫폼	(주)한국쓰리축	51,513	-	2022	
2	자기실시		국내	트랙구동형 제초로봇	트랙구동형 동력제초작업기	(주)한국쓰리축	178,000	-	2023	

* 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)		
전동궤도형 트랙플랫폼	2022	12,450	-	51,513	세금계산서 발행
		19,500	-		세금계산서 발행
		19,563	-		세금계산서 발행
트랙구동형 제초로봇	2023	178,000	-	178,000	세금계산서 발행
합계		229,513	-	229,513	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2			
	소요예산(천원)	1,200,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		50,000	300,000	600,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	1.5	3
국외		-	-	-	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		다목적 무인형 측사관리 로봇 개발			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출	-	-	100,000	
		-	-	-	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2021년	2022년	2023년	
1	다목적측산작업기개발	(주)한국쓰리축	6	2	2	10
합계			6	2	2	10

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	-
		생산인력	-
	개발 후	연구인력	3
		생산인력	7

기술이전계약서

계약기술 : 국내등록특허 제10-2023389호
(크리틱용 3원 지지장치)



2021. 10. 29.

양도인 : **홍남대학교 산학협력단** 단장 **정종윤**
 양수인 : **주식회사 한국스리축** 대표 **유구현**

이체확인증

NH Bank

이체처리결과 관련 상세정보입니다. 연대시간 : 2021년 02월 27일 15시 29분 14초

이체구분	기업간단이체	이체일자/시간	2021/12/06 15:24:28
송금계좌번호	645-01-1****	송금금액	33,000,000 원
송금계좌명	(주)한국스리축	이체금액	33,000,000 원
송금명장 표시내용		이체수수료	0 원
입금은행	우리	CMIS수수료	
입금계좌번호	1005001339896	채권과	정상채권입/출입니다.
입금계좌명	홍남대학교 산학협력단	이체매달	
입금명장 표시내용	(주)한국스리축	CMIS 고정형 코드/ 기관코드&계좌번호	
보내본문 연차(연월)	010-525-95482	타행차권번호	011900589388



증빙. [경제적성과] 기술실시(이전) 1

■ 농림축산식품부(농기계사업 관리기관) [농기 제작업 실적] [4대3대3대3대 관리] (1쪽 중 1쪽)

기술실시 보고서			
		(단위 : 원)	
연구개발기관 명칭	사업명	기술사업화지원사업	[연구개발번호] 202104-03
	연구개발명	기술개발용 3원 지지장치를 구비한 30kg급 연동용 착안 작업기 개발 및 사업화	
	연구개발기관명	한국스리축	연구책임자 박희준 참여기관명 홍남대학교
	연구개발일	2021.04.01	연구기간 2021.04.01 ~ 2023.12.31 2년9개월
기술실시제약 요건 충족 여부	연구개발비	정부지원 연구개발비 기술개발연구개발비 기타 총	
		821,000,000 183,400,000 0 1,004,400,000	
	계약일(월/일)	계약 구상설계가 구비한 이후 출생물을 이용한 출생물 주형장치	
	계약일(월/일)	2023.07.29 실시일(월/일) 2023.07.21 ~ 2023.07.29	
기술실시제약 요건 충족 여부	기술실시 목적	목적달성 실적 달성 직접 실시	
	기술실시 방법	방법 실험구설계가 구비한 이후 출생물을 이용한 출생물 주형장치	
	기술실시 일자	번호 제 10-20230715호 일자 2023년 07월 21일	
	기술실시 기관	기관명 한국스리축 기관형태 중소기업	
기술실시 결과	주 소	발주업체 한국스리축 발주처명 대 로 차 유구현	
	사업자번호	410-881-88992 전화번호 061-390-8785	
	주 소(주소)	기술실시(실용) e-mail hnjung@ksee.com	
	상대 기술료	실용 기술료 기타 로잔	
기 술 목 표	실용(개발)일	실용(개발)금액 실용(개발)일 실용(개발)금액	
	계		

기타특기사항

1. 농림축산식품부(농기계사업 관리기관) 제20230715호에 따라 취득한 기술실시 내용을 보고합니다.

붙임 1. 해당 실적 목록 5부.
 2. 연구개발기관에서 사본 1부.

