

3	<div data-bbox="300 224 408 320" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 11-1543 000-001 956-01 </div>	4cm			<div data-bbox="707 230 970 313" style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 발간등록번호 11-1543000-001956-01 </div>
cm					
	친환경				
	시설하우스용				
	전기구동				
	이식기				
	개발				
	최종보고서				
	(견고닥 14p)				
	2017				
	(견고닥 13p)				
	농림축산식품부				
	(견고닥 17p)				
	(견고닥 25p)				
3cm					

발간등록번호
11-1543000-001956-01

(견고닥31p) 5cm

친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발
최종보고서

(0.1cm)

2017. 11. 09.

0.15cm (견고닥15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 충남대학교
참여기관 / 동양물산기업 2cm
네스트아이앤씨

(백색바탕)

농림축산식품부

(견고닥 20p)

※ 최종보고서 표지 작성시 과제명이 길 경우 글씨 크기 변경 가능

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발"(개발기간 : 2014. 09. 25. ~ 2017. 09. 24.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 11. 07.

주관연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자) 김 영 국

협동연구기관명 : 동양물산기업 (대표자) 김 회 용

협동연구기관명 : 네스트아이앤씨 (대표자) 조 현 진



주관연구책임자 : 김 용 주

협동연구책임자 : 소 진 환

협동연구책임자 : 신 석 훈

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발”(개발기간 : 2014. 09. 25. ~ 2017. 09. 24.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 11. 07.

주관연구기관명 : 충남대학교 산학협력단 (대표자) 김 영 국 (인)

협동연구기관명 : 동양물산기업 (대표자) 김 희 용 (인)

협동연구기관명 : 네스트아이앤씨 (대표자) 조 현 진 (인)

주관연구책임자 : 김 용 주

협동연구책임자 : 소 진 환

협동연구책임자 : 신 석 훈

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

〈 요약서 〉

<p style="text-align: center;">연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구 최종 목표 : 친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구는 모터 구동 방식의 친환경 동력 이식기를 개발하여 시설하우스에서 발생하는 소음, 공해 문제를 해결하는 동시에 동력 이식기 사용에 따른 이식 작업성 및 생산성을 높임으로써 농가 소득 및 생산성을 높이고자 함. * 주요 수출 시장 : 국내, 아시아(중국) 및 유럽 시장 * 제품 판매 방법 : 협동 기관인 동양물산기업의 국내외 판매망 활용
<p style="text-align: center;">연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 엔진 구동 이식기의 엔진, 연료통 주행부 변속기, 식부부 변속기 등을 제거한 후 주행부와 식부부에 각각 정격 출력 1 kW 급 모터 총 2개, 2.9 kW급 배터리 2개, 감속기 등을 이용하여 전기 구동 시스템을 구성함. ○ 전기 이식기의 모터 구동 시스템을 구성하는 각 단품에 대하여 고온, 저온, 내습 등 내환경성 시험을 수행하여 본 제품의 신뢰성 확보하였음. ○ 개발된 전기 이식기의 포장시험 테스트, 공인기관 입회하에 성능 평가 시험 등을 통하여 실용 및 제품화 가능성을 확인함. ○ 성능 평가 결과, 기존 엔진 구동 이식기에 비하여 포장작업능률은 약 6% 높고 연속 작업 시간은 6시간으로 나타났음. 또한 전기 이식기의 안정성 및 조작 난이도 시험 결과, 특이사항 없었음. 특히 매연과 소음이 없어 시설하우스 농가에서 사용하기에 적합할 것으로 판단됨.
<p style="text-align: center;">연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 특허 출원 및 등록 10건, 국내외 학술대회 9건, SCI 논문 1건, 비 SCI 논문 4건, 기술이전 2건, 인력 양성(학사 2명, 박사 1명), 교육지도 1건, 정책활용 1건, 홍보전시 2건, 전시회 참가 2건, 기타활용 2건, 제품화 1건 수행함. ○ 전기 이식기 제품 산업화를 위하여 다양한 전시회 출품 및 학회 발행분에 홍보 수행함. ○ 전기 농업기계의 기반 기술로써의 활용이 가능하며, 원천 기술 확보를 통한 전기 농업기계 관련 국내 자체 기술 개발의 활성화 도모 가능함. ○ 친환경 고효율 제품으로써, 정부 지원 등 다양한 장점을 통하여 농가에 저가로 공급함으로써, 국내 밭작업 기계화율 상승 및 농가 생산성 증대 효과에 기여함. ○ 추후 전기 농업기계 개발 시 본 연구에서 개발한 전기 구동 시스템은 관리

	<p>기, 정식기, 이앙기, UTV 등 다양한 소형 농업기계에 적용이 쉬울 것으로 판단되며, 일부 농업기계는 적용 기술의 경우 유사성이 매우 높아 개발 기간과 소요되는 비용의 감축이 가능할 것으로 판단됨.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 전기 이식기가 추후에 제품화를 통하여 판매 시 작업자 및 국내 작업 조건에 따라 이식기의 불편 사항, 개선 사항 등의 설문 조사를 통하여, 제품을 지속적으로 개선하여 전기 구동 농업기계의 국내 적용, 해외 수출, 국가 경쟁력 제고 등에 이바지 할 예정 ○ 전기 이식기 제품화 및 홍보를 지속적으로 수행하여 친환경 농업기계 개발을 활성화 하고 국내 농업기계 수준 및 해외에서의 국내 농업기계에 대한 인지도 향상 효과를 발생시킬 수 있음. ○ 해외 시장에서 국내 농업기계의 경쟁력 확보, 수출 규모 확대, 농기계 산업의 고부가가치화 구현이 가능함. 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>친환경</p>	<p>이식기</p>	<p>모터 구동</p>	<p>제어기</p>	<p>시설하우스</p>

< SUMMARY >

<p style="text-align: center;">Purpose& Contents</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Objective of the study : Development of Eco-friendly Electric Transplanter in Greenhouse - Considering the noise and air pollution problems in the greenhouse, the research work is emphasized to develop an electric motors driven eco-friendly transplanter which increases the working efficiency and productivity. * Major export markets: Domestic, Asia (China) and European Market * How to sell products : Utilizing sales network of Tongyang Mollsan Corporation
<p style="text-align: center;">Results</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ From the existing transplanter, the engine, fuel tank, drive transmission parts, plant transmission parts and so on are replaced by the two rated power 1 kW motors, two 2.9 kW batteries, and a reducer in the driving and the planting parts. ○ The reliability of the electric transplanter is ensured by performing in numerical environmental resistances like high temperature, low temperature and humidity for each individual component making up the motor drive system of the electric exchanger. ○ The developed electric transplanter was performed for pavement and performance test in the presence of accredited organization to confirm practicality and commercialization possibility. ○ According to the performance test, the packaging efficiency was almost 6% higher and the continuous working time was 6 hours. It was revealed that it is very easy to operate the electric transplanter. Most notable things that though there is no smoke and noise, it is suitable for the greenhouse cultivation.
<p style="text-align: center;">Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 10 domestic and international patent applications and registration, 9 domestic and international conferences, 1 SCI dissertation, 4 non-SCI dissertation, 2 technology transfer, 2 human resource training (2 bachelor, 1 doctor) 2 exhibitions of public relations, 2 exhibitions, 2 other applications, 1 commercialization.

- For the industrialization of electric transplanter, various exhibitions were exhibited and publicity was carried out in the publications.
- It is possible to utilize it as the base technology of electric farming machine and it is possible to activate as a domestic technology development of electric farming machinery by securing source technology.
- As an eco-friendly high-efficiency product, it provides low price to farmers with various advantages such as government support, contribute to increase rate of domestic field work mechanization, and increase productivity of farmhouse.
- In the near future development of electric agricultural machinery, the electric drive system developed in this study is considered to be applicable in various small agricultural machines such as management machine, rice-planting machine, UTV, and some agricultural machines are very similar in application technology. It can help to reduce production costs.
- In the future, the commercialized electric transplanter will be continuously improved the product through surveys such as inconveniences and improvements according to the farmers and the domestic working conditions during sales, to contribute to the domestic application of the electric driven agricultural machine, export to overseas.
- It is possible to promote the development of eco-friendly agricultural machinery by continuing to commercialize and promote electric transplanter, and to raise awareness of domestic agricultural machinery in foreign countries.
- In the overseas market, it would be able to secure competitiveness of domestic agricultural machinery, expand export scales, and realize high added value of agricultural machinery industry.

Keywords	Eco-friendly	Transplanter	Motor driving	Controller	Green house
----------	--------------	--------------	---------------	------------	-------------

< CONTENTS >

Chapter 1	Introduction	1
Section 1	Research background	1
Section 2	Research purpose and objectives	13
Chapter 2	Present status of technology developments	17
Section 1	Statuses of technology developments in domestic and foreign	17
Section 2	Statuses of registered patents	37
Chapter 3	Research methods and results	43
Section 1	Design of a electric transplanter	43
Section 2	Development of a electric transplanter	104
Section 3	Performance evaluation of a electric transplanter	155
Section 4	Achievements of research	242
Chapter 4	Achievements of goals and contributions	292
Section 1	Objectives and goals	292
Section 2	Contributions of related fields	321
Chapter 5	Application plan of research results	324
Section 1	Plan of industrialization and technology applications	324
Section 2	Plan of intellectual property rights ensuring	335
Section 3	Applications to other areas and necessity of further works	337
Chapter 6	Technical information related to this study	339
Section 1	Related papers	339
Section 2	Related patents	342
Chapter 7	Representative records of research	344
Chapter 8	References	345

〈 목 차 〉

제 1장 연구개발과제의 개요	1
제 1절 연구개발 필요성	1
제 2절 연구개발 목표 및 범위	13
제 2장 국내외 기술개발 현황	17
제 1절 국내외 기술개발 현황	17
제 2절 국내외 특허 현황	37
제 3장 연구수행 내용 및 결과	43
제 1절 전기 이식기 설계	43
제 2절 전기 이식기 개발	104
제 3절 전기 이식기 성능평가	155
제 4절 연구개발성과	242
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	292
제 1절 연차별 연구목표 및 달성도	292
제 2절 관련 분야 기여도	321
제 5장 연구결과의 활용 계획 등	324
제 1절 산업화 추진 및 기술 확산 방안	324
제 2절 지적재산권 확보 계획	335
제 3절 타분야 활용 및 추가연구 필요성	337
제 6장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	339
제 1절 관련 논문	339
제 2절 관련 특허	342
제 7장 연구개발과제의 대표적 연구실적	344
제 8장 참고문헌	345

뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1절 연구개발 필요성

1. 연구개발 필요성

가. 본 과제의 타당성

- 본 연구과제는 시설하우스 내에서 빈번히 사용되는 엔진구동 방식의 동력 이식기를 no-emission 모터구동 방식의 친환경 전기구동 이식기를 개발하는 것을 목적으로 하며, 이에 따른 본 연구의 타당성은 다음과 같음.
- 시설하우스의 환경 개선 및 작업자의 안전을 위하여 농업기계의 친환경 기술 개발이 시급하며 특히, 시설하우스 안에서 이루어지는 작업 중 가장 큰 비중을 차지하는 이식기의 기술 개발이 무엇보다 중요함. 전기 구동방식의 이식기 개발 기술은 전기 에너지를 동력원으로 사용하여 구동함으로써 기존의 엔진 구동 방식에 비해 소음 및 매연이 없으므로 시설하우스 작업 시 작업자의 안전 및 작업환경 개선을 도모할 수 있음. 또한, 본 연구과제를 통해 개발될 전기 구동형 이식기 제어기 개발을 통해 생산성 향상 및 작업 효율의 상승이 기대됨. 또한 내수뿐만 아니라 수출에 적합한 제품을 개발함으로써 해외시장의 경쟁력 및 M/S 확보가 가능함.

본 과제의 타당성

항목	타당성 분석
전기 에너지	<ul style="list-style-type: none">○ 전기 에너지 사용을 통한 친환경 기술 확보로 시설하우스 환경 개선 및 작업자의 건강 보호○ 가격 변동이 심한 유가 대신 배터리 충전 방식을 통한 유지비용 절감
이식기	<ul style="list-style-type: none">○ 전작의 경우 이식/파종/수확 작업 시 기계화율은 10% 이내○ 작업자의 노령화에 따라 조작성이 쉽고 작업속도가 높은 동력 이식기 선호○ 작업자의 성별과 연령에 구분 없이 사용이 가능하도록 이식기의 경량화 필요○ 현재 동력 이식기가 사용되고 있으나 전량 엔진 구동 방식으로 인해 시설하우스에서 사용 시 매연 및 소음과 같은 문제 발생

나. 연구의 필요성

(1) 전기구동 기술

- 최근 자동차 산업은 유가 상승 및 환경문제로 인하여 새로운 국면을 맞이하고 있으며, 국제유가(Dubai油 기준)의 경우 석유수출국기구(OPEC)의 감산 정책 및 달러 약세와 세계

경기회복세 강화에 따른 수요 증가 기대로 2010년 5월 이후부터 상승 추세를 보임(한국 석유공사, 2010).

- 국제유가의 경우 석유수출국기구(OPEC)의 감산 정책 및 달러 약세와 세계 경기회복세 강화에 따른 수요 증가 기대로 2010년 5월 이후부터 상승 추세를 보이고 있으며(한국석유공사, 2010), 2011년 국제유가(WTI유 기준)는 그림과 같이 연평균 배럴당 95달러 수준으로 2010년에 기록된 배럴당 79달러 대비 약 25% 상승되었음.
- 국제유가는 그림과 같이 세계 경기와 비슷한 추세로 변동되고 있으며, 해외 투자은행들이 2012년 세계 경제성장률을 2011년 3.6%에서 둔화된 3.2% 수준으로 전망하고 있고 IMF (International Monetary Fund)의 경우에도 2012년 세계 경제성장률을 하향조정하고 있지만 석유 수요증대에 따라 유가 상승은 계속될 것으로 전망됨(대신경제연구소, 2011).



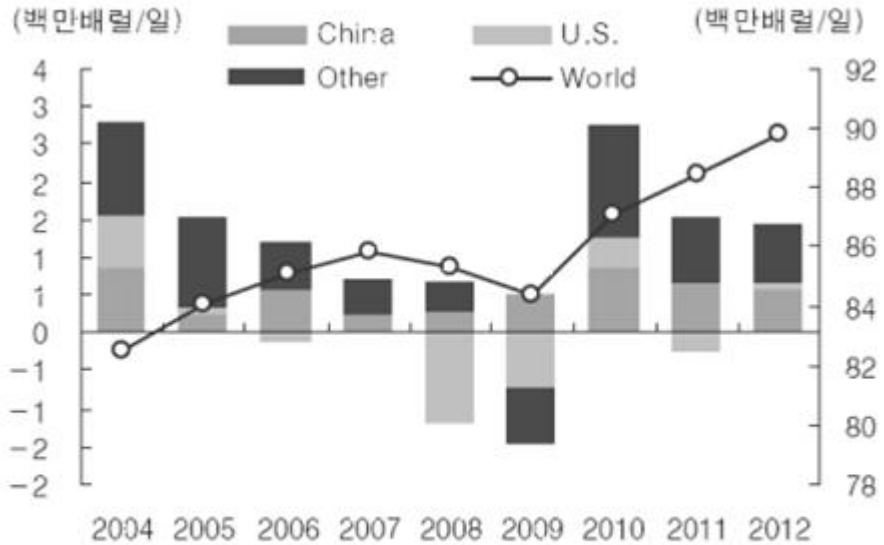
(a) WTI유 가격 변동 추이



(b) 증시흐름과 유가 변동

국제유가 상승 추이.

- 석유 수요량은 그림과 같이 신흥국의 석유 수요 증대분이 선진국에서의 석유 수요 감소분을 상쇄하여 전반적인 석유 수요 증대를 이끌어 낼 것으로 예상되며, EIA (Energy Information Administrator, 2011)에 따르면 2012년 세계 석유 수요는 전년대비 139만 b/d 증가한 8,952만 b/d 수준에 이를 것으로 전망.
- 여기에, 최근 이란의 자국 석유 수출 제재 반발에 따른 중동산 원유의 약 1/3 정도가 수송되는 호르무즈 해협 봉쇄의 위협 등 중동 지역의 지정학적 리스크에 의해 국제유가는 장기적으로 배럴당 10~20달러의 상승효과를 가져올 것으로 추정(Macro Vision, 2012).



자료: Bloomberg, 대신경제연구소(DERI)

석유 수요 증대.

- 또한 미국의 EIA (Energy Information Administrator, 2011)는 유가변동의 불확실성을 고려한 에너지 수요전망을 분석한 결과, 2030년 유가는 고유가(high price)의 경우 배럴당 118.7달러, 저유가(low price)의 경우 2.4달러로 전망하고 있으며, 기준유가는 배럴당 70.5달러 수준으로 2015년 이후 장기적인 유가 상승이 이어질 것이라 예측하고 있어 자동차 산업의 유가 의존도는 가중될 것으로 판단됨.
- 국제 유가 상승과 더불어 석유 연료의 사용에 따른 환경오염에 대한 관심이 전 세계적으로 높아져 미국을 포함한 세계 선진국들은 새로운 무역규제 방안의 하나로 그린라운드(Green Round)를 채택하고 있으며, 미국은 TIER, EU는 STAGE의 배기가스 규제를 지속적으로 확대, 강화하고 있음.
- 또한, EU는 2012년부터 CO2 평균 배출량 기준을 대폭 강화하여 연비 20 km/l인 차량에 대해 120 g/km 이하의 CO2 평균 배출량을 의무화할 예정이나 국내의 유럽 수출차의 경우에는 170 g/km(연비 : 13.8 km/l)로 배기가스 배출량의 개선이 필요한 실정임.

U.S. EPA

KW	HP	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	
0~7	0~10					(10.5) / 8.0 / 1.0					(7.5) / 8.0 / 0.80													
8~18	11~24					(9.5) / 6.6 / 0.80					(7.5) / 6.6 / 0.80													
19~36	25~48					(9.5) / 5.5 / 0.80					(7.5) / 5.5 / 0.60													
37~55	49~74										(7.5) / 5.0 / 0.40													
56~74	75~99					9.2 / -- / -- / --					(7.5) / 5.0 / 0.40													
75~129	100~173					9.2 / -- / -- / --					(6.6) / 5.0 / 0.30													
130~224	174~301					9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54					(6.6) / 3.5 / 0.20													
225~449	302~602					9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54					(6.4) / 3.5 / 0.20													
450~560	603~751					9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54					(6.4) / 3.5 / 0.20													
>560	>751					9.2 / 1.3 / 11.4 / 0.54					(6.4) / 3.5 / 0.20													

Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4 Interim	Tier 4 Final
--------	--------	--------	----------------	--------------

(NOx + HC) / CO / PM (Oxides of Nitrogen + Hydrocarbons) / Carbon Monoxide / Particulate Matter (g/kW-hr)
 NOx / HC / CO / PM Oxides of Nitrogen / Hydrocarbons / Carbon Monoxide / Particulate Matter (g/kW-hr)

미국 배출가스 규제제도(TIER).

EUROPE

KW	HP	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	
18~36	24~48																							
37~55	49~74																							
56~74	75~99																							
75~129	100~173																							
130~560	174~751																							

Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV
---------	----------	------------	------------	----------

(NOx + HC) / CO / PM (Oxides of Nitrogen + Hydrocarbons) / Carbon Monoxide / Particulate Matter (g/kW-hr)
 NOx / HC / CO / PM Oxides of Nitrogen / Hydrocarbons / Carbon Monoxide / Particulate Matter (g/kW-hr)

유럽 배출가스 규제제도(STAGE).

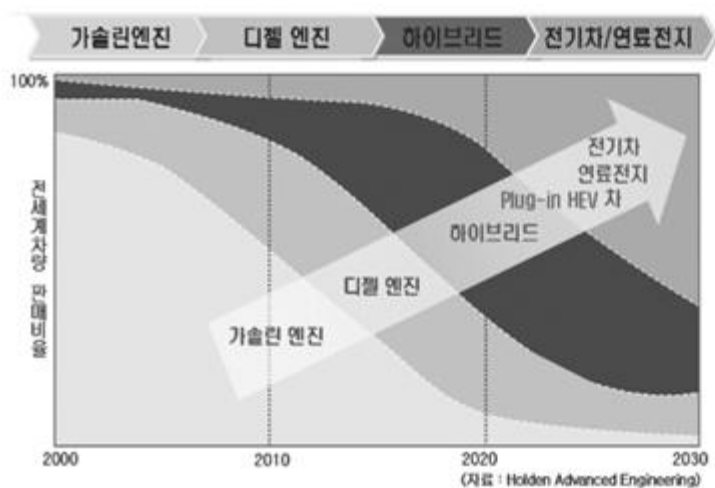
- 국내의 경우에도 2004년 건설기계를 대상으로 환경부에서 처음으로 배기가스 규제를 실시하였으며, 2011년 2월 14일 환경부에서 “자동차 및 건설기계 차기(’12~’16년) 배출허용기준(안)”을 입법예고 하였으며, 건설기계에 대하여 ’15년부터 일괄적으로 Tier4 규제를 적용할 예정임.

KW	HP	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
0~7	0~10													(75) / 80 / 0.40	
8~18	11~24													(75) / 66 / 0.40	
19~36	25~48	(95) / 55 / 0.80			(75) / 55 / 0.6			(75) / 55 / 0.3						(47) / 55 / 0.03	
37~55	49~74													(47) / 50 / 0.03	
56~74	75~99	92 / 1.3 / 5.5 / 0.6			(75) / 50 / 0.4			(4.7) / 5.0 / 0.4							
75~129	100~173	92 / 1.3 / 5.5 / 0.6			(66) / 50 / 0.3			(4.0) / 5.0 / 0.3						0.40 / 0.19 / 5.0 / 0.02	
130~224	174~301	92 / 1.3 / 5.0 / 0.54			(66) / 35 / 0.2										
225~449	302~602							(4.0) / 3.5 / 0.2						0.40 / 0.19 / 3.5 / 0.02	
450~560	603~751				(64) / 35 / 0.2										

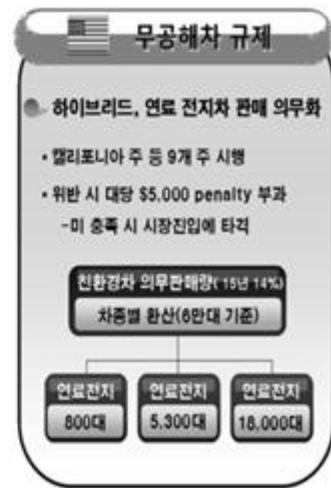
(NOx + HC) / CO / PM (Oxides of Nitrogen + Hydrocarbons) / Carbon Monoxide / Particulate Matter (g/kW-hr)
 NOx / HC / CO / PM Oxides of Nitrogen / Hydrocarbons / Carbon Monoxide / Particulate Matter (g/kW-hr)

국내 배출가스 규제제도.

- 따라서 국제 유가 상승과 환경규제 강화에 따라 최근 자동차 산업에서는 친환경, 고효율 차량에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그림과 같이 내연기관 차량에서 점차 하이브리드, 전기/연료전지 차량 순으로 개발 될 전망이므로 이에 대한 수요도 지속적으로 증가할 것으로 판단됨(Holden Advanced Engineering).
- 미국에서는 그림과 같이 EV/HEV 자동차 판매를 의무화 할 계획으로 친환경적인 생산 시스템 구축을 위해 노력하고 있으며, 이러한 시장변화는 자동차뿐만 아니라 건설기계 및 농업기계 분야에도 확대될 것으로 예상됨.

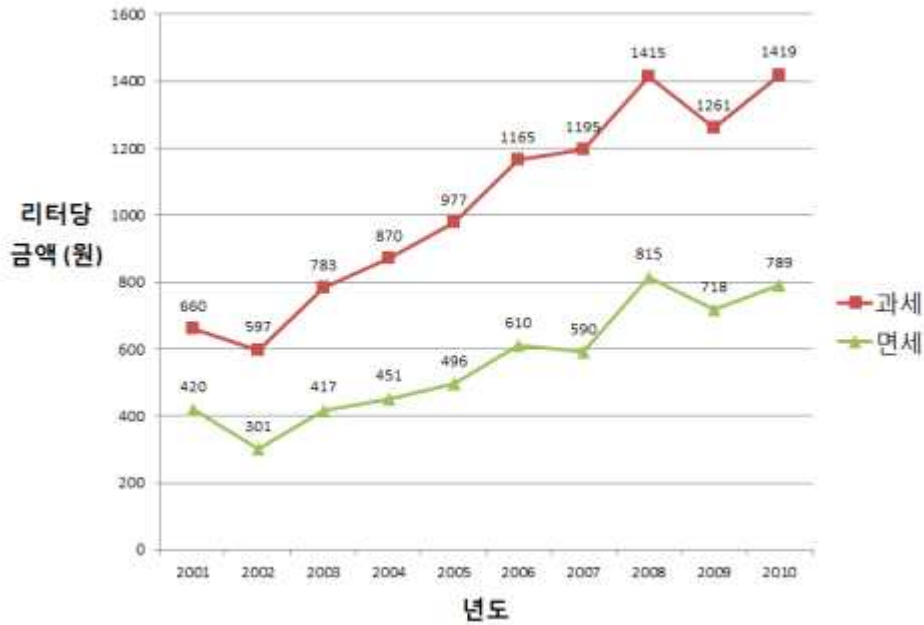


(a) 친환경 자동차 개발 추이
 자동차 산업의 친환경화.



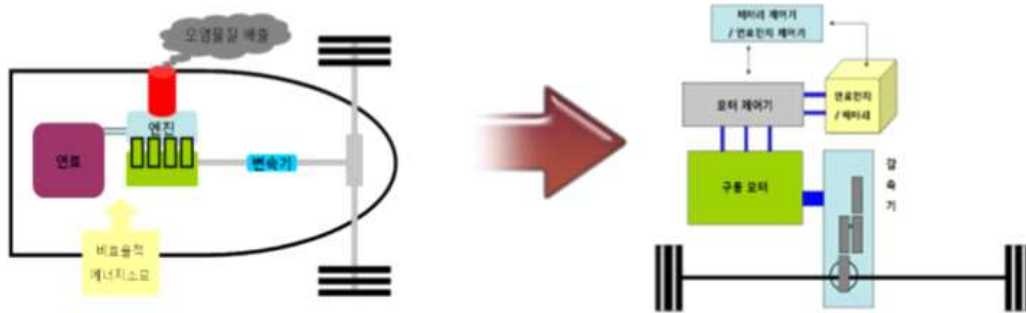
(b) 자동차 판매 의무화

- 특히, 농업용 면세유도 유가(油價)와 같이 지속적으로 상승하여 농업 분야에서도 연비 및 효율에 대한 문제가 대두되고 있으며, 이러한 추세는 가속화 될 것으로 전망되어, 친환경 고효율 농업기계의 개발이 필요한 실정임.



면세유 가격변동

- 전기구동 시스템은 일반 내연기관 시스템과 달리 엔진 대신 구동 모터, 발전기, 배터리로 구성되며, 배터리에 저장된 에너지를 인버터 등의 전력 변환장치를 이용하여 효과적으로 모터에 전달하여 차량을 구동하는 친환경 무공해 동력전달 시스템임.



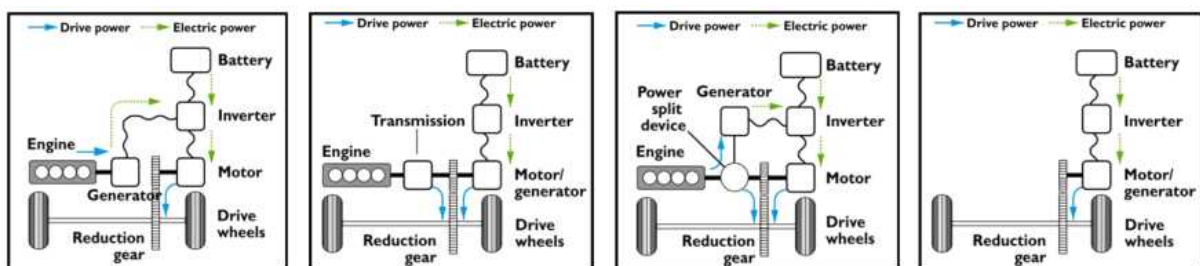
하이브리드/전기 구동 기술.

- 전기구동 기술은 전기에너지의 사용비중 및 동력원의 연결방식에 따라 직렬형(series), 병렬형(parallel) 및 복합형(power-split) 하이브리드 차량 (Hybrid Electric Vehicle, HEV) 기술과 전기 자동차(Electric Vehicle, EV) 기술로 구분됨.

- 또한 하이브리드 차량 기술은 배터리 용량 및 충전방식에 따라 HEV와 PHEV (Plug-in

Hybrid Electric Vehicle)로 나누어지며 PHEV는 HEV에 비해 대용량의 배터리를 사용하여 전기를 주 동력원으로 사용함.

- 직렬 방식은 엔진, 모터, 발전기, 배터리로 구성되며 엔진의 경우 발전기를 통해 모터를 구동시키는 역할만을 수행하고 엔진 구동 및 회생제동을 통한 배터리 재충전이 가능하며, 차량의 구동은 모터만을 이용하므로 엔진의 고효율 측면에서 구동이 가능한 장점이 있으나 에너지 변환 손실이 매우 크고 대용량의 모터 및 배터리가 필요하여 가격이 높은 단점이 있음.
- 병렬 방식은 기존의 내연기관에 모터(발전기) 등의 하이브리드 핵심부품을 병렬로 추가하는 구조로 모터와 엔진을 모두 차량의 동력원으로 사용 가능하며, 동시에 엔진 구동 및 회생제동을 통한 배터리 재충전이 가능함. 또한, 모터와 배터리는 작은 용량으로 구성이 가능하여 직렬형에 비해 가격이 저렴한 장점이 있음.
- 복합 방식은 유성기어(power split device)를 추가하여 직렬형과 병렬형을 혼합한 형태로 한 개 이상의 유성기어와 엔진, 모터, 발전기, 배터리로 구성되며, 직렬과 병렬 두 가지 방식의 장점을 모두 가지며, 복합 방식의 경우 직렬과 병렬 모두의 장점을 가지지만 기계적으로 구조가 매우 복잡하고 제어가 어려우며 일본 선진 업체의 기술 독점으로 인해 타 분야의 적용이 불가능함.
- 전기 구동 방식은 내연기관 없이 모터와 배터리로만 구성되어 차량을 구동시키므로 주행 시 오염물질 및 이산화탄소(CO₂)의 배출이 전혀 없는 무공해 차량이며, 내연기관에 비해 소음이 매우 작게 발생되며 유지비가 작다는 장점이 있고 배터리 용량에 따라 주행거리 및 가격의 차이가 있지만 최근 전기 에너지 충전 인프라 확장에 따라 많이 적용되고 있음.



(a) 직렬형

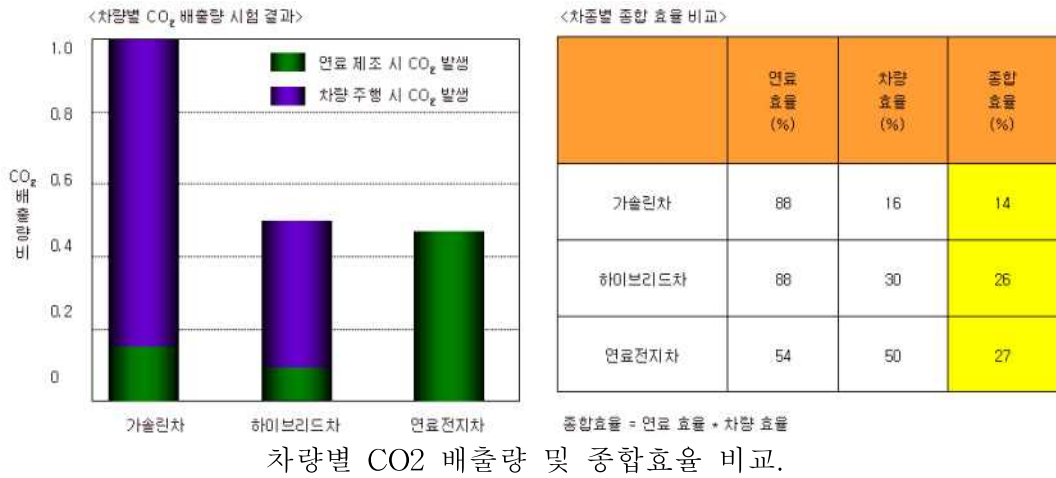
(b) 병렬형

(c) 복합형

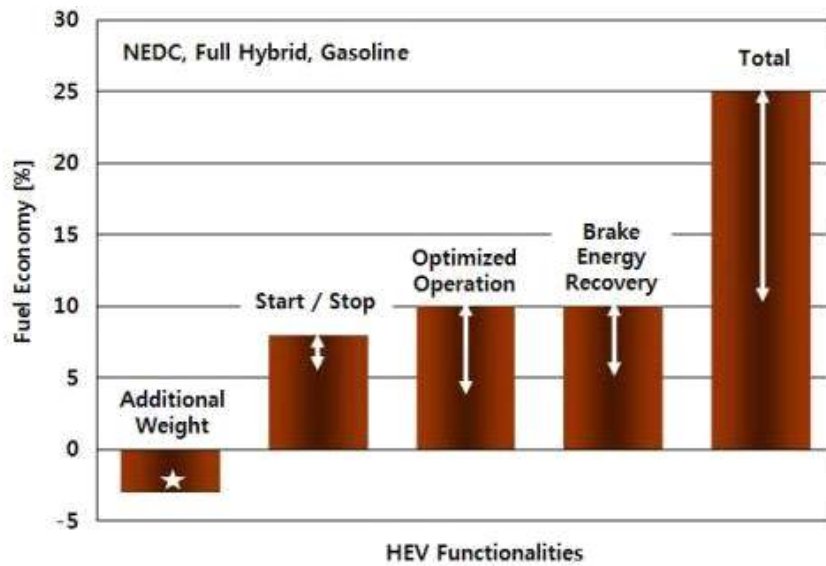
(d) 전기구동

하이브리드/전기 구동 기술.

- 전기구동 자동차의 CO₂ 배출량 및 종합 효율은 CO₂ 배출량의 경우 내연기관 차량에 비해 약 50%가 감소되며, 종합효율은 가솔린 차량 14% 보다 2배 더 우수한 결과를 가짐.



- 또한 하이브리드/전기구동 기술은 기존의 내연기관에서 경량화 설계, 회생 제동, 주행 최적화, 배터리 충전 등을 통한 연비 상승의 효과가 우수할 뿐만 아니라 배기가스의 배출이 적은 친환경 기술의 장점이 있어 자동차 분야의 하이브리드/전기구동 기술의 비중은 지속적으로 높아질 것으로 예상됨.



하이브리드/전기구동 기술에 따른 연비 상승효과.

- 농업용 전기/하이브리드 차량은 석유 연료와 엔진을 사용하지 않고, 전기 배터리와 전기 모터를 사용하는 농업용 원동기 및 전용 작업차량으로써, 농업용 하이브리드 전기차량 (Hybrid Electric Vehicle, HEV)은 일반적으로 넓은 의미에서는 서로 다른 두 종류 이상의 동력원을 효율적으로 조합하여 농업용 원동기 및 작업기를 구동하는 차량을 의미하나, 대부분의 경우는 연료를 사용하여 동력을 얻는 내연기관과 전기로 구동되는 모터를 효율적으로 결합하여 구성함.
- 농업용 전기차량의 범위는 아래와 같이 용도에 따라 농업용 원동기와 농작업 전용 작업 기계로 분류하였고 구동방식에 따른 전기에너지의 사용 비중에 따라 (순수)전기 차량(E

V), 플러그인 하이브리드 전기 차량(PHEV), 하이브리드 전기차량(HEV)으로 분류됨.

농업용 전기차량 분류

구동 방식	에너지원	특징	주요 기종
농업용 전기 차량(EV)	배터리 또는 연료전지	배기가스 제로, 무공해 동력	전기 트랙터, 전동 관리기 등
농업용 플러그 인 하이브리드 차량(PHEV)	배터리+내연기관 (충전용)	단기간(전기 동력), 장기간(내연기관)	하이브리드 승용관리기, 하이브리드 운반차
농업용 하이브리드 차량 (HEV)	배터리+내연기관 (동력용)	내연기관과 모터를 고효율 혼합구동	하이브리드 트랙터, 하이브리드 콤바인

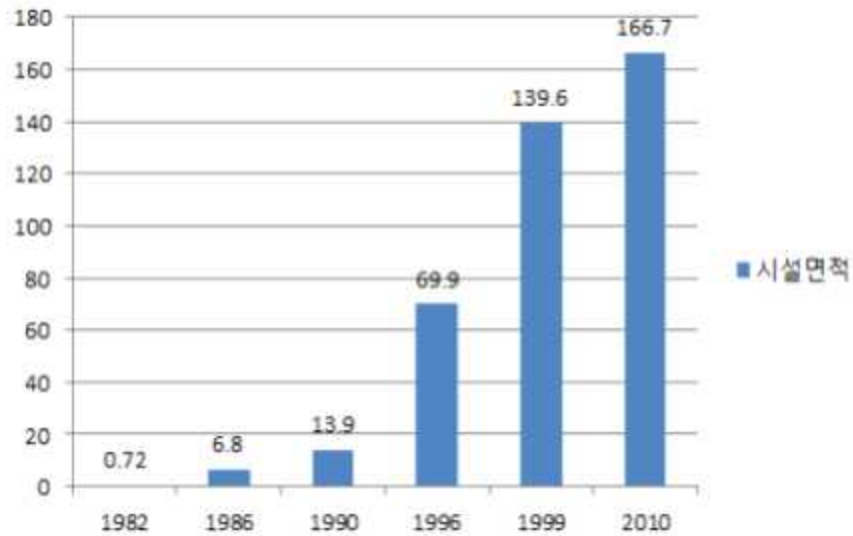
(2) 시설재배 현황

- 1990년대 이후 국민 경제력 상승과 식생활에서 건강에 대한 관심도의 증가로 인해 소비자들이 계절에 관계없이 신선한 과채류를 요구함에 따라 시설재배의 중요성이 부각되기 시작하였음. 또한 정부에서 농산물 시장개방에 대비하여 국내 농산물의 경쟁력 제고를 위한 대책의 일환으로 시설재배 산업분야를 농가의 주요 소득 작목, 전략산업으로 육성함.
- 시설재배는 일반 노지재배에 비해 환경의 영향을 적게 받으므로 약 3배 이상의 높은 생산성을 가지고 있음. 국내 시설작물 재배면적은 1990년에 44,613ha에 불과 하였으나 웰빙과 신선채소에 대한 수요가 증가함으로써 2013년에는 86,725ha로 약 2배 증가하였음(통계청, 2013, 시설작물 재배면적).

시설작물 재배면적

년도	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
재배면적(ha)	44,613	92,498	105,768	100,889	91,487	93,416	89,541	86,725

- 해외시장에서도 시설작물의 수요 증가로 인해 시장은 지속적으로 증가하고 있으며 중국의 경우 시설작물 사업은 90년대 이후 급격히 성장하여 현재 세계에서 시설작물 면적이 가장 넓음.
- '99년 중국의 총 시설작물 재배면적은 그림과 같이 약 139.5만ha로 대·중형 시설이 46만 ha, 소형시설이 56.8만ha, 플라스틱 온실이 36.7만ha이며, 2010년에는 총 면적이 약 166.7만ha로 나타나 중국의 시설원예 시장은 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있음.