2023년 12월 20일

연구개발기관 **한국스리축** 외 대표

농림축산식품부(농기계사업 관리기관) 조서

증빙. [경제적성과] 기술실시(직접실시) 2

[사회적 성과]

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	축산작업기 산업화	농업진흥청 (농업공학부)	2023	개발기술사업화

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	석사학위	2023		1			1					1	

특성 PTO장치와 관련된 컴퓨터 농업용 트랙터 기술 고도화 및 자율화 기술 개발

활용 가능성 농촌진흥청 농업공학부

건의 분야 농업공학

○ 현황 및 필요성
- 축산업 환경에서 내연기관기관 작업기 사용시 발생하는 소음, 배연 등 실내 작업환경 악화 및 가축생장환경 개선을 위한 전동화 작업 기계화 필요

연도	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
예산	1,026	1,020	1,075	1,137	1,189	1,242	1,295	1,347	1,397	1,447
실적	1,037	823	648	523	424	389	367	357	356	354
잔액	421	823	823	823	823	823	823	823	823	823

제안 내용 요약

○ 특징

- 형식 : 전동형 무연레도식-0.22m³
- 제원
 - 외관(mm) : 3,500(L)×2,250(W)×2,000(H)
 - 무게(kg) : 1,330
 - 구동모터 : 3.5kW(2ea)
 - 인양하중 : 750kg
 - 배터리 용량 : 이튬이온 / 150AH X 4ea
- 주행구동동력 및 작업기 유압동력 공급을 위한 이원화 전동형 구동 시스템 설계
- 100% 전동화 설계에 의한 낮은 작업소음 및 초소형 기계크기에 의한 협소한 공간 작업가능
- 축사내부 작업환경에 적합한 외관 및 동력설계



○ 효과

- 전동화 통해 사용에 의한 연료비용 생선비 절감 효과
- 축산작업 전동화도, 소음, 배연, 탄소배출등 억제효과 향상

연구개발자 ㈜한국쓰리축 기술연구소 정태중
충남대학교 산학협력단 기술이전에 의한 개발기술업.

= 원본확인번호 : 94A11-395CB-C4DE-DCF57

제 2023 - 343981 호.

학 위 수 여 예 정 증 명 서

성 명 : 이승철
생년월일 : 1980년 11월 24일
대 학 원 : 대학원(석사)
학 과 : 농업기계공학과
전 공 : 생물생산기계공학
입학 년월일 : 2022년 03월 01일
수여예정년월일: 2024년 02월 23일
수여예정학위명: 공학석사

위의 사실을 증명합니다.

2023년 12월 19일

충남대학교 총장

*http://www.chonnam.ac.kr/portal/comp/94a11-395cb-c4de-dcf57
일부내용은 미포함한 다른 문서용입니다. (문서일련번호) 1958 0012

정책활용, 인력양성

□ 교육지도

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
1	축산작업기 기술설명		(주)한국쓰리축	1	8hr	10

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시참가	-	미래특장산업박람회	2023.05

교육지도확인서		보고서		
교육장소	주한국쓰리축 기술연구소 및 시계약업			<p>1. 일 시 : 2023년 05월 23일(화) ~ 25일(목), 3일간</p> <p>2. 장 소 : 김제 특장차인증센터(백구공단1길7)</p> <p>3. 출장자 : 정희중 부장, 이충열 차장, 윤진환 사원</p> <p>4. 내 용</p> <p>가. 제1회 미래특장차산업 박람회</p> <p>나. 국내 유일 특장차 집적화단지 구축에 따른 박람회 개최</p> <p>다. KOSCA 사단법인 한국특장차협회</p> <p>라. 특장차, 자율주행차, 특장농기계, 자동차부품전시</p> <p>마. 특장차 인증시설 및 시험장치 전시</p> <p>바. 특장차산업 발전 정책세미나</p> <p>사. 기업관심당, 수출 및 판매 상담 등</p> <p>아. 원시권련 사진자료</p>
교육내용	농업을 모더 시대를 선도시킬 기술설명회			
교육일시	2023. 11. 22. / 주석회사 한국쓰리축			
참석자	소 속	부 서	참석자	
	한국쓰리축	기술연구소	이충열 씨 4명	
	충남대학교	바이오시스템기계공학과	손모아 씨 3명	
	한국미래농업연구원	연구개발팀	홍수환 씨 1명	
교육지도확인서				
관동형 트랙터/농작물기	관동형 트랙터	관동형 트랙터 소개 및 기술개발 소개교육		
	기계의 성능	- 콤팩트인 동력실체 및 시달러이션 - 시체를 제작과정 및 기술의 특징 설명 주행 및 작업기 유망분야에 따른 설명 및 교육 - 원장 시체를 견학 및 세부 설계/구조내용 교육		
	및 트랙터	장착작위 3인 소개교육		
관동형 트랙터/농작물기	관동형 트랙터	라 콤팩트인 동력실체 및 설계교육		
	관동형 트랙터	CO2, O 등인장비를 활용한 기계 실시관 운전장비 확인 및 모니터링		
	관동형 트랙터	PPO 및 3인 비터장차 구동 성능 시험		
관동형 트랙터	제 어 기		기계안전장치 소개 및 구동시험	
교육증빙사진				
				
기대효과				
<p>기술개발 사업을 통해 특화된 특화기술 및 사업화 제품기술에 대한 홍보효과</p> <p>차후 사업화 기술 및 유망 관련기술 개발 데에의 활용가능</p> <p>본 교육은 농민혁신지원부 기술사업과 지원사업(PPO)을 포함하는 3년 비저장자를 부여한 관동형 축산작업기 개발 및 산업화(821014-31)의 사업 일환으로 실시한 기술소개 교육임.</p>				

교육지도 홍보실적

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

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

- 연구개발 성과 달성을 위한 기술[특허]이전 실시
 - 3점히치 관련 특허 이전 [충남대학교 산학협력단]
- 연구개발 일부성과발생에 따른 매출실적 발생
 - 농용 전동형케도플랫폼 개발 및 홍보효과에 의한 시제품 제작납품실적 발생
 - 사업화 매출 50,000천원

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 전동 및 유압구동 장치부 발열분석 및 냉각구조설계	○ 유압소요동력 분석에 따른 소요유량계산 및 부하에 따른 발열시뮬레이션 및 냉각시스템 제작 - 3.5hr 이상 연속사용시 오일발열로 인한 유압손실 발생현상	○ 98%
○ 작업하중 변화에 따른 기체 무게중심 안정화 요소설계	○ 전방 로더 및 작업기 장착하중을 고려한 기체 무게중심 설계를 통한 전도안정성 확보 - 로더 전도하중 목표 1,400kg중 1,100kg달성 - 기술수정 보완에 의한 복표달성 예정	○ 95%
○ 전후방 장애물 및 전도위험 경고 및 자체비상 정지 안정화	○ 영상정보 및 장애물 거리탐지에 의한 접근시 경고 및 근접시 강제정지시스템 구축	○ 100%
○ 수평 승강형 로더 작업 성능 분석 및 기능 안정화	○ 로더작업기 수평이동에 따른 기체 무게중심 변화시뮬레이션 실시 및 안정화 설계	○ 100%
○ 3점 히치장치의 효율적 작업기 장착 구조 설계 및 개선	○ 3점히치장치-부착작업기간 결합구조 개선에 의한 탈착시간 단축 및 작업안정성 확보	○ 100%
○ 3점히치 장치의 다목적 축산작업기 적용	○ 축산작업기용 장착작업기 개발 및 적용시험 - 사업화 기술개선 및 보완 필요	○ 95%
○ 가변형 3점히치 장치의 유압 제어 장치 개발	○ 유압동력인출 및 효율적 배분설계를 통한 외부작업기에 대한 안정적 동력공급성능 확보	○ 100%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

(1) 연구기반지표에의한 연구목표대비 미달현황

(가) 전도하중 1,400kg 목표대비 1,100kg로 95% 달성

- 로더 상승에 따른 기체의 무게중심 이동에 대한 미고려로 인한 성적 미달 발생
- 양산모델 구축시 해당기술 보완에 의한 사업화 추진 예정

(나) 연속주행거리 50km 목표대비 38km

- 농기계 검정기준에 의한 주행시험 미실시
→ 기체 완전방전에 의한 현장 정지시 재충전 방법 부재로 인한 배터리용량 안전범위내 수검
- 개발일정 지연에 의한 검사시점 불리
→ 24년 01월 시험검정으로 인한 저온 운전상태에서의 배터리 성능 저하 발생

2) 자체 보완활동

(1) 연구기반지표에의한 연구목표대비 미달현황

(가) 전도하중 안정화

- 로더암 상승높이를 고려한 무게중심 분배구조 개선
- 중소형 축산농가에서 집중적으로 사용되는 베일러 적재를 고려한 로더암 상승높이 재설정
- 양산모델 구축시 해당기술 보완에 의한 사업화 추진 예정