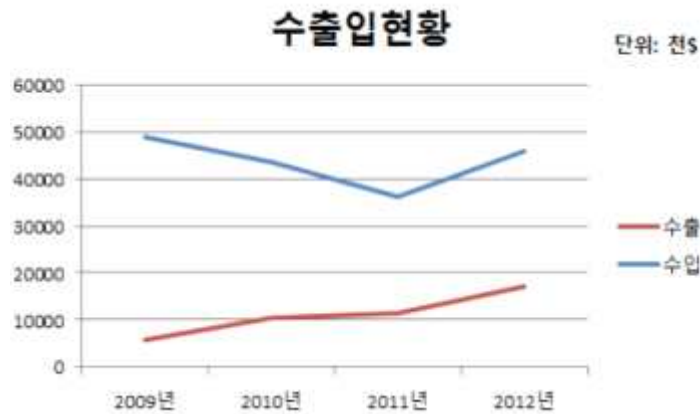
중국의 시설재배 면적의 변화.

- 특히, 배추, 상추, 토마토, 딸기, 기타 채소류와 화훼는 꾸준히 시설재배의 현황이 늘어나고 있는 추세로 상추 등의 모종을 이식하는 이식기의 수요도 급증할 것으로 기대됨.

각 작물별 재배면적 수치(단위 : ha)-국립식량과학원

작물 종류	2008년	2009년	2010년	2011년
엽채류	9,368	10,116	10,639	11,624
배추	3,081	2,935	3,700	4,783
상추	3,512	4,213	4,539	3,887
과채류	43,075	43,326	39,146	36,713
수박	17,240	17,210	14,103	12,995
참외	6,408	6,602	6,097	5,719
오이	4,368	4,001	3,589	3,478
토마토	6,008	5,951	5,290	5,850
딸기	6,106	6,105	6,841	7,681
풋고추	6,060	5,704	5,392	4,814
기타채소	15,262	14,967	16,814	19,799
과수	6,027	6,180	6,225	5,821
화훼	3,803	4,211	881	3,648
기타	6,538	7,221	3,731	6,956

- 시설하우스에서 작물 재배를 위한 작업은 ‘경운/정지-이식-관리-수확’의 순으로 이루어지며, 이식 작업의 경우 대부분 인력에 의지하고 있어 전체 시설하우스 작업시간 중 40% 이상을 차지하고 있음. 따라서 이식 작업의 기계화 및 첨단화가 필요한 실정임.
- 또한 이식기의 사용은 기존의 인력으로 작업하는 것과 비교하여 묘에 손상을 덜 주어 보다 좋은 상품성을 지닐 수 있게 해주며, 효율적 이식으로 작업에 소요되는 시간과 비용을 감소시켜, 인건비 감소와 턱없이 부족한 농가의 노동력 부족 문제를 크게 해결할 수 있을 것으로 예상. 고효율로 인한 재배면적 확대를 가능하게 할 것이며, 결과적으로 농가소득의 증대에 크게 이바지 할 것으로 기대.



이식기 수출입 현황.

- 또한 시설하우스에서 이식 작업의 기계화를 위해 그림과 같이 국내에서 1-6조식의 엔진 구동형 동력 이식기가 개발되어 사용되고 있으나 매연과 소음으로 인한 시설하우스 내 환경 및 작업자의 건강문제와 이식 작업 시 진동으로 인한 결주가 발생하는 문제점이 나타나고 있음.



시설원예 작물의 인력식과 기계식 이식 방법.

- 그러므로 시설하우스 내에서 이식 효율성과 환경오염을 줄이기 위해서는 전기구동 방식의 친환경 전기구동 이식기 개발이 필요한 실정임.

다. 기술 개발의 필요성

- 현재 상용화 된 다목적 이식기는 모두 엔진 구동 방식이며, 시설하우스에서 작업할 때 매연, 소음 등으로 인한 작물의 2차 피해뿐만 아니라 작업자의 건강 문제가 발생하는 문제점이 발생하고 있음.
- 또한, 이식 작업 시 진동으로 인한 결주 및 작업자의 작업 피로도에 문제가 발생하게 되어 전기 구동 이식기의 개발이 필요한 실정이며, 최근 친환경 자동차, 건설기계 등 다양한 제품 개발에 맞추어 친환경 농업기계 개발도 필요함.
- 엔진 구동 이식기 대비 매연이 없고 적은 소음 및 진동, 정부 지원 유리 등 장점이 많아 시설하우스에서 많이 사용되는 이식기의 전기 구동 시스템 개발이 매우 필요하며, 개발 이후 다양한 성능 평가 및 보안을 통해 엔진 구동 이식기 정도의 신뢰성 검증이 필요할 것으로 판단됨.
- 또한, 전기 이식기는 국내 시장뿐만 아니라 중국, 인도 등 해외 수출에 적합한 제품을 개발함으로써 해외 시장의 경쟁력 및 M/S 확보가 가능함.

엔진 구동 이식기와 전기 이식기의 장단점 비교

이식기의 종류	장점	단점
엔진 구동 이식기	<ul style="list-style-type: none"> - 충전 시간이 필요 없어, 바로 작업이 가능함. - 개발된 지 오래 되어 잔고장이 없고 제품 신뢰성 검증됨. 	<ul style="list-style-type: none"> - 매연과 소음이 많아 시설하우스에 적합하지 않음 - 유가가 균일하지 않고 변동 폭이 커 유지비가 불안정함
전기 이식기	<ul style="list-style-type: none"> - 매연이 없어 시설하우스 내 작물과 작업자의 2차 피해가 적음 - 소음이 적음 - 연료보다 저렴하여 유지비가 저렴한 편 - 친환경 제품으로써, 정부 지원에 유리함 	<ul style="list-style-type: none"> - 충전 시간이 필요하여, 바로 작업이 어려움 - 현재 연구 단계로써, 제품 신뢰성 검증이 되지 않음

제 2절 연구개발 목표 및 범위

1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

가. 연구 최종 목표 : 친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발

- 본 연구는 모터 구동 방식의 친환경 동력 이식기를 개발하여 시설하우스에서 발생하는 소음, 공해 문제를 해결하는 동시에 동력 이식기 사용에 따른 이식 작업성 및 생산성을 높임으로써 농가 소득 및 생산성을 높이고자 함.

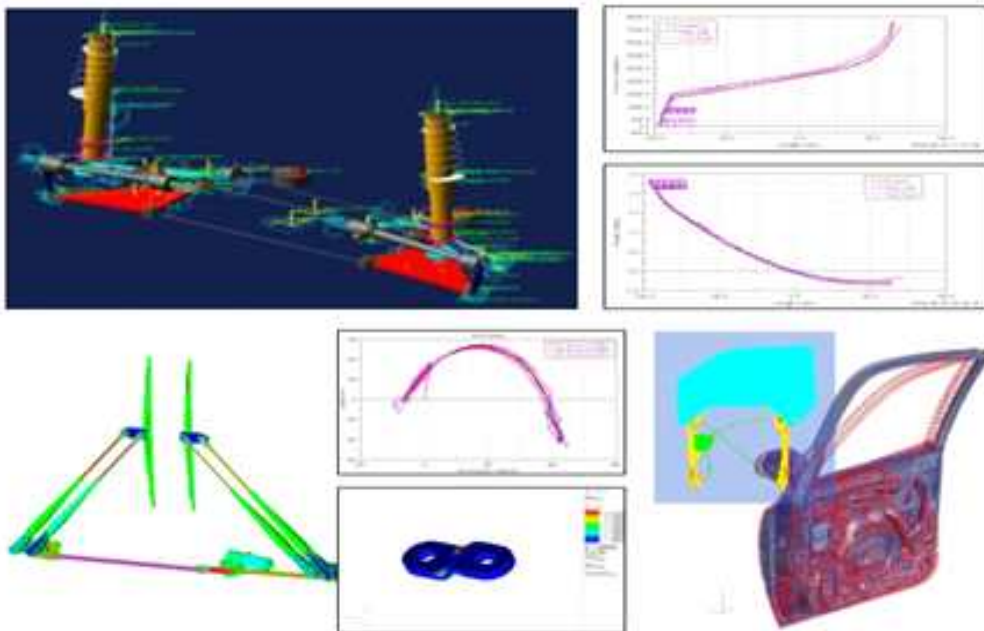
- 주요 수출 시장 : 국내, 아시아(중국) 및 유럽 시장
- 제품 판매 방법 : 협동 기관인 동양물산기업의 국내외 판매망 활용

나. 구성요소

- 친환경 시설하우스용 전기구동 이식기는 전기에너지를 공급하기 위한 배터리와 배터리를 제어하는 BMS, 이식기 구동을 위한 Motor, 배터리의 동력변환을 위한 인버터/컨버터 이 러한 동력 전달 시스템을 컨트롤하기 위한 통합 컨트롤러로 구성됨.

(1) 전기구동 이식기 플랫폼

- 기존 동력 이식기를 구조강도 해석 등의 경량 설계 프로세스를 통하여 경량설계 하여 전기구동 부품의 장착성을 높이고 연비를 우수하게 함.



구조강도 해석 등을 통한 경량화 설계.

(2) Sensor interface 및 controller

- Sensor interface는 CAN 프로토콜을 이용하여 각각의 센서 및 액추에이터를 제어 함.

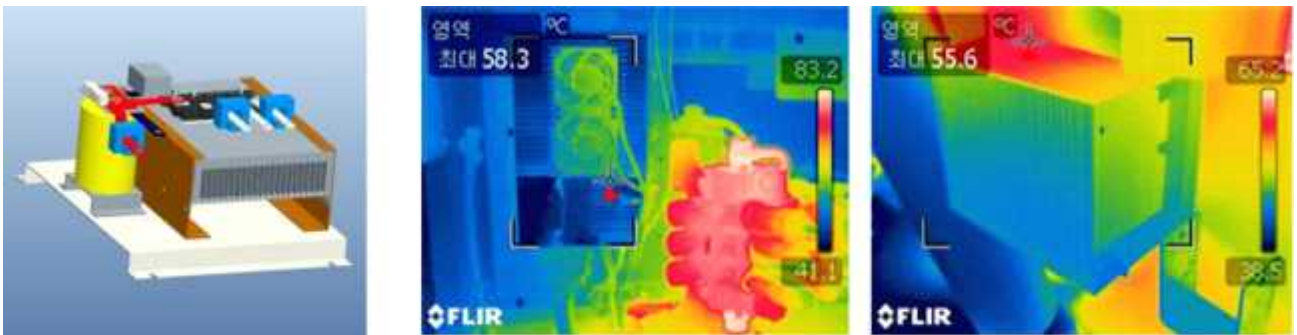
- 또한 이식기의 생산성 향상 및 작업 효율 상승효과를 위하여 이식 감시 장치는 육묘가 이식될 때 이식기의 가이드부에 광센서와 같은 검출센서를 통해 작업자에게 디스플레이 하며, 특히 작업속도 및 작업과정에서 발생하는 부하에 따라 모터의 구동을 제어하여 정밀 이식이 가능하도록 함.



Sensor interface

(3) 인버터 및 컨버터 (Inverter / converter)

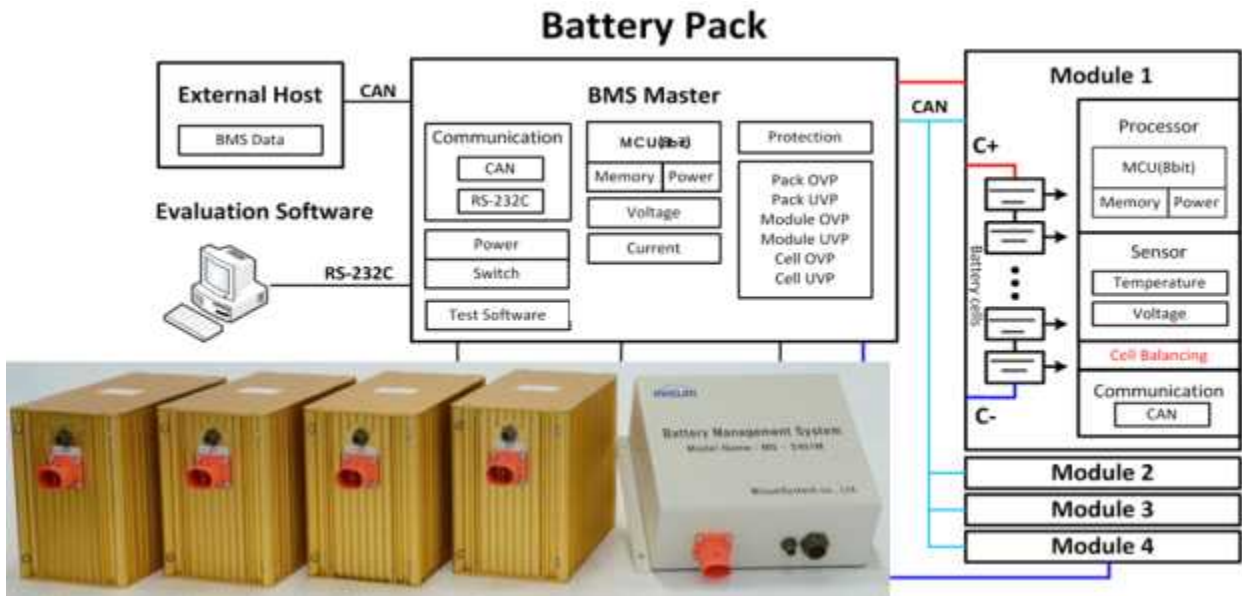
- 인버터 및 컨버터는 모터 구동을 위하여 배터리의 전원을 변환하는 장치로 고효율 인버터 및 컨버터를 개발하여 동력전달 효율을 높일 계획임.
- 또한 농업기계의 열악한 작업환경을 고려하여 내환경성 평가를 수행하여 제품의 신뢰성을 높일 계획임.



인버터 및 컨버터 (Inverter / converter)

(4) 배터리-BMS

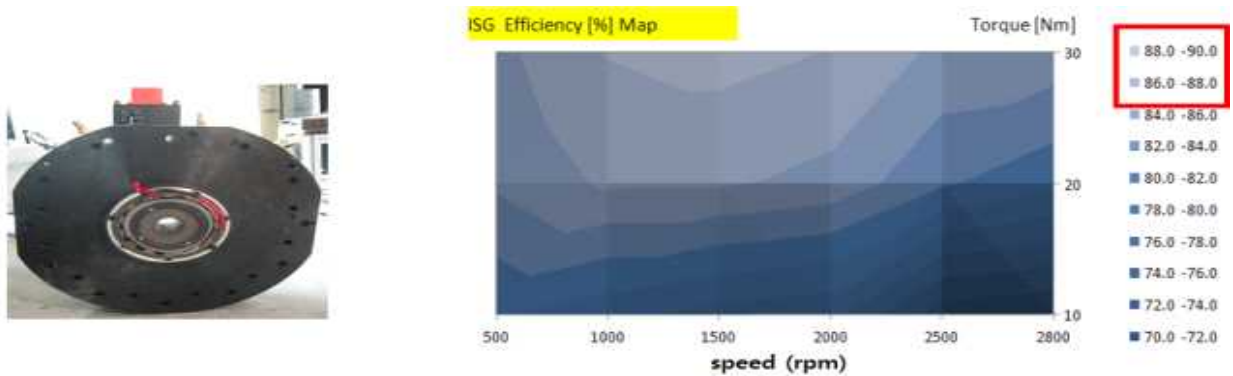
- 배터리-BMS는 전기구동 이식기의 동력 및 동력관리 장치로 에너지 저장성이 우수한 리튬-폴리머 배터리를 이용할 계획이며, BMS는 셀 전압/전류 감지 및 과전류/과전압 차단 등의 안전관리가 가능하도록 개발할 계획임.



배터리-BMS

(5) Driving motor

- Driving motor는 출력이 우수한 PMSM 모터를 사용하여 개발하며, 모터의 효율은 약 85% 이상으로 하여 동력전달 효율을 극대화할 계획임.



Driving motor

다. 주요 연구 목표

○ 친환경 시설하우스용 동력 이식기의 모터 구동 시스템 개발

- 친환경 동력 이식기 개발을 위한 동력 전달 시스템 설계
- 전기구동 동력전달 시스템 핵심 부품 및 제어기술 개발
- 전기구동 기술의 이식기 적용 및 성능평가를 통한 최적화

○ 친환경 동력이식기 구조 개선을 통한 경량화

- 동력 이식기의 경량화를 위한 시스템 설계
- 전기구동 시스템 장착 및 시스템 통합 기술 개발
- 성능평가를 통한 전기구동 동력전달 시스템의 양산화 기술 개발

○ 전기 구동형 이식기 통합 제어기 개발 및 신뢰성 평가

- 전기 구동형 이식기 제어기 설계 및 성능 시뮬레이션
- 통합 제어기의 이식기 적용 및 단품 신뢰성 평가
- 통합 제어기의 신뢰성 평가를 통한 최적화

제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1절 국내외 기술개발 현황

1. 자동차

가. 도요타 (TOYOTA)

- 1997년 세계 최초의 양산형 하이브리드 자동차(프리우스) 출시하여 현재 세계 40개 이상의 국가와 지역에서 170만대 이상의 판매를 이루고 있다. 2008년 기준으로 하이브리드차 시장의 80% 이상을 차지하고 있음. 2008년 하이브리드 자동차의 세계 생산대수를 2008년 41만대에서 2010년 약 80만대, 2011년에는 100만대 수준까지 확대하고 차종도 2006년 렉서스 GS450h, 캠리, 프리미엄 모델인 LS600h 등 10개의 차종에 이어 소형차, 미니밴, 고급차 등 약 10 차종을 추가하여 하이브리드 라인업을 확대하고자 한다.



(a) Prius



(b) GS450h



(c) LS600h

TOYOTA hybrid electric vehicle.

나. 테슬라 (Tesla)

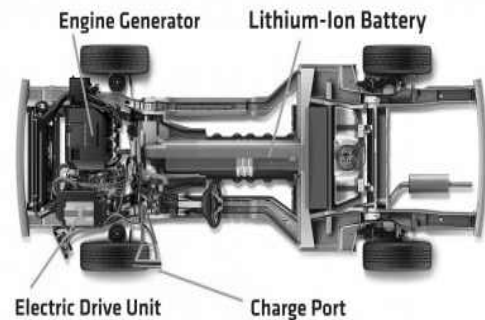
- 2012년 중대형 세단 전기차인 모델S를 출시함. 테슬라 배터리팩은 경쟁사 대비 무게는 가볍고 에너지 밀도는 높아 우수한 주행가능거리 확보가 가능하며 1회 충전시 최대 426km 주행 가능함. 테슬라는 예상보다 느린 속도로 성장하는 전기차 시장 확대 선도를 위한 Open Innovation 전략으로 자사 특허를 무료공개 발표했다. 또한 특허공개에 앞서 '14.2월 Gigafactory 프로젝트' 발표, 2020년까지 총 40~50억 달러를 투자해 연산 50만대 규모의 배터리 공장 설립을 발표했다.



Key performance of TESLA EV Model S.

다. GM

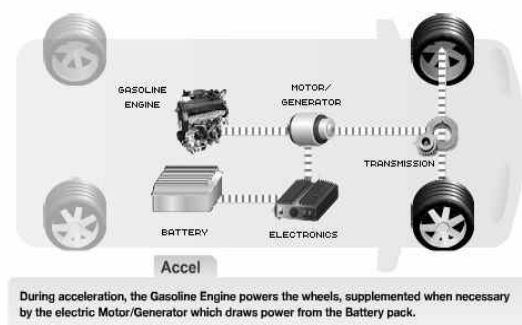
- GM社의 Chevrolet volt는 세계 최초의 양산형 전기차를 목표로 개발된 차량으로 전체 길이는 4404mm 전체 폭 1798mm, 높이 1430mm 휠베이스는 2685mm 로 일반 소형차 정도의 크기이다. 전기모터를 이용하여 평상시에는 122HP 의 출력을 가지며 모드에 따라 150HP 까지 출력을 상승시킬 수 있으며 차량의 세팅에 따라 배터리의 소모량을 감소시킬 수 있다. Chevrolet volt는 전기모터로만 64km의 주행이 가능하며 엔진이 발전을 해서 충전을 하면 충전거리는 500km로 높은 실용성을 가졌다.



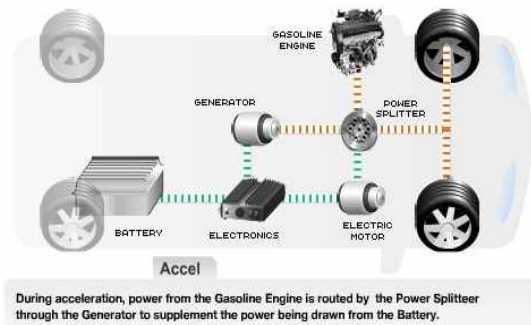
GM Chevrolet volt.

라. 포드 (Ford)

- 포드는 C-max를 병렬형 및 혼합형의 2가지 타입의 하이브리드 자동차를 출시하였다. 병렬형(parallel) 방식의 C-max는 YF소나타 하이브리드 방식과 동일 방식으로 고속의 전기구동이 가능하고 내연기관인 가솔린 엔진이 Atkinson-cycle 엔진방식을 사용하는 것으로 이것은 보통 흡입-압축-폭발-배기의 2행정인 아닌 1행정으로서 효율이 높은 엔진 타입이다. 또한 plug-in hybrid를 동시 지원하는데, 혼합형 하이브리드 C-max는 같으며 동력 분기식 hybrid 타입으로 power splitter가 존재한다.



(a) Parallel type



(b) Power split type

Ford C-max.

마. Nissan

- 닛산 자동차의 순수 전기차 Leaf는 테슬라 전기자동차의 성공과 더불어 전 세계 전기자동차 시장이 급성장하는데 큰 축을 담당하고 있다. 닛산은 한 때 전기차 모델 Leaf로 미

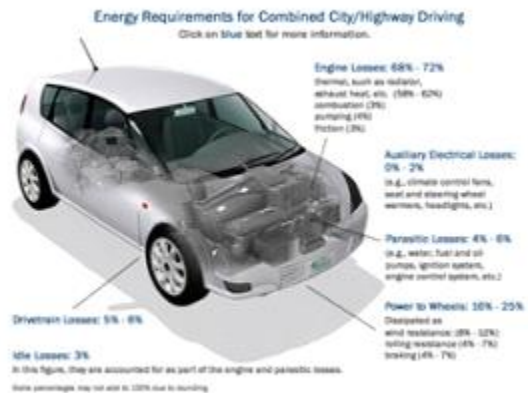
국 전기차 시장을 테슬라와 양분했으나, 판매량 최대치(3만여 대)를 기록한 2014년 이후 최근 수년간 판매 부진으로 테슬라나 신차 Bolt EV를 내세우는 GM에 밀리는 경향을 보이고 있음. 이후 닛산은 인기모델 Leaf의 주행가능거리 개선(1회 충전시 최대 주행가능거리 171km)등 전반적인 성능개선을 통해 판매 부진을 극복하고 경쟁기업에 대항하여 시장 점유율 상승을 목표로 하고 있다.



Nissan Leaf.

바. BYD

○ BYD는 중국 전기자동차 분야의 독보적인 기업으로, 2008년 12월 PHEV 자동차(F3DM)를 세계 최초로 개발했다. 2011년 자체기술로 개발한 BEV 자동차(E6)를 선전지역에 상용 및 관용으로 공급하였다. BYD는 전기차 배터리 업계에서 점유율 25%로 2위를 기록하고 있는데, 이는 지금 만들어지는 전기차 4대 가운데 1대는 BYD의 배터리를 사용한다는 말이다. BYD는 4,000회 이상 충전에도 70% 이상의 효율을 보장하며 과열로 인한 폭발에 대한 안전성도 뛰어나다. 전기자동차의 핵심은 두말 할 것도 없이 배터리다. 배터리 기술을 가진 BYD는 처음부터 강력한 경쟁력을 가질 수밖에 없었다. 그 결과 2015년 총 판매량은 61,722대를 기록해 1위를 차지했다.



BYD E6.

사. 국내

- 현대자동차는 현재 쏘나타, 아반떼 등 중형, 준중형에 대해 하이브리드 자동차를 개발하여 시장에 출시하였다. 쏘나타 하이브리드에 적용된 병렬형 하이브리드 시스템은 Toyota와 GM 등이 사용하는 복합형 하이브리드 시스템에 비해 구조는 간단하면서 성능은 크게 개선된 현대차만의 독자적인 시스템이다. 쏘나타 하이브리드는 엔진 출력 150ps, 모터 출력 41 ps로 총 191 ps의 최고출력과 27.1 kg·m의 최대토크를 가지며, 연비는 엔진과 모터의 효율적인 동력배분 및 최적의 변속 효율 확보로 21.0 km/ℓ를 달성하여 동급 하이브리드 모델 대비 최고의 경제성을 갖추었다. 아반떼 하이브리드는 국내 준중형 최초 LPi 엔진을 탑재하였으며 LPG를 연료로 사용함에도 불구하고 12.0 km/L의 높은 연비를 구현하여 연간 2만km 주행 시 가솔린 모델에 비해 매년 50만 원 이상의 유류비를 절약할 수 있어 경제성 면에서 우수하다고 보고되었다.



(a) 쏘나타 하이브리드



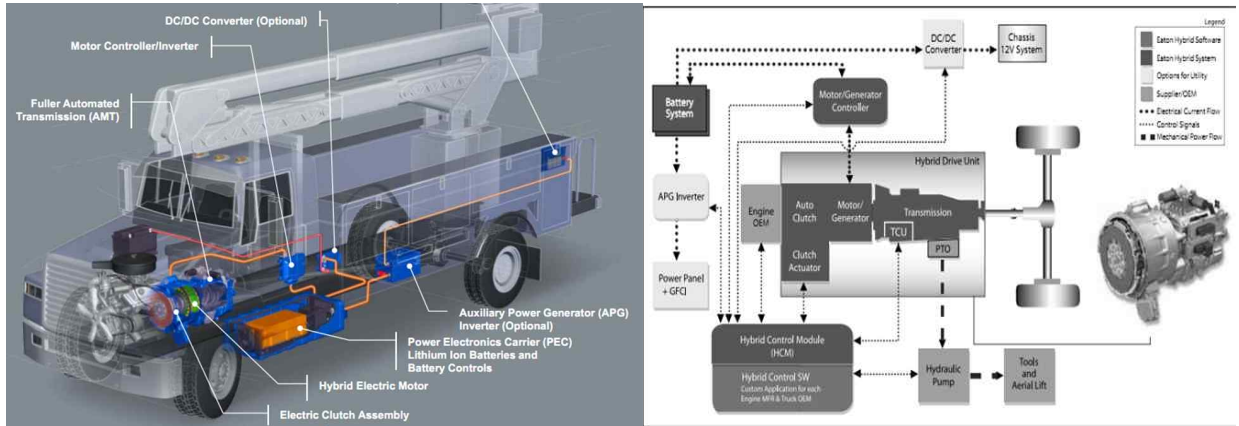
(b) 아반떼 하이브리드

현대 하이브리드 자동차.

1. 상용차





가. Durastar Hybrid (Navistar)

- Navistar의 자회사 중 International Trucks는 트럭과 버스 시장의 리더로서 다른 회사보다 빨리 하이브리드 차량을 개발하여 생산에 들어갔으며 최초의 medium-duty 하이브리드 트럭인 DuraStar Hybrid를 2007년부터 양산되었다. DuraStar의 Eaton Hybrid System은 Hybrid Drive Unit (HDU), Power Electronics Carrier (PEC), Motor inverter/controller, Diesel Engine의 4개 파트로 구성되어 있다. 하이브리드 시스템의 핵심 기술은 HDU로서 감속으로 생긴 에너지를 변속기와 발전기를 통하여 배터리를 충전한다. 충전된 배터리는 필요에 따라서 엔진 동력을 돕도록 설계되어 있다. 다른 특징으로 e-Power Take Off 시스템으로 Volvo의 I-SAM과 비슷한 역할을 하는 시스템으로 엔진이 사용되지 않을 때에 멈추고 배터리만으로 작업을 하는 시스템이다. ePTO 시스템을 통해 공회전 시간을 줄여 연료 사용과 배기가스를 줄였다.



Durastar hybrid (Eaton hybrid system).

Durastar hybrid의 주요 구성부품

Item		Specifications
	Hybrid Drive Unit	<ul style="list-style-type: none"> - Auto Clutch - Motor / Generator - Transmission
	Power Electronics Carrier	<ul style="list-style-type: none"> - Li-ion Battery
	Motor Inverter/Control	<ul style="list-style-type: none"> - Invert AC/DC
	DC/DC Converter	<ul style="list-style-type: none"> - e-Power Take Off

644K, 944K의 주요 사양

Item	644K Hybrid Loader (R&D)
Engine	<ul style="list-style-type: none"> - Maxxforce™ DT - 225 HP @ 560 ft lbs torque - 225 HP @ 620 ft lbs torque
Transmission	<ul style="list-style-type: none"> - Eaton fuller hybrid Drive 6-speed Automated - Manual with or without ePTO
Battery	<ul style="list-style-type: none"> - Hybrid - 340 Volt Lithium Ion battery (nominal)
Gross Vehicle Weight Rating	<ul style="list-style-type: none"> - 23,500 ~ 33,000 lbs

- DuraStar Hybrid는 2006년 24대를 시범 운행한 결과, in-city pickup과 delivery의 경우 30 ~ 40%의 연료 효율성을 보였고, utility-type 트럭은 최대 60%까지의 연료의 효율성을 보였다.

나. Volvo FE Hybrid

- Volvo Truck과 Bus의 하이브리드 시스템은 다른 회사의 하이브리드 시스템과는 많이 다르며 1980대부터 시작한 Volvo Group의 하이브리드 시스템 개발은 2006년 처음 시장에 소개되었다. Volvo Group에서 개발한 하이브리드 시스템은 I-SAM (Integrated Starter, Alternator Motor)로 처음으로 엔진과 전동 모터를 병렬로 두고 상황에 따라서 엔진 또는 전동모터를 사용하여 차량을 구동시킨다. 또한 감속을 통해 배터리에 저장된 에너지는 차량 가속 시 엔진을 도와준다. Volvo Truck의 하이브리드 제품인 Volvo FE hybrid 트럭은 현재 유럽에서 판매되고 있는 하이브리드 트럭으로 2008년부터 현장에서 실험 주행을 실시했고, 2010년 정식 출시되었다. Volvo FE hybrid는 D7F Diesel 7.2 L 엔진과 Volvo I-SAM parallel hybrid 시스템을 사용되며, 전기모터 구동을 통해 차량을 출발시키고 차량의 속도가 높아졌을 때, 디젤 엔진이 작동하여 전기모터와 함께 차량을 구동시키는 방식이다.



Volvo FE Hybrid.

FE hybrid의 주요 사양

Item	644K Hybrid Loader (R&D)
Engine	- D7F Diesel 7.2 Liter Engine
Gearbox	- I-Shift AT2412D
Battery	- 600 VDC Lithium Ion battery pack
Hybrid Drive components	- Diesel Engine - Energy Converter - MDS : magnet motor that function as a generator - I-shift gear box - Battery - PMU : Power train Management Unit

- 차량이 움직이기 시작 할 때에는 전동모터를 사용하여 움직이고 차량 내에 탑재되어 있는 I-Shift와 Power-train Management Unit는 자동으로 기어의 사용을 조작하여 엔진과 모터의 사용을 제어한다. 차량의 속도가 높아진 후에는 diesel engine과 함께 병렬형식으로 힘을 전달한다. 감속 시에는, the electric motor (E/G)는 감속 에너지를 전기에너지로 변환하여 batteries에 저장한다. 이러한 이유로 I-SAM hybrid는 30 km/h로 운행되는 도시형 트럭에 또는 쓰레기 수거용 차량에 적합하다.

다. Nova LFS hybrid

- 하이브리드 버스인 LFS HEV는 Nova사에서 생산되고 있으며 LFS는 엔진의 경우 Cummins ISL 8.9L 디젤 엔진을 사용하고 하이브리드 시스템은 Allison EP40 Hybrid System을 사용한다. 배터리는 NiMH 또는 Li-ion 배터리 모두 사용 가능하다. 하이브리드 기술을 통해 LFS hybrid 버스는 최고 40%까지의 연료 소비를 감소시키며 GHG 또한 40%까지 줄여준다. Nova LFS hybrid 버스의 Allison H 40 EP hybrid system은 4개의 주요 제품으로 구성되어 있다. 이는 Drive Unit, Dual Power Inverter Module(DPIM), Energy Storage Unit, System Controller이다.



Nova LFS hybrid.

LFS hybrid의 주요 구성부품

Item		Specifications
	Drive Unit	- 두 개의 모터와 발전기를 탑재하고 엔진과 연결되어, 엔진의 에너지를 전기에너지로 변환시킴.
	Dual Power Inverter Module	- Drive Unit에서 생성된 AC를 DC로 바꾸어 배터리를 충전, 충전된 에너지는 다시 차량구동에 사용됨.
	Energy Storage	- 평소의 Drive Unit을 통해 생성된 에너지와 차량의 감속을 통해 만들어지는 운동에너지를 저장하며 니켈-메탈 배터리를 사용함.
	System Controller	- Allison hybrid system의 핵심인 System Controller는 전체 하이브리드 시스템을 통제하여 엔진과 Drive Unit의 사용을 통제, 관리함.

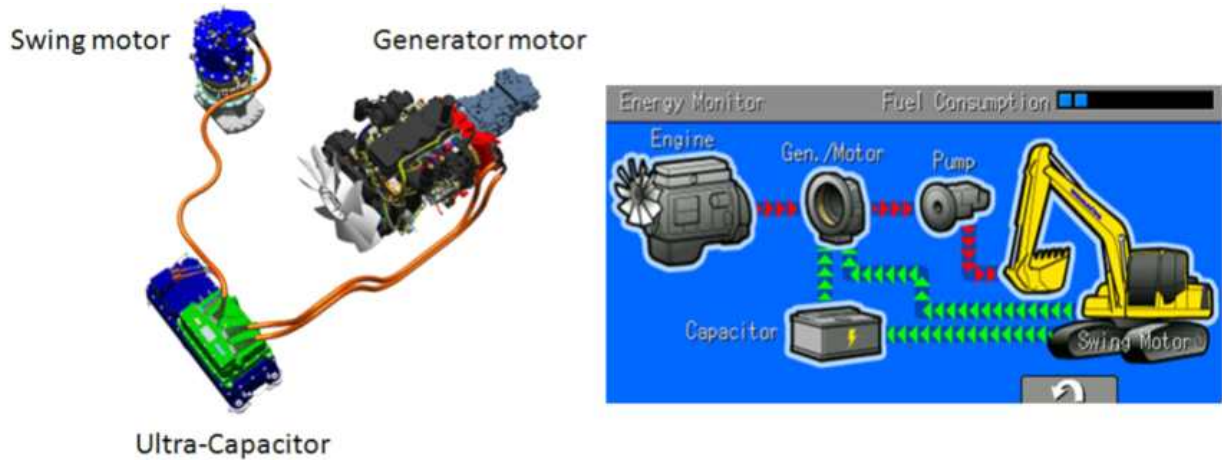
Nova LFS hybrid의 주요 사양

Item	644K Hybrid Loader (R&D)
Engine	Cummins ISL 6.9L/8.9L(62')
Transmission	Allison EP 40/50(62')
Battery	LiMH/Li-ion battery
Seats	Up to 41/62

3. 건설기계




가. HB215LC hybrid excavators (KOMATSU)

- 친환경 중장비로는 2008년 트랙터 최초의 Electric-Drive를 사용한 D7E Hybrid(235HP)를 개발하여 2009년 미국 시장에 출시하였다. D7E의 특징으로는 Diesel engine을 사용하여 전기 에너지를 만들고 Caterpillar의 최신 Power-train을 통하여 효율적으로 전기를 사용하고 트랙터를 구동시킨다. 굴삭기는 자동차와는 다르게 주행시간이 극히 적고 on-stationary work이 많기 때문에 20ton급 하이브리드 굴삭기로 개발된 HB215LC는 장비 상체의 회전과 정지를 통해 생겨나는 에너지를 저장하는 방식의 하이브리드 기술을 구현하였다. HB215LC 하이브리드 시스템은 병렬형 방식으로 Electric swing motor, Ultra Capacitor, and Generator motor의 3개 하이브리드 중요 부품으로 구성되어 있다. 기존 다른 굴삭기의 유압식 회전모터 대신, 전기 회전모터를 사용하여 Ultra-capacitor에서 공급되는 550V AC 전기 에너지를 통해 7040 kg • m 50,920 ft. lbs의 회전력을 이끌어 내고 상체의 회전 braking으로 생겨나는 550V AC 전기 에너지를 ultra-capacitor에 저장하여 재회전시 다시 동 전기에너지를 받아 회전한다. Ultra-capacitor는 배터리와는 다르게 물리적으로 전기 에너지를 저장하는 특징이 있어, 화학작용 없이 빠르고 효율적으로 전기 에너지를 방출해 낸다. 또한 Komatsu의 Ultra-capacitor는 inverter를 내장하여 generator와 swing motor에서 나오는 AC 전류를 300V DC로 변환하여 저장하고, 또 이 전류를 550V AC로 변환하여 swing motor와 generator로 보내 상체의 회전과 엔진의 가속을 도와준다.



KOMATSU HB215LC 구조 및 동작 방식.

HB215LC의 주요 구성부품

Item		Specifications
	Electric swing motor	- Regeneration energy captured by swing motor & sent to ultra capacitor for storage.
	Ultra Capacitor	- Switch (AC) electricity from generator motor and swing motor into DC electricity for storage in the capacitor.
	Generator Motor	- Placed in between Engine and Hydraulic pumps. It produce electric power to charge capacitor as needed. it uses electricity from the capacitor to provide power up engine.

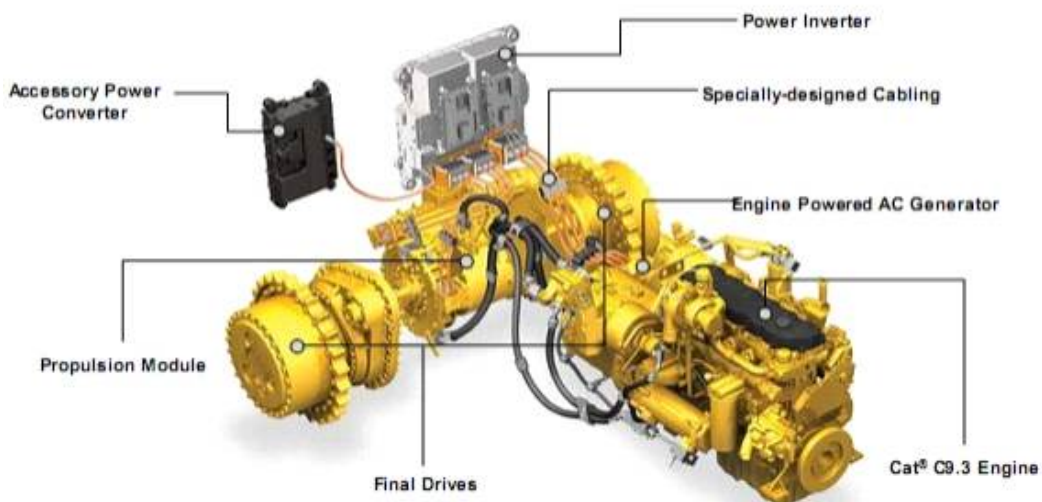
HB215LC의 주요 사양

Item	Specifications
Net Horsepower	139 HP / 104 kW (@ 2000 rpm)
Operating weight	46,320-47,530 lb / 21,010-21,560 kg
Bucket capacity	0.66-1.57 yd ³ / 0.50-1.20 m ³
Digging depth	21'9" / 6.62 m

- 기존 굴삭기에 비해 약 25%의 에너지 절감 효과가 있으며 작업에 따른 연료 사용량이 줄어들어 배기가스도 감소되어 CO2 배출량이 25% 가량 줄어든다. 연평균 1,500시간을 동작을 기준으로 계산된 CO2 배출량 절감 효과는 현재 최고수준의 하이브리드 자동차인 프리우스와 동일하다.