(나) 연속주행거리 50km 목표대비 38km

- 농기계 검정기준에 부합되는 검사 실시
→ 현장 비상충전 능력 확보 필요
- 배터리 성능 보장을 위한 동일제원에 의한 상온주행 및 저온 주행성능 비교분석
- 배터리 용량검토에 의한 기체 성능사양 조정

3) 연구개발 과정의 성실성

- 제시된 과제목표 달성을 위한 기술개발 노력
 - 정량 및 성능지표기준의 만족을 위한 기술개발활동

 - 개발기술에 대한 사업화 추진을 위한 노력
 - 사업기간내 사업화를 위한 연전시 참가 및 기술소개교육 인력양성등 다양한 활동 실시
 - 양산화제품의 기술신뢰도 및 내구성등 상품성 확보를 위한 차후 연구개발 과제추진을 위한 추가과제 도출
-

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 국내 농촌환경에 있어 노동력 감소 및 농가 경영성 증대 기여 가능
 - 직접적 투입노동력 감소효과 및 이로인한 고정비 지출감소효과를 통한 농가경영성 확보
 - 2ha면적 농가기준 3년내 손익분기도달을 위한 판매가격 양산개발 사양검토를 통한 지속가능성 확보

 - 연구개발성과의 기대효과
 - 농업의 경제성 확보
 - 농업용 로봇은 경제 성장에 따른 산업 구조의 변화와 농업 노동력 부족해결
 - 농업의 고부가가치화
 - 친환경 안전 농산물 생산에 대한 노동력 집중투입 작업인 제초/방제 작업의 로봇화에 의한 농가 경영성 향상에 기여

 - 농축산 로봇을 위한 기반 기술 확보
 - 전동화기술 기반의 향후 농축산 로봇에 필요한 센서, 액추에이터, 제어기술 개발을 통한 시너지 효과 기대
 - 기존 축산업기계 전문 기업의 로봇화 제품 출시를 위한 농업용 로봇 산업 기초기술 확보 및 활성화

 - 타산업과의 연계성을 통한 융복합화
 - 농업의 특성상 로봇기술 적용 시 작업환경이 불규칙하여 다양한 현실적 문제가 제기되는데, 이를 통해 군사, 안전, 서비스 로봇 등 타 로봇산업에서 필요한 원천기술 확보가능
 - 제초 로봇 활용을 통한 친환경 밭농업 농산물 생산 확대로 농가소득 확대 및 농업 창업 확대

 - 탄소중립정책의 적극적 대안
 - 기술 사업화를 위한 기존의 내연기관기반 로더 및 굴삭기의 대체를 통한 농업분야 발생 탄소중 내연기관에 의한 탄소발생 억제가능
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

가) 연구개발성과의 활용방안

(1) 주요 활용방안

- 가. 전동형 축산작업기의 설계 및 성능평가 기술의 특허/실용신안 등록 및 논문, 학술대회 발표 등의 학술적 활동
- 나. 개발제품의 플랫폼 및 완제품형태의 기술이전과 제품 양산화 기술개발
- 다. 기계기술 및 노하우의 기술이전 등을 통한 전동형 농작업기시장의 확장을 위한 협력업체 확보
- 라. 축산작업기의 전동 궤도형 로봇의 구동부를 활용하여 농업용 로봇등 응용 개발

(2) 기술개발 가능 수준

- 가. 주요부품 설계 및 개발
 - 실용화를 위한 시스템 및 패키지설계 및 상세 설계
 - 국내 축산업환경에 적합한 축산작업기의 개발경험을 바탕으로 응용작업기 기술 개발
- 나. 주요 부품 장착 기술
 - 농용 작업기분야 기술 표준화 정보 제공
 - 전동 궤도형 축산작업기의 시제품 개발 및 양산성을 고려한 실용화 기술 개발
- 다. 다양한 유사 축산작업 효율분석 및 통합 제어 시스템 개발 및 성능평가
 - 실내 및 포장 실험을 통한 작업성 및 사용자의 조작 편의성 분석 및 평가

(3) 기술개발의 산업화 및 실용화 가능성

- 가. 양산개발 전략방향
 - 기술개발 과제가 완료되는 시점에 맞추어 적용 및 양산 체제 구축
 - 국내외 실정 및 구매 경향에 적합한 편의성 및 보급형 제품에 초점을 둔 기술개발
 - 연구 추진 단계에서 최종 결과물의 실용화가 조기에 가능하도록 계획 수립
- 나. 제품 양산화 전략방향
 - 개발 : 전동 궤도형 축산작업기 (농업용 로더)
 - 등록 : 부품 또는 기술별 국내외 특허출원·등록
 - 판매 : 국내 판매를 통한 내수시장 활성화 및 해외 시장 진출을 통한 외화유치.
 - 정책 : 농업기계 공동이용 활성화 정책을 고려하여, 임대사업소 활용

나) 연구개발성과의 활용계획

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2024	2025	2026	2027	2028
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE		1			
	비SCIE			1		
특허출원	국내					
	국외					
특허등록	국내	2				
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사	1				
사업화	시제품개발	1				
	상품출시	1				
	기술이전					
	공정개발		1			
	매출액(단위 : 천원)		2,000	3,000		
	기술료(단위 : 천원)					

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 공통 요구자료	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 연구부정행위 예방 확인서
2.	1)
	2)

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	821014-03		
사업구분	기술사업화지원사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	기술사업화지원사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	PTO를 포함하는 3점히장치를 구비한 30kW급 전동형 축산작업기 개발 및 산업화			과제유형	개발
연구개발기관	주식회사 나국쓰리축			연구책임자	정희종
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	21.04~21.12	225,000,000	50,000,000	275,000,000
	2차년도	22.01~22.12	300,000,000	66,700,000	366,700,000
	3차년도	23.01~23.12	300,000,000	66,700,000	366,700,000
	4차년도				
	5차년도				
	계		825,000,000	183,400,000	1,008,400,000
참여기업	충남대학교 산학협력단				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

2. 평가일 : 2024. 05. 22

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)한국쓰리축	부장	정희종

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.

확약	정희종
----	-----

[별첨 1]

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

본 과제의 수행을 통한 기술성과는 축산업에 있어서 트랙터 및 로더, 굴삭기등 건설장비에 의존하지 않는 농작업기의 전동화 및 그 제어에 대한 기술과 부착작업기의 제어에 대한 기술개발에 있음. 이는 현행의 내연기관기반 동력기의 전도화 기술개발을 통해 탄소배출의 억제와 소음으로 인한 가축 스트레스 최소화등 환경기술의 발전은 물론 차후 무인화 기술의 개발에 대한 전동화 기초 기술 개발을 실시하였으며, 본 기술의 응용을 통해 다양한 축산업 환경에서의 사용이 가능할 것으로 판단됨.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

본 과제의 산물인 주행 플랫폼 및 전동화 제어기술은 스마트 농업분야에 있어 자율주행 및 자율작업등 높은 빈도로 사용되어지는 축산업분야의 바닥청소, 급이등 광범위한 사용이 가능하며, 이에따른 파생작업기의 개발이 용이하게 하는 기술임.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

본 과제에 의한 활용 가능한 기술은 축산업에 있어서 자율주행기술과 주변환경인식등을 통한 농작업기에 대한 제어 응용기술 개발에 대한 기술적용이 가능함.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

본 과제의 수행은 주관기관은 개발기술의 사업화를 위하여 각 분야의 다양한 기관 및 기업이 과제를 수행에 대한 기술지원을 실시하였으며, 시제품기술을 확보할 수 있었으며, 보다 인정적인 사업의 운영과 기술개발이 가능하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

본 과제의 수행을 위하여 제시되었던 정량성과목표 대비 성과목표의 달성비율이 매우 높은편이며, 특히 특허, 논문, 학술자료등 추후 사업화를 위한 지적재산의 확보 및 선행기술확보에 대한 노력이 적극적이었으며, 석사인력배출을 인력양성 및 양산준비를 위한 고용창출 및 매출을 극대화 하였음.

II. 연구목표 달성도

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계	2단계	계	가중치 (%)
			(2021년~2022년)	(2023년)		
전담기관	논문(SCI)	목표(단계별)	2	1	3	
		실적(누적)	2	3	5	
등록·기탁	논문평균 IF	목표(단계별)	2	1	3	5
		실적(누적)	7.152	3.576	10.728	
지표	학술발표	목표(단계별)	1	-	1	10
		실적(누적)	2	-	2	
지표	특허출원	목표(단계별)	3	-	3	5
		실적(누적)	3	2	5	
지표	특허등록	목표(단계별)	1	2	3	5
		실적(누적)	1	3	4	
연구개발과제 특성 반영 지표	기술실시(건)	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	1	1	2	
연구개발과제 특성 반영 지표	기술료	목표(단계별)	-	20,000	20,000	10
		실적(누적)	30,000	-	30,000	
연구개발과제 특성 반영 지표	제품화	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	1	1	2	
연구개발과제 특성 반영 지표	매출액	목표(단계별)	-	-	-	-
		실적(누적)	51,513	178,000	229,513	
연구개발과제 특성 반영 지표	고용창출	목표(단계별)	1	-	1	10
		실적(누적)	8	2	10	
연구개발과제 특성 반영 지표	기술인증	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	1	1	2	
연구개발과제 특성 반영 지표	교육지도	목표(단계별)	-	1	1	5
		실적(누적)	-	1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표	인력양성	목표(단계별)	-	1	1	5
		실적(누적)	-	1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표	정책활용	목표(단계별)	-	1	1	5
		실적(누적)	-	1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표	홍보전시	목표(단계별)	-	1	1	10
		실적(누적)	-	1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표	계	목표(단계별)	10	20,011	20,021	100
		실적(누적)	81,539	178,021	259,560	