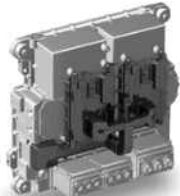

나. D7E tractor (CATERPILLER)

- 미국 최초의 Electric-drive, track type tractor로서 locomotive-style series hybrid drive train 시스템을 사용하고 있다. D7E는 다른 하이브리드 차량과는 달리 전기 충전배터리를 사용하지 않아 전통적인 하이브리드 계통에는 들어가지 않지만, electric drive-train (전기 동력전달장치) 시스템을 사용하고 있는 친환경적인 장비로서 Diesel-electric hybrid power-train으로 분류된다. D7E의 엔진인 Cat® C9.3 ACERT™은 동급의 다른 모델인 D7R보다 1리터가 작은 엔진으로 전기 발전에 연결이 되어 있어 최대 300 A / 480 V를 만들어 낸다. 여기서 만들어진 에너지는 power inverter를 통해 트랙터의 구동 및 다른 장비 시스템에 사용된다. Electric Motor/Generator, power inverter 와 electric propulsion module은 기존의 power-train에 필요한 torque converter와 transmission을 대체하고 있다. 현재 D7E에 들어가는 power-train의 주요 부품인 Engine, Generator, Propulsion Module Final drive는 Caterpillar에서 직접 디자인하고 생산한다. Generator는 D7E에 장착되어 있는 Power-train의 핵심 부품인 Permanent Magnetic Generator이다. 엔진을 통해 나온 힘은 generator를 통해 최대 300 A / 480 V의 전기를 생산해 낸다. Power Inverter는 Generator를 통해 생성된 three-phase 480 V AC는 power inverter를 통해 더욱 안정적이고 사용하기 쉬운 680V DC로 변환시켜준다. DC 전류는 다시 AC로 변환되어 두 개의 electric motors를 작동시켜 트랙터를 움직인다. 또한 380 V DC로 전환하여 다른 전기 장비를 작동시킨다. 또한 electric motors는 두개의 AC electric motors는 각 track에 연결하여 트랙터를 움직여준다. 각각의 electric motor는 107 HP 를 내며, 두개의 모터가 235 net horsepower로 시속 7 mile의 주행을 하며, 100,000 파운드의 pulling power를 가진다.



D7E 전기구동 파워트레인.

D7E의 주요 구성부품

Item		Specifications
	Generator	- Permanent magnets generator creates three-phase output of 480V AC.
	Power Inverter	- Invert 480V of three-phase AC power to 640V of DC.
	Electric motors	- Two 107 horsepower electric motors 7miles per hour. Electric drive is 235 horsepower, and the D7E has almost 100,000 pounds of pulling power.

D7E의 주요 사양

Item	specifications
Net Horsepower	235 HP / 175 kW @ 1700 rpm
Operating weight	56,700 lb / 25,719 kg
Shipping weight	52,866 lb / 23,980 kg
Displacement	9.3 L / 567 in ³

- D7E 트랙터는 이전 모델인 D7R과 비교하였을 때 연료소비량이 시간당 10 ~ 30% 적어 연료 효율성이 높다. D7E는 이전모델과 비교하여 1 갤런 당 25%이상 향상된 작업 효율성을 보인다. 낮은 rpm 등으로 지구온난화 가스 배출량은 10 ~ 30% 정도 감소시킬 수 있다. D7E는 미국 EPA emission standard Tier 4 Interim/Stage IIIB를 충족시키는 장비로서 EPA의 Clean Air Excellence Award를 수상하였다. Caterpillar는 R모델을 모두 Electric-drive 시스템으로 바꿀 계획이 있으며, 더 나은 연료 효율성과 배기가스 감소를 위해 배터리를 추가하는 것을 고려하고 있다.

다. 국내 (하이브리드 굴삭기)

- 하이브리드 굴삭기는 동급장비 대비 이산화탄소(CO₂) 발생을 35% 가량 감소시킬 수 있으며 전기 변환 장치를 이용하여 장비의 선회와 작업 장치 작동 시 소모되는 에너지를

재사용 가능하므로 연비 35% 향상이 있다.

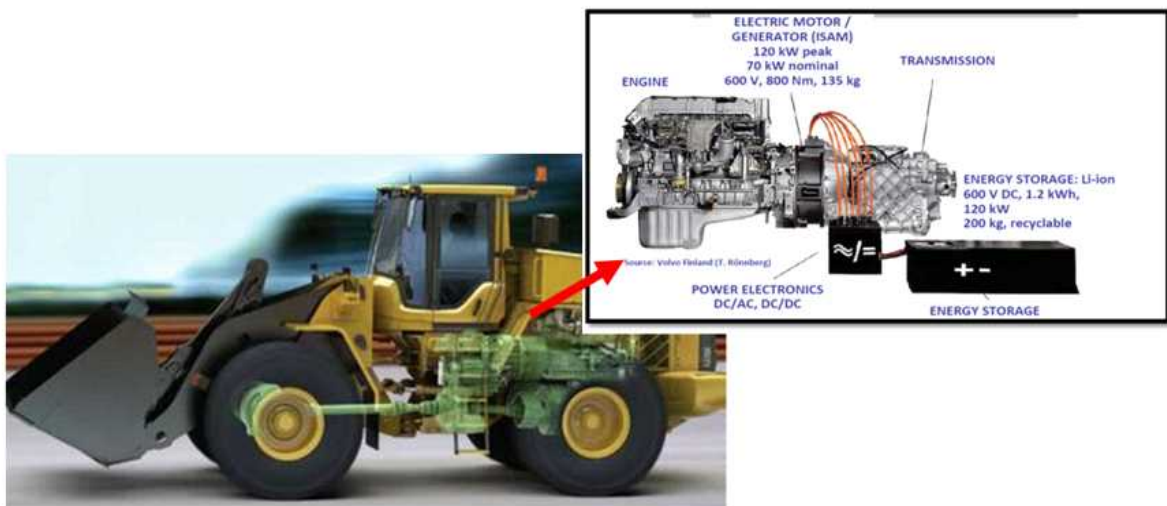


하이브리드 굴삭기 동작.

4. 농업기계

가. L220f hybrid wheel loader (VOLVO)

○ L220f hybrid는 구조를 가지며 디젤 엔진과 Transmission 사이에 자리한 ISG (Integrated Starter Generator)는 로더가 공회전 상태에 있을 때에 엔진을 정지시키고 재출발 시 전기 에너지를 통해서 재작동 시키는 기능을 갖고 있다. 이를 통해 정지되어 있는 엔진의 재빠른 시동과 전기 모터에의 힘을 통해 더욱 빨리 작동이 가능하며, 운행 중 전기모터는 배터리의 전기를 통해 엔진의 power와 torque를 증가시킨다. 또한 공회전 상태에서는 엔진이 자동으로 꺼지며 배터리에서 전기 에너지를 이용하여 엔진의 임무를 대신 수행하게 되고 장비의 운행 중에는 전기모터와 발전기를 통해 배터리를 충전한다. 디젤 엔진과 Transmission 사이에 자리한 ISG (Integrated Starter Generator)는 로더가 공회전 상태에 있을 때에 엔진을 정지시키고 재출발 시 전기 에너지를 통해서 재작동 시키는 기능을 갖고 있다. 장비의 사용이 40% 이상 정차한 상태에서 이루어지므로 ISG 기술은 loader에 더욱 효과적이다. 뿐만 아니라, ISG의 electric motor는 700 Nm의 회전력을 엔진에 전달하여 최대 67 HP를 더해준다.



L220f hybrid wheel loader.

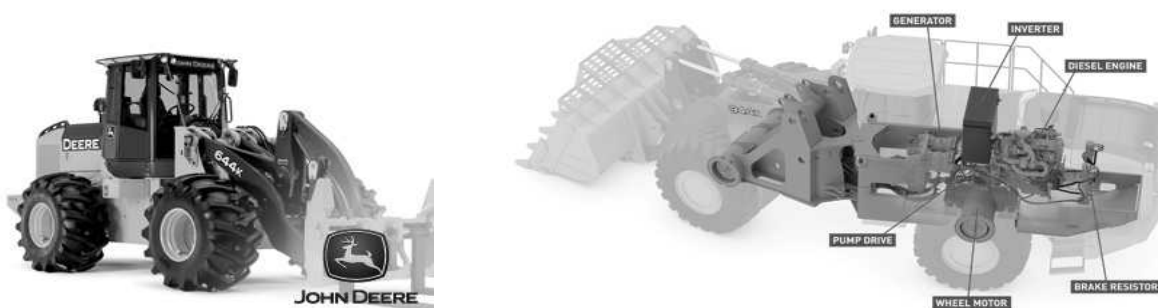
- Start and take off는 정지되어 있는 엔진이 재빠르게 시동이 걸리고 필요에 따라선 전기 모터에서 힘을 더해 더욱 빨리 작동이 가능하도록 한다. Break out은 운행 중 전기모터는 배터리의 전기를 통해 엔진의 power와 torque를 증가시킨다. Idling은 공회전 상태에서 엔진이 자동적으로 꺼지고 배터리에서 전기 에너지를 이용하여 엔진의 임무를 대신 수행하게 한다. 이를 통하여 연료 사용과 배기가스를 줄인다. Charging은 장비 운행 중에는 전기모터와 발전기를 통해 배터리를 충전한다.

L220f의 주요 사양

Item	Specifications
Engine	- Volvo D12D LB E3
Net Horse Power	- 352 HP
Battery	- Li-ion battery
Hybrid System	- Volvo Group's parallel-hybrid drive train system I-SAM (Integrated Starter, Alternator Motor)

나. Hybrid loader (DEERE&COMPANY)

- 하이브리드 중장비로는 아직 시장에 출시하지는 않았지만 CONEXPO - CON/AGG2011에서 9-cu-yd 하이브리드 wheel loader인 944k와 644k의 하이브리드 버전을 처음 선보이며, 644k는 2012년, 944k는 2013년에 시장에 출시되었다. 944k는 두 개의 발전기가 엔진과 연결되어 있고, 또 각각의 발전기는 2개의 전기모터와 연결되어 있으며 4개의 전기모터는 4개의 wheel에 각각 연결되어 로더를 움직인다. 하이브리드 시스템은 에너지를 저장하여 사용하지는 않지만 감속 시 발생하는 에너지를 발전기로 보내어 유압장치에 힘을 더해주며 이러한 구조는 Caterpillar의 D7E와 비슷하다. 또한 944k는 동급 대비 작은 엔진이 사용되며 연료 효율은 기존 대비 25 ~ 30%정도 증가할 것이라고 발표되었다. 644k hybrid wheel loader는 generator와 electric motor를 엔진과 transmission 사이에 두어 엔진을 통하여 전기를 생성하고 그 전기 에너지를 이용하여 로더를 작동시키는 방식으로 25% 정도의 연료 절감 효과가 있을 것으로 내다보고 있다.



644K, 944K hybrid loader.

644K, 944K의 주요 사양

Item	644K Hybrid Loader (R&D)	944k Hybrid Loader (R&D)
Engine	6.8 L	13.5 L Diesel Engine
Net Horse Power	300 HP	600 HP
Battery	-	-

다. TE 2X4 electronic UV (DEERE & COMPANY)

- 하이브리드 기술은 내연기관(가솔린, LPG, 디젤 등)과 전기 모터의 두 가지 동력원을 차량의 구동에 이용하는 방법으로 구동방식에 따라 직렬형, 병렬형, 혼합형으로 나뉜다. 전기구동 기술은 엔진 대신 구동 모터, 발전기, 배터리로 구성되며, 배터리에 저장된 에너지를 인버터 등의 전력 변환장치를 이용하여 효과적으로 모터에 전달하여 차량을 구동하는 친환경 무공해 차량이다. DEERE & COMPANY의 전기운반차인 TE 2X4 electronic UV는 골프용 카트 등 다용도로 사용되는 운반차로(Utility Vehicle, UV)로 전기모터를 이용하여 구동되며 48V 배터리 팩이 장착되어 있다. TE 4X2 electronic은 전기모터를 이용하여 구동되며 48V 배터리 팩이 장착되어 있다. 차륜 폭이 운반차 크기에 비해 넓고 차량의 무게중심이 낮게 있어 운전자에게 높은 안정성 및 편의성을 제공한다. 주행속도는 전진의 경우 0-15 mph(0-24.1 km/h), 후진의 경우 0-9 mph (0-14.5 km/h)의 범위를 가지며, 적재용량은 최대 227 kg까지 가능하다.



TE 2X4 electronic UV.

TE 4X2 electronic UV의 주요 사양

Item		Specifications
Drive system	Motor	Wound direct drive
	Controller	<ul style="list-style-type: none"> - Separately excited, 400 amp max. - Anti-roll away braking and alarm. - Anti-stall motor protection. - Regenerative braking. - Diagnostic indicator. - Full torque, reduced speed reverse.
	Transaxle	- 16.99:1 ratio with helical gearing
	Battery	- 48 volt w/8 Trojan T-105 batteries
	Speed	- 0-15 mph (24.1 km/h)
Dimensions (H x W x L)		- 1130 x 1524 x 2728 (mm)
Performance	Cargo box capacity	- 500 lb (227 kg)
	Dump type	- Manual, power lift (optional)
	payload capacity	- 900 lb (409 kg)
	towing capacity	- 600 lb (272 kg)
	turning radius	- 24.1 ft

라. HEV/EV 잔디 모위

- 잔디 모위 트랙터인 2500E는 Gas engine 또는 Diesel engine을 사용하고(14.8 kW) electric reel motor를 사용하여 cutting unit을 구동하는 하이브리드 시스템이 적용되어 있으며, 유압 누수 방지 및 소음 감소, 연료절감 등의 효과가 있음. 또한 50 kW급의 유틸리티 트랙터에도 위의 하이브리드 시스템을 적용하였으며, HEV 모드 사용 시 동일 출력 대비 배기가스 약 80% 절감 효과가 있다고 보고되었다.



2500E E-cut hybrid mower.

국외 전기구동 모위

업체	기능 및 사양	사진
TORO	<ul style="list-style-type: none"> - Greenmaster TriFlex Hybrid 3420 - Gasoline engine 또는 Diesel engine 사용 - Electric reel motor, cutting unit 	
Electric Tractor Corp.	<ul style="list-style-type: none"> - ELECTRIC OX - Dual Motor Direct Drive System 사용 - Electronic Differential 방식 - 48V DC Battery Pack 	
Jacobsen	<ul style="list-style-type: none"> - Eclipse 322 - Hybrid(Gasoline/Diesel) / Battery - Reel motor 사용하여 1.3마력 출력 - 3 HP AC motor를 이용하여 주행 	
Robomow	<ul style="list-style-type: none"> - RM40 - Automatic Lawn mower - Two maintenance-free 12 AH lead acid batteries - Tilt Sensor / Rain Sensor 	
Husqvarna	<ul style="list-style-type: none"> - Solar Hybrid - 태양광에 의해 자동 충전 - Ni-Mh Battery 사용 	

마. 전기 구동 동력운반차

- 현재의 동력 운반차의 국내 기술은 Compact하게 설계하는 기술과 이동, 운반 작업에 적합한 동력 운반차용 현가장치 및 변속장치에 대한 설계 기술이 시작단계의 수준이라 할 수 있으며, 또한 제품개발의 핵심인 부하 추정기술 및 시험기술은 미국이나 일본에 비하여 취약한 수준이다.

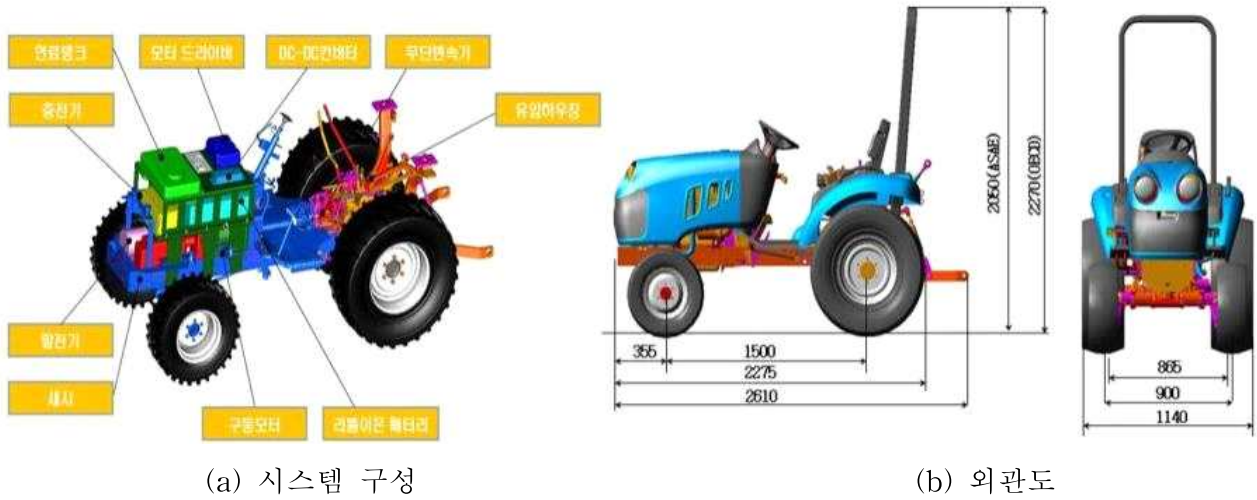
국내 전기구동 운반차

업체	종류	기능 및 사양	사진
에코카	전동 작업차	<ul style="list-style-type: none"> - 모델명 : ECO-I2 - 중량 : 480 kg - 적재부피 : 1100 * 1300 * 250 (mm) - 정격전압 : 48 V - 충전시간 : 6 ~ 8시간 	
에코카	전동 자동차	<ul style="list-style-type: none"> - 모델명 : ECO-ID2 - 중량 : 980 kg - 적재량 : 1000 kg - 정격전압 : 48 V - 충전시간 : 6 ~ 8시간 	
한라 웰스텍	과수 운반용	<ul style="list-style-type: none"> - 모델명 : HEV-500 - 중량 : 120 kg - 정격전압 : 24 V 	
신성 AT	전동 작업차	<ul style="list-style-type: none"> - 모델명 : ST-260 - 중량 : 570 kg - 적재량 : 330 kg - 정격전압 : 48 V(25 A) - 충전시간 : 6 ~ 8시간 	

바. 전기구동 트랙터 (LS엠트론)

- 전기구동 트랙터는 기존 트랙터의 디젤엔진을 대신하여 구동모터와 배터리를 탑재한 시스템으로 구동 및 작업을 위한 주 동력원으로 배터리의 전원을 이용하여 모터를 구동하는 운전 방식을 취하며 모위와 로더 작업이 주로 사용되는 경부하용 트랙터로 전기구동 트랙터를 구현했다. 구조는 전기자동차와 흡사하며 기존 트랙터의 layout을 변경한 플랫폼에 고효율 동력분배 장치를 탑재하고 구동 및 작업을 위한 주 동력원인 BLAC 타입의 구동모터, 구동모터에 전원을 공급하는 리튬이온 배터리, 리튬이온 배터리의 72 V DC 전압을 트랙터용 전원인 12 V DC로 변환해주는 DC-DC 컨버터, 배터리 충전을 위한 비상

발전기, 배터리 크기 제한에 따른 용량의 한계를 극복하기 위한 발전기 구동용 소형 고효율 디젤엔진 등이 개발된 layout에 맞춰 설계되었다.



(a) 시스템 구성

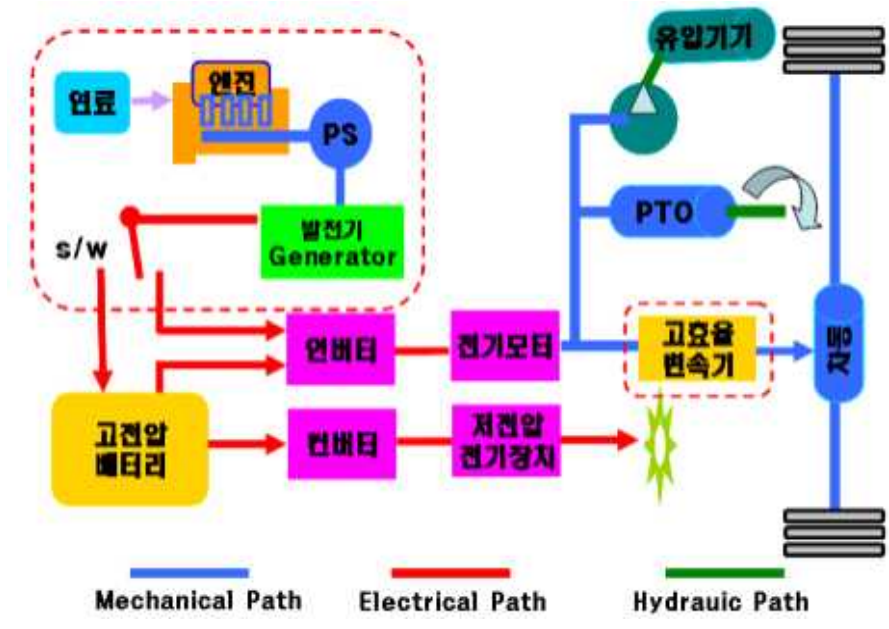
(b) 외관도

전기구동 트랙터의 구조.

전기구동 트랙터 주요 구성부품

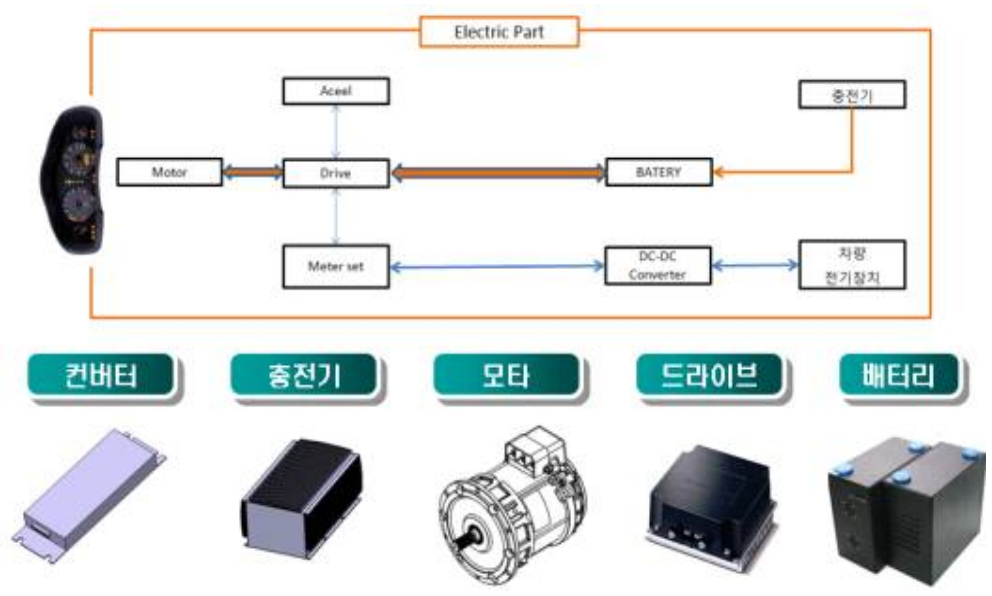
항 목	사 양
동력시스템	- 모터 : 정격출력 10 kW, 영구자석 매립형 BLAC 모터(35 kg)
	- 인버터 : 정격출력 20 kW 수냉방식 인버터(10 kg)
	- 발전기 : 3.2 kW 원동기 구입, 3 kW 발전기(45 kg)
전지시스템	- 배터리 : 정격 출력 19 kWh 리튬이온 배터리[BMS](150 kg)
	- 충전기 : Plug-In 방식 4 kW(340 V ×14 A), 외부충전기(12 kg)
차체시스템	- 동력 전달부 : HST 모듈(220 kg), 기계식 모듈(230 kg)
	- 전장부품 : 배터리 잔량표시장치(무선 SMS 송수신) 상위제어기(HCU) 개발, HCU 계기판
	- 플랫폼 : 배터리 프레임, 중간밴드, 기계식 가변페달

- 트랙터의 동력 전달 구조는 소형 디젤엔진에서 발전된 에너지를 통해 배터리가 충전되고 충전된 배터리의 전기 에너지로 전기 모터와 기타 전기기기 장치를 구동시키는 방식으로, 모터와 구동축 동력 전달의 효율을 결정할 수 있는 변속 방식의 경우 각각의 특징과 장 단점을 비교하여 배터리의 전력소모와 변속 편의성을 동시에 고려한 경우 더 효율적인 변속방식인 무단변속 방식을 사용하였다. 또한 동력전달 효율이 좋은 기계식 변속기를 이용하여 T/M 전달효율 90%를 달성하였다.



전기구동 트랙터의 동력 전달 구조.

- 전기구동 트랙터의 핵심인 전기 시스템의 구성요소 및 제어방식은 트랙터가 야외에서 작업하는 차량임을 고려하여 누전이나 방전을 방지하는 방수공법이 도입된 시스템을 갖추고 있다. 또한 고전압(72 V DC) 배터리에서 저전압(12V DC)으로 변환하는 전력변환장치인 DC 컨버터를 통해 전조등, 후미등, 방향지시등, LCD 계기판, 각종 전기장치의 구현이 가능하다. 과부하시에는 발전기 전원을 배터리 전원과 함께 병행하여 투입하게 되고, 차량 정지시나 모터를 사용하지 않을 경우에는 발전기를 통해 배터리를 충전하는 방식으로 구성된다. 변동부하 발생 시 모터의 열화나 이상 작동을 방지하기 위해 컨버터나 드라이브를 제어하는 기능을 갖추고 있으며 전기모터 드라이브 및 컨버터, 차량 운전상태 진단 신호, 계기판의 배터리 상태 등이 CAN-BUS 방식으로 계기판에 표시된다.



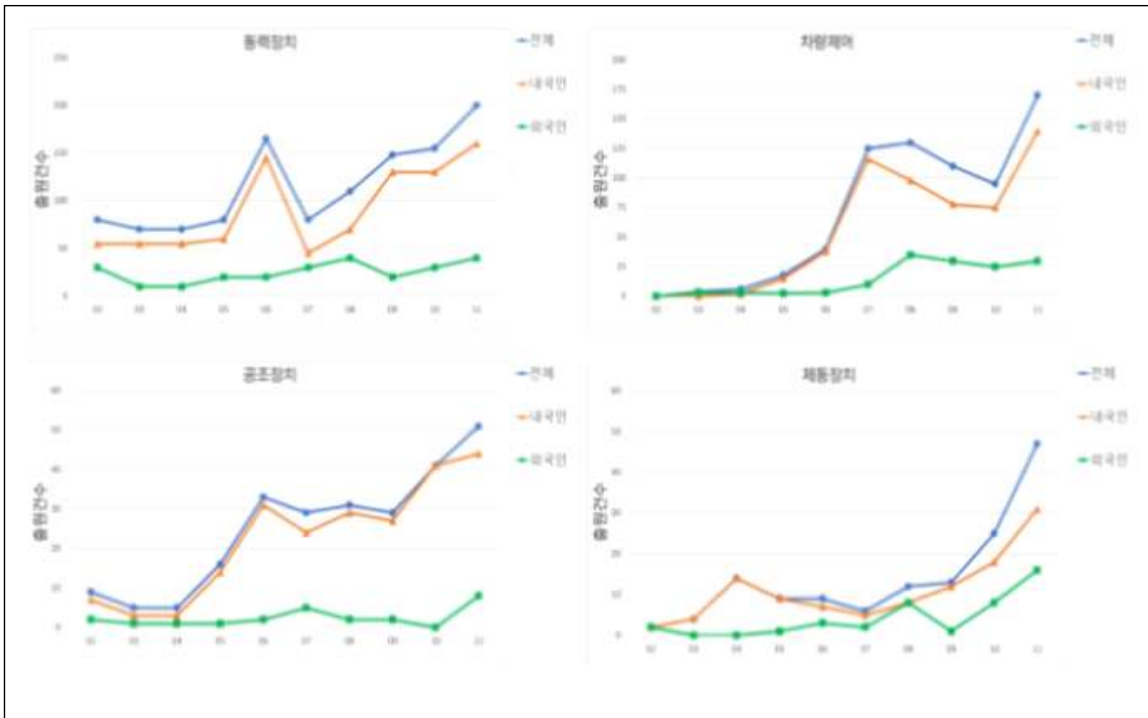
전기구동 트랙터의 통합제어기 구성 요소.

제 2절 국내외 특허 현황

1. 전기 구동 기술 관련 특허 분석

가. 전기 구동 기술 국내 출원 동향

- 동력 장치, 차량 제어, 차량 구조, 변속 장치, 제동 장치, 전동 장치 순서로 특허 출원이 활발하게 나타남.
- 동력 장치와 차량 구조 기술은 2005년~2007년에 특허 출원이 집중적으로 이루어졌으며, 2007년부터 차량 제어와 변속 장치 관련 특허 출원이 활발하게 발생하였음.
- ▶ 전기 구동 기술 관련 분야 특허 출원은 모두 지속적으로 증가 추세임.



전기 구동 기술 관련 국내 특허 출원 동향.

나. 특허 검색 방법

- 전기 구동 특허 검색 결과, 관련 특허는 한국, 미국, 일본, 유럽 특허 총 12,385건이 발생하였으며, 관련 유효 특허 분석을 위하여 필터링 작업을 수행하였음.
- 2차 필터링 후 유효 특허는 총 1,927건으로 나타났으며 이중 한국 193건, 미국 497건, 일본 1,120건, 유럽 117건으로 나타남.
- 3차 필터링 후 관련 주요 특허는 한국 5건, 미국 32건, 일본 28건, 유럽 10건으로 총 75건으로 나타남.



관련 특허 검색 방법.

(1) 특허 분석 방법

- 키워드 검색을 통하여 특허 검색 후 발생한 Raw-data는 총 15,942건으로 나타났으며, 중복 제거 후 검색된 특허는 총 12,767건으로 나타남.
- 중복 제거 후, 최종 유효 특허를 선별하기 위하여 아래와 같은 유효 선별 기준에 따라 필터링을 수행하였음.
 - 하이브리드 관련 기술 우선 선정 (직렬, 병렬, 직병렬 구조)
 - 제어 기술 및 시스템 특허 선정
 - 회생 동력, 회생 에너지 시스템 제외
 - 모터 출력 토크 관련 기술 및 시스템 특허 선정



유효 특허 필터링 결과.

- 유효 특허 선별 후 주요 특허 선정하였으며, 최종 유효 특허 1,927건 중 본 연구과제 기술과 관련이 큰 특허를 고려하여 A/B/C 등급을 선정하였음.

❖ Keyword 검색을 통한 추출 건수

4. 주요특허 선정

• 최종 유효 Data 1,927건 중

본 과제 기술관련도를 고려하여 A/B/C 등급 선정하여, 자사기술과 관련도가 높은 A, B등급의 특허 중, 법적상태가 공개, 등록인 75건의 특허를 주요특허로 선정

	한국	미국	일본	유럽	합계
건수	5	32	28	10	75

본 과제 기술 관련이 큰 주요 특허 선정.

- 주요 특허 선정 후, 위험 특허를 선정하였으며 총 8건으로 나타남.

5. 위험특허 선정

• 주요기술로 선정된 75건 중

자사기술과 관련도가 높은 A, B등급의 특허 중, 8건의 특허를 위험특허로 선별

	한국	미국	일본	유럽	합계
건수	0	7	1	0	8

본 과제 기술 관련이 큰 위험 특허 선정.

- 본 연구과제 특허 검색을 위한 특허 검색식은 아래와 같음.

❖ 특허 검색식

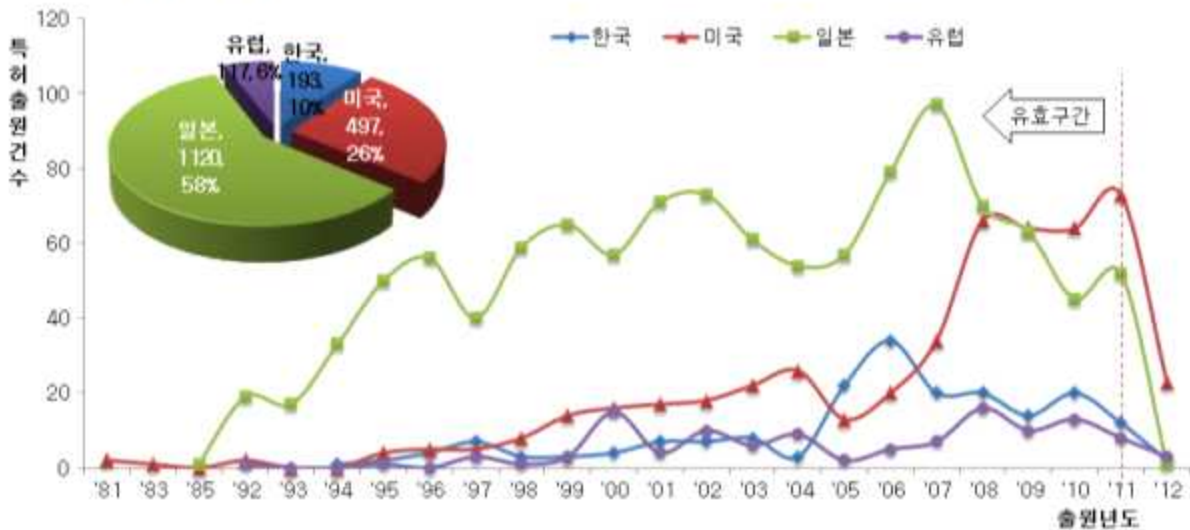
국가	검색식
한국	(((전기구* 전기* 하이브리드* 에이치이브* hev* hybrid* ((plug* adj2 in*) 플러그인*) (직렬* series* 시리즈* serial*) (병렬* parallel* 파라렬*)) NEAR2 ((트럭티* 트랙터* 농기계* 농기기* 농작업기* 농업용기기* 농업용기계* 작업기* (농업* adj2 (기기* 기계*)) 작업차* (작업* adj2 (자동차* 차량*)) OR (건설기계* 건설기기* (건설* adj (기계* 기기*)) 중장비* 불도저* 로더* 굴삭기* 포크레인* 지게차* 포크리프트* 작업기* 레미콘* 크레인* 백호우*) OR (자동차* 차량* 비글* 비이글* 오토모빌* 휠*) OR (트럭* 화물차* 화물자동차* 트레일러* 상용차* 버스* 특장차* 특수차량* 전차* 탱크* 무한궤도* 캐터필러* 견인차*)) NOT (ISG)) AND ((A01B* A01C* A01D* A01F* B60D* B60H* B60K* B60L* B60Q* B60R* B60T* B60W* B62D* E02F* F01B* F01L* F01M* F01N* F01P* F02B* F02D* F02M* F02N* F16D* F16H* F25B* G01C* G01R* G05D* G05F* G06F* G06G* H01M* H02P* H02R* H05K*)JPCM)) AND (((엔진* 구동* 내연기관* 원동*) and (모터* 모터* 전동* (전기* adj 장치*)))).CLA.
미국	(((electric* elc* hibrid* (plug* adj2 in*) series* serial* parallel*) NEAR2 ((tractor* ((farm* agricultur* work*) near2 (machine* vehicle*)) OR (loader* forklift* excavator* crane* ((heavy* construct*) near2 (equipment* machine*)) ready-mix* ((ready* truck*) near2 mix*) bulldozer* backhoe* (back* near2 hoe*) dragshovel* drag-shovel* (drag* near2 shovel*)) OR (car* vehicle* automobile* wheel*) OR (truck* trailer* bus* (commercial* near vehicle) tank* caterpillar* (track* near2 link*)) NOT (ISG)) AND ((A01B* A01C* A01D* A01F* B60D* B60H* B60K* B60L* B60Q* B60R* B60T* B60W* B62D* E02F* F01B* F01L* F01M* F01N* F01P* F02B* F02D* F02M* F02N* F16D* F16H* F25B* G01C* G01R* G05D* G05F* G06F* G06G* H01M* H02P* H02R* H05K*)JPCM)) AND (((engine* drv*) and (motor* ED* (electric* adj device*)))).CLA.
일본	(((전기구* 전기* 하이브리드* 에이치이브* hev* hybrid* ((plug* adj2 in*) 플러그인*) (직렬* series* 시리즈* serial*) (병렬* parallel* 파라렬*)) NEAR2 ((트럭티* 트랙터* 농기계* 농기기* 농작업기* 농업용기기* 농업용기계* 작업기* (농업* adj2 (기기* 기계*)) 작업차* (작업* adj2 (자동차* 차량*)) OR (건설기계* 건설기기* (건설* adj (기계* 기기*)) 중장비* 불도저* 로더* 굴삭기* 포크레인* 지게차* 포크리프트* 작업기* 레미콘* 크레인* 백호우*) OR (자동차* 차량* 비글* 비이글* 오토모빌* 휠*) OR (트럭* 화물차* 화물자동차* 트레일러* 상용차* 버스* 특장차* 특수차량* 전차* 탱크* 무한궤도* 캐터필러* 견인차*)) NOT (ISG)) AND ((A01B* A01C* A01D* A01F* B60D* B60H* B60K* B60L* B60Q* B60R* B60T* B60W* B62D* E02F* F01B* F01L* F01M* F01N* F01P* F02B* F02D* F02M* F02N* F16D* F16H* F25B* G01C* G01R* G05D* G05F* G06F* G06G* H01M* H02P* H02R* H05K*)JPCM)) AND (((엔진* 구동* 내연기관* 원동*) and (모터* 모터* 전동* (전기* adj 장치*)))).CLA.

특허 분석을 위한 검색식.

○ 아래 특허 분석 그래프는 유효 특허 1,927건을 대상으로 하였음.

- 2004년 이전에는 전기 구동 관련 특허 점유율이 높은 일본에 의해 전기 구동 기술 개발이 주도되었던 것으로 판단되며, 이후에는 미국/한국/유럽의 특허 출원 증가 추세가 있는 것으로 보아 관련 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 것으로 보임.
- 특히, 미국의 관련 특허 출원 건수는 2005년~2008년에 큰 폭으로 증가함.
- 2008년과 2009년에 국가별 특허 출원이 전년도에 비해 감소하고 있는 것으로 볼 수 있는데, 이는 경기 침체의 영향을 받은 것으로 판단됨.

❖ 전체기술 국가별 출원 현황



전체 기술 국가별 특허 출원 현황.

○ 기술별 한국, 미국, 일본, 유럽의 특허 현황

- 본 연구과제 기술인 전기 구동 관련 특허는 자동차 산업이 건설기계와 농업기계에 비하여 지배적으로 나타남.
- 특히, 일본의 전기 구동 관련 기술에 대한 연구가 활발히 진행된 것으로 보임.
- 자동차와 건설기계 분야와 다르게 농업기계 분야는 전기 구동 기술이 비교적 연구가 미비한 것으로 판단됨.