성과지표명		단계	최종 목표	달성 현황	가중치 (%)	달성도 (%)	자체 평가	
전담기관 등록 기탁 지표	특허출원		3	5	5	100	목표대비 달성율이 매우 높음 연구과제수행에 있어 성행기술의 보호를 위한 지적재산의 확보노력을 매우 적극적으로 수행하였음.	
	특허등록		3	4	5	100		
	기술실시 (건)		1	2	10	100	본 과제의 수행에 의한 직접실시 1건 사업화를 위한 기술이전 1건등 사업화 추진을 위한 기술 및 지적재산의 확보에 노력함.	
	기술료	20,000	30,000	10	100	100	공공기관 기술이전 및 주관기관의 직접실시에 의한 기술료 발생	
	기술인증		1	1	10	100	농기계기술지도검정	
	제품화		1	2	10	100	동력제초기 1개기종에 대한 사업화모델 성능평가 및 제품등록 진행중	
	매출액	-	229513	-	100	100	추가달성	
	고용창출		1	10	10	100	원활한 연구개발사업화를 위한 인력의 확보노력에 의한 인력충원 및 양성실시	
	정책활용		1	1	5	100	농업용 로봇의 성능평가기준, 제품등록기준, 농기계 시장진출을 위한 준비 및 협의사항에 대한 건의	
	홍보전시		1	1	10	100	농기자재박람회 기체전시 및 소개홍보 김제시 관계자 기체시연 및 기술소개 사업화를 위한 준비단계에 있어 필수적으로 필요한 유관기관 및 수요자의 인식기반확보에 노력함	
연구개발과제 특성 반영 지표	논문 (SCI)		3	5	-	100	연구내용의 학술적 홍보 특히 이외의 선행기술 확보노력 다양한 형태의 과제연구를 통한 학술적 산물이 제시되어짐	
	논문 (비SCI)				-			
	논문평균 IF		3	3.576	5	100		
	학술발표		1	2	10	100		
	교육지도		1	1	5	100		기업의 개발기술 및 기관의 보유기술에 대한 상호기술교류 및 교육을 통한 선진 및 산업화 기술의 접목에 의한 교육실시
	인력양성		1	1	5	100		석사급 인력 2명의 양성을 통한 전문 연구인력 확보를 위한 인력양성
계				100	100			

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 과제의 수행을 통해 전동형 궤도플랫폼을 활용한 축산작업기 개발을 실시하였으며, 특히, 논문, 학술대회등 선행적 지적재산의 확보에도 최선을 다함. 또한 과제의 종료와 동시에 사업화를 위해 유관기관과의 기술이전계약을 통해 본 기술에 의한 사업화를 위한 기술보호장치 및 선행기술의 확보에 노력하였으며, 농기가재 박람회, 유관기관 기술소개 시연등 다양한 형태로 사업화를 위한 노력을 실시하였음.

또한, 개발기술의 사업화를 위한 단위기술, 전체기술등 사업화매출을 발생시킴으로써 적극적인 사업화 활동을 통해 사업기간에 매출발생등 상용화에 중점을 둔 기술개발을 실시함.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 과제의 수행을 통해 전동형 축산작업기의 사업화를 시도하였으나 일부기능의 구현에 대한 문제발생으로 사업기간외 자체적인 개발 활동을 통한 세부 성능 개선 및 제품화 인증등 부수적인 추가 과업이 도출되었으며, 최종적인 사업화를 위하여 추가 기술개발 소요에 대한 개술개발활동이 필요함

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 과제의 수행을 통해 얻은 기술 및 제품은 사업화를 위해 노력중임. 현재 일부 기관 및 단체에서의 시범운용 및 공동 실증사업을 위한 준비 및 협의를 진행중에 있으며, 개발기술에 대한 시장진출을 위하여 주관기관이 사업화를 위한 최선의 노력을 다하고 있음,

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	
연구과제명	PTO를 포함하는 3점히장치를 구비한 30kW급 전동형 축산작업기 개발 및 산업화			
주관연구개발기관	주식회사 한국쓰리축		주관연구책임자	정 희 중
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	825,000,000	183,400,000		1,008,400,000
연구개발기간	2021. 04.01 ~ 2023.12.31			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(직접사업화) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 국내 축산농업환경에 적합한 축산작업기 개발	전동화 트랙플랫폼을 활용한 농업용 로우더 제작 기본기술 확보
② 유압식PTO를 구비한 히치장치 개발	기술개발을 통해 히치형PTO 작업기 제품화 기술 개발 및 성능 확보
③ 작업환경 개선을 위한 안전제어기술개발	영상정보기반 작업환경 인식 및 장애물 경고 및 기체 제어기술확보

3. 연구목표 대비 성과

(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 (타연구 활용액) (백만원)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문	비 S C I			논 문 평 균 - F	학 술 발 표	
	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	5	5		10	10	10			10		10			5	10	5	5	10	
최종 목표	3	3		1	20	1	-		1		1	3		3	1	1	1	1	
당해 년도	목표	-	2		1	20	1	-		2	1	1		1	-	1	1	1	
	실적	5	4		2	30	2	230		10	2	5		10	2	1	1	1	
달성률 (%)	100	100		100	100	100	100		100		100			100	100	100	100	100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	전동형 트랙플랫폼 제작기술 - 궤도장치, 바디프레임등 서브 파트화 시리계 및 제작기술에 의한 중소형 전동화 트랙구동장비에 대한 다기능 기술적용 가능
②	독립유압제어시스템 - 전기동력 사용의 장시간 사용제한에 의한 단점보완을 위한 주행 및 작업동력 분리 및 독립형 유압제어기술 - 다양한 작업기 확장가능 - 4hr 이상의 연속 시용시간 확보
③	안전제어기술 - 영상정보기반 장애물 인식기술 및 이를 통한 능동적 기체 제어기술 확보 - CAN2.0 통신규격기반 기체제어에 의한 무인화등 다양한 기술확장성 확보

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술				○			○			
②의 기술		○				○				
③의 기술		○				○				

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	응용제품 개발기술확보 - 전동형 궤도플랫폼을 활용하는 중소형 농작업기 개발기술 확보 ex) 법면 제초기, 소형 입승식 로우더, 무인화 축사관리 작업기등 - 멀티플랫폼 기술개발시 중소형 다양한 응용제품기술의 개발 및 시장확보가 가능할 것으로 판단되어짐.
②의 기술	독립유압제어기술은 작업본기의 전기에너지에 대한 효율적인 사용방안으로 기존의 전동+유압식 작업기에 대한 기술적용을 통해 다양한 형태의 사용시간 연장기술 개발이 가능하며, 1의 기술과 병행하여 상용화 기술의 개발이 요구됨,
③의 기술	안전제어기술 - 무인화 로봇등 작업기 활용시 문제시 되어지는 안전제어에 대한 기술적 대응 가능 - 추후 영상정보 확장에 의한 관제제어, 축사내 맵핑기술 개발을 통한 주행안전 및 작업효율 향상 기술 확보가 가능할 것으로 판단됨