❖ 기술별(소분류) 국가별 현황

※ 1,927건을 대상으로 분석

	자동차				건설기계		농업기계	계
	Serial	Parallel	Power-split	기타	유압식	전기식	Hybrid System	
한국	11	46	5	98	13	7	13	193
미국	22	110	111	206	12	24	12	497
일본	83	199	150	578	34	57	19	1,120
유럽	5	20	16	47	3	10	16	117
계	121	375	282	929	62	98	60	1,927



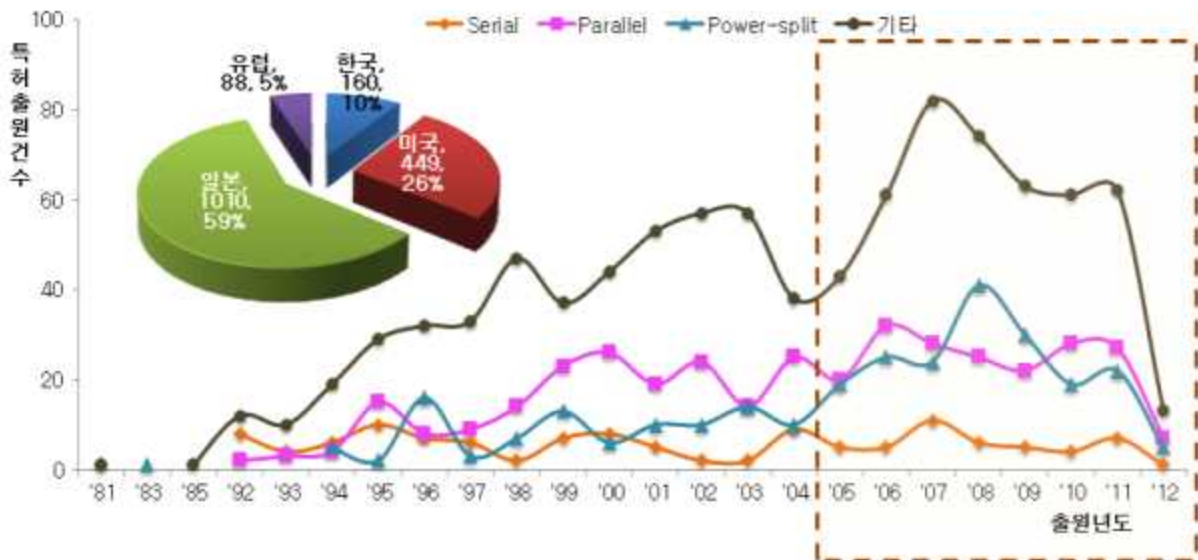
국가별 특허 기술 현황.

○ 국가별 특허 현황

- 자동차 분야 특허는 1,707 건을 대상으로 분석한 결과, 일본의 특허 출원 비중이 다른 국가에 비하여 월등히 높았으며, 이는 전기 구동 자동차에 대한 기술 개발을 선도하고 있는 것으로 보임.
- 세부 기술별 특허 출원은 지속적으로 증가하는 양상을 나타내고 있음.

❖ 기술별 국가별 출원현황

※ 1,707건을 대상으로 분석

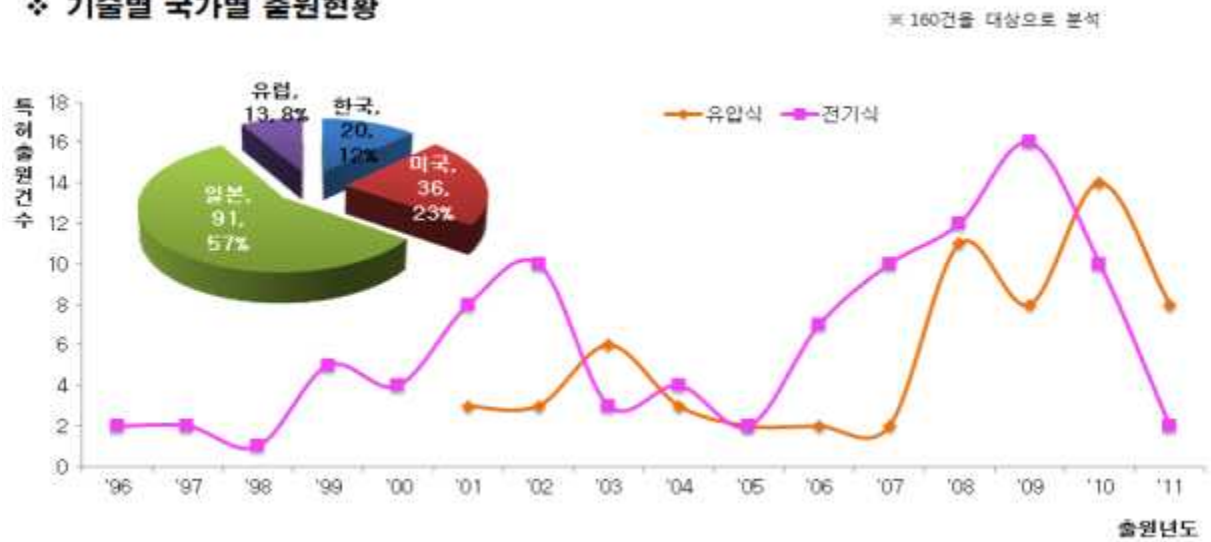


국가별 관련 전기 구동 자동차 기술 특허 출원 현황.

○ 건설 기계 전기구동 기술 국가별 특허 출원 현황

- 건설기계 분야 특허 총 160건을 대상으로 분석한 결과, 일본, 미국, 한국, 유럽 순으로 특허 활동이 활발한 것으로 나타남.
- 건설기계의 특허 출원은 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있음.
- 전기식 건설기계 : 2007년~2009년에 특허 출원 활동이 활발하게 나타남.
- 유압식 건설기계 : 2008년~2010년 사이에 특허 출원 활동이 활발하게 나타남.

❖ 기술별 국가별 출원현황



국가별 관련 전기 구동 건설기계 기술 특허 출원 현황.

제 3장 연구수행 내용 및 결과

제 1절 전기 이식기 설계

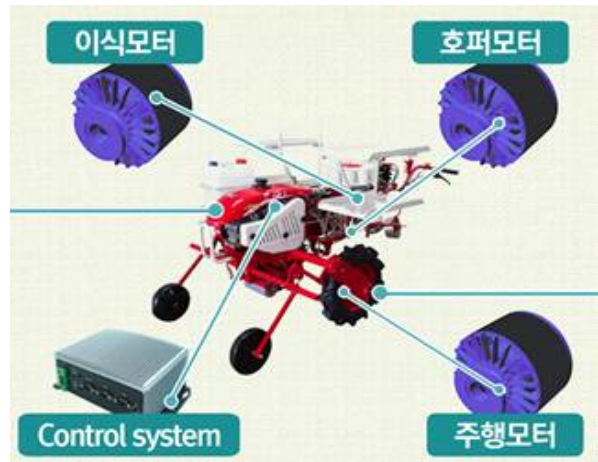
1. 1차 시작품 설계

가. 전기구동 이식기 layout 설계

- 이식기는 동력 발생을 위한 내연기관(엔진), 감속 및 속도 조절을 위한 변속기, 작업 및 주행을 위한 구동 차륜, 이식 작업을 위한 호퍼, 묘 보급 장치 등으로 구성된 식부 및 예비 묘 탑재판, 변속 레버, 복토부, 가이드륜, 관수장치 등의 부대 장치들로 구성되어 있다. 이 중 이식 작업 시 엔진의 동력은 대부분 이식기 주행, 식부의 호퍼 운동에 사용되기 때문에 주행 및 식부의 전동화가 필요하다.



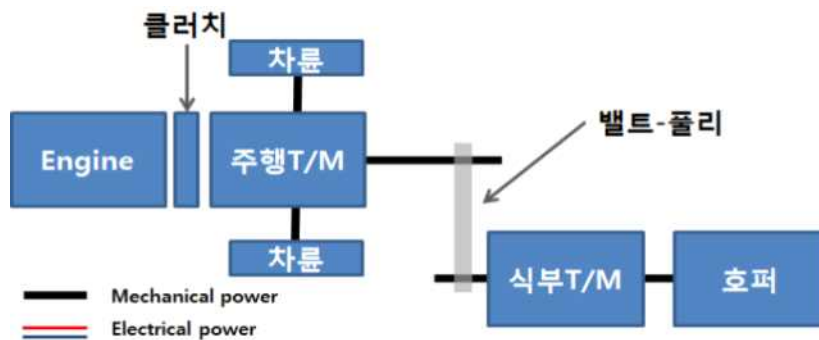
(a) 주요 동력 소모원



(b) 전동화

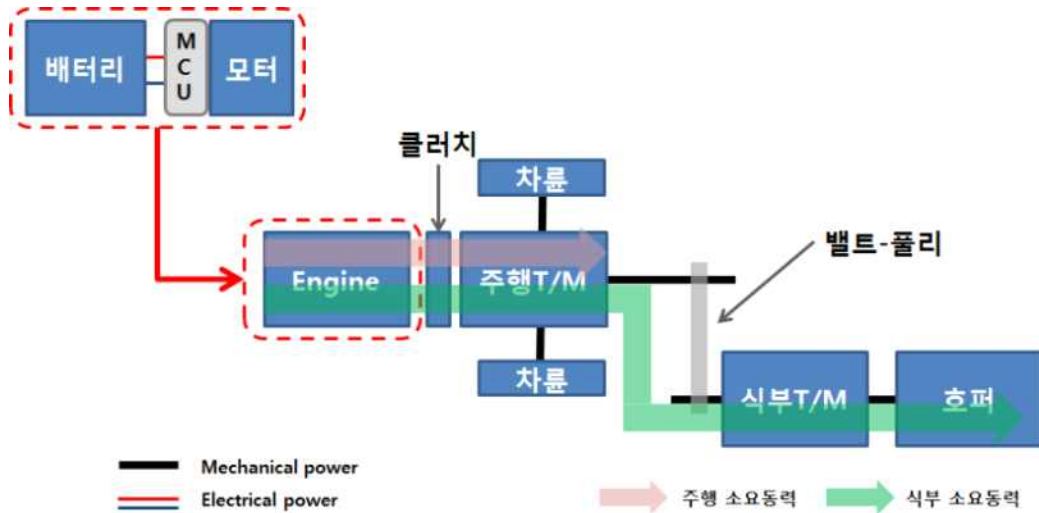
이식기 주요 동력 소모원 전동화.

- 이식기의 동력전달계통은 엔진으로부터 클러치의 단속을 통해 주행 변속기로 전달되어 차륜을 구동하게 되고, 이 중 일부 동력은 벨트-풀리(belt-pulley)를 통해 식부 변속기에 전달되어 이식 작업을 위해 호퍼를 동작시킨다.



이식기 동력전달부 구조.

- 이식기의 주행 및 식부 구동용 모터 사양 선정을 위해서는 각각의 요소에서 발생하는 부하 측정 및 분석이 필요하다. 따라서 각각의 모터 사양 선정을 위해 기존에 장착된 엔진을 대신하여 모터 구동 시스템을 설치하였다. 이식기 작업 시 발생하는 부하는 배터리에서 모터 구동에 사용되는 전류 측정을 통해 측정하였으며, DC 전력선에 흐르는 전류 및 전위(48V)를 측정하여 전력을 계산하였다. 각각의 요소들의 동작 및 복합 운동 시 발생하는 전력을 다양한 조건에서 테스트한 후 통계적인 분석을 통해 각각의 항목에 필요한 요구 출력을 선정하였다.



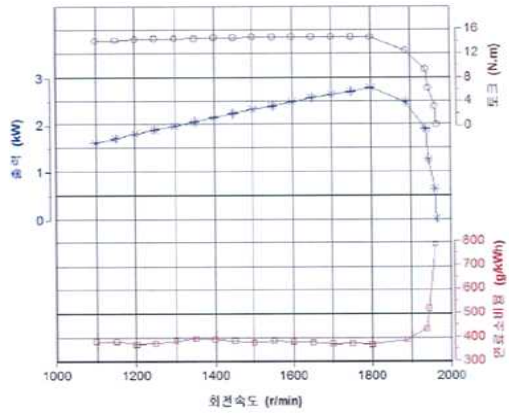
이식기 작업 요소별 부하 분석 측정.

(1) 전기 모터

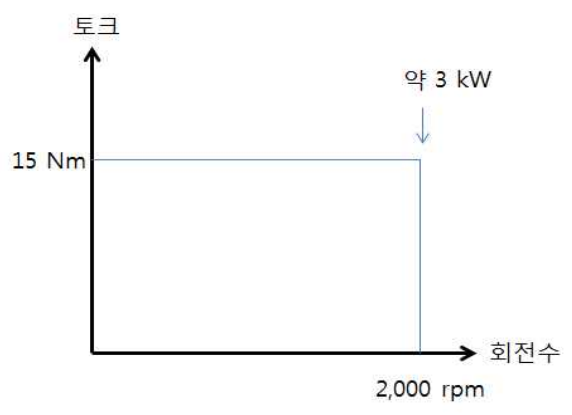
- 이식기 작업 부하 및 요소별 소요동력 측정을 위한 엔진 대체용 모터의 목표 사양을 선정하였다. 모터 사양은 기존 엔진의 운전 영역을 고려하였으며, 최대출력 시 기존 동작에 문제없는 범위에서 선정하였다. 모터 구동을 위한 배터리 전압은 48 V DC이며 이때 정격출력 및 토크는 정격회전수 2,000 rpm에서 각각 3 kW, 15 Nm로 설계되었으며 모터 운전 영역은 그림 엔진 성능곡선과 같다. 이때 모터 입력과 출력의 효율은 80% 이상으로 목표를 선정하였으며, 모터의 외형 및 사이즈는 모터가 장착되는 취부의 공간상의 제약이 크기 때문에 기존 엔진의 장착부의 설계 사양과 배터리 및 변속기 입력축과 연결을 고려하여 최소화 설계하였다.

모터 목표 사양

항목	사양
모터 타입	PMSM/BLDC
배터리 전압	48 Vdc
정격 출력	3 kW
정격 토크	15 Nm
모터 효율	80% 이상
회전수	2,000rpm 이상



(a) 이식기 엔진 성능곡선



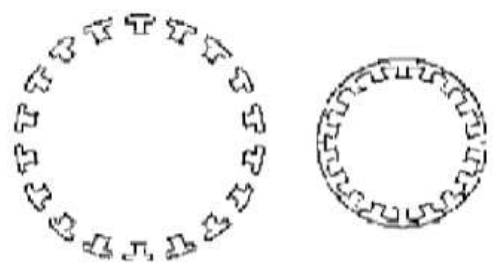
(b) 모터 운전 영역

모터 사양 선정 기준.

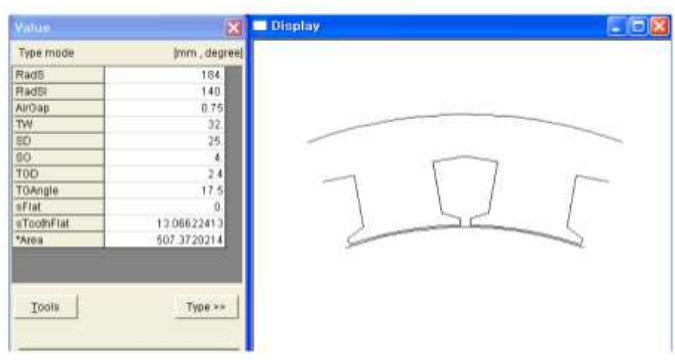
- 초기 전기구동 차량에는 직류 모터가 간단한 구조와 고효율로 많이 사용되었으나 정밀 제어 및 유지보수가 어렵다는 단점이 있어 최근에는 그 사용량이 줄고 있다. 유도 모터의 경우 높은 내구성과 저가라는 장점이 있지만 회전자 손실로 인한 발열 및 냉각에 문제점이 있다. 또 다른 하이브리드 차량 구동모터로 SRM (Switched Reluctance Motor)이 개발되었으나 큰 토크 리플로 인한 진동, 소음에 문제점이 있어 적용이 힘든 실정이다. 이에 최근 고효율의 출력밀도가 높은 영구자석을 이용한 영구자석 동기 모터의 활용이 높아지고 있으며 전기구동 차량용 구동모터로 많이 사용되고 있다.

(가) 고정자 설계

- 일반적으로 중·대형 모터의 고정자는 원형 프레스 블랭킹(blanking)한 전자강판을 원통상에 적층하여 일체형 고정자 철심으로 고정하고, 권선 작업은 소정의 회전수로 감겨진 코일을 철심 슬롯에 삽입하는 작업을 거친다. 그러나 기존의 일체형 고정자 코어 제조방법의 경우 금형 제작비용이 크고, 권선과 권선 사이에 노즐이 통과하는 통로가 확보되어야 하므로 권선의 배치가 복잡해져 고밀도 권선의 적용이 어려운 단점이 있다. 따라서 고정자 설계는 일체형 코어보다 점적률, 모터의 소형화 및 고출력화에 유리하고 토크 리플을 감소시키는 효과가 있는 분할형 코어를 이용하였다.



(a) 분할형 코어의 전체적 형상



(b) 세부적인 분할형 코어의 형상 및 설계값

고정자의 분할형 코어 설계.

(나) 회전자 설계

- 회전자 설계의 경우 영구자석 동기 모터 중 약계자 제어 방식을 이용하였다. 직류전동기의 경우 역기전력의 발생으로 인해 저항이 0이 되더라도 회전속도가 일정 수준을 넘어서면 견인력이 떨어지는 문제점이 발생하는데 약계자 제어 방식은 이를 방지하기 위해 가변저항과 전동기 사이에 코일을 넣는 방식이다. 따라서 고속운전이 가능하며 전자기적 토크와 릴럭턴스 토크를 동시에 이용할 수 있는 장점을 가지고 있다.



(a) IPM구조의 일반적 형상 (b) 세부적인 IPM 구조의 형상 및 설계값
IPM 구조를 이용한 설계.

(다) 권선 설계

- 권선 방식은 소형화, 고출력화에 유리한 집중정렬권선방식을 적용하였으며 트랙터 엔진의 최대 속도인 2,000 rpm 이상에서 원심력을 견딜 수 있도록 설계하였다.

(라) 전기 이식기의 구동 모터 시작품

- 전기구동 이식기의 구동모터는 누설자속을 줄이고 제작비 절감 및 원심력에 강한 내구력을 갖는 효과를 가질 수 있게 설계되었다. 설계 결과 이식기 장착부의 구조 변경 없이 별도의 브라켓 및 프레임 추가를 통해 장착 가능하다.

(2) 인버터/컨버터

- 모터 구동 제어 및 배터리 전력 변환을 위한 인버터/컨버터는 모터 출력 및 응답성능을 고려하여 개발 사양을 선정하였다. 인버터 작동을 위한 전압은 48 VDC이며, 모터 출력을 최대 4 kW, 연속 3 kW의 제어가 가능하다. 이에 따른 전류량은 정격 80 A, 최대순간 200 A이며, 모터 제어는 일반적으로 사용되는 PWM 제어 방식을 이용하여 10 kHz 속도로 수행 가능하게 하였다. 동작 온도는 외부 환경온도의 경우 이식기 작업 환경을 고려하여 -10 ~ 55°C로 선정하였으며 부품/소자의 경우 85°C이다. 이를 위한 냉각방식은 방열판 등을 이용한 공랭식을 이용하였다.

인버터 개발 사양

항목	사양	비고
Input voltage	48 V DC	-
Output power	연속 3 kW, 최대 4 kW	-
Output current	정격 80 A (최대 200 A)	-
제어방식	FOC	토크제어, 속도제어
PWM frequency	10 kHz	-
Ambient temperature	-10 ~ 55 °C	부품/소자는 85 °C
Monitoring peak efficiency	85 % 이상	@300 V
Cooling type	공냉식	heat insulating board

(3) 배터리-BMS (Battery Management System)

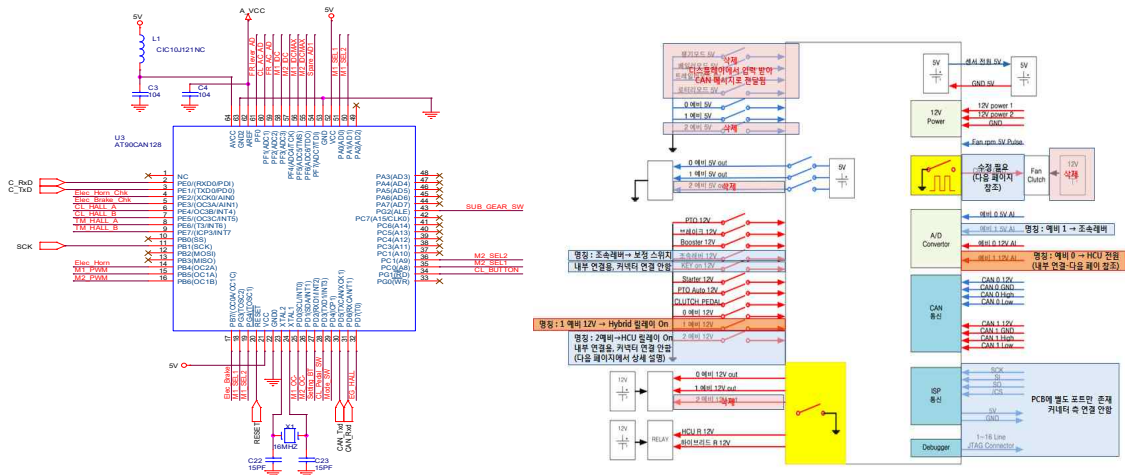
○ 배터리는 체적 대비 효율이 높으면 자동차 분야에서 널리 사용되어 검증된 Lithium Ion 배터리를 이용하였으며 구동 모터 및 전기 구동 시스템의 사양을 고려하여 전압 수준 48 V, 전류용량 40 Ah로 배터리 용량은 2 kWh로 선정하였다. 이때 배터리 팩을 이용한 충전-방전 연속 전류는 방전의 경우 최대 120 A, 충전의 경우 20 A를 유지 가능하게 하였으며 급속 충전의 경우 더 높은 전류 출력 사용(2C, 3C)이 가능하다. 배터리 SOC (state of charge) 제어 및 인버터와 통신을 위한 BMS는 각각의 cell 전압을 -0.7 ~ 5.2 V 범위로 측정, 전류 및 셀 온도는 각각 -100 ~ 100 A, -20 ~ 100 °C의 범위로 측정이 가능하도록 목표 사양을 선정하였다. BMS의 기능은 protection, alarm, SOC 측정이 있으며 protection 기능에는 cell OVP/UVP, module OVP/UVP, pack OVP/UVP, charge/discharge over current, OTP를 포함시켰으며, alarm 기능에는 cell OVA/UVA, module OVA/UVA, pack OVA/UVA, charge/discharge over current, OTA, 12V 보조 전원 OVA/UVA, master PCB temp.를 포함시켰다. SOC 산출의 오차율은 10% 이내로 하였으며 통신은 CAN, RS-232C 모두 가능하게 하여 범용성을 확보하였다.

배터리 목표 사양

Item	Range	Accuracy
Nominal voltage (V)	48	± 10 mV
Nominal capacity (Ah)	40	± 100 mAh
Max. continuous discharge current (A)	120 A	± 100 mAh
Max. continuous charge current (A)	20 A	± 100 mAh
Cell Temp (°C)	-20 ~ 60	± 3°C

(4) Control system

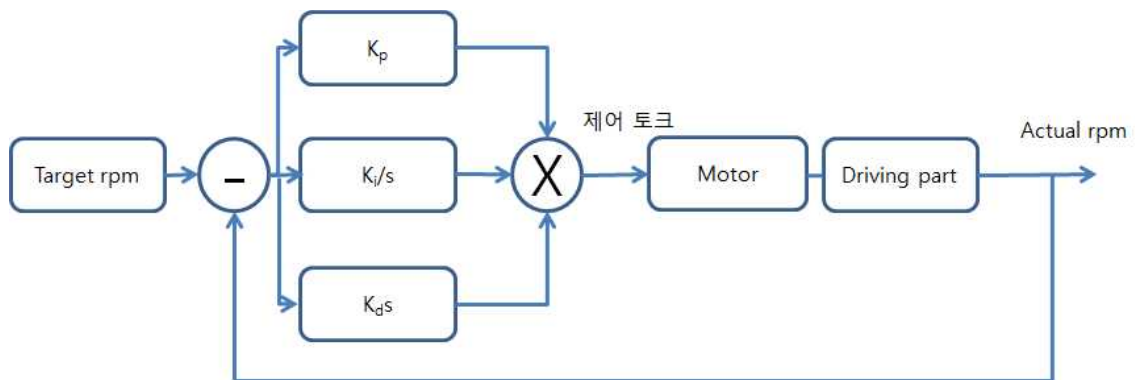
- 제어장치는 모터의 구동을 위한 MCU, 배터리의 전압/전류 및 상태 관리를 위한 BMS 등의 전체 시스템의 제어를 위한 EV controller로 구성되며, 각각의 제어장치는 CAN을 통해 통신하도록 구성하였다. 전원이 12 V이며 배터리 전원 활용을 위해 DC-DC 컨버터가 내장되어 있다. 이 때 냉각은 공랭식을 이용하였다. 제어장치는 기본적인 아날로그, 디지털 입출력 기능 및 PWM 제어, 통신 등이 가능하고 추가로 기능 확보가 가능하도록 필요 개수 이상의 채널을 확보하였으며, 각각의 기능 구성에 적합한 회로를 구성하였다.



제어기 사양 및 기본 PIN layout 설계.

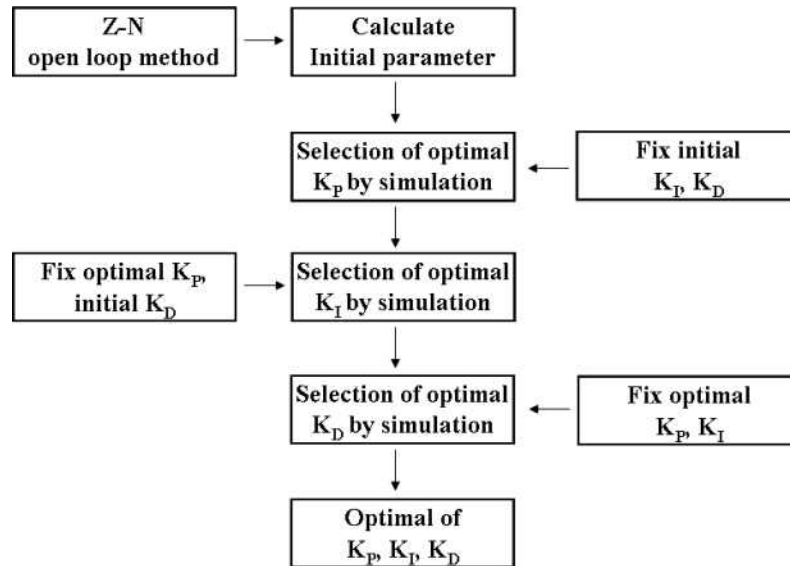
(5) 전기모터 제어 알고리즘

- 전기구동 이식기의 동력 제어를 위한 모터 토크 출력을 PID (proportional integral derivative) 제어 알고리즘을 사용하여 실시간 제어하였으며 제어 계수 선정은 PID 계수 최적화 방법을 이용하였다. PID 제어 알고리즘을 이용한 전기구동 이식기 모터의 출력은 주행부, 식부의 목표 회전수(속도)와 실제 회전수(속도)의 차이를 입력으로 PID 제어기에 의해 출력 토크가 계산되며 모터를 통해 발생된 동력에 따라 모터의 실제 회전수가 제어된다. 본 시스템의 경우 큰 부하 변동에 따라 신속한 제어를 위해 오버슈트(overshoot)를 최소한으로 고려하고 상승 시간이 최대가 되도록 PID 제어시스템을 설계하였다.



전기모터 제어를 위한 PID 제어기 구성.

- Z-N 계단 응답법을 이용하여 시뮬레이션을 위한 초기 계수를 계산하고, 시뮬레이션을 통해 K_P , K_I , K_D 계수의 순서로 응답성과 안정성 평가를 통해 최적화한다(Choi et al., 2010). 먼저 K_P 계수는 K_I , K_D 계수를 초기 계수로 고정한 상태에서 시뮬레이션한 후 최적 계수를 선택하고 K_I 계수는 K_P 계수를 선정된 최적 계수로, K_D 계수를 초기 계수로 고정한 상태에서 시뮬레이션한 후 최적 계수를 선정하며, K_D 계수는 K_P , K_I 계수를 최적 계수로 고정한 상태에서 시뮬레이션한 후 최적 계수를 선정한다.



Flowchart of PID control algorithm.

- PID 제어시스템은 식 1의 모터의 전달함수와 식 2의 PID 제어기를 이용하여 개발하였으며, 전체 제어시스템의 전달함수는 식 3과 같이 나타낼 수 있다. PID 계수는 제어시스템 성능에 가장 큰 영향을 미치므로(Hur and Yang, 2007) Ziegler-Nichols (Z-N) 방법을 이용하여 PID 계수의 시뮬레이션을 위한 초기값을 선정 한 후, 이를 기준으로 PID 계수 시뮬레이션 프로그램을 개발하여 PID 제어시스템을 최적화한다.

$$G(s) = \frac{K_m}{s(\tau s + 1)} \dots \dots \dots \text{식 (1)}$$

$$\tau = R_a J / (R_a B + K K_e)$$

$$K_m = K / (R_a B + K K_e)$$

$$G_{PID} = K_P + K_D s + \frac{K_I}{s} \dots \dots \dots \text{식 (2)}$$

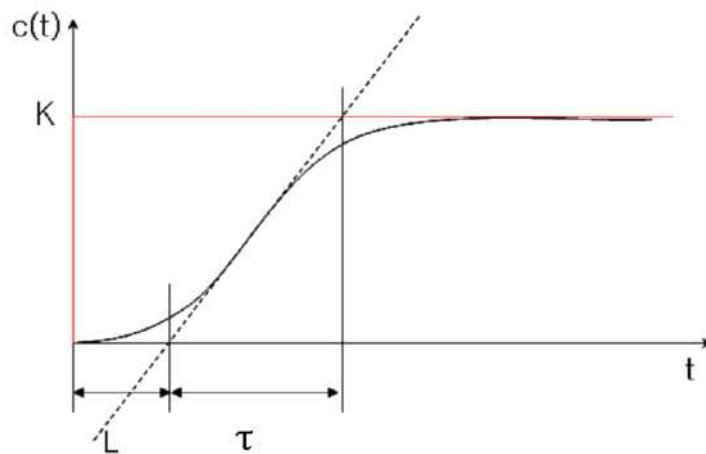
$$T(s) = \frac{K_m (K_D s^2 + K_P s + K_I)}{\tau s^3 + (1 + K_m K_D) s^2 + K_m K_P s + K_m K_I} \dots \dots \dots \text{식 (3)}$$

여기서, K : 모터 토크 상수(Nm/A)

R_a : 아마추어 저항(Ω)

- B : 점성 마찰 계수(kgm^2/s)
- Ke : 역기전력 상수($Vsec/rad$)
- τ : 시정수
- J : 회전 관성 계수(kgm^2)
- E : 기준 전압(V)
- N : 회전범위(rad)

○ PID 초기 계수는 개루프 시스템에 계단 응답을 통해 얻어진 지연시간(L)과 시정수(τ)로 PID 계수를 결정하는 Z-N 계단 응답법(open loop method)을 이용한다. Z-N 계단 응답법은 식 4와 같이 비교적 간단한 모델을 사용하기 때문에 산업 현장에서 좋은 응답성능을 기대하기는 어려우나(Lee et al., 1998), 최적 제어 계수 선정을 위한 기준점 제공이 가능한 장점이 있다(Ogata, 2001).



Characteristic of step response for Z-N method.

$$K_p = 1.2 \frac{\tau}{L}$$

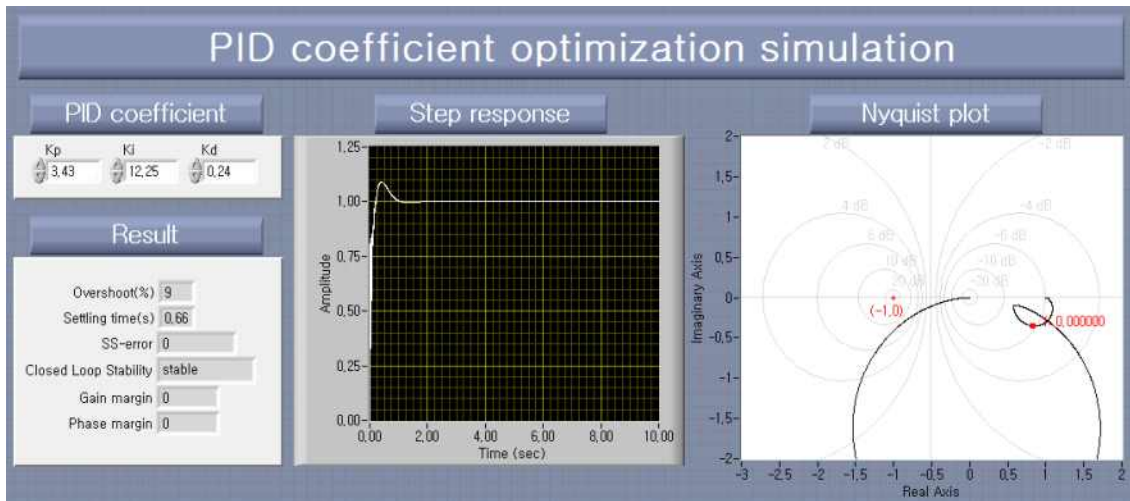
$$K_i = \frac{K_p}{2L}$$

$$K_d = K_p \times 0.5L \dots\dots\dots\text{식 (4)}$$

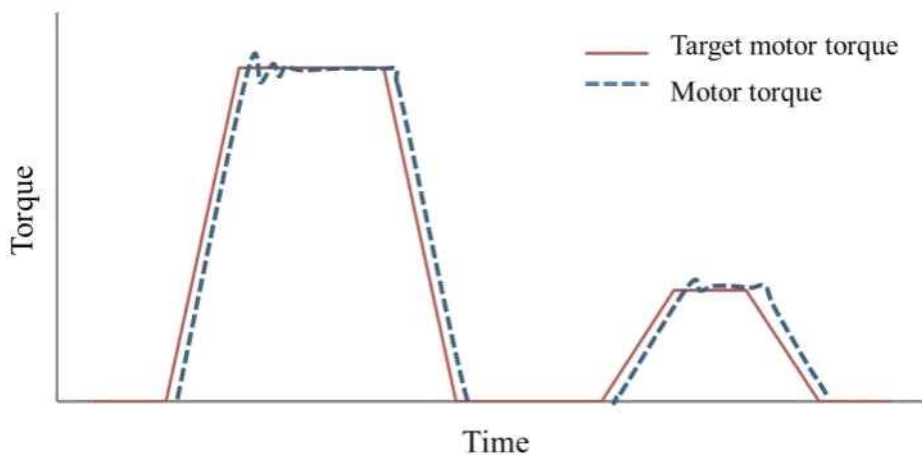
여기서, L : 지연시간(s)
 τ : 시정수(s)

○ PID 계수의 최적화를 위한 시뮬레이션 프로그램은 LabVIEW (National Instrument, US A)를 이용하여 개발된다. 시뮬레이션 프로그램은 Z-N 방법에 의해 선정된 초기 계수를 제어시스템 전달함수를 기준으로 비례 계수, 적분 계수, 미분 계수 순서로 최적화시키며, 응답성능과 안정성 평가 결과를 동시에 만족시키는 경우를 최적 계수로 선정한다. 모터의 동작은 약간의 오버슈트(overshoot)가 발생하더라도 작업 부하에 따라 빠른 응답이 더 중

요하므로 정착시간(settling time), 정상상태오차(steady-state error)를 우선으로 평가하였으며, 최대 오버슈트(maximum overshoot)까지 3가지 항목을 모두 최소로 만족하는 경우를 최적계수로 선정하였다. 안정성 평가는 시스템의 절대적인 안정성이 아닌 상대안정도를 평가하는 방법인 나이퀴스트 선도(Nyquist plot)의 이득 여유(gain margin)와 위상 여유(phase margin)를 이용하였다. 이득 여유와 위상 여유는 시스템의 안정도를 나타내는 지표로 각각의 수치가 클수록 시스템이 상대적으로 안정하다는 것을 의미하며, 음수인 경우에는 절대적으로 시스템이 불안정하다는 것을 의미한다.



Simulation program for optimization of PID gains.



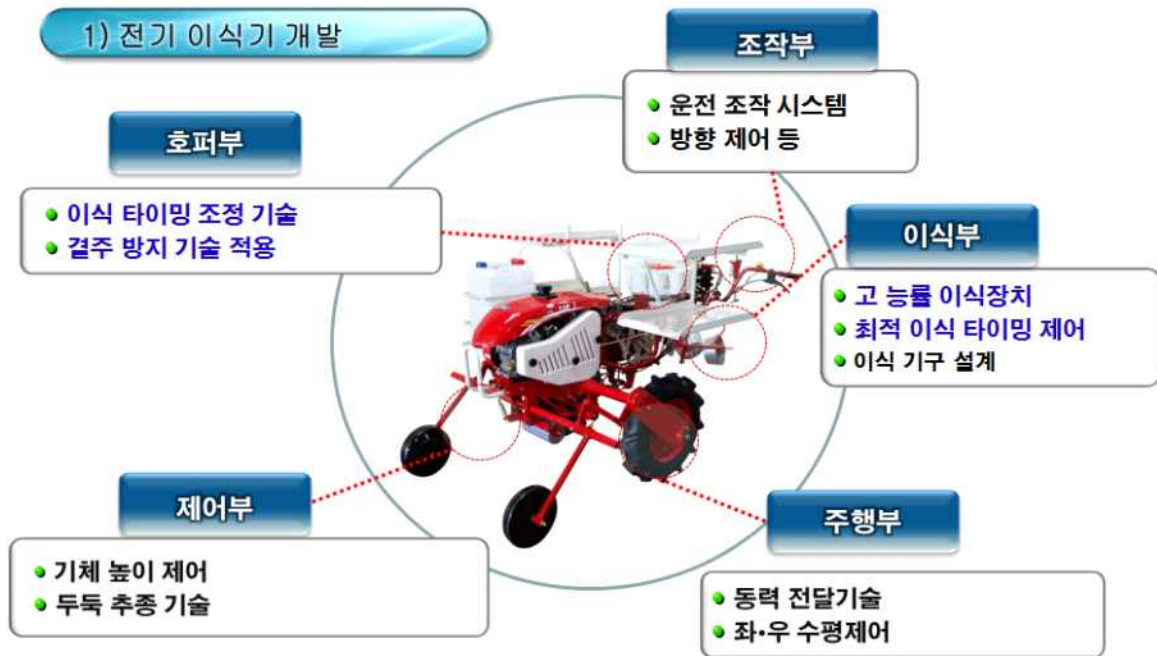
Target response of motor torque by EV control.

나. 전기 구동 이식기 시스템 개념설계

(1) 1차 전기 이식기 구성 분석

- 가솔린 엔진이 장착된 이식기 주요 부분은 조작부, 주행부, 이식부, 호퍼부, 제어부로 구성되며, 주행부는 전진 2단, 후진 2단으로 구성되어있다. 기대의 후방의 핸들로 기대의 방향을 조정할 수 있으며 주요 조작부는 이런 핸들부에 집중 배치되어 있는데, 작업 시 호퍼부에 이식 하려는 육묘를 넣어주면 이식부의 식부링크가 트로이드 곡선을 형성하며 최

상부에서는 육묘가 투입되면 최하단부에서 호퍼가 열리고 두둑에 구멍을 뚫고 묘를 떨어트리며 트리는 방식으로 이식이 이루어진다. 기존의 이식기 구조를 참조하여 전기 구동 이식기의 기본 레이아웃을 검토 하였으며, 주행부, 조작부, 이식부, 호퍼부의 주요 장치의 위치와 이를 구동할 수 있는 동력전달 방식을 연구팀의 토의 후 설계하였다.