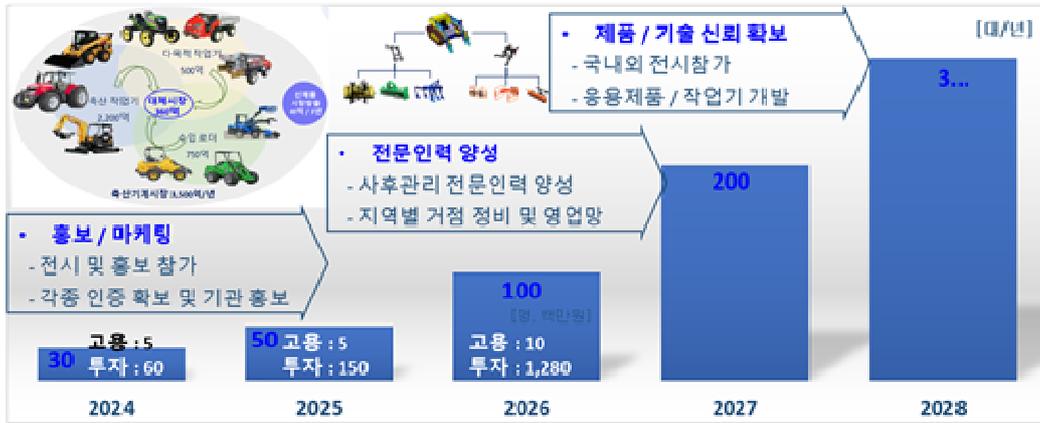


그림 162 사업화 연차별 추진계획

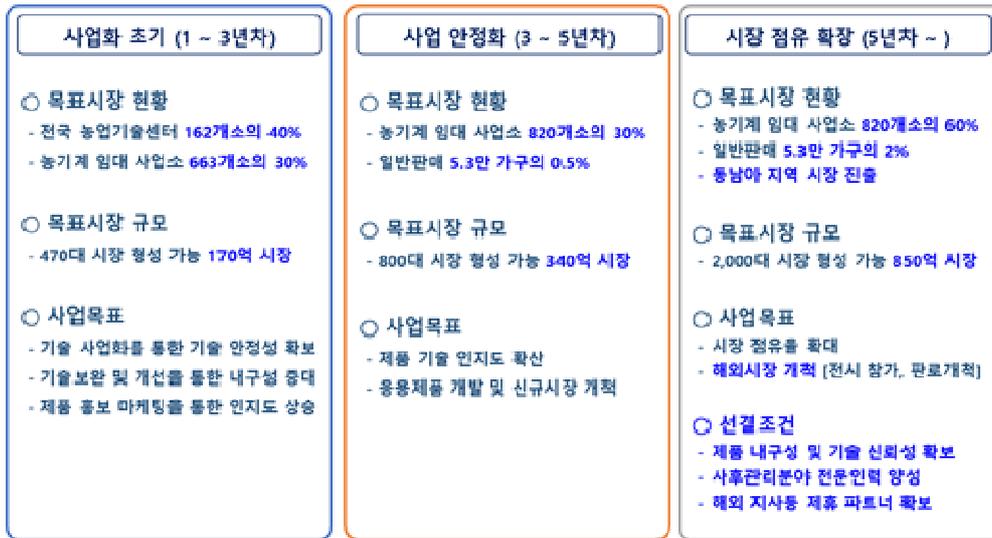


그림 163 단계별 시장진출계획

투자계획				생산계획				
(단위: 백만원, 명)								
항 목	2024	2025	2026	구 분	2024	2025	2026	
고 용 창 출	5	5	10	국 내	시장점유율(%)	0.1	0.2	1
설 비 투 자	60	150	280		판매단가(백만원)	55	52.5	50
토지 / 건축물	-	-	1,000		판매량(단위:unit)	30	50	100
합 계	5 / 60	5 / 150	10 / 1,280	국내매출액(백만원)	1,650	2,625	5,000	
				해 외	시장점유율(%)			
					판매량(단위:unit)			10
					판매단가(\$)			62,000
				해외매출액(백만\$)			0.62	
				생 산 능 력	50대 / 년	80대 / 년	150대 / 년	

그림 164 연차별 생산 및 투자계획

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 (타연구 활용액) (명)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
													SCI	비 SCI						
단위	건	건	건	평 균 건 수	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건			
가중치		10																		
최종목표		2										1						1		
연구기간내 달성실적																				
연구종료후 성과창출 계획		2										1						1		

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

[별첨 2]

(23쪽 중 22쪽)

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 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)

연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	<input type="radio"/>	
	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	<input type="radio"/>	
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	<input type="radio"/>	
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	<input type="radio"/>	
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	<input type="radio"/>	
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	<input type="radio"/>	
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	<input type="radio"/>	
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	<input type="radio"/>	
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	<input type="radio"/>	
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	<input type="radio"/>	
부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	<input type="radio"/>	
	12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	<input type="radio"/>	
	13	저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	<input type="radio"/>	
부당한 중복 게재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	<input type="radio"/>	
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	<input type="radio"/>	
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	<input type="radio"/>	

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인 될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2023. 12. 31.

기관명 : 주식회사 한국쓰리축

점검자 : 정 희 종



농림식품기술기획평가원장 귀하

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

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업 PTO를 포함하는 3점 히치장치를 구비한 30kW급 전동형 축산 작업기 개발 및 산업화연구개발과제 최종 보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 기술사업화지원사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