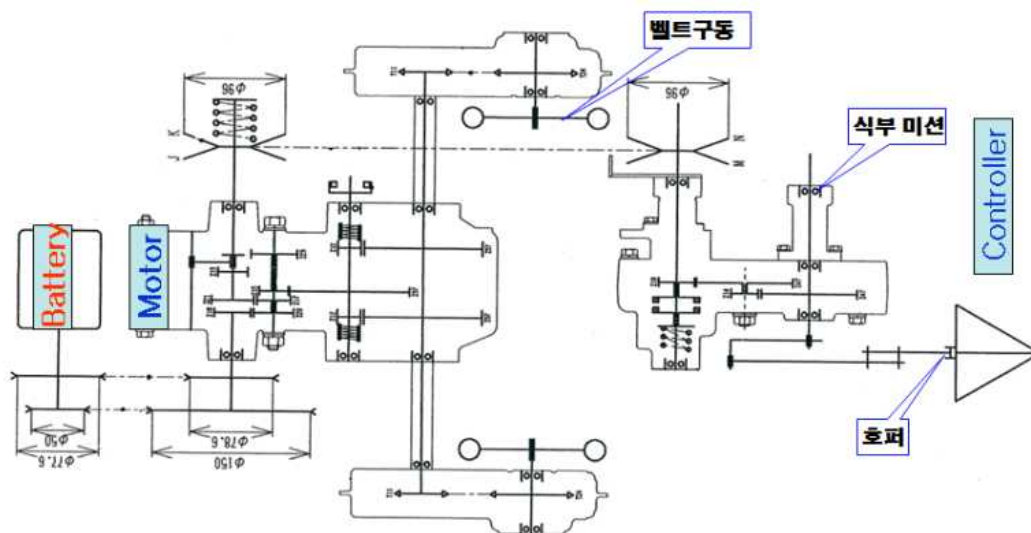


가솔린 엔진 이식기의 구성.

(2) 1차 전기 이식기 레이아웃

(가) 1안 : 자체 주행 가능한 동력전달 체계

○ 주행 미션과 식부 미션 사용하여 기존의 가솔린 엔진을 모터와 배터리로 대체한다.

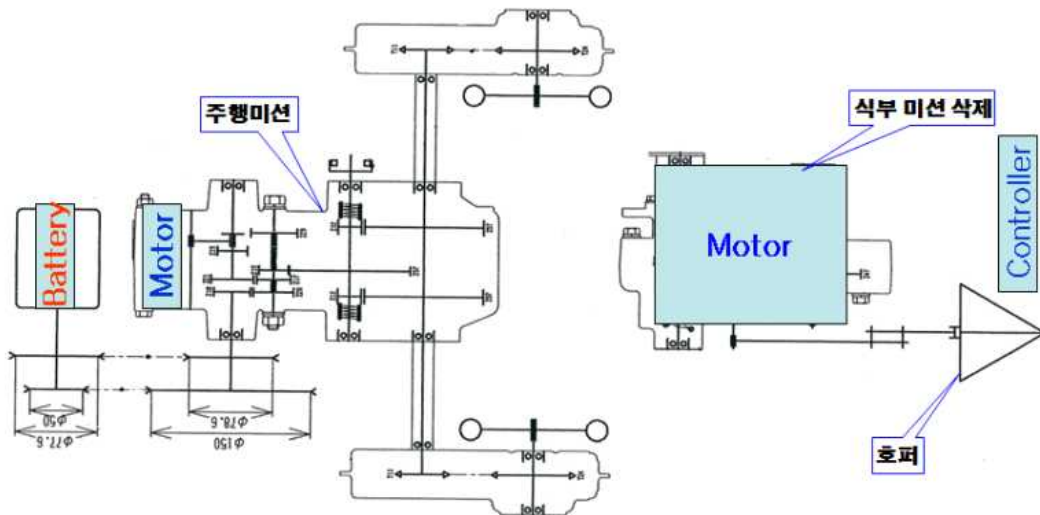


1차 전기 이식기 레이아웃 검토 1안.

- 자체 주행 가능한 동력전달 체계로 구성하였으며, 기존 가솔린 엔진의 주행 미션과 식부 미션을 공용으로 사용하였다. 기존 가솔린 엔진위치에 모터를 배치하였으며 연료 탱크를 제거 하고 그 위치에 배터리를 배치, 또한 배터리 및 모터를 제어할 수 있는 컨트롤러는 기대의 주요 조작부가 배치 되어있는 기대 후방에 함께 배치하여 작업자의 편리성을 증대 시키고자 하였다.

(나) 2안 : 자체 주행 가능한 동력전달 체계

- 주행 미션은 유지하고 식부 미션은 삭제하고, 기존의 가솔린 엔진을 모터와 배터리로 대체하고 식부 기구 구동을 위한 별도의 모터를 사용한다.

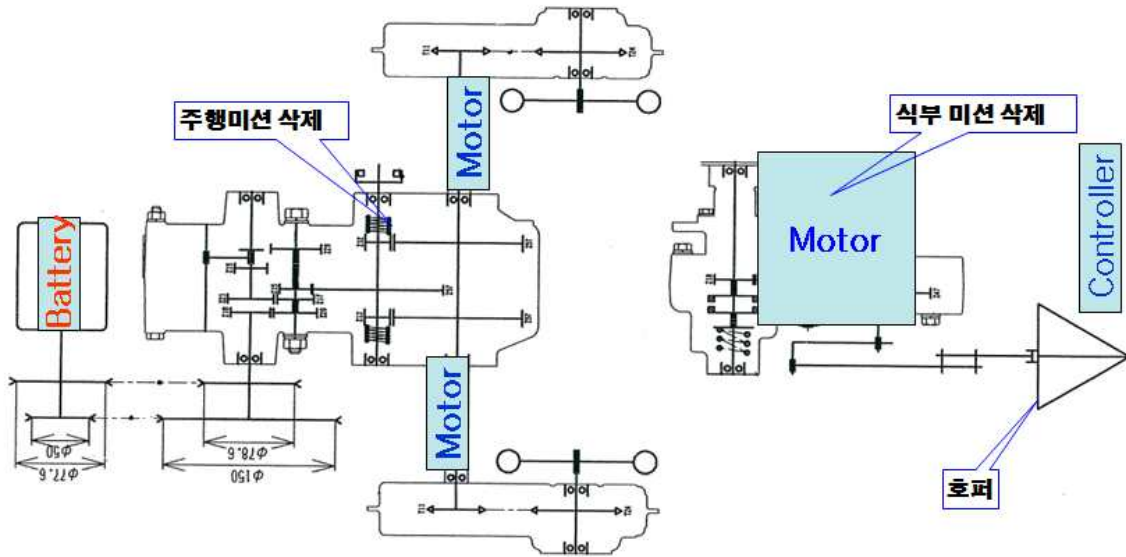


1차 전기 이식기 레이아웃 검토 2안.

- 1안과 같은 주행 가능한 동력전달 체계로 구성하였으며, 배터리 및 모터는 1안과 같은 방식으로 배치하였고, 기존 이식기의 주행미션과 식부미션 사이에 동력을 전달하는 무단변속 벨트와 회전 기구를 삭제하고 모터를 장착하여 구조를 단순화 시키고, 모터로 이식부를 작동시켜 기존 이식기보다 이식 정밀도를 높일 수 있는 방식으로 설계하였다. 또한 이식부를 모터로 제어함에 있어서는 별도의 제어 알고리즘이 요구된다.

(다) 3안 : 자체 주행 가능한 동력전달 체계

- 주행 미션과 식부 미션은 삭제하고 기존의 가솔린 엔진을 모터와 배터리로 대체한다. 그리고 식부 기구 구동을 위한 별도의 모터를 사용하며, 주행을 위한 모터를 사용한다.



1차 전기 이식기 레이아웃 검토 3안.

- 3안 레이아웃 또한 자체 주행 가능한 동력전달 체계로 기존의 가솔린 이식기의 주행 미션과 식부 미션을 완전히 삭제하고 엔진을 모터와 배터리로, 식부부 구동은 별도의 모터를 사용하여 이식하며, 기대 주행 시 바퀴 구동 또한 모터로 구성하여 기대의 구동 및 이식에 필요한 모든 주요부분을 전기 구동 가능한 부품으로 구성하였다.
- 세 가지 레이아웃 중에서 1차 시작품에는 1안을 사용하기로 결정하였다. 현재 이식기의 주요 동력원을 배터리로 교체 하였을 때 이식기의 주요부분이 정상적으로 작동 할 수 있도록 모터 및 주요 부품을 설계하여, 1차 시작품을 제작하였다. 제작된 1차 시작품을 이용, 이식기 각 주요 부분의 부하를 측정하는 시험을 수행하며, 이에 대한 데이터 및 시험 결과를 근거로 각 주요부품의 사양을 결정하였다.

다. 1차 시작품 제어기 설계 및 성능 시뮬레이션

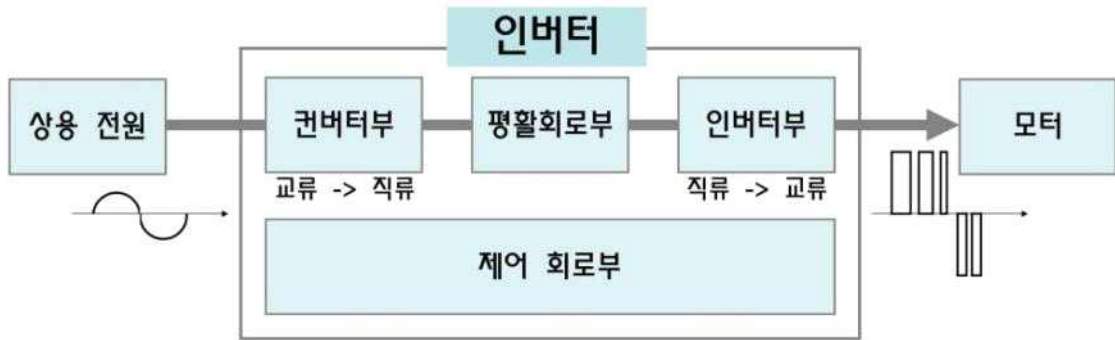
(1) 고효율 인버터/컨버터 설계 및 성능 시뮬레이션

- 전기 구동 기술은 기존의 내연기관에 모터를 추가하거나 대체하는 방식으로 에너지 효율 향상 및 연료 절감, 배기가스 절감을 통한 친환경 동작이 가능하다. 전기구동 기술을 이식기에 적용하기 위해서는 동력원으로 사용되는 구동모터의 개발이 필요하며 구동모터의 제어를 위해 적절한 인버터 설계가 무엇보다 중요하다.

(가) 레이아웃 설계

- 인버터는 다이오드(diode), 트랜지스터(transistor), IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 등의 전력용 반도체를 이용하여 3상 교류를 직류로 변환시키는 컨버터(converter)부, 직류에 포함되는 맥동분(ripple)를 제거시켜주는 평활 회로부, 변환된 직류를 가변 전압, 가변 주파수의 교류 형태로 변환하는 인버터(inverter)부와 인버터부를 제어하는 제어회로부로 구성되어 유도형 모터의 속도를 제어한다. 이때 유도형 모터의 회전속도는 식 (5)와 같이 주파수 및 극수에 의해 결정된다. 인버터의 제어 방식에는 주로 아날로그 전압 등으

로 모터의 회전속도를 제어하는 속도제어, 간단한 리미트 스위치나 고정밀의 엔코더 등을 사용하여 모터의 회전량을 제어하는 위치제어, 모터에 흐르는 전류 제어를 이용한 토크제어가 있다.



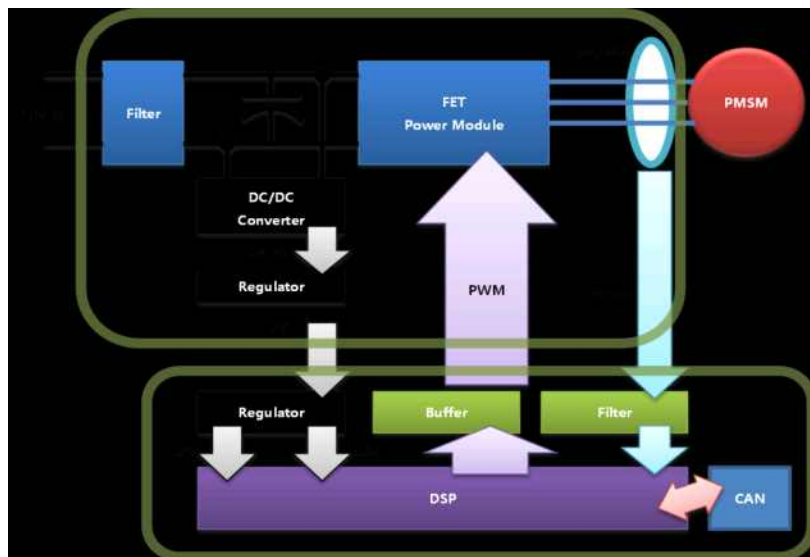
인버터의 레이아웃.

$$Rotationspeed_{motor} (rpm) = \frac{120 \times f}{p} \dots\dots\dots\text{식 (5)}$$

where, f = frequency (Hz)

(나) 주요 구성요소

- 본 연구에서 전기구동 이식기 구동모터의 제어를 위한 인버터 회로를 설계하였으며, 아래 그림은 PMSM 인버터/컨버터의 전체 블록도를 보여주고 있다. 인버터/컨버터는 전원 회로(power board)와 제어 회로(control board)로 이루어져 있으며 전원 회로는 3상 인버터 회로를 담당하는 600V/ 75A급의 IPM과 전원 입력 필터부, SMPS부, 센싱부 등으로 구성 되어 있다. 제어 회로는 DSP전원을 공급하는 Regulator와 DSP부, CAN 통신부로 구분된다. 제어 회로는 외부의 다양한 센서 신호를 입력 받아 속도 및 전류제어 알고리즘을 수행하며 제어 알고리즘에 의해 PWM 신호가 발생 및 IPM을 스위칭하여 모터를 구동한다.



인버터/컨버터의 구성도.

① 전압 센싱 회로

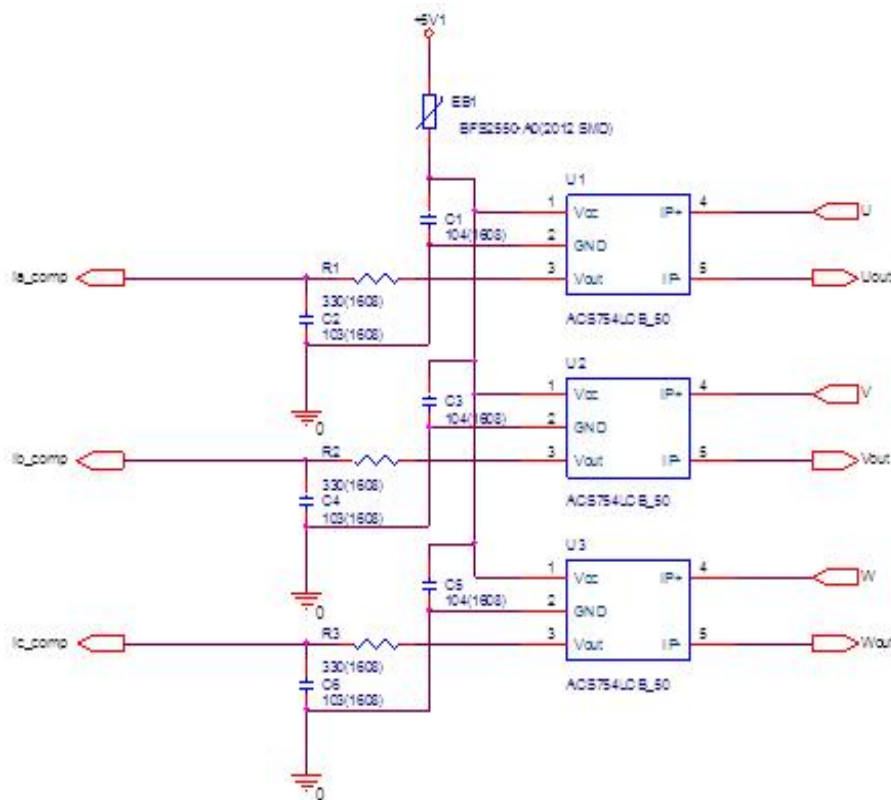
- 전압 센싱은 입력된 VDC 전압을 저항분배를 이용해 저전압으로 변환한 뒤에 프로세서의 AD Converter를 통해 이루어진다. 전압 입력 범위 (0~60 V)는 내부 ADC(12bit, 0~3 V)로 변환이 된다.

② FET Power Module 회로

- FET와 Gate Driver가 모듈 형태로 제공되는 IPM의 회로로 내부의 Gate Driver를 구동하기 위한 Bootstrap 회로가 외부에 있다. PWM 신호가 5 V 레벨로 입력이 되며 내부에 과전류 보호회로가 있다. 이 과전류 회로입력은 0.48 V가 입력되면 IPM내부 과전류 Fault가 발생한다. 또한 IPM은 온도를 제공해주고 이를 통해 DSP가 보호기능을 수행한다.

③ Current Sensor

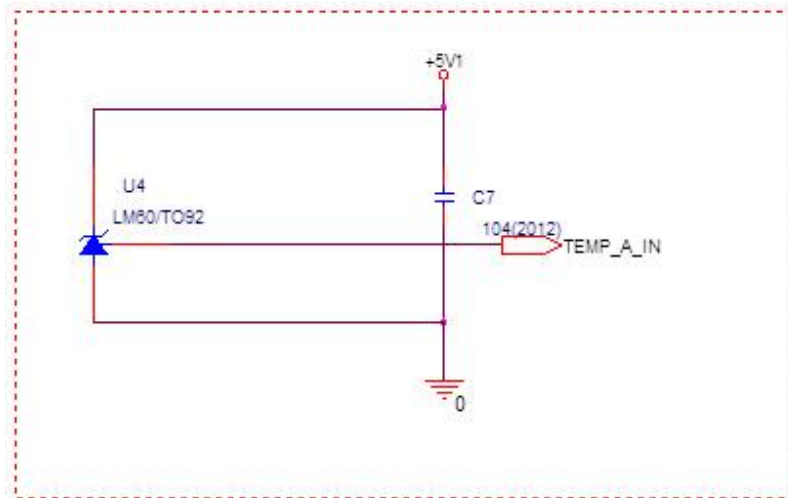
- 전류 센서는 모터 UVW 3상의 전류를 센싱한다. Allegro사의 ACS709가 사용되었다. 노이즈를 줄이기 위해 출력 측에는 330 W의 저항과 0.01 uF 커패시터로 300 kHz의 저역통과 필터가 구성되어 있다.



전류 측정부.

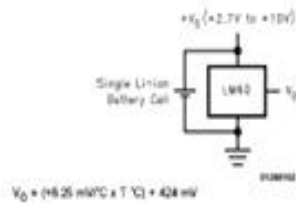
④ Temperature Sensing

- 과온도 보호 및 인버터의 온도측정을 위한 온도 센서로 LM60을 사용하였다. 입력 전압 범위는 2.7[V] ~ 10[V]로 출력 전압 범위는 174[mV] ~ 1205[mV]로 6.25 mV/°C의 영역을 가지고 있다. 온도 측정 범위는 -40 ~ 125°C이다.



온도 측정부.

Typical Application



$$V_O = (4.25 \text{ mV/}^\circ\text{C} \times T) + 424 \text{ mV}$$

Temperature (T)	Typical V_O
+125°C	+1205 mV
+100°C	+1049 mV
+25°C	+550 mV
0°C	+424 mV
-25°C	+268 mV
-40°C	+174 mV

FIGURE 1. Full-Range Centigrade Temperature Sensor (-40°C to +125°C) Operating from a Single Li-ion Battery Cell

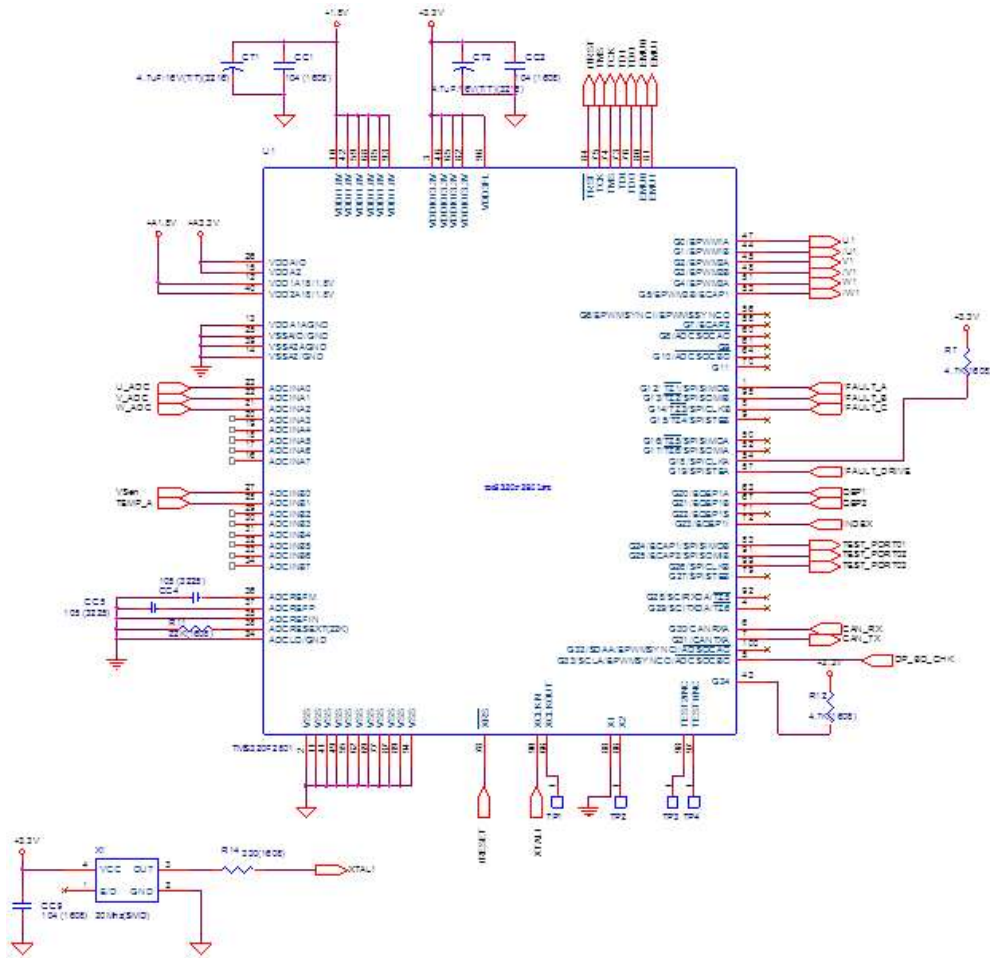
Connection Diagrams



온도 측정부 사양.

⑤ MCU(Micro Controller Unit)

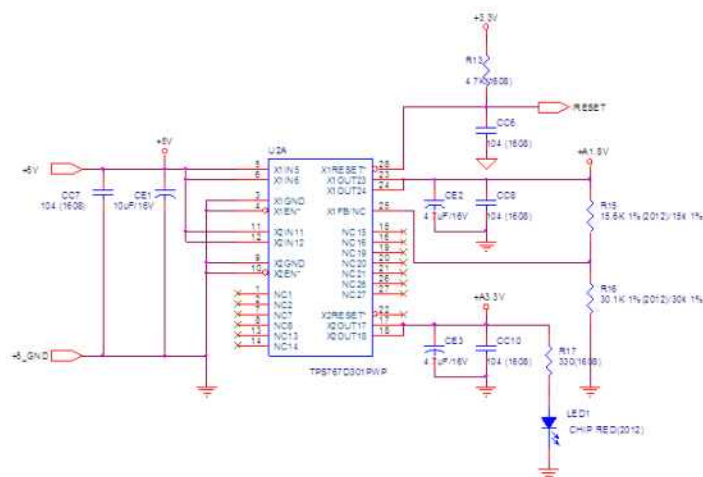
- Main Controller로는 Texas Instrument사의 TMS320F2801을 사용하였다. 이는 32 bit DSP Core내장형 MCU이며, 8 ch의 PWM Port를 가지고 있으며 최대 16 ch의 12 bit A/D Converter를 가지고 있다. 동작 전압은 코어 전압 1.8[V]이고 I/O 는 3.3[V], A/D Converter는 3[V]의 동작 전압을 가지고 있다.



메인 컨트롤러 회로.

⑥ Dual output Regulator

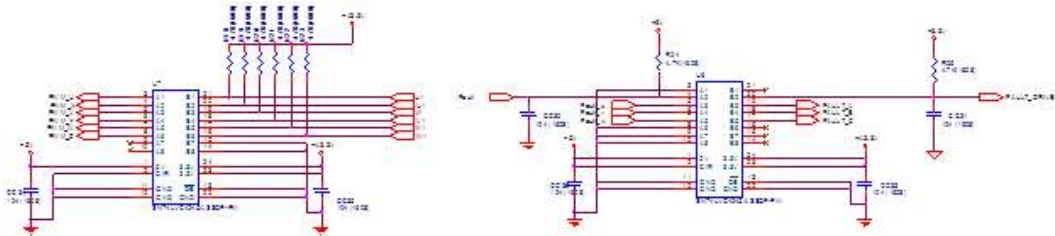
- DSP의 코어 전압 1.8 V와 I/O 전압 3.3 V를 공급하기 위한 2채널 정전압 레귤레이터로 TPS767D301PWP를 사용하였다. 최대 출력 전류는 1 A이다.



레귤레이터 회로.

⑦ 3.3 V To 5 V Shifter (SN74LVC4245A)

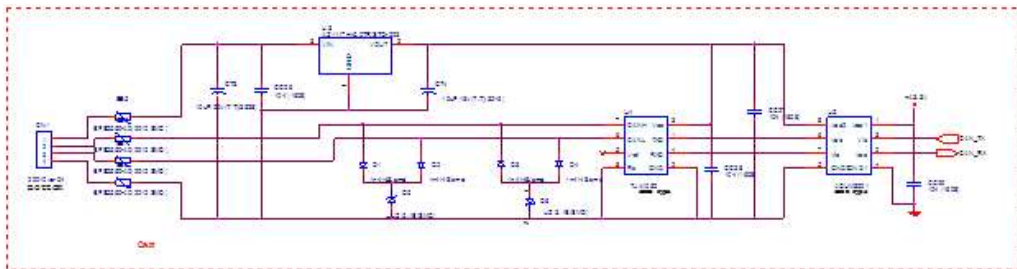
- DSP의 PWM 출력(3.3 V)을 IPM 입력(5 V)로 변환해주는 IC로 Ti사의 SN74LVC4245A을 사용하였다.



전압 컨버터 회로.

⑧ CAN 통신 회로

- 인버터의 상위 제어기와의 통신 방식인 CAN은 인버터 회로와 절연이 되어 있다. CAN회로는 외부 입력 전압 12 V를 사용하기 때문에 CAN Transceiver TJA1050전원 5 V를 공급하기 위해 5 V 정전압 Regulator를 사용하였으며 인버터와의 절연을 위해 Digital Isolator인 ADUM3201을 사용하였다.



CAN 통신 회로.

⑨ Current Sensing 및 H/W Fault 회로

- Power Board 로부터 제공되는 센서 신호와 Fault 신호를 처리한다.

(다) 소프트웨어 구성

- 고효율 모터 제어를 위한 인버터의 모터 제어 알고리즘은 각각의 전류 상 변환을 통해 설계하였다. 3상 전류는 식 (6)을 이용하여 2상의 정지좌표로 변환한 후 식 (7)을 이용하여 2상의 회전좌표로 변환하였다. 변환된 2상 회전좌표는 식 (8)를 이용하여 2상의 정지좌표로 다시 변환한 후 space vector PWM으로 변환하여 제어에 이용하였다.

$$I_{\alpha} = I_a$$

$$I_{\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}}(I_b - I_c) \dots\dots\dots\text{식 (6)}$$

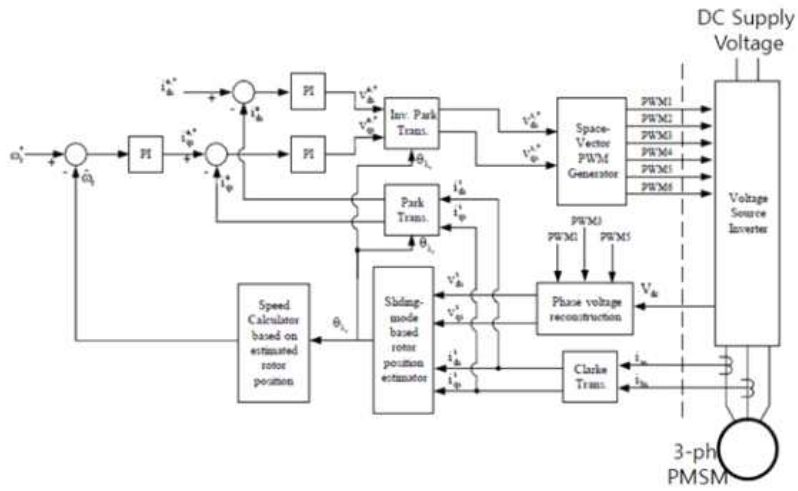
$$I_D = I_{\alpha} \cos \theta + I_{\beta} \sin \theta$$

$$I_Q = I_{\beta} \cos \theta - I_{\alpha} \sin \theta \dots\dots\dots\text{식 (7)}$$

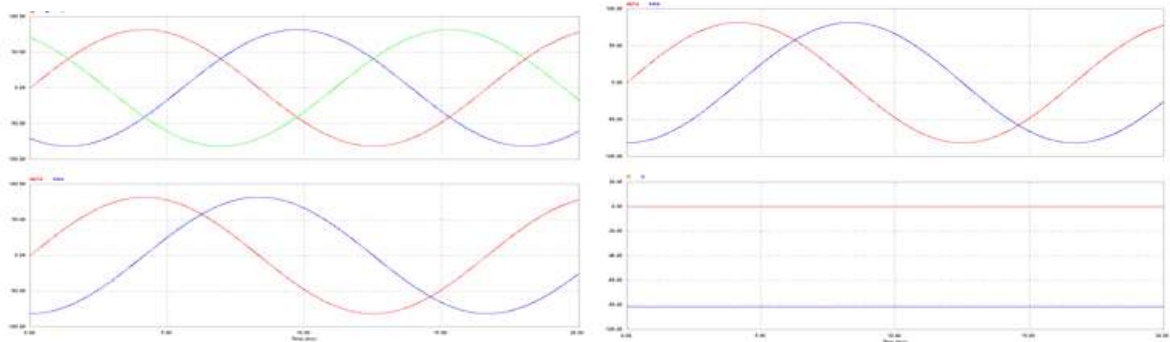
$$V_{\alpha} = V_D \cos \theta - V_Q \sin \theta$$

$$V_{\beta} = V_Q \cos \theta + V_D \sin \theta \quad \dots \dots \dots \text{식 (8)}$$

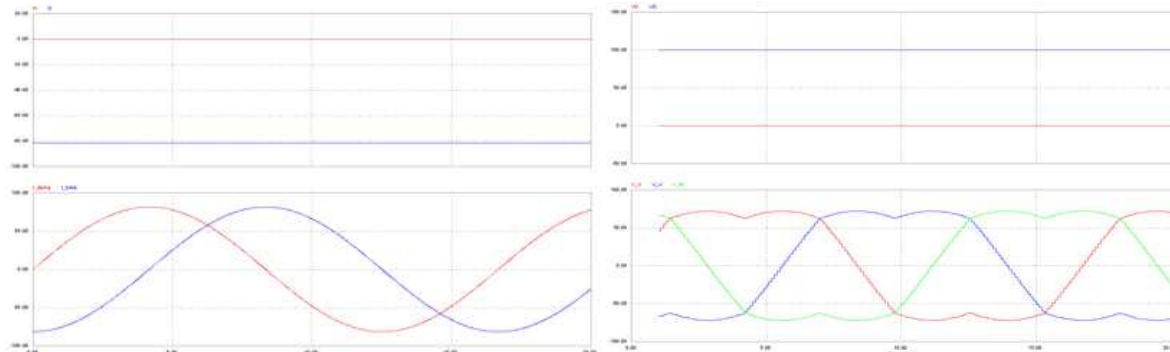
○ 제어를 위한 인버터 구성과 변환 과정의 그래프 형상은 아래 그림들과 같다.



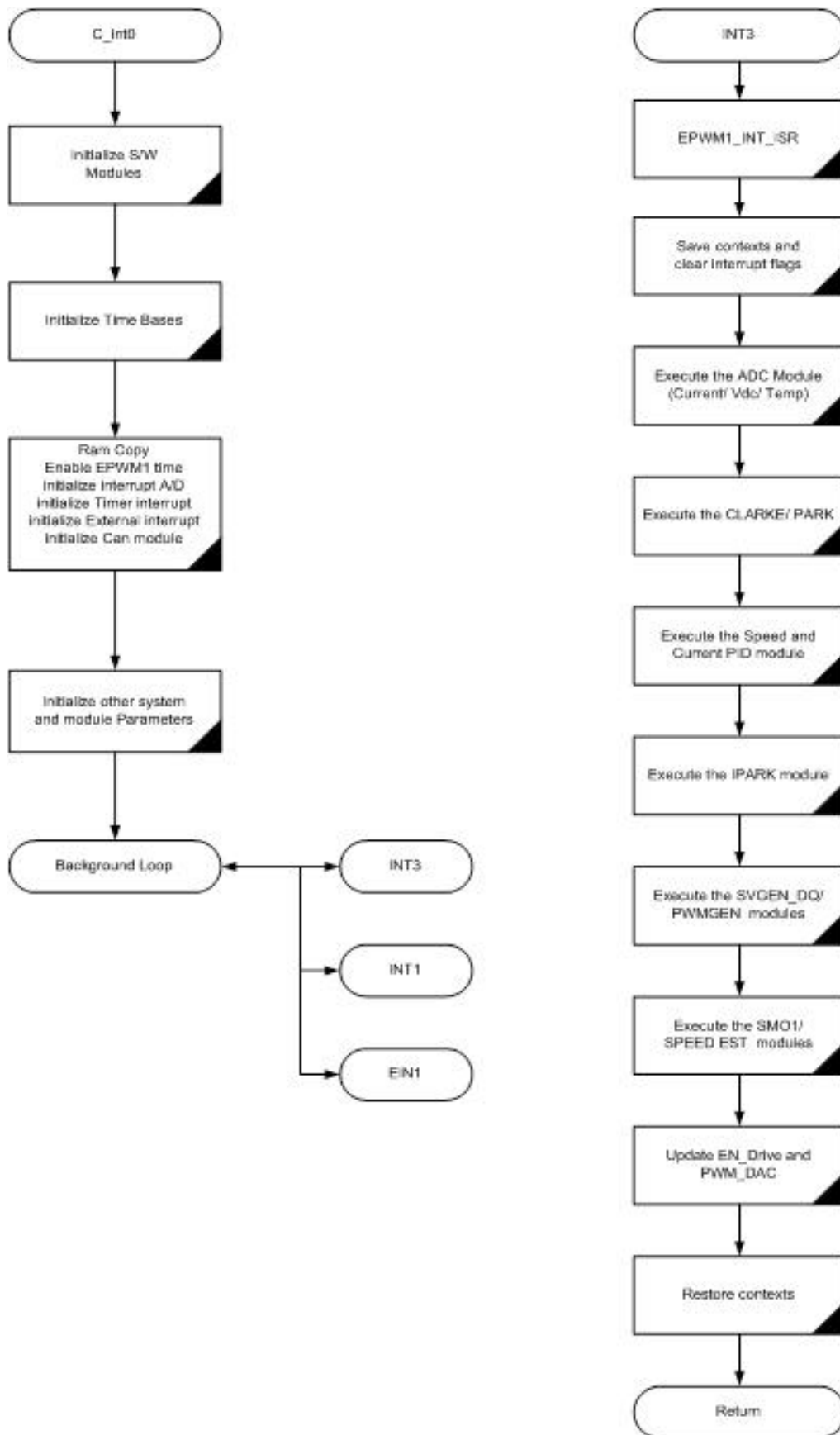
인버터/컨버터 소프트웨어 구성도.



(a) 3상→2상 정지좌표 변환 (b) 2상 정지좌표 → 2상 회전좌표 변환
 모터 제어 신호 좌표 변환(1).



(a) 2상 회전좌표 → 2상 정지좌표 변환 (b) 2상 정지좌표 → 2상 space vector PWM
 모터 제어 신호 좌표 변환(2).

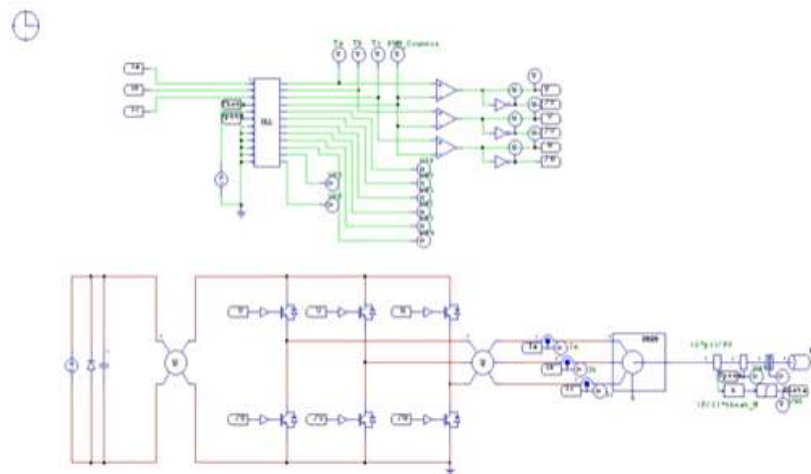


모터 제어 알고리즘 flow chart.

(가) 인버터/컨버터 layout 검증 및 최적화

- ① 전력 시뮬레이션 모델 개발
- ② 시뮬레이션 설계

○ SM 구동용 제어기 시뮬레이션 설계는 Powersim-tech사의 PSIM 프로그램을 사용하였다. PSIM은 전동기제어 시스템 설계용으로 개발된 시뮬레이션용 소프트웨어로 고속 시뮬레이션과 그래픽 과형 처리 등을 제공하는 장점이 있다. 시뮬레이션은 DLL블록, 인버터 회로, PMSM블록으로 구성하였다. DLL블록은 실제 시스템에서 제어용 프로세서의 역할로 회전자 위치, $U \cdot V \cdot W$ 상의 전류량, 모터속도 등을 입력 받아 이를 PWM신호로 변환시켜 인버터 회로에 공급한다. 인버터회로는 PWM신호를 받아 PMSM 구동에 필요한 3상 전류를 생성하도록 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors) 스위칭 소자 6개를 이용하여 구성하였다. IGBT는 바이폴라 트랜지스터와 MOSFET (MOS field-effect transistor) 소자를 복합한 형태로 대량 전류도통과 고속 스위칭 특성을 모두 가지고 있어 고용량 모터의 속도 조절에 유리하다. PMSM블록은 시뮬레이션에 사용할 모터의 인자를 설정하는 부분으로 표 3-1과 같은 설계된 하이브리드 이식기의 모터 용량을 고려하여 정격출력 3 kW의 모터를 시뮬레이션 인자로 설정하였다.



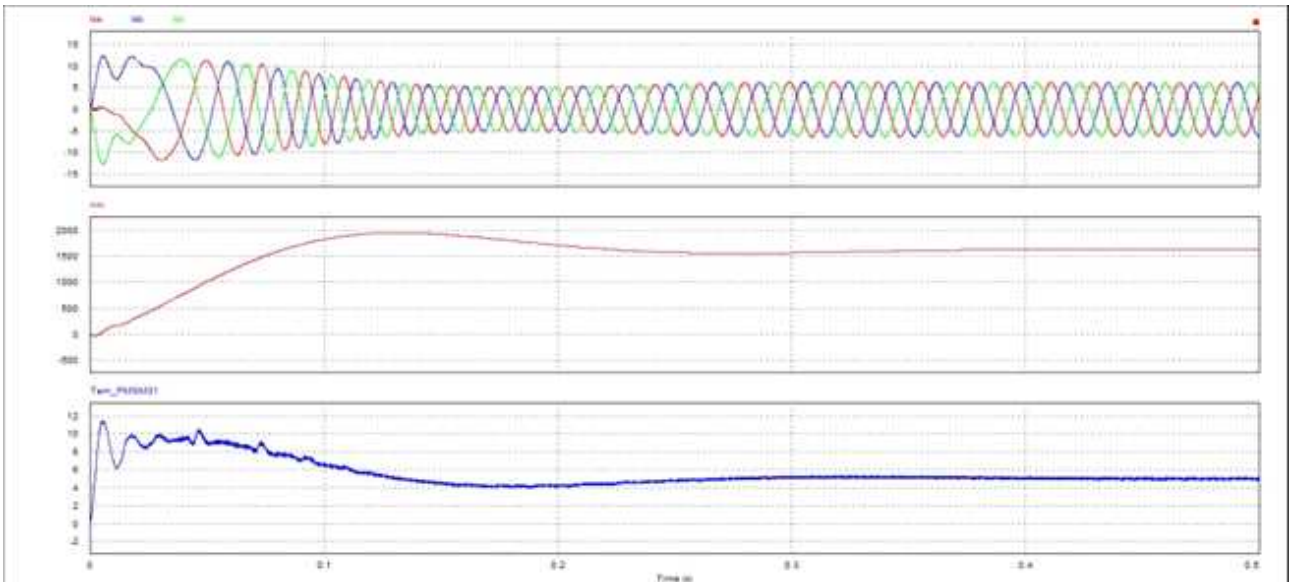
전기구동 이식기용 MCU 시뮬레이션 블록도.

전기구동 이식기용 모터의 시뮬레이션 인자

Item	Value
Rated Power	5.2 kW
Rated Torque	10 N·m
Rated Speed	5,000 RPM
Stator Resistance	0.75 Ω
d-axis inductance	9.8 mH
q-axis inductance	17.7 mH
Number of poles	6
Moment of inertia	0.0005 kgf·m ²

㉔ 시뮬레이션 결과

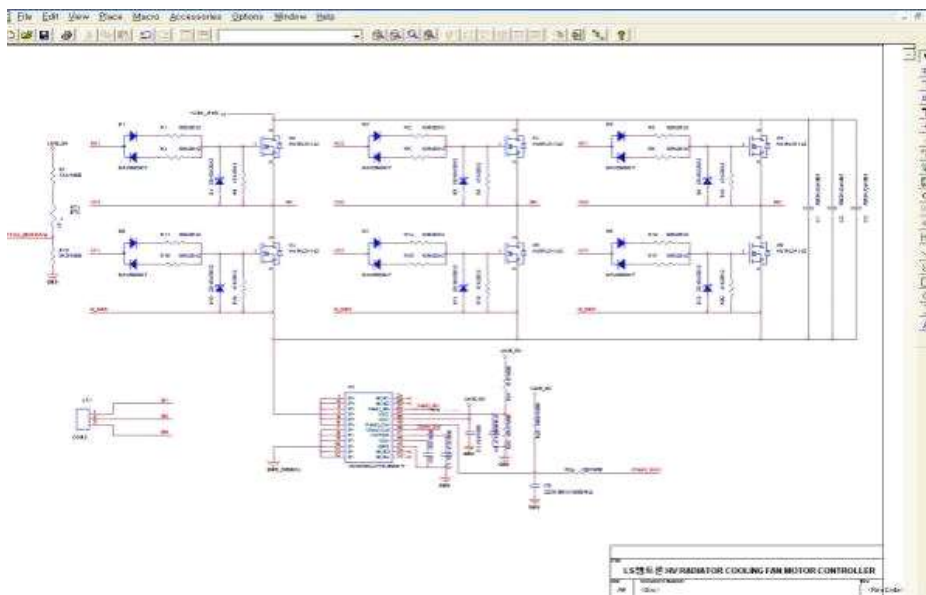
- 15 N·m 부하에서 모터 속도 2000 RPM으로 운전되도록 시뮬레이션을 실행한 결과 아래 그래프와 같은 결과를 얻었다. 모터 기동 시 SM의 저항으로 인해 과도 구간에서 높은 부하가 발생하지만 안정구간에서는 모터의 속도와 토크가 일정하게 유지되었다.



MCU 시뮬레이션 모델 개발의 시뮬레이션 결과.

㉕ 회로설계 및 검증

- BLDC 모터 컨트롤러의 회로는 PSIM을 이용한 시뮬레이션 모델을 기반으로 그림 3-16과 같이 orCAD를 이용하여 설계하였다. 회로의 신뢰성 및 성능은 DA converter를 이용하여 dsPIC AD 검출 성능의 검증 시험을 진행하였다.

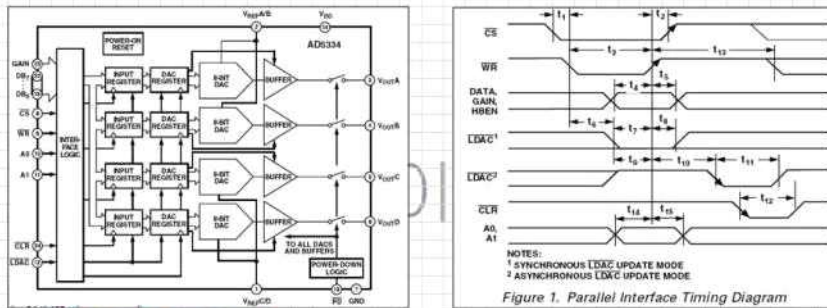


모터 컨트롤러(인버터) 회로 설계.

○ 시뮬레이션 종합적인 결과는 아래 그림과 같이 나타났다.

● dsPIC AD 검증 성능 검증

1. DA Converter를 이용한 성능 검증



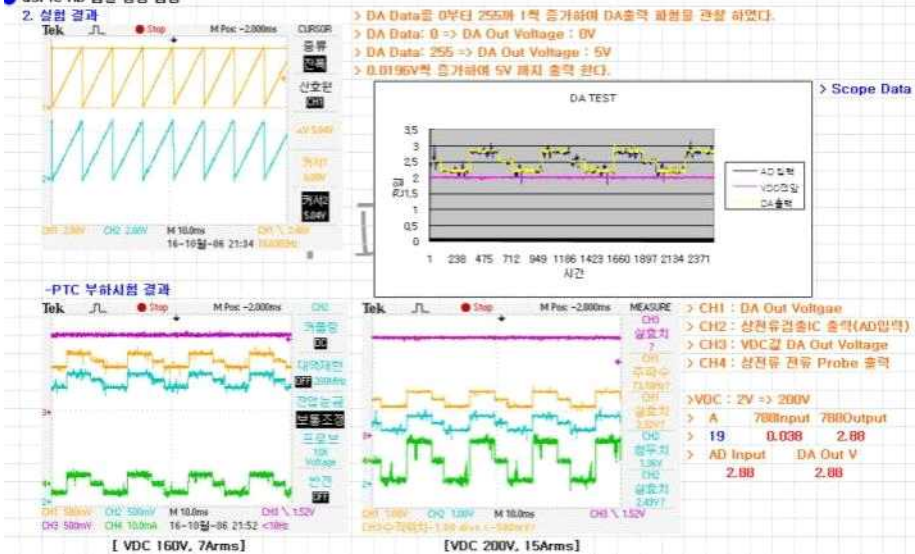
- > DA IC : AD5334 (Analog Device)
- > 8bit Parallel Quad- Voltage Output
- > 2.5V - 5.5V
- > Gain : 1 => 0~255 : 0V ~ 5V (0.0196)

Figure 1. Parallel Interface Timing Diagram

성능 검증 결과(1).

● dsPIC AD 검증 성능 검증

2. 실험 결과

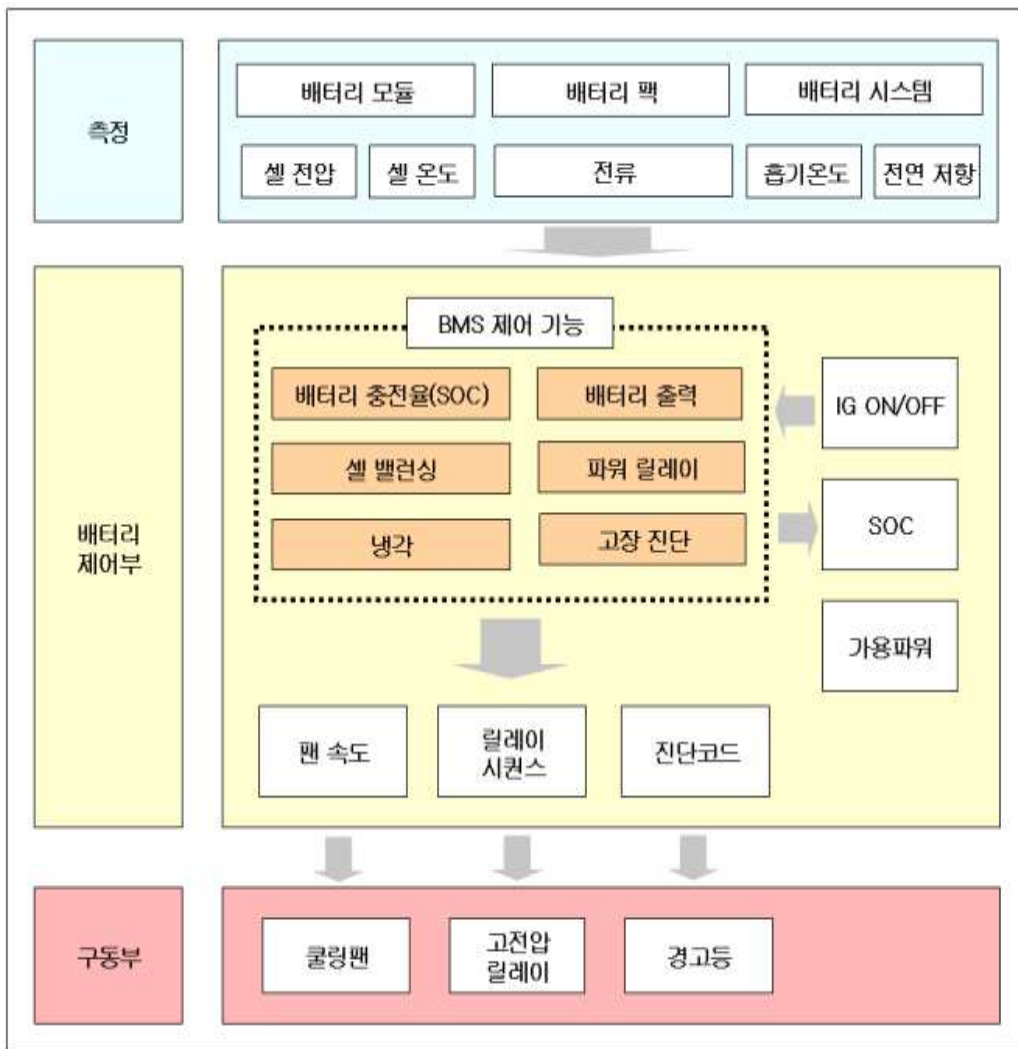


성능 검증 결과(2).

(2). 배터리 제어를 위한 BMS 설계 및 진단 시뮬레이션

(가) BMS layout 설계

○ BMS (Battery Management System)는 충전기에 의해 생성되는 전기 에너지의 순간적이고 과도한 충전 또는 급격한 방전으로부터 배터리의 용량과 수명 감소를 방지하기 위해 충전상태(SOC/State Of Charge)을 조절하고 고가의 2차 배터리를 전기적 충격에서 보호하는 역할을 수행한다. 또한 배터리의 냉각 성능을 제어하고 최대 충/방전량과 각종 결함에 대한 정보를 전기구동 차량 상위 제어기에 보냄으로써 차량 및 배터리에 최적의 동작 환경을 만들어 주는 시스템이다.



배터리 제어 시스템 구성도.

① BMS의 주요 구성요소

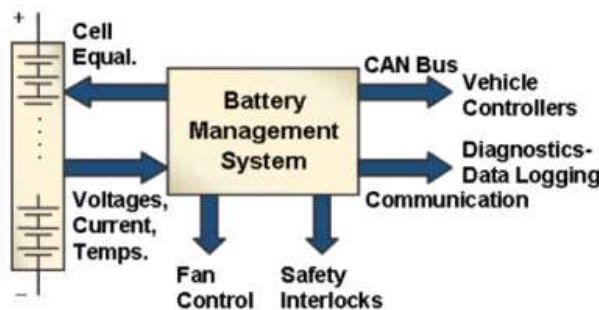
○ BMS의 구성은 그림 3-20과 같이 BMS ECU (Electronic Control Unit), 파워 릴레이 어셈블리(Power Relay Assembly, PRA)로 구성되며 파워 릴레이 어셈블리는 전류 센서, 메인 릴레이, 안전 스위치, 고전압 퓨즈, DC LINK 터미널 및 온도 센서 등으로 구성된다.



BMS 구성도.

㉔ BMS ECU (Battery Management System Electric Control Unit)

- 전기구동 자동차에서는 모터 구동을 위해 고전압 전원을 사용하므로 수십에서 수백 개의 배터리 셀(Cell)이 직렬로 연결된다. 또한 배터리의 특성상 주변 온도에도 민감하며, 고압의 특성상 안전에도 신경을 써야 한다. 이러한 특성 때문에 배터리에 대한 전체적인 관리가 필요하며 이러한 역할을 하는 것이 BMS ECU이다.
- BMS ECU의 중요한 역할 중 하나는 SOC (State Of Charge)를 측정하는 것이다. SOC란 배터리에 충전된 전기량을 의미하며 SOC를 적절하게 측정하여 상위 제어기에 전달하여야 상위 제어기가 주행전략을 세울 수 있으며, 배터리의 수명 및 성능에도 영향을 미치게 된다. 그러기 위해서 BMS ECU는 각 배터리의 Cell(또는 Pack단위)마다 전압 및 전류, 온도 등을 측정하고 그 신호를 바탕으로 셀의 상태 및 SOC를 계산하게 된다. 또한 시스템에 따라서는 셀마다 비슷한 특성이 유지되도록 Cell Balancing 기능을 수행하기도 하며 적절한 온도 유지를 위한 Fan control, 안전을 위한 Safety interlock 등도 수행한다. 따라서 BMS는 BMS ECU의 주가 되는 제어 변수인 배터리의 전압, 작동 전류, 온도를 이용해 배터리의 충전 상태를 예측하고 가용 가능한 실시간 충/방전 에너지를 산출하며 배터리 보호를 위하여 배터리 온도 상승에 대한 경고 정보를 생성한다.



BMS ECU 제어 개념도.

㉔ 파워 릴레이 어셈블리

- 파워 릴레이 어셈블리는 전류 센서, 메인 릴레이, 안전스위치, 고전압 퓨즈, DC LINK 터미널, 온도 센서 등으로 구성된다. 전류 센서는 배터리 동작 전류를 측정하는 역할을 하며 메인 릴레이는 모터 제어기의 의해서 배터리와 인버터간의 파워를 절연하는 역할을 하고, 접속 초기 저항을 경유한 제한된 전류를 흐르게 하여 고전압의 전류로부터 회로를 보호하거나 감전에 따른 사고를 예방한다. 안전스witch는 배터리 시스템의 보수, 유지 시 고전압으로부터 작업자의 안전을 확보하는 역할을 하며 배터리 전압을 최대한으로 낮출 수 있는 곳에 고전압 퓨즈와 함께 장착된다. 고전압 퓨즈는 전기시스템 이상 발생 시 과전류를 차단하는 역할로 주로 배터리를 보호하는 역할을 하며 DC LINK 터미널의 경우 배터리와 인버터간의 파워를 연결하는 역할을 한다. 또한 온도 센서는 배터리의 최고 온도편차가 예측되는 곳에 위치하며 배터리의 흡배기가 이루어지는 곳의 공기 온도를 측정하여 신호값을 BMS ECU에 보낸다.

② BMS의 제어 전략

- BMS의 궁극적인 제어 목표는 BMS ECU를 통해 배터리의 특성인 전압, 전류, 온도 등 변수값을 활용하여 충/방전량의 예측과 충전상태량의 적정치를 유지하는데 있다.
- BMS는 충전 시 제어를 통해 배터리의 전압, 전류, 온도를 측정하여 배터리 상태를 관리한다. BMS는 배터리 과충전 및 과방전 방지의 파워 제한 제어, 고장 진단을 통한 릴레이 제어, 배터리 수명 증대와 사용 가능 에너지 용량 및 배터리의 에너지 효율 증대를 위한 셀 밸런싱 제어, 최적의 배터리 작동 온도를 유지 관리하기 위한 온도 제어 및 고전압 릴레이 제어를 수행한다.

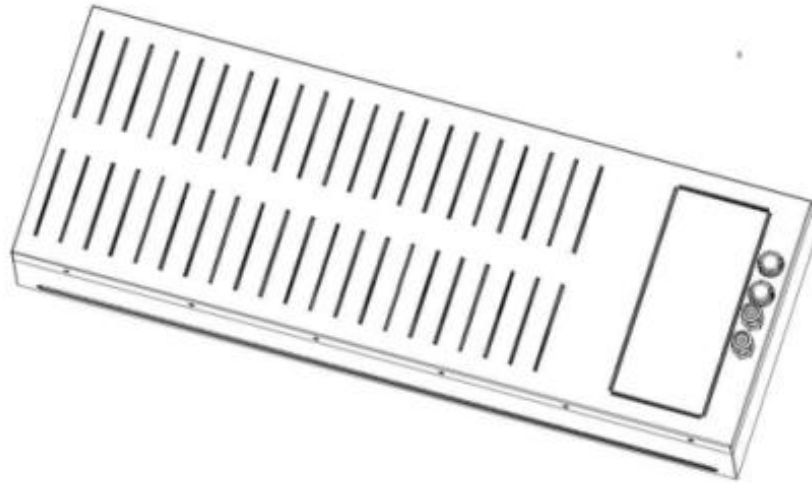
③ BMS 설계 및 구성

- 전기 및 하이브리드 차량의 경우 배터리의 충/방전 상태에 따른 효율적인 관리가 필요하며 비정상적인 환경에 의해 배터리의 발화 및 폭발의 위험성이 있으므로 현재 배터리의 상태를 모니터링하고 제어할 수 있는 BMS가 필요하다. BMS는 현재 배터리의 잔존용량(State of Charge, SOC) 및 건강상태(State of Health, SOH)에 따른 효율적 사용, 비정상적 작동으로부터의 보호를 가능하게 해주며, 특히 전기구동 이식기의 경우 2차 전지를 사용하여 열악한 작업조건에서 작업 시 배터리 상태의 지속적인 모니터링 및 제어가 필요하다. 따라서 전기구동 이식기의 리튬이온 전지 제어 및 관리를 위한 BMS를 개발하였다.

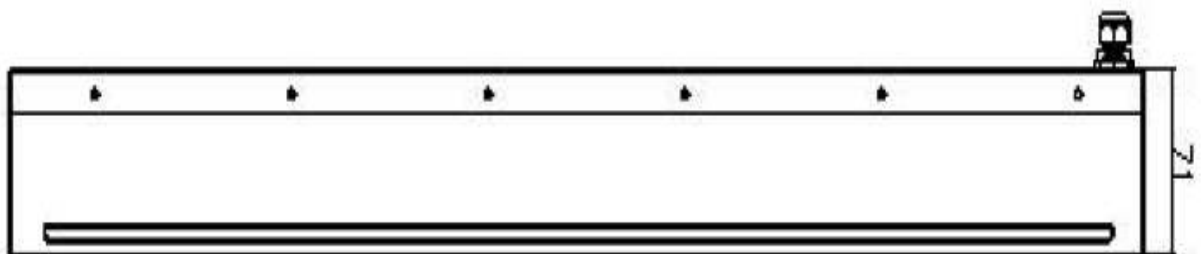
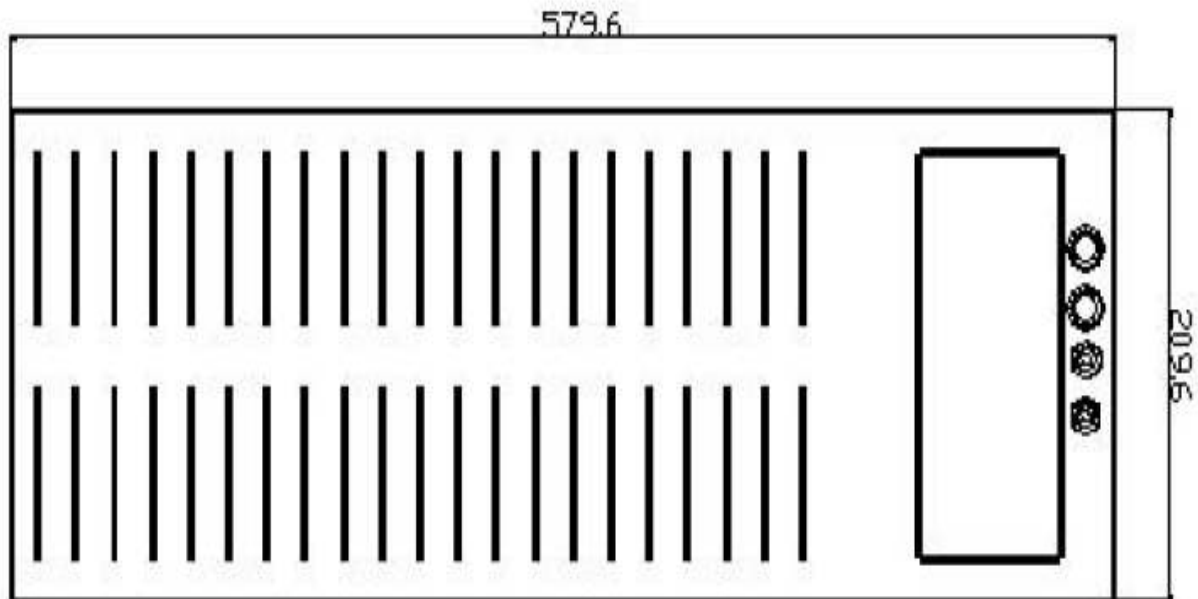
④ BMS 상세 설계

㉕ 배터리-BMS 케이스(case) 설계도

- 배터리-BMS의 케이스는 배터리 셀 배치 및 BMS 회로, 릴레이 등의 구성요소가 장착될 수 있는 밑판과 커버로 구성되었으며 설계도는 아래 그림과 같다. 전체 외장은 580 × 210 × 70 (L × W × H)로 설계되었으며 전원과 통신을 위한 선 및 터미널이 설치되는 커버 측면의 공간을 이용하였다. 설계된 배터리-BMS 케이스의 경우 시작품으로 추후 구성요소의 배치를 최적화하여 전체 부피를 감소시킬 예정이다.



배터리-BMS 케이스 설계도면(1).

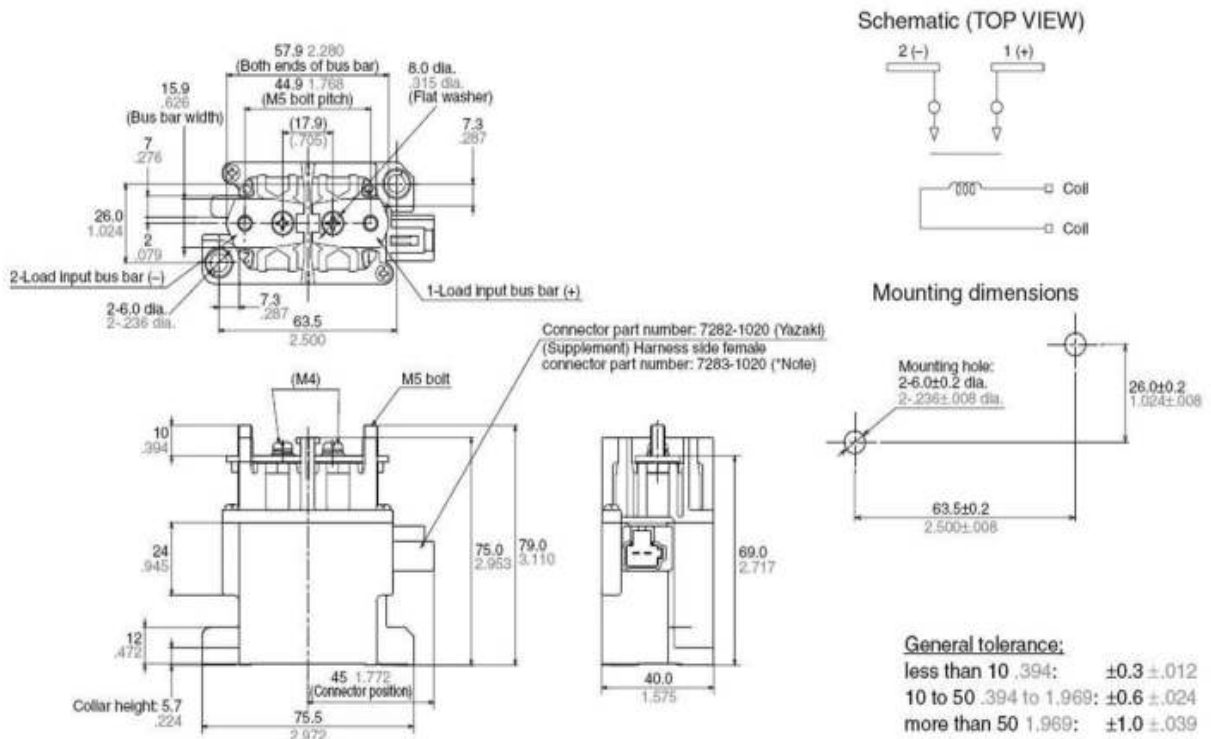


배터리-BMS 케이스 설계도면(2).

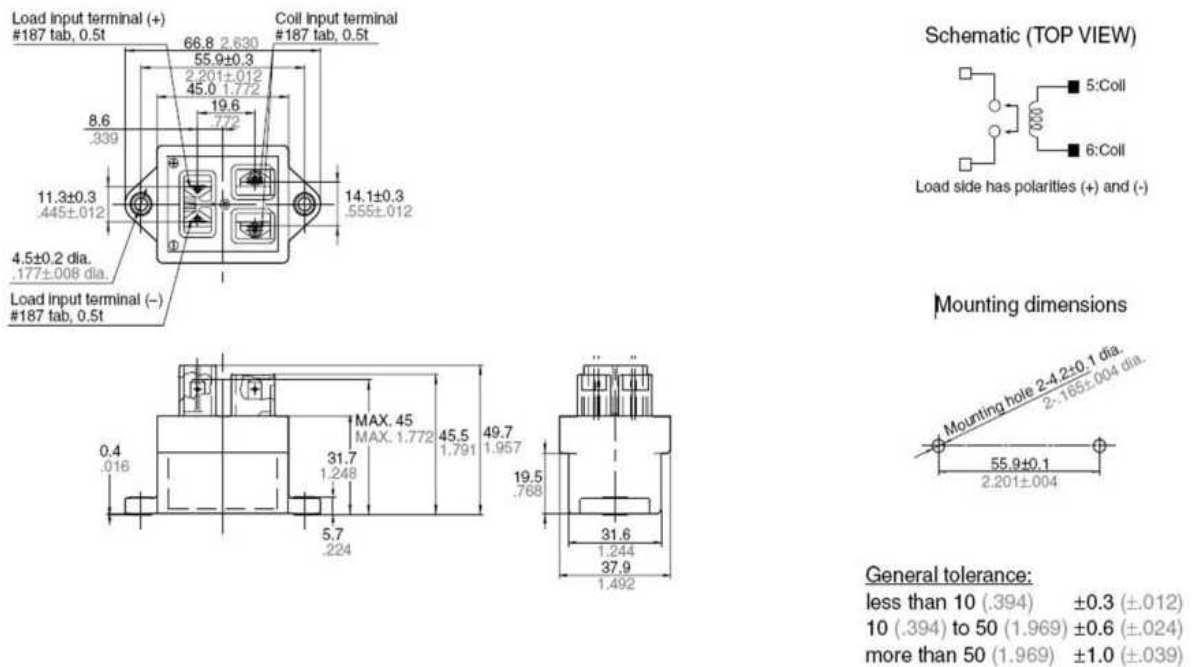
⊕ 릴레이(relay) 설계도

- BMS의 보호 기능 및 제어를 위해 사용된 릴레이는 대용량의 전원을 제어해야 한다는 점

과 동작의 내구성 및 신뢰성을 고려하여 아래 그림과 같은 두 종류를 사용하였다.

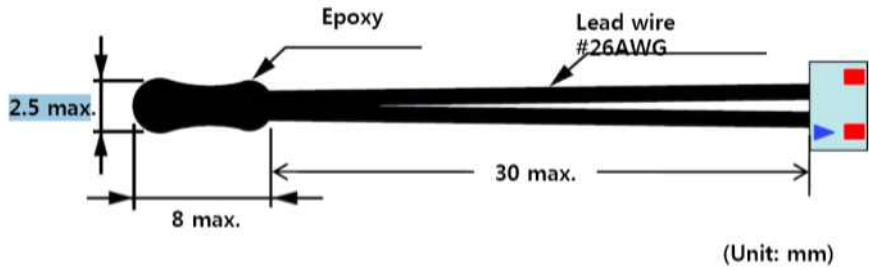


BMS 릴레이(AEV18012).



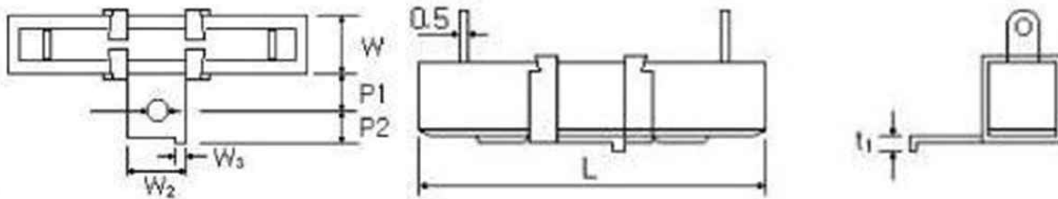
BMS 릴레이(AEV110122).

㉔ 온도 센서(thermistor)



온도 측정 센서.

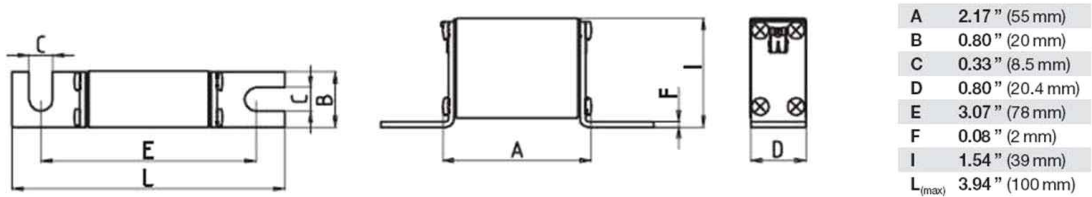
㉕ 저항(resistor)



Type	Power Rating	Resistance Range(Ω)	Dimensions(mm)						
			L±1.5	W±1.0	W ₂ ±0.2	W ₃ ±0.2	P ₁ ±0.2	P ₂ ±1	t ₁
RGR 15L	15W	0.05~800	48	12.5	12	2.7	8	6	0.6
RGR 20L	20W	0.05~1k	63.5	12.5	12	2.7	8	6	0.6
RGR 30L	30W	0.10~1.2k	75	19	18	2.7	10	8	0.6
RGR 40L	40W	0.10~1.5k	90	19	18	2.7	10	8	0.6

저항 사양.

㉖ 퓨즈(fuse)

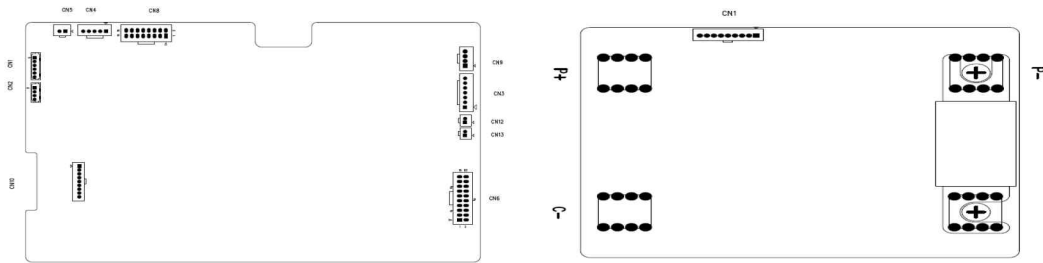


퓨즈 사양.

㉗ BMS 핀 레이아웃

- BMS의 회로의 CAN, RS232C, 마이크로 컨트롤러, 제어 신호 및 배터리 모니터링 등을 위한 핀 레이아웃은 각각의 역할 및 특성에 따라 CN 1 ~ CN 9의 터미널(terminal)로 나누었으며, CN 1은 마이크로 컨트롤러의 제어 및 측정 신호, CN 2는 RS232C 통신, CN 3는 LED 제어, CN 5는 전원 제어, CN 6는 CAN 통신 및 다른 장치와의 제어, CN 7은

모듈 및 팩의 전압 정보, CN 8와 CN 9는 배터리의 온도 모니터링 및 제어 동작을 수행하며 각각의 터미널에 따른 핀의 번호, 이름, 동작, 입출력 구분은 아래 표와 같다.



BMS 핀 레이아웃

CN 1 (53014-0610) - AVR ISP

Pin No	Name	Content	I/O
1	VCC	+5 VDC	-
2	/RST	Reset	Input
3	PDI	SPI Communication (MOSI)	Output
4	PCK	SPI Communication (SCK)	Output
5	PDO	SPI Communication (MISO)	Input
6	GND	Ground	-

CN 2 (SMW250-03P) - RS 232C Communication

Pin No	Name	Content	I/O
1	GND	Signal Ground	
2	TXD	Tx Data	Output
3	RXD	Rx Data	Input

CN 3 (SMW250-04P) - LED Out

Pin No	Name	Content	I/O
1	LED NG	NG	Output
2	LED OK	OK	Output
3	N.C	-	-
4	12VN	+12 VDC	Output

CN 5 (MG640391-20P) - Control

Pin No	Name	Content	I/O
1	RYPW	12VDC Relay Power (+)	Output
2	RYBT	12VDC Bottom Relay Power (-)	Output
3	RYPW	12VDC Relay Power (+)	Output
4	RYPR	12VDC Pre-charge Relay Power (-)	Output
5	RYPW	12VDC Relay Power (+)	Output
6	RYUP	12VDC Top Relay Power (-)	Output
7	N.C	-	-
8	N.C	-	-
9	CTP	Hall C/T VCC	Output
10	CTN	Hall C/T channel 1	Input
11	CTH	Hall C/T channel 2	Input
12	CTL	Hall C/T GND	Output
13	N.C	-	-
14	N.C	-	-
15	N.C	-	-
16	N.C	-	-
17	N.C	-	-
18	N.C	-	-
19	PVP	Pack (+) Voltage Sensing Line	Input
20	PVN	Pack (-) Voltage Sensing Line	Input

CN 6 (MG640380-20P) - CAN Communication, Control

Pin No	Name	Content	I/O
1	AUXN	12V Assistance Power (-)	Input
2	AUXN	12V Assistance Power (-)	Input
3	AUXN	12V Assistance Power (-)	Input
4	AUXN	12V Assistance Power (-)	Input
5	AUXP	12V Assistance Power (+)	Input
6	AUXP	12V Assistance Power (+)	Input
7	AUXP	12V Assistance Power (+)	Input
8	AUXP	12V Assistance Power (+)	Input
9	KEY ON	Key ON (digital input)	Input
10	KEY ON	Key ON (digital input)	Input
11	FAN12V	12VDC FAN (+)	Output
12	RYFAN	12VDC FAN (-)	Output
13	CANSLD	CANSLD	Input
14	CANSLD	CANSLD	Input
15	CANGND	CANGND	Input
16	CANGND	CANGND	Input
17	CANL	CAN LOW	Input/Output
18	CANH	CAN High	Input/Output
19	CANPWR	CANPWR	Input
20	CANPWR	CANPWR	Input

CN 7 (MG641791-26P) - Cell Voltage

Pin No	Name	Content	I/O
1	CV00	Cell Voltage 00	Input
2	CV01	Cell Voltage 01	Input
3	CV02	Cell Voltage 02	Input
4	CV03	Cell Voltage 03	Input
5	CV04	Cell Voltage 04	Input
6	CV05	Cell Voltage 05	Input
7	CV06	Cell Voltage 06	Input
8	CV07	Cell Voltage 07	Input
9	CV08	Cell Voltage 08	Input
10	CV09	Cell Voltage 09	Input
11	CV10	Cell Voltage 10	Input
12	CV11	Cell Voltage 11	Input
13	CV12	Cell Voltage 12	Input
14	CV13	Cell Voltage 13	Input
15	CV14	Cell Voltage 14	Input
16	CV15	Cell Voltage 15	Input
17	CV16	Cell Voltage 16	Input
18	CV17	Cell Voltage 17	Input
19	CV18	Cell Voltage 18	Input
20	CV19	Cell Voltage 19	Input
21	CV20	Cell Voltage 20	Input
22	CV21	Cell Voltage 21	Input
23	CV22	Cell Voltage 22	Input
24	CV23	Cell Voltage 23	Input
25	CV24	Cell Voltage 24	Input
26	CV25	Cell Voltage 25	Input

CN 8 (MG643037-16P) - Thermistor

Pin No	Name	Content	I/O
1	VAD	Analog Voltage	Input
2	VAD	Analog Voltage	Input
3	VAD	Analog Voltage	Input
4	TH13	Thermistor 13	Input
5	VAD	Analog Voltage	Input
6	VAD	Analog Voltage	Input
7	VAD	Analog Voltage	Input
8	VAD	Analog Voltage	Input
9	VAD	Analog Voltage	Input
10	TH16	Thermistor 16	Input
11	TH15	Thermistor 15	Input
12	TH14	Thermistor 14	Input
13	TH12	Thermistor 12	Input
14	TH11	Thermistor 11	Input
15	TH10	Thermistor 10	Input
16	TH9	Thermistor 9	Input

CN 9 (MG643037-16P) - Thermistor

Pin No	Name	Content	I/O
1	VAD	Analog Voltage Input	Input
2	VAD	Analog Voltage Input	Input
3	VAD	Analog Voltage Input	Input
4	TH5	Thermistor 5	Input
5	VAD	Analog Voltage Input	Input
6	VAD	Analog Voltage Input	Input
7	VAD	Analog Voltage Input	Input
8	VAD	Analog Voltage Input	Input
9	VAD	Analog Voltage Input	Input
10	TH8	Thermistor 8	Input
11	TH7	Thermistor 7	Input
12	TH6	Thermistor 6	Input
13	TH4	Thermistor 4	Input
14	TH3	Thermistor 3	Input
15	TH2	Thermistor 2	Input
16	TH1	Thermistor 1	Input

㉔ BMS 전기적 제어 사양 설계

- BMS는 모듈, 배터리의 비정상적인 상태에 따라 보호 기능을 수행하여야 한다. 따라서 전기구동 이식기 배터리의 사용 범위와 특성을 고려하여 모듈의 과전압 보호(module over voltage protection), 저전압 보호(module under voltage protection), 배터리 팩의 과전압 보호(pack over voltage protection), 배터리 팩 저전압 보호(module under voltage protection) 제어 사양을 아래 표와 같이 결정하였다.

BMS 전기적 보호 동작(1)

ITEM		Specification	Action
Cell Over Voltage	Alarm Voltage	4.150[V] ± 15[mV]	
	Alarm Delay time	1.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Protection Voltage	4.200[V] ± 15[mV]	Cut-off CO FET
	Protection Delay Time	3.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Release Condition	4.150[V] ± 15[mV]	Turn-on CO FET
Cell Under Voltage	Alarm Voltage	3.250[V] ± 15[mV]	
	Alarm Delay time	30.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Protection Voltage	3.200[V] ± 15[mV]	Cut-off DO FET
	Protection Delay Time	30.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Release Condition	3.300[V] ± 15[mV]	Turn-on DO FET
Temperature	Alarm Voltage	Max Cell T ≥ 55.0[°C] ± 3.0[°C] Min Cell T ≤ -20.0[°C] ± 3.0[°C]	
	Alarm Delay time	1.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Protection Voltage	Max Cell T ≥ 60.0[°C] ± 3.0[°C] Min Cell T ≤ -25.0[°C] ± 3.0[°C]	Cut-off CO, DO FET
	Protection Delay Time	3.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Release Condition	Max Cell T ≤ 50.0[°C] ± 3.0[°C] && Min Cell T ≥ -20.0[°C] ± 3.0[°C]	Turn-on FET
Short Circuit	Protection Current	200.0[A] ± 3.0[A]	Cut-off DO FET
	Protection Delay time	10.0[ms] ~ 30.0[ms]	
Charging	MAX Protection Voltage	58.8[V]	-
Discharging	MIN Protection Voltage	39.2[V]	-

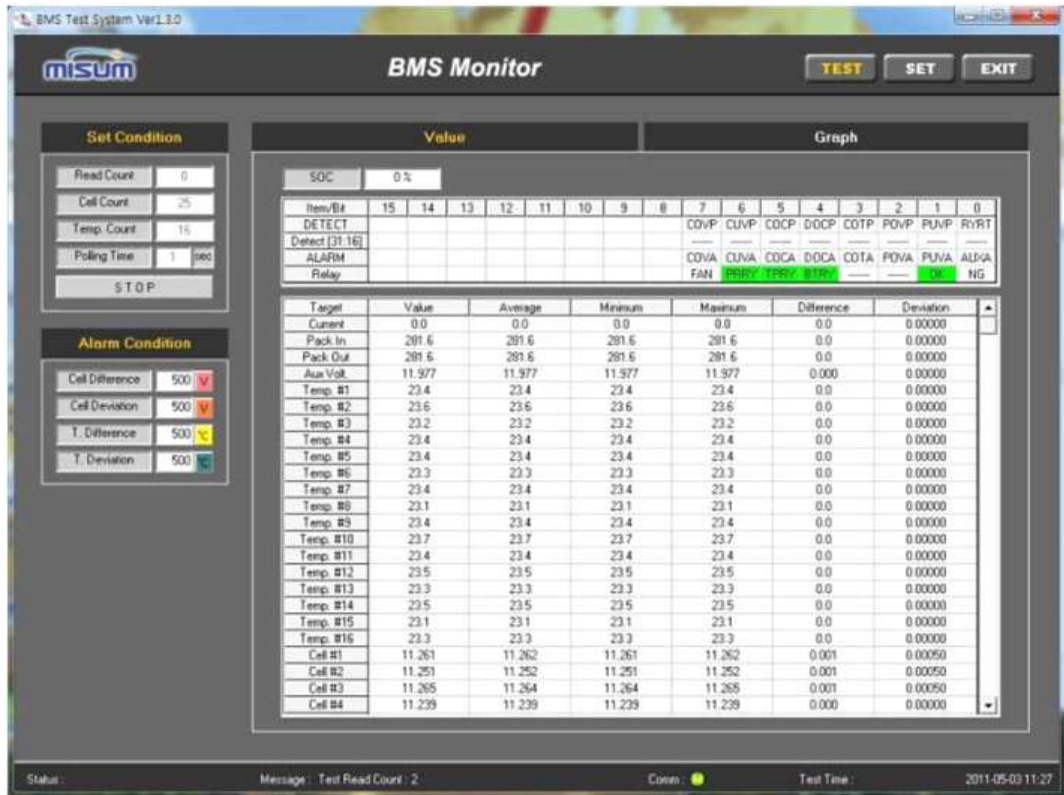
- 과충전 방지(charge over current protection), 과방전 방지(charge under current protection), 고온 방지(over temperature) 및 팬 제어(fan control), 전류 소비(consumption current)에 대한 전기적인 제어 사양을 아래 표와 같이 설계하였다.

BMS 전기적 보호 동작(2)

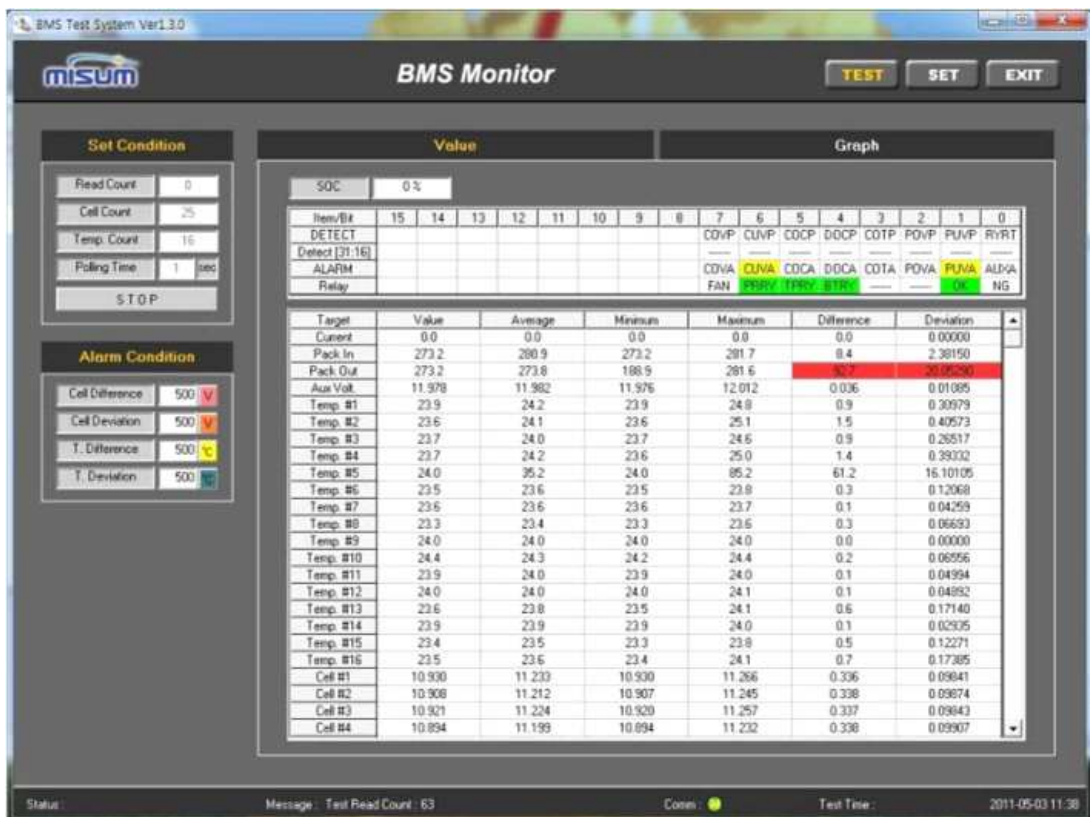
ITEM		Specification	Action
Over Charge Current	Alarm Current	95.0[A] ± 1.0[A]	
	Alarm Delay Time	10.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Alarm Release	90.0[A] ± 1.0[A]	
	Protection Current	100.0[A] ± 1.0[A]	Cut-off CO FET
	Protection Delay Time	10.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Release Condition	Charge mode release	Turn-on CO FET
Over Discharge Current	Alarm Current	95.0[A] ± 1.0[A]	
	Alarm Delay Time	20.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Alarm Release	90.0[A] ± 1.0[A]	
	Protection Current	100.0[A] ± 1.0[A]	Cut-off DO FET
	Protection Delay Time	20.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Release Condition	Charge mode release	Turn-on DO FET
Cell Balancing	Balancing Condition	4.2[V] ≥ Cell V ≥ 3.7[V] &&(Cell V - Min Cell V) ≥ 20[mV]	
	Release Condition	3.7[V] ≥ Cell V &&5[mV] ≥ (Cell V - Min Cell V)	

㉠ 배터리-BMS 시스템 진단 시뮬레이션

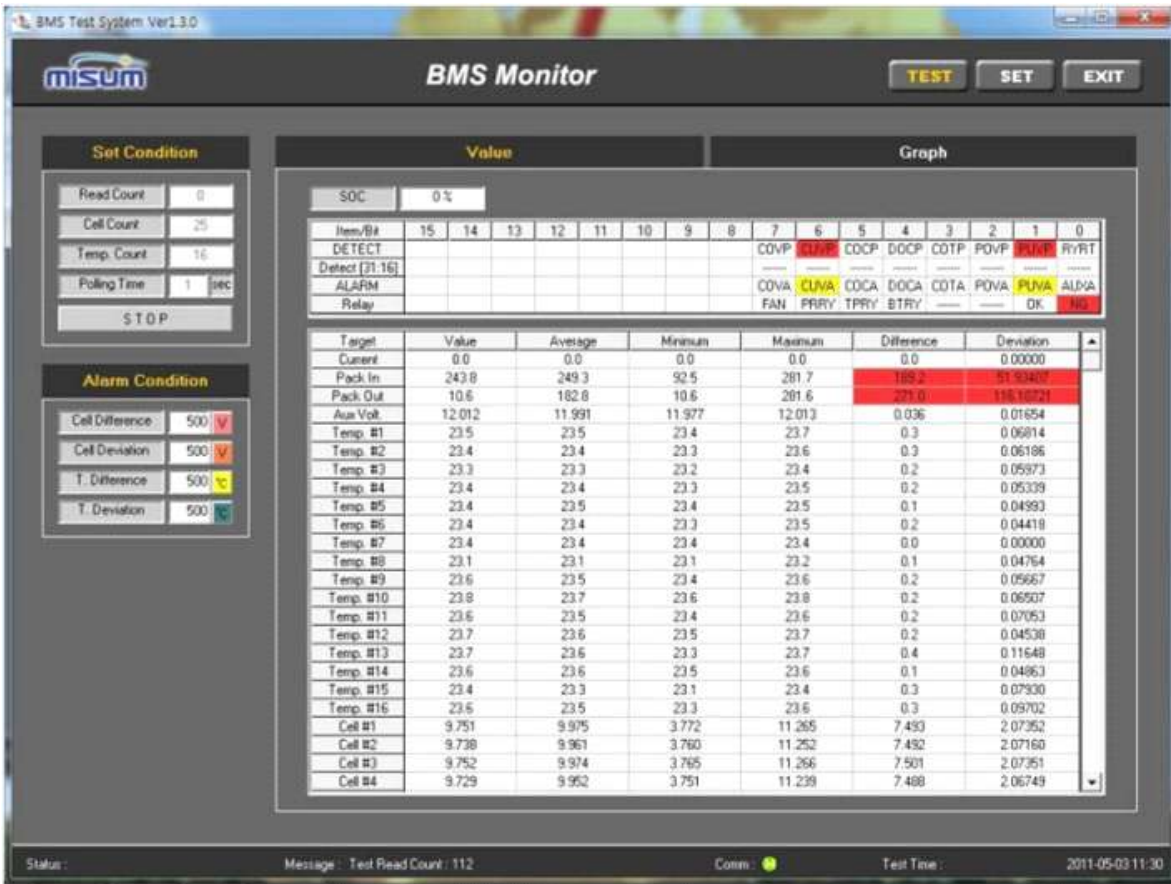
- 배터리-BMS 시스템의 전압, 전류 및 온도의 모니터링, 진단에 의한 최적 유지관리, 안전운행을 위한 경보 및 사전 안전예방 조치, 데이터 보존 및 시스템 진단기능 평가를 위해 BMS 모니터링 시뮬레이션을 아래 그림과 같이 수행하였다.



BMS 정상동작 상태.



BMS 경보동작 상태.



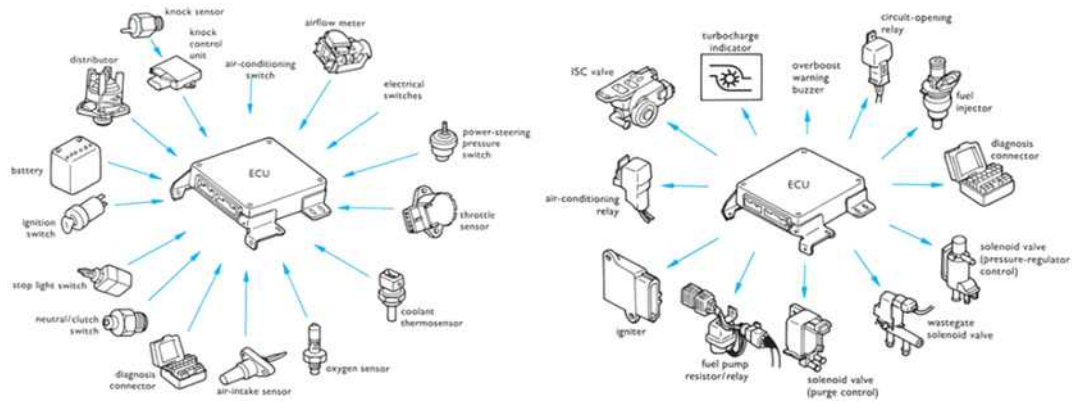
BMS 보호동작 상태.

(3). CAN 인터페이스 설계 및 통신 시뮬레이션

(가) CAN 통신 인터페이스

① CAN의 개요 및 자동차에서의 활용

- 최근 자동차 전자제어 기술이 발달하고 마이크로 컨트롤러의 성능이 향상되면서 자동차 내의 전자제어 장치(Electric Control Unit, ECU)의 수가 점차 증가하고 있다. 전자제어 장치는 자동차의 엔진, 변속기, ABS (Anti-lock Brake System, 자동차가 급제동할 때 바퀴가 잠기는 현상을 방지하기 위해 개발된 특수 브레이크) 따위의 상태를 제어하는 장치로서 애초의 개발 목적은 엔진의 점화시기, 연료분사, 공회전 등 핵심 기능을 정밀하게 제어하는 것이었으나 차량과 컴퓨터의 성능이 발전함에 따라 자동변속기의 제어를 비롯한 구동, 제동, 조향 등 차량의 모든 부분을 제어하는 역할까지 하고 있다. 그러나 각 전자제어 장치들은 서로의 정보를 전달하기 위해 각각 다른 연결 방법을 가지고 있어 각 제어 장치끼리의 연결에 필요한 배선의 증가와 확장성의 문제를 일으켜 차량 개발의 효율성을 감소시킨다. 또한 신차의 개발기간이 점차 짧아지고 차량의 개발 및 생산 비용 절감과 제어 성능 향상 등에 대한 요구 또한 커지고 있다. 이러한 요구를 만족하기 위해 각 전자제어 장치들의 모듈화가 이루어져야하며 효과적이고 체계적인 개발 프로세스와 최적의 시스템 구성이 필요하다. 이를 위해 CAN (Controller Area Network) 통신 프로토콜이 개발되기 시작하였다.



ECU의 입출력 신호.

○ CAN 통신이란, 1988년 Bosch 사와 Intel 사에서 자동차내의 각종 계측제어 장비들 간의 디지털 직렬 통신을 제공하기 위하여 개발한 시리얼 네트워크 통신방식으로 처음에 'Car Area Network'라는 명칭으로 시작된 만큼 차량 내에 적합하도록 개발되었다. 여러 개의 전자제어 장치들을 병렬로 연결하여 각각의 전자제어 장치들 간에 원활한 정보교환이 가능하다는 장점이 있고 여러 개의 장치를 단 2개의 선으로 제어할 수 있다는 장점이 있다. 또한 다른 자동화 통신망들에 비하여 가격 대 성능비가 우수하며, 지난 수년간 차량내의 열악한 환경에서 성공적으로 동작되어 신뢰도가 검증된 통신망이다. 신뢰도가 검증된 만큼 기존 차량에서도 승용차, 트럭, 버스 등 엔진 관리 시스템, 미끄럼 방지 브레이크, 기어제어, 활성 서스펜션 등과 같은 전자제어 장치들 사이의 커뮤니케이션 Power Train에 이용되고 있다. 또한 외부 전자파나 노이즈에 강해 자동차뿐만 아니라 산업 자동화, 건물 자동화, 의료 장비, 열차, 중장비 차량 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

CAN 통신의 활용 분야

Application Field	Contents
General vehicle	<ul style="list-style-type: none"> Communicate between ECU Control the dashboard, light, air conditioner, windows, center lock, air bag, safety belt
Heavy vehicle	<ul style="list-style-type: none"> Power train and control the water pressure for construction vehicle, forklift, tractor
Train	<ul style="list-style-type: none"> Exchange data between electronic system
Industry automation	<ul style="list-style-type: none"> Connect the control equipments Initialize, up/download the program and parameter, exchange the measurement/actual value Printing equipment, control the paper and fiber Transport system
Medical appliance	<ul style="list-style-type: none"> MRI, X-ray, wheel chair
Building automation	<ul style="list-style-type: none"> Control the heater, air conditioner, light, elevator, escalator

- 차량 내에서 CAN 네트워크는 CAN의 메시지 전송 속도에 따라 고속 CAN 네트워크와 저속 CAN 네트워크로 분류할 수 있다. 고속 CAN 네트워크는 엔진 및 변속기의 파워트레인 시스템과 ABS 및 ESP (Electronic Stability Program) 등의 차시(chassis) 시스템과 같이 고속의 데이터 전송이 필요한 통신 네트워크에 제공되며 Bit rate는 125 Kbit/s 부터 최대 1 Mbit/s를 제공한다. 더불어 자동차와 같이 다양하고 심각한 노이즈가 많은 환경에 적합하도록 에러 검출 및 에러 보정의 기능이 있다. 저속 CAN 네트워크는 편의 장치 위주의 바디 시스템과 같이 속도에 덜 영향을 받는 통신 네트워크에 제공되며 Bit rate는 최대 125 Kbit/s를 제공한다. 저속 CAN은 고속 CAN과 달리 전송 속도에 구애를 받지 않아 많은 수의 노드 허용이 가능하다.

속도에 따른 CAN 통신 분류 및 비교

Section	High Speed CAN	Low Speed CAN
CAN Class	Class C (125 Kbit/s ~ 1 Mbit/s)	Class B (~ 125 Kbit/s)
Standard ISO	ISO 11898-2	ISO 11519-2
Transceiver	Philips 82C250/251 TJA 1040/1041/1050	Philips 82C252 TJA 1050/1054/1054A
Topology	Line topology	Various topology
Signals	Approx.500-800	Approx.1200-2500
Messages	Approx.30-50	Approx.250-350
Nodes	Approx.2-10	Approx.30-50
Part	Power train Engine control	Body CAN Comfort features

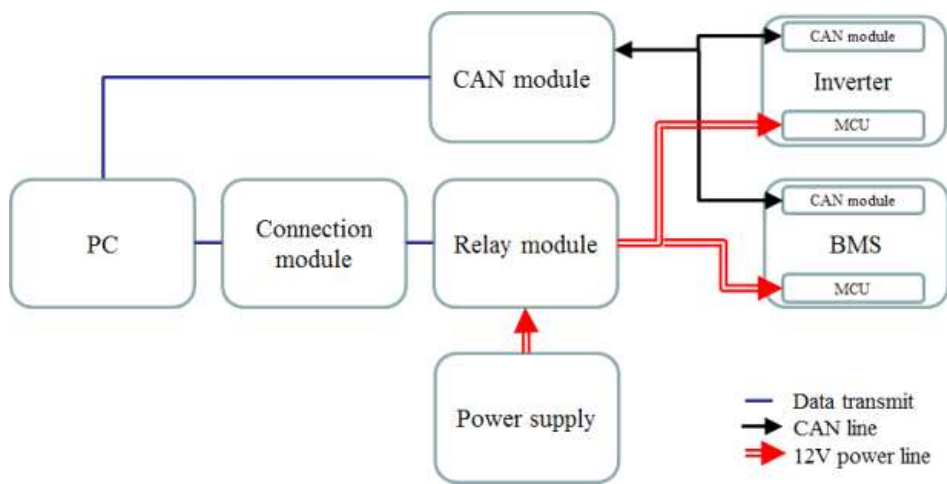
② CAN의 농업기계에서의 활용

- CAN은 일반 승용 자동차 및 특수 차량에서 전선의 무게 감소와 각 유닛들의 효율성을 높이며 자동화 등에 큰 기여를 하고 있다. 국내에 일반 승용 자동차 분야는 CAN 기반의 내부 시스템의 많은 발전이 있었으나 농경지 등에서 사용되는 농업기계는 아직 그에 못 미치고 있다. CAN은 통신선을 트위스트 꼬임으로 하여 주변 노이즈에 강하므로 농업 환경에서 적용성이 가장 좋은 통신방법이다. 농용 트랙터와 임업 작업기에서의 CAN은 ISO 11783에서 규정되어 있다.
- ISO 11783의 내용을 살펴보면, CAN에 의해 데이터가 교환될 때 어떠한 전자제어 장치들도 주소화 되지 않고 메시지의 내용에 의해서 정해진다. ID는 메시지의 내용뿐만 아니라 우선순위도 결정하는데, 이것은 여러 개의 전자제어 장치들이 동시에 버스에 접근하려고 할 때 버스 할당을 위하여 중요하다. 전송되는 메시지의 우선순위는 해당 메시지의 ID에 의해 결정되는데 시스템을 설계하는 동안 결정되며 이진법에 의해 표현되고 동적으로 변할 수 없으며 가장 낮은 이진수를 갖는 ID가 가장 높은 우선순위를 갖는다.

(나) CAN 통신 기반 제어시스템

① 제어 시스템 구성

○ 전기구동 이식기의 제어 시스템을 개발하기 위해서 인버터, BMS의 전원 제어 모듈 및 CAN 통신 모듈을 이용하여 제어 시스템을 구성하였다. 전원 제어는 제어시스템의 초기화 후 인버터, BMS의 동작을 위해 각각의 MCU (Micro Control Unit)에 12V DC 전원을 릴레이 모듈(NI Crio 9481, National Instrument, USA)을 이용하여 인가 및 차단하였다. 이때 릴레이 모듈 제어를 위해 별도의 모듈 캐리어(NI USB 9162, National Instrument, USA)를 이용하여 PC 연결, 모듈 전원 인가 및 제어 신호를 전달하였다. 제어시스템과 인버터, BMS 간 CAN 메시지 송수신을 위해 USB 방식으로 PC와 쉽게 연결이 가능한 CAN 모듈(NI USB 8473, National Instrument, USA)을 사용하였다. 제어 시스템 구성 모듈의 상세 사양은 아래 표와 같다.



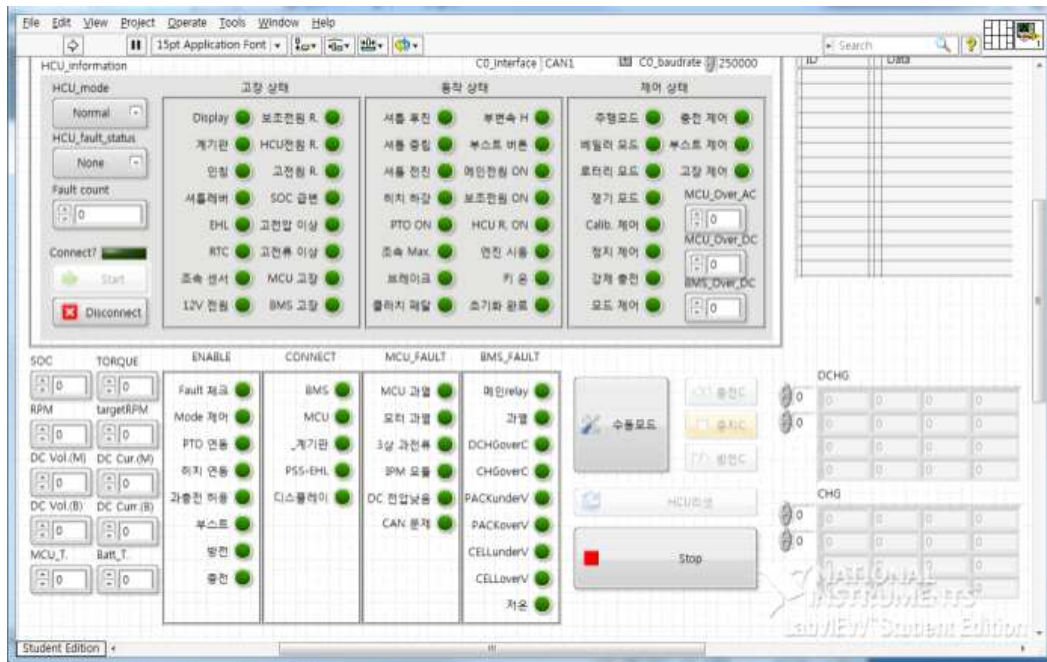
Schematic diagram of controller.

Specification of controller components

Module	Specification
NI USB 8473	<ul style="list-style-type: none"> - 1 port high-speed CAN, low-speed/fault tolerant CAN - Support for CAN 2.0A and extended CAN 2.0B - Interfaces available with optional hardware synchronization and 1μs timestamping resolution
NI Crio 9481	<ul style="list-style-type: none"> - 4 channels, EM form a electromechanical relay output - 30 VDC (2A), 60 VDC (1A), 250 VAC (2A) SPST relay - 250 Vrms channel to channel isolation
NI USB 9162	<ul style="list-style-type: none"> - Bus power carrier - NI Crio module support for connection

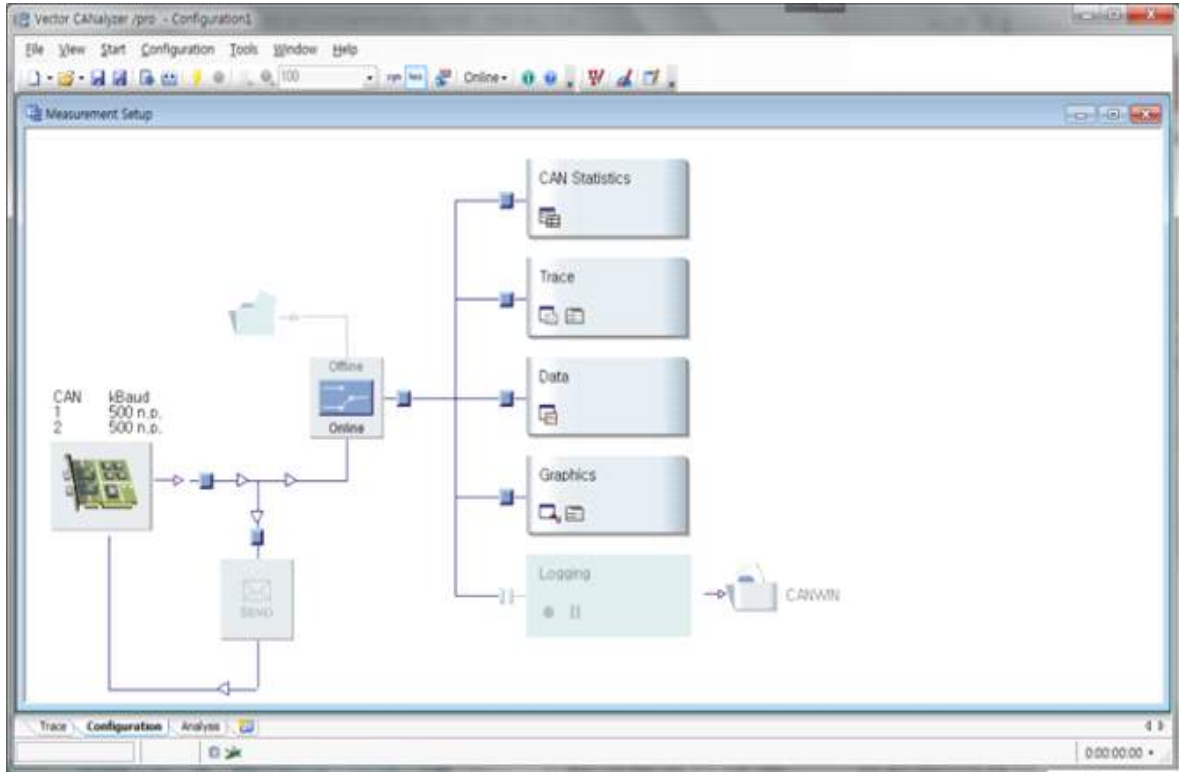
② 통신/제어 성능 시뮬레이션

- 전기구동 이식기 제어시스템의 통신 성능 평가를 위해 시뮬레이션을 수행하였으며 프로그램은 LabVIEW (version 2012, National Instrument, USA)를 이용하여 개발하였다. 프로그램 구동은 초기화를 통해 정상 상태임이 판단되면 릴레이 제어를 통해 인버터, BMS에 전원을 인가하고 CAN 통신을 통해 상태 모니터링 및 제어 신호를 송수신하게 된다. 프로그램은 제어 알고리즘에 적용되어 있으며 현재 상태 모니터링 및 고장 상태 판단, 성능 분석이 용이하도록 제어 상태, 고장 상태, 동작 상태 등의 주요 항목 모니터링 가능하게 인터페이스를 구성하였으며 송수신되는 메시지도 실시간 확인이 가능하다.



User interface of controller simulation.

- 통신 성능 시뮬레이션을 위한 CAN 통신 송수신 시뮬레이션 환경은 CAN analyzer (CANalyzer, VECTOR, German) 프로그램을 이용하여 구축하였다. 본 소프트웨어는 BMS, MCU 등에서 제어 시스템으로 송신되는 메시지 및 통신 트러블 등의 다양한 가상 환경 시뮬레이션이 가능할 뿐만 아니라 측정된 메시지 및 통신 상태의 정보를 엑셀 등의 파일로 추출 가능하여 시뮬레이션 후 분석이 원활한 장점이 있다.



통신 시뮬레이션 구축 환경.

- 이식기 작업 시 다양한 조건을 가정하여 제어 시스템과 MCU, BMS 간의 메시지 송/수신 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 이때 메시지의 프레임은 아래 표와 같이 구성되었다.

CAN 11 bit ID field

Command 3 bitC			ID 4 bit				8 Byte Data Frame Number 4 bit			
1: Request, 6: Response			0: M-G, 1: BMS, 2: FCU				0~15			
10 (MSB)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)

- 통신 메시지 형식은 아래 그림과 같다. 주기적으로 보내는 상시메세지, 일회성 요청메세지, 응답 메시지 등이 정해진 시간 타이밍에 정확한 송/수신이 가능하였으며, 배터리의 SOC, 방전 시 전류, 전압, 현재 모터 구동 상태, 주요 부분의 온도, 고장 신호 등이 물리량으로 변환되어 높은 신뢰성으로 전달됨을 확인할 수 있었다. 이를 통해 현재 구성된 CAN 기반 통신 시스템의 신뢰성이 시작품에 적용 가능하다고 평가 가능할 것으로 판단된다.

<Request>

HCU M-G
100 xx xx xx xx xx xx xx xx
101 xx xx xx xx xx xx xx xx
102 xx xx xx xx xx xx xx xx

HCU BMS
110 xx xx xx xx xx xx xx xx
111 xx xx xx xx xx xx xx xx

HCU FCU
120 xx xx xx xx xx xx xx xx
121 xx xx xx xx xx xx xx xx
122 xx xx xx xx xx xx xx xx
123 xx xx xx xx xx xx xx xx

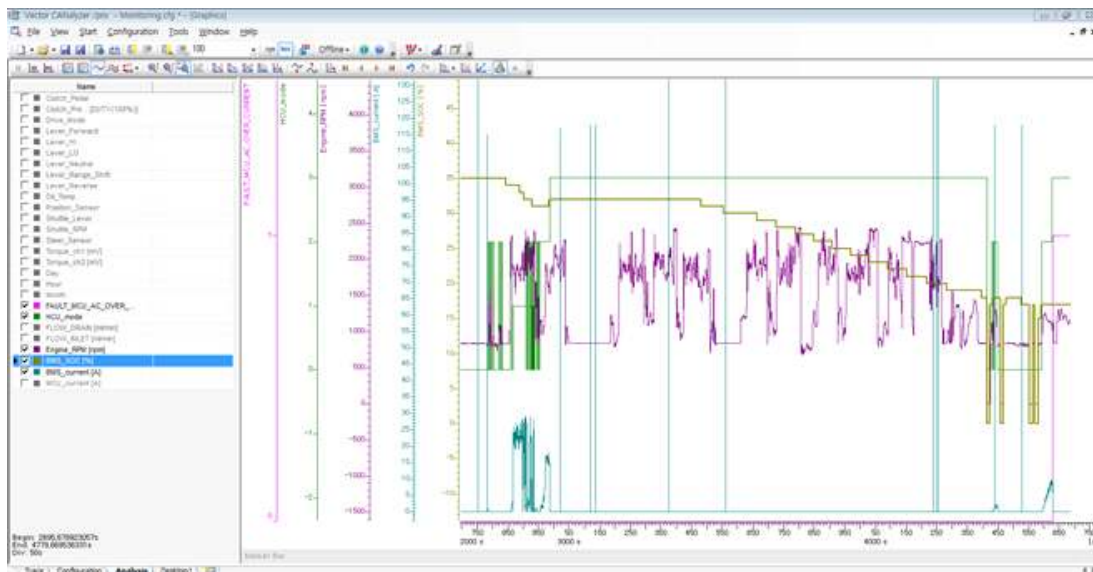
<Response>

HCU M-G
600 xx xx xx xx xx xx xx xx
601 xx xx xx xx xx xx xx xx
602 xx xx xx xx xx xx xx xx

HCU BMS
610 xx xx xx xx xx xx xx xx
611 xx xx xx xx xx xx xx xx

HCU FCU
620 xx xx xx xx xx xx xx xx
621 xx xx xx xx xx xx xx xx
622 xx xx xx xx xx xx xx xx
623 xx xx xx xx xx xx xx xx

통신 메시지 (request/response)

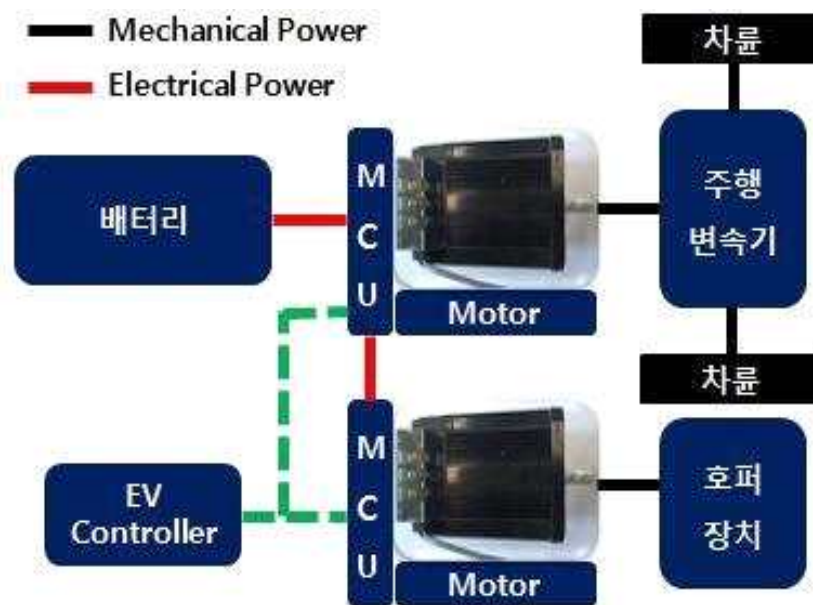


통신 시뮬레이션 성능 평가 결과.

2. 2차 시작품 설계

가. 2차 시작품 전기 구동 이식기 layout 설계

- 전기구동 이식기는 가솔린 엔진을 같은 출력을 갖는 모터로 대체하였으며, 주행 미션은 기존과 동일하다. 하지만 기존 가솔린 엔진 이식기와는 다르게 동력전달계통에서 식부 미션을 제거한 후 모터를 추가하여 식부를 전동화 하였다. 2차년도 개발품의 동력 전달 계통은 아래 그림과 같다. 기존 엔진으로부터 동력을 전달받기 위한 벨트-풀리 대신 전기 모터가 직접 식부를 구동하게 된다. 전기 모터의 속도 제어를 통해 호퍼의 궤적 운동 속도 제어가 가능하므로 식부 변속기가 필요 없게 되므로 부품비 절감 및 이식기 경량화 등의 효과가 있다. 주행 전동화는 주행 변속기 입력축의 동력을 전기모터를 이용하여 전달하는 형태이며 적용 형태 및 제어 시스템 구성이 간편하다는 장점이 있다.



2차 개발품의 동력 전달부 구조

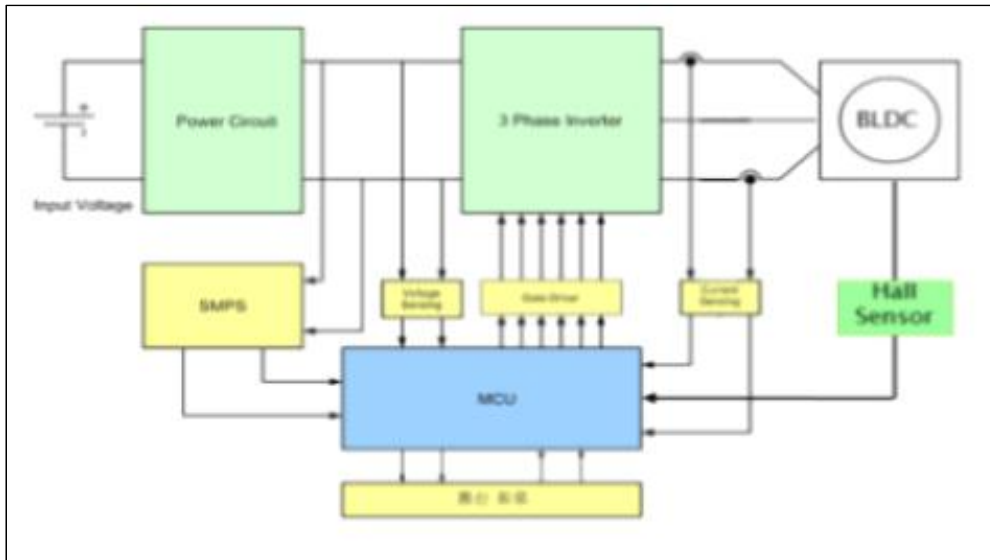
나. 2차 시작품 전기 구동 이식기 동력전달장치 설계

(1) 모터사양 개선점 및 MCU 최적화

- 1차 시작품 포장시험을 통한 성능평가 수행 시 모터의 스톱(stall) 현상으로 인하여 구동 모터의 재선정 및 MCU 최적화를 통하여 작업 시 모터 출력 안정화가 필요할 것으로 판단하였다. 1차 시작품의 경우 모터 2 kW / 3,000 rpm 구동(제어) 시 토크가 부족하여 모터 스톱 현상이 발생하였다. 따라서 협동기관 네스트아이엔씨에서는 기존 가솔린 엔진 이식기의 작업 시 발생하는 RPM과 유사한 2,000 rpm 영역으로 낮추었으며, 안정적인 모터의 제어를 위해 MCU(Motor Control Unit)의 모터 제어 알고리즘과 H/W 사양을 보완하여 스톱현상을 해결하였다. 모터 최적화 이후 2차 시작품에 적용하여 포장시험을 수행한 결과 안정적인 모터 출력을 얻을 수 있어 정상적인 작업이 가능하였다.

- 아래 그림은 MCU(Motor Control Unit) 구성도를 보인다. 또한 3차년도에는 전기이식기의 구동부와 식부부의 개별적인 운전을 위하여 각각의 MCU의 설치를 위해 기존 MCU

의 사이즈를 축소함으로써 전기이식기의 본기에 설치 할 수 있도록 하였다. 또한 본 인버터의 세부 개발 사양은 아래 표와 같다.



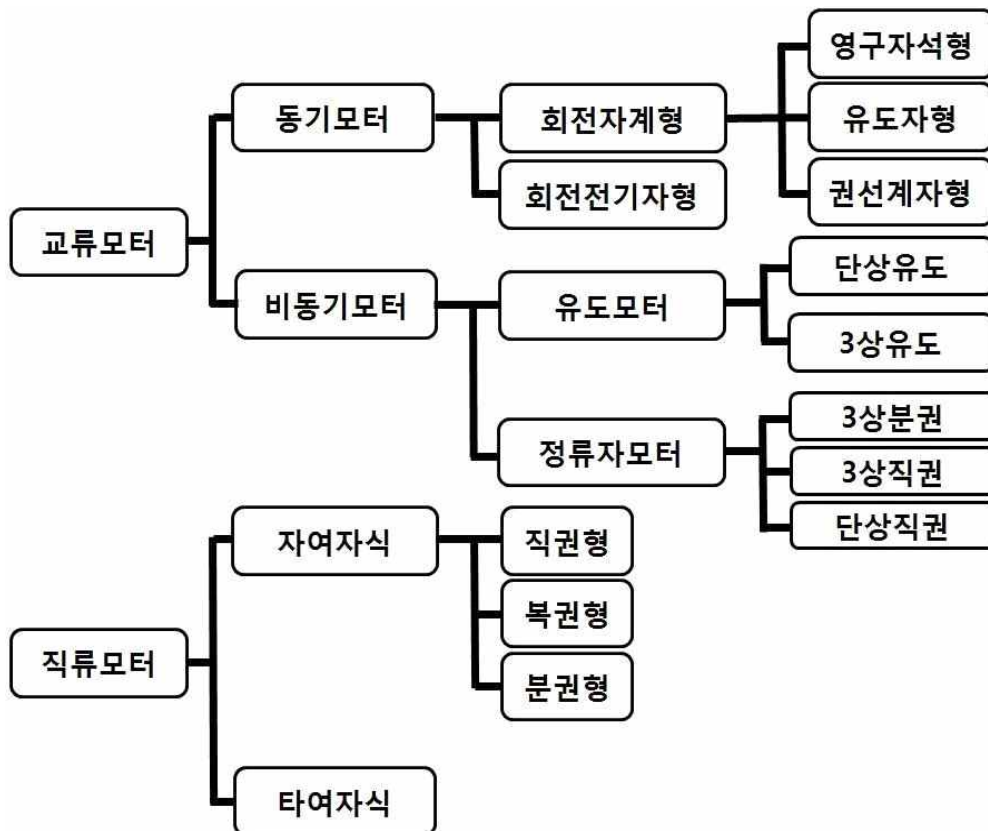
인버터의 구성도

항 목		목 표 내 용	
인 버 터	형식 (기능)	BLDC 모터 인버터	
		소프트웨어 (Software)	<ul style="list-style-type: none"> Motor 구동 및 제어 알고리즘 구현 <ul style="list-style-type: none"> - 제어(180°구동에 의한 벡터제어)
	하드웨어 (Hardware)	<ul style="list-style-type: none"> Motor 드라이브 제작 <ul style="list-style-type: none"> - Gate Drive(MosFet) - Analog circuit(제어 회로부) - Digital circuit(제어 회로부) 	
	정격 입력 전압	모터입력 48 Volt (45~60 V)	
	정격 출력 전류	정격 80 A(Peak 200 A)	
	냉각 방식	방열판(자연 냉각)	
	통신 프로토콜	CAN 2.0B	
	보호 기능	Over Current, Over Voltage, Low Voltage	
	동작 온도	-40 ~ 85℃	
적용 분야	BLDC 모터 구동용 드라이버		

○ 이후 2차 포장시험 데이터를 분석하여 식부 장치 전동화를 위해 모터 사양 선정하였다. 본 연구의 최종 개발 목표는 시설하우스용 이식기의 가솔린 엔진 동력 대신 전기 모터를 이용하여 주행 및 식부를 모두 제어하는 친환경 전기구동 이식기를 개발하는 것으로 주요 구성 부품 요소 및 시스템의 설계 사양은 다음과 같다. 전기구동 이식기의 핵심부품은 전기에너지를 공급하기 위한 배터리와 배터리를 제어하는 BMS, 이식기 구동을 위한 전기 모터, 배터리의 동력변환을 위한 인버터/컨버터 이러한 동력 전달 시스템을 컨트롤하기 위한 통합 컨트롤러로 구성된다. 기존 일본, 중국 등 선진사에 의해 개발된 전기구동 이식기와 다르게, 전기 모터는 현재 이식 작업 상태에 따라 주행부뿐만 아니라 식부의 가변적인 속도 및 부하 제어가 가능하며, 각각의 모터 구동을 위한 전원은 배터리와 배터리를 관리하는 BMS (Battery Management System)로부터 공급된다. 인버터/컨버터는 배터리 DC 전원을 모터에 필요한 3상 AC 전원으로 변환해주며 통합 컨트롤러(EV controller)는 구동 전략 및 제어 알고리즘이 탑재되어 있는 최상위 제어기로 이식기의 동력을 효율적으로 관리하게 된다.

(가) 모터의 종류

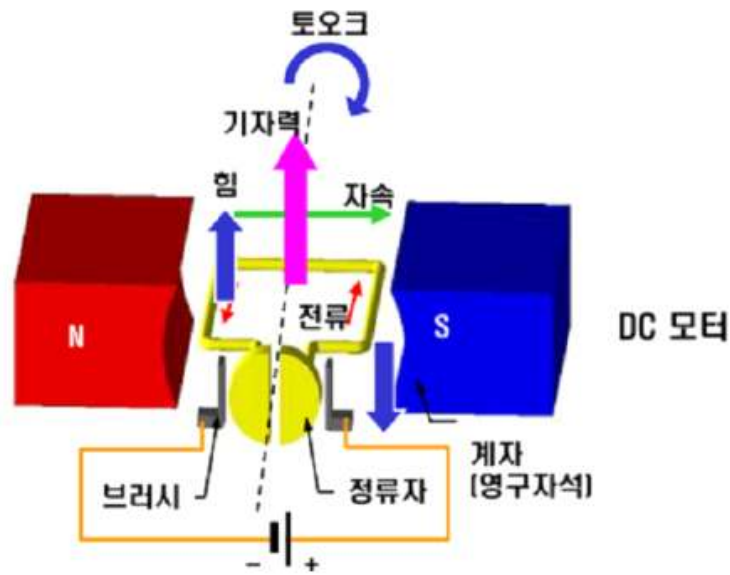
○ 모터란 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환하는 회전기를 말하며 제어에 의해 속도나 토크의 상태를 변화 시키는 것이 가능하다. 산업계에서 많이 사용되는 모터를 중심으로 크게는 직류 모터, 동기 모터, 유도 모터로 분류되기도 하고 세부적으로는 아래 그림과 같이 분류된다.



모터의 종류.

① 직류 모터(DC Motor)

- 일반적인 직류 모터는 직류전원으로 동작되며 내부에 정류자와 브러시가 있다. 이를 이용해 모터에 가하는 직류전압의 크기와 극성을 바꿈으로서 속도와 회전방향을 바꿀 수 있다. 전류가 흐르면 플레밍의 왼손법칙에 따른 전류의 힘이 작용되어 회전자(전기자)가 회전하게 된다. 직류 모터의 구조는 회전자(전기자), 계자용 자석, 브러시, 베어링, 모터케이스 등으로 이루어져 있다. 브러시의 작용은 전기자에 전류를 공급하기 위한 접촉 접점이다. 정류자는 복수의 전기자 권선에 전류를 공급하는 전류 전환 장치이다. 전기자는 회전력을 발생하기 위한 전자석인 동시에 모터의 회전자를 구성하고 있다. 계자용 자석은 전기자 권선에 자력을 주며 전기자에서 발생하는 전자기력과 함께 회전력을 발생 시킨다.



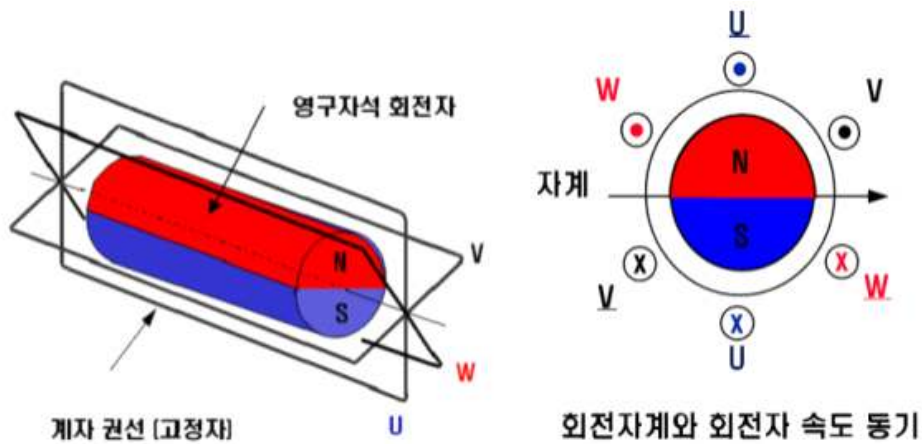
직류 모터의 원리.

- 직류 모터의 특징은 구조가 간단하고 제어를 쉽게 할 수 있으며 기술적인 완성도가 높아서 설계가 용이하고 제작비용이 적다는 장점이 있다. 반면 출력 밀도(Power Density)가 낮아 고출력이 필요한 경우 모터 자체의 크기가 다른 방식의 모터에 비해서 커져야 하며 브러시에 의한 에너지 손실도 커지게 된다. 또한 제작비용도 고출력이 될수록 출력에 비해 저렴하지 않기 때문에 비교적 소형 모터로 많이 사용되고 있다.

② 교류 모터(AC Motor)

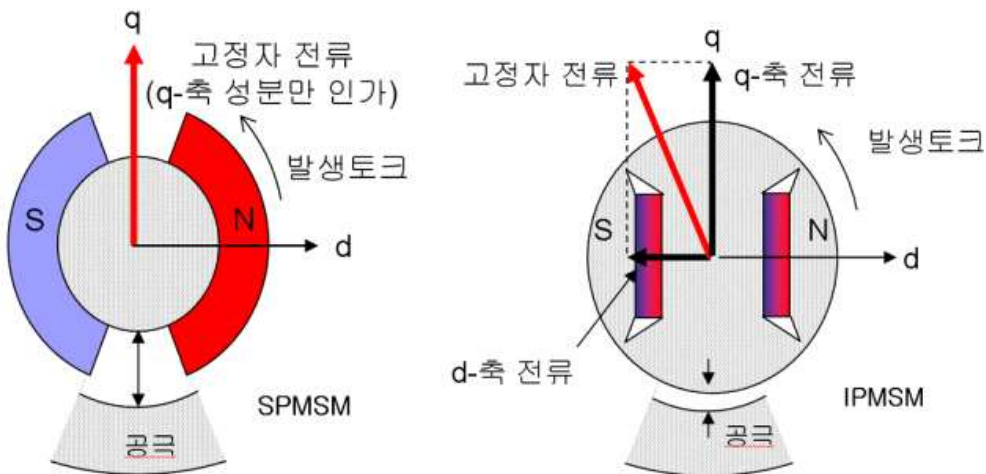
㉞ 동기 모터(Synchronous Motor)

- 동기 모터는 모터의 자극수와 전원 주파수로 정해지는 속도로 일정하게 회전하는 방식으로 동기신호 혹은 가변주파수 전원과 조합하여 가변속 용도에 적용된다. 동기 모터는 직류 모터와는 반대로 보통 전기자가 고정자로 되고 계자가 회전자로 된다. 일반적으로 계자로 영구 자석을 많이 사용하며 PM (Permanent Magnet)형 동기모터로 널리 알려져 있다. PM형 동기모터는 출력 밀도(power density)가 높아 작은 부피를 차지하면서도 큰 출력을 낼 수 있고 또한 정출력 영역이 넓으며 고속회전을 영역에서도 높은 효율을 낼 수 있다는 특징이 있다.



동기 모터의 원리.

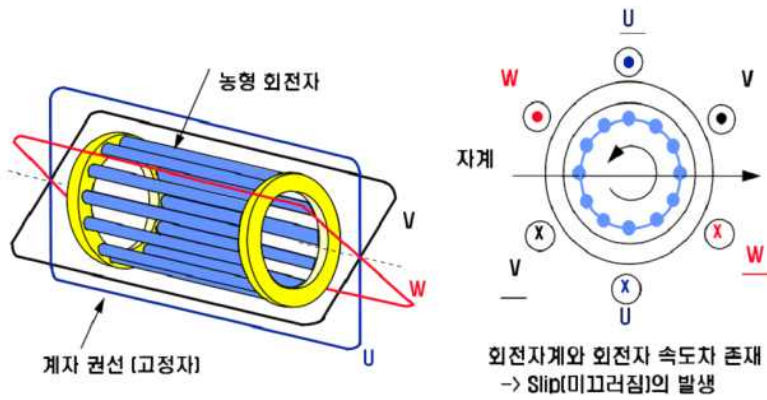
- 영구 자석 동기 모터는 다시 영구자석의 형태에 따라 표면 부착형 영구자석(Surface-mounted Permanent Magnet, SPM) 동기 모터와 매입형 영구자석(Internal Permanent Magnetic, IPM) 동기 모터로 나뉜다. SPM 동기 모터는 제어 알고리즘이 간단하지만 정출력이 힘들다는 단점이 있어서 주로 고토크 저속형 정밀제어 많이 사용된다. IPM 동기모터는 전자기 상호력과 릴럭턴스 토크에 의해 회전력이 얻어지므로 토크 밀도와 출력 밀도가 높고 넓은 운전속도 영역을 갖고 있다는 장점이 있으나 제어 알고리즘이 복잡하다.



SPM 동기모터와 IPM 동기모터의 원리 비교.

㉞ 유도 모터(Induction Motor)

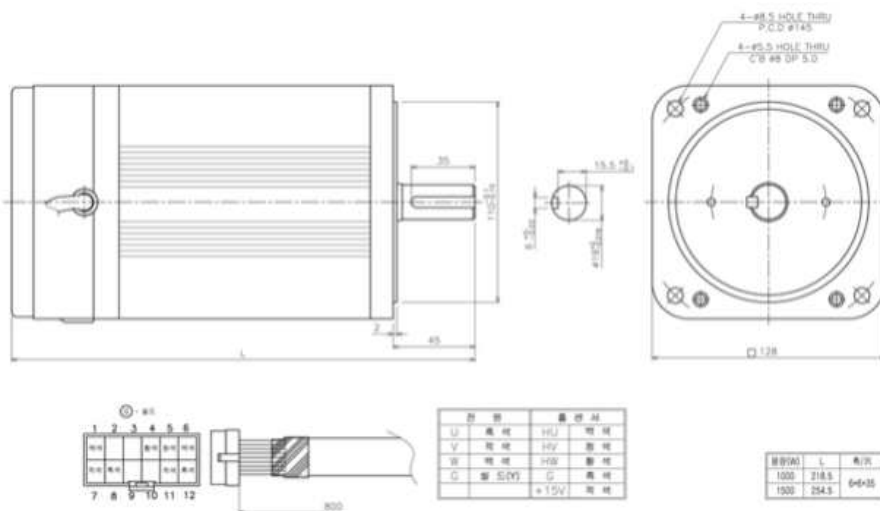
- 유도 전동기는 동기 모터와 같이 고정자가 전기자로 되어 있다. 이 고정자 권선은 1차 권선이라고 하고 회전자 권선을 2차 권선이라 한다. 2차 권선은 슬립링(Slip-ring)을 통하여 외부와 접속 되도록 되어 있으며 이것을 농형회전자라고 한다. 작동 원리는 고정자(1차 측)의 회전자계에 의하여 회전자(2차측)에 유도전류 발생하면 회전자계와 유도전류가 상호 작용하여 전자기력 발생한다. 특징은 전자석을 사용하지 않기 때문에 열악한 환경에서도 구동이 가능하고 넓은 범위에서도 정출력이 가능하여 대용량으로 사용되어지고 있다.



유도 모터의 원리.

(나) 주행 및 식부 장치 전기 모터 사양

- 2차 포장 시험 데이터를 분석하여 주행 장치와 식부 장치 모터 사양 선정을 진행하였다. 전기모터는 현재 이식 작업 상태에 따라 주행부 제어뿐만 아니라 식부 장치의 가변적인 속도 및 부하 제어가 가능하며, 각각의 모터 구동을 위한 전원은 배터리와 배터리를 관리하는 BMS로부터 공급된다. 2차년도 포장시험 데이터 분석 결과 기존 시작품의 엔진 대신 3 kW 모터 1개 사용에서 구동부와 이식부 각각 제어를 위하여 1 kW 모터 2개로 분할하였으며, 각 모터는 구동부와 이식부에 각 1개씩 사용할 예정이다. 모터 변경과 동시에 BMS를 포함한 배터리 팩 구성도 변경하였으며, 변경 사항은 기존 시작품의 2 kwh / 20 A에서 1.45 kwh / 20 A 2개 병렬로 사용할 예정이다.
- 아래 그림은 모터의 이식기 장착 시 필요한 치수, 입력 단자 등을 나타내며, 주행 장치와 식부 장치 전기 구동으로 적용하기 위하여 2차년도 개발품의 포장시험을 진행하였으며, 포장시험 데이터 기반으로 모터 사양을 선정 후 주문제작 하였다. 또한 주행 및 식부 모터의 무게는 약 3.8 kg이며, 이외의 자세한 사양은 아래 표와 같다. 이때 모터 사양은 정격 전압은 48 VDC, 용량은 1 kW, 정격 rpm은 1,800 rpm, 전류 25 A이다.

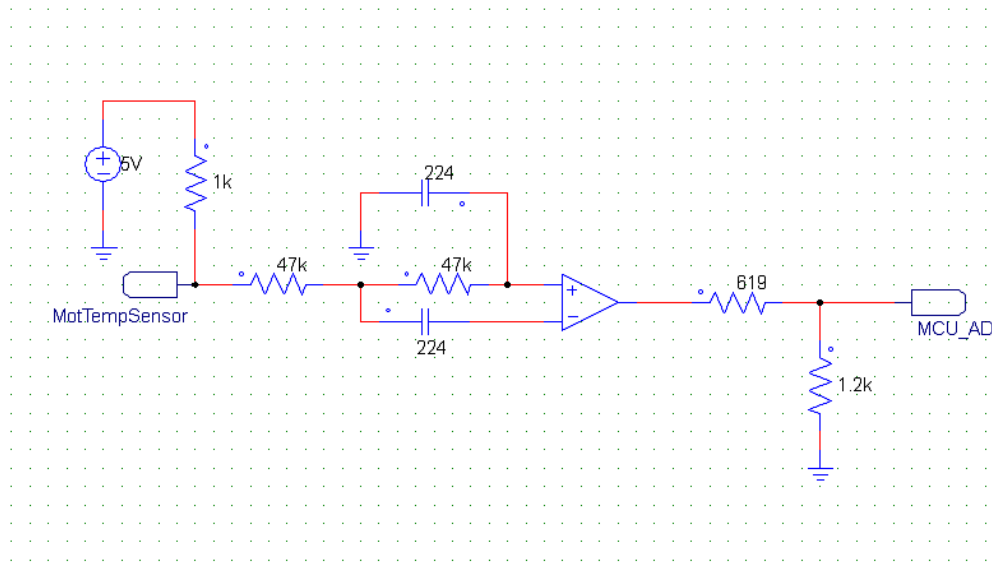


구동 모터 사양.

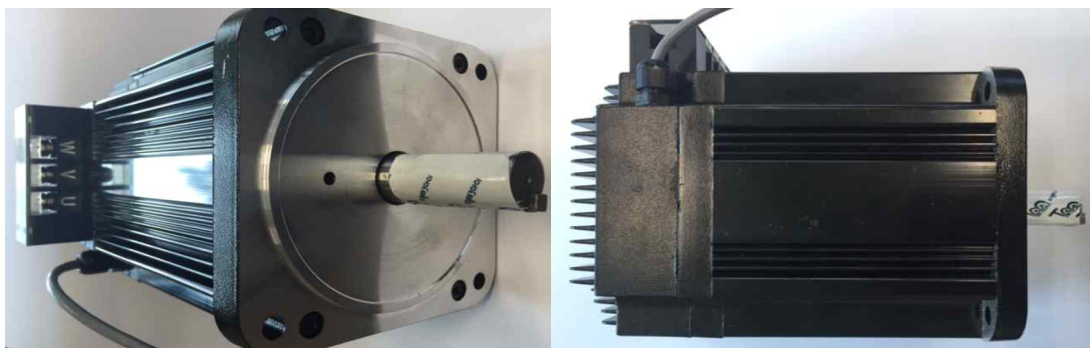
모터 상세 사양

Item	Unit	Specification	Action
Flange size	mm	100	-
Rated output	kW	1.0	-
Continuous running duty	%	100	-
No. of poles	-	8	-
Rated speed	r/min	3,000	-
Max. Speed	r/min	3,000	-
Rated torque	N • m	3.18	-
	kgf • cm	32.4	
Max. torque	N • m	8.2	-
	kgf • cm	83.7	
Rated current	A(rms)	27.8	±10%
Rotor inertia	× 10 ⁻⁴ kg×m ²	2.06	-
	gf • cm • sec ²	2.10	
Elec. time constant	ms	10.3	-
Mech. time constant	ms	0.89	-
Rated power rate	kW/s	50.05	-
Momentary Max. current	A(o-p)	99	-
Back EMF constant per phase	× 10 ⁻³ V(rms) / min ⁻¹	4.2	±10%
	V(rms) / Krpm		
Torque constant	N • m / A(rms)	0.11	±10%
	kgf • cm / A(rms)	1.12	±10%
Phase resistance	Ω	0.0165	±10%
Phase inductance	mH	0.17	±20%
Insulation class	-	F	-
Vibration class	-	V-15	-
Structure	-	Totally-enclosed self-cooled	-
Supply voltage	VDC	48	-

- 또한 모터 온도 센서 알고리즘 코딩하였으며, 모터 온도센서 Part : KTY 83/122이며 회로 수정은 아래 그림과 같다. 2차 시작품에 선정된 전기 구동 모터를 이용하여 이식 깊이, 식부 장치 속도 등의 모터 제어에 대한 연구 및 시험을 계속 진행할 예정이다.



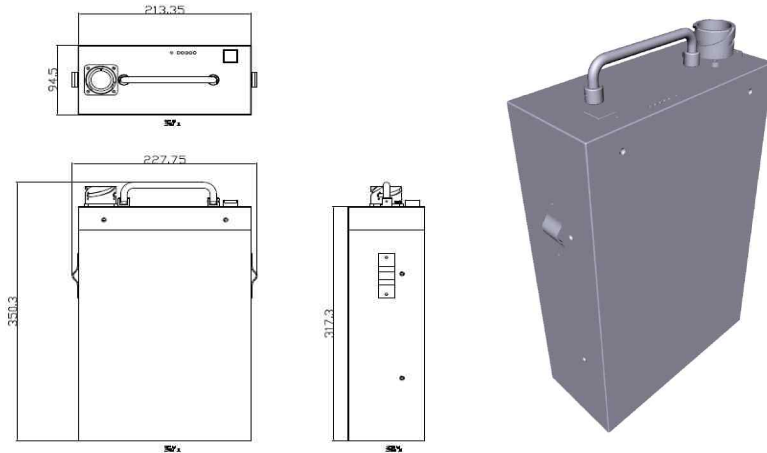
모터 온도센서 회로 수정



선정한 모터 실제 사진

(다) 배터리-BMS (Battery Management System) 사양

- 식부장치 모터에 맞는 배터리 및 BMS를 네스트아이앤씨에서 선정하였으며 배터리 정격 용량은 1.46 kW이며, 정격 전류는 20 A이다. 이외 상세 스펙은 아래 표와 같다. 배터리 팩을 구성하는 리튬이온 전지 등은 구입하였으며, 이때 외부 케이스의 길이와 폭은 각각 350.3, 227.75 mm이다. 또한 배터리 팩의 무게는 약 10 kg으로 나타났다. 본 배터리 팩은 식부와 주행 모터에 각각 배치하여 총 2개를 사용하였다.



배터리 및 BMS 사양.

배터리 팩 상세 사양 (1)

ITEM		Specification	Action
Cell Over Voltage	Alarm Voltage	4.150[V] ± 15[mV]	
	Alarm Delay time	1.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Protection Voltage	4.200[V] ± 15[mV]	Cut-off
	Protection Delay Time	3.0[sec] ± 1.0[sec]	Co FET
	Release Condition	4.150[V] ± 15[mV]	Turn-on CO FET
Cell Under Voltage	Alarm Voltage	3.200[V] ± 15[mV]	
	Alarm Delay time	1.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Protection Voltage	2.800[V] ± 15[mV]	Cut-off
	Protection Delay Time	3.0[sec] ± 1.0[sec]	Co FET
	Release Condition	3.200[V] ± 15[mV]	Turn-on CO FET
Temperature	Alarm Temperature	Max Cell T ≥ 55.0[°C] ± 3.0[°C] Min Cell T ≥ -20.0[°C] ± 3.0[°C]	
	Alarm Delay Time	1.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Protection Temperature	Max Cell T ≥ 60.0[°C] ± 3.0[°C] Min Cell T ≥ -25.0[°C] ± 3.0[°C]	Cut-off
	Protection Delay Time	3.0[sec] ± 1.0[sec]	Co FET
	Release Condition	Max Cell T ≥ 50.0[°C] ± 3.0[°C] Min Cell T ≥ -20.0[°C] ± 3.0[°C]	Turn-on CO FET

배터리 팩 상세 사양 (2)

ITEM		Specification	Action
Over Charge Current	Alarm Current	25.0[A] ± 1.0[A]	
	Alarm Delay Time	3.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Alarm Release	21.0[A] ± 1.0[A]	
	Protection Current	30.0[A] ± 1.0[A]	Cut-off CO FET
	Protection Delay time	1.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Release Condition	Charge mode release	Turn-on CO FET
Over Discharge Current1	Alarm Current	60.0[A] ± 1.0[A]	
	Alarm Delay Time	3.0[sec] ± 1.0[sec]	
	Alarm Release	40.0[A] ± 1.0[A]	
	Protection Current	80.0[A] ± 1.0[A]	Cut-off DO FET
	Protection Delay time	1.0[sec] ± 1.0 [sec]	
	Protection Release	Discharge mode release	Turn-on DO FET
Cell Balancing	Balancing Condition	4.2[V] ≥ Cell V ≥ 3.7[V] (Cell V - Min Cell V) ≥ 20[mV]	
	Release Condition	3.7[V] ≥ Cell V 5[mV] ≥ (Cell V - Min Cell V)	

- 전기 이식기의 급속 충전기 개발의 경우 가정용(220 V), 급속 충전 시스템 개발 등에 따라 가격이 달라진다. 따라서, 개발된 전기 이식기용 급속 충전기 개발이 필요할 것으로 판단된다. 일반적으로 전기 자동차의 급속 충전기의 경우 배터리를 고출력으로 직접 충전하는 방식으로 차량 밖에 설치된 급속충전기 시스템을 이용하여 충전을 진행한다. 한국 표준 형태인 50 kW급의 급속 충전기를 이용하여 충전할 경우 약 20 kWh 용량의 배터리 팩이 장착된 전기 자동차를 충전시 약 30분 내외의 시간에 80% SOC까지 충전이 가능하다. 자동차 급속 충전기에 비하여 전기 이식기의 경우 1.46 kWh 배터리 2개를 사용하므로 약 3 kWh로써, 전기 자동차 급속 충전기에 비하여 용량이 매우 낮으므로, 급속 충전기의 개발 소요 기간 및 비용이 짧을 것으로 판단된다.

전기 자동차의 충전기 표준 사양 (출처 : 아세아경제, 한전 전기차 급속충전기 개요)

구분	급속 충전기	완속 충전 스탠드
최대 출력	50 kW	7.7 kW
최대 전류	110 A	35 A
충전 시간	DC 450 V	AC 220 V
안전 장치	약 20분 (up to 80% Charging)	약 5시간 (up to 80% Charging)
제공 정보	사용 방법, 충전 상태, 충전 요금, 남은 충전 시간 등	
기타	전기 자동차와의 통신 방식 : CAN	
사진		

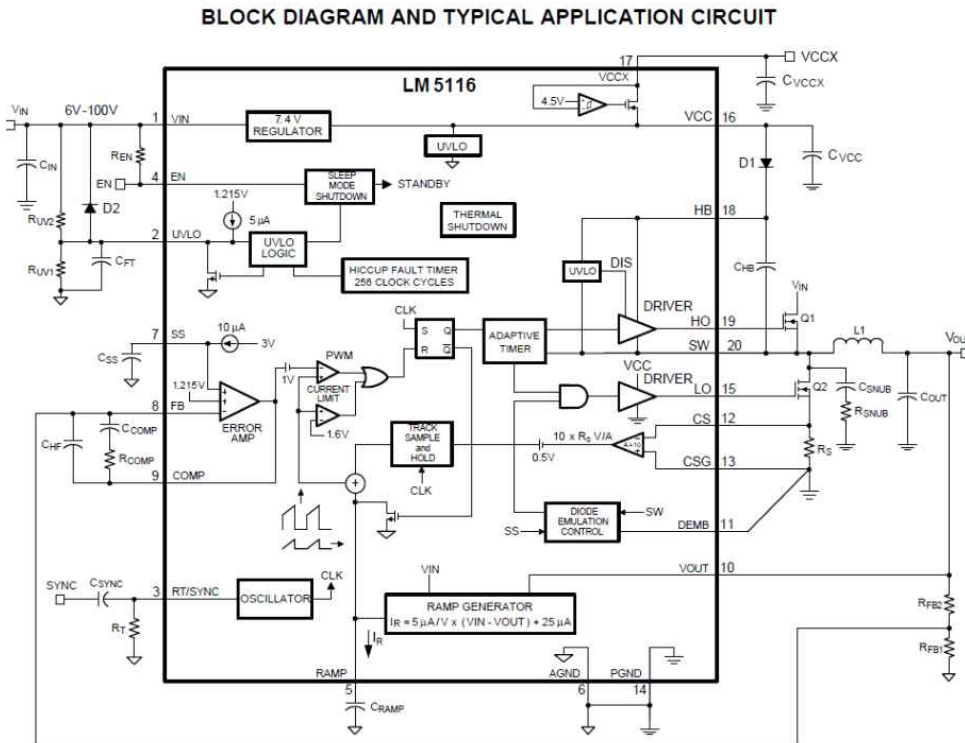


전기 자동차의 배터리 충전 개념도.

(출처 : 아세아경제, 한전 전기차 급속충전기 개요)

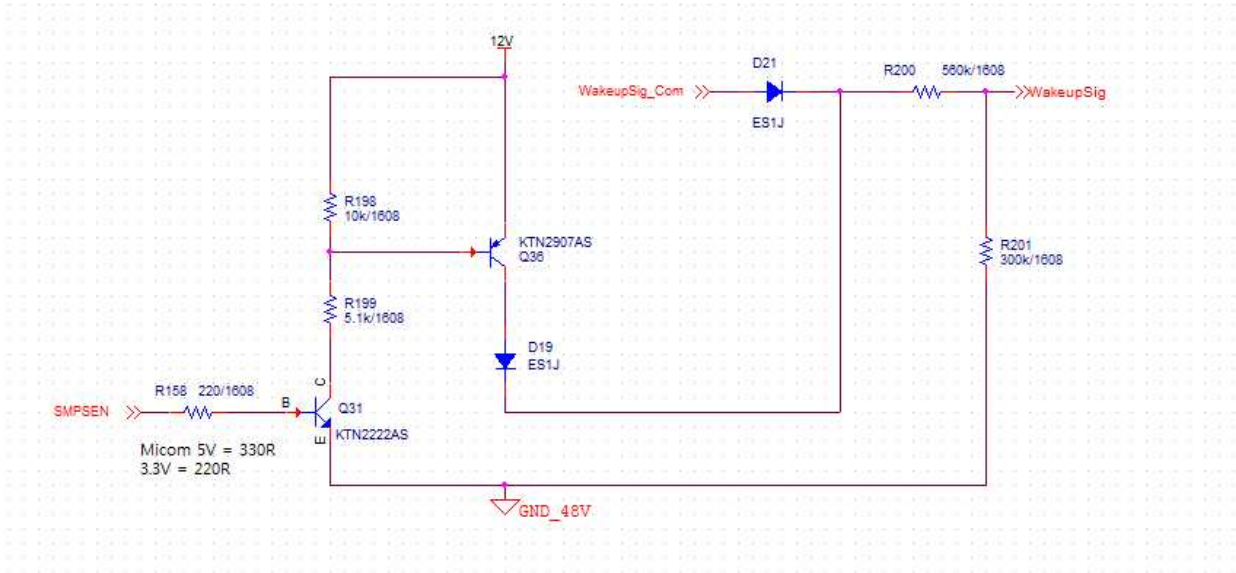
(라) SMPS (Switching Mode Power Supply) 설계

- 두 개의 선정된 모터에 안정적인 12 V 전압을 공급하기 위하여 SMPS 장치 회로 설계를 수행하였다. Wake up signal에 의한 12 V 출력 및 Wake up signal off 시 12 V 출력 유지 회로를 설계하였으며 아래 그림과 같다.



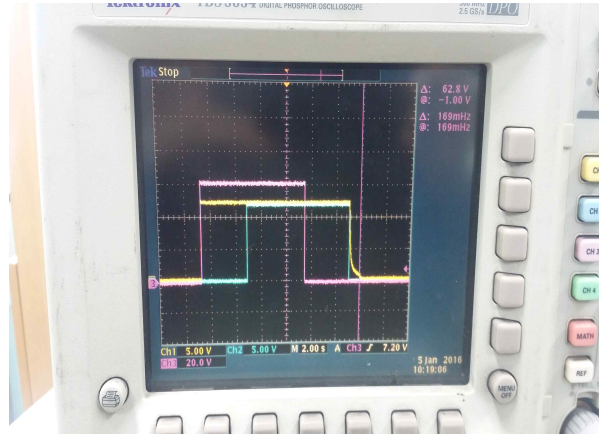
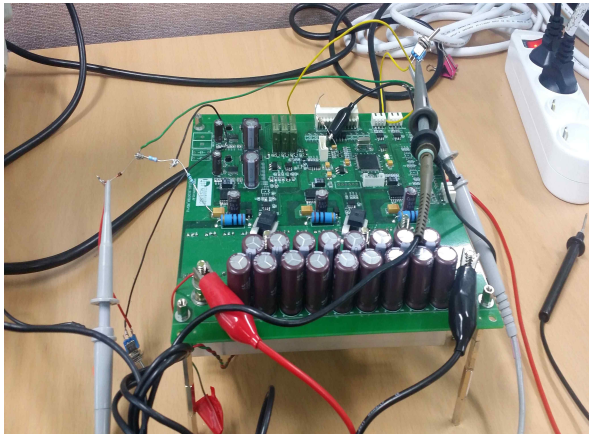
SPMS 장치 회로도.

- Wake up signal은 통신 모듈로부터 By pass된 배터리 전압이며, Wake up signal off 시 12V 전압 유지 회로는 아래 그림과 같다. 여기서 Wake up Sig_Com은 통신 모듈로부터 인가된 Battery 전압이며, Wake up Sig은 LM5116의 Pin 4로 입력되는 신호이다. 마지막으로 SMPSEN은 Wake up Sig_Com의 배터리 전압이 끊어지더라도 LM5116의 12V 출력 전압을 유지하기 위한 마이컴의 출력 신호이다.



12 V 전압 유지 회로도.

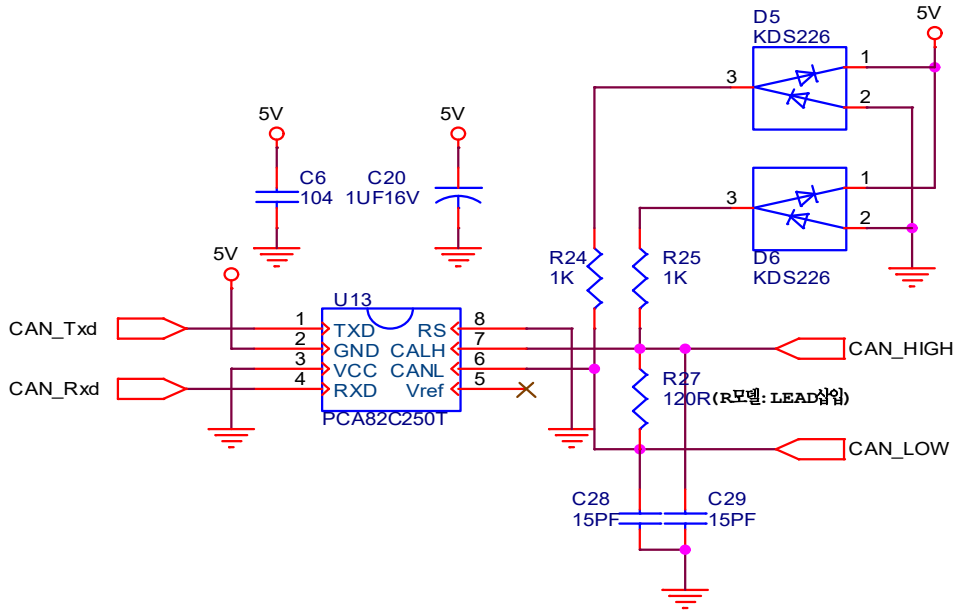
- 위 두 회로도에 의해 설계된 SMPS는 직접 테스트를 수행하였으며, 시험 사진은 아래 그림과 같다. 시험 결과 SMPS 출력 전압은 안정적으로 12 V 나왔으며, 아래 그림에서 채널 1은 SMPS 출력, 채널 2는 SMPSEN High 입력 후 D19의 Anode쪽 전압, 채널 3은 Wake up Sig_Com의 Battery 전압이다.



SMPS 테스트 사진.

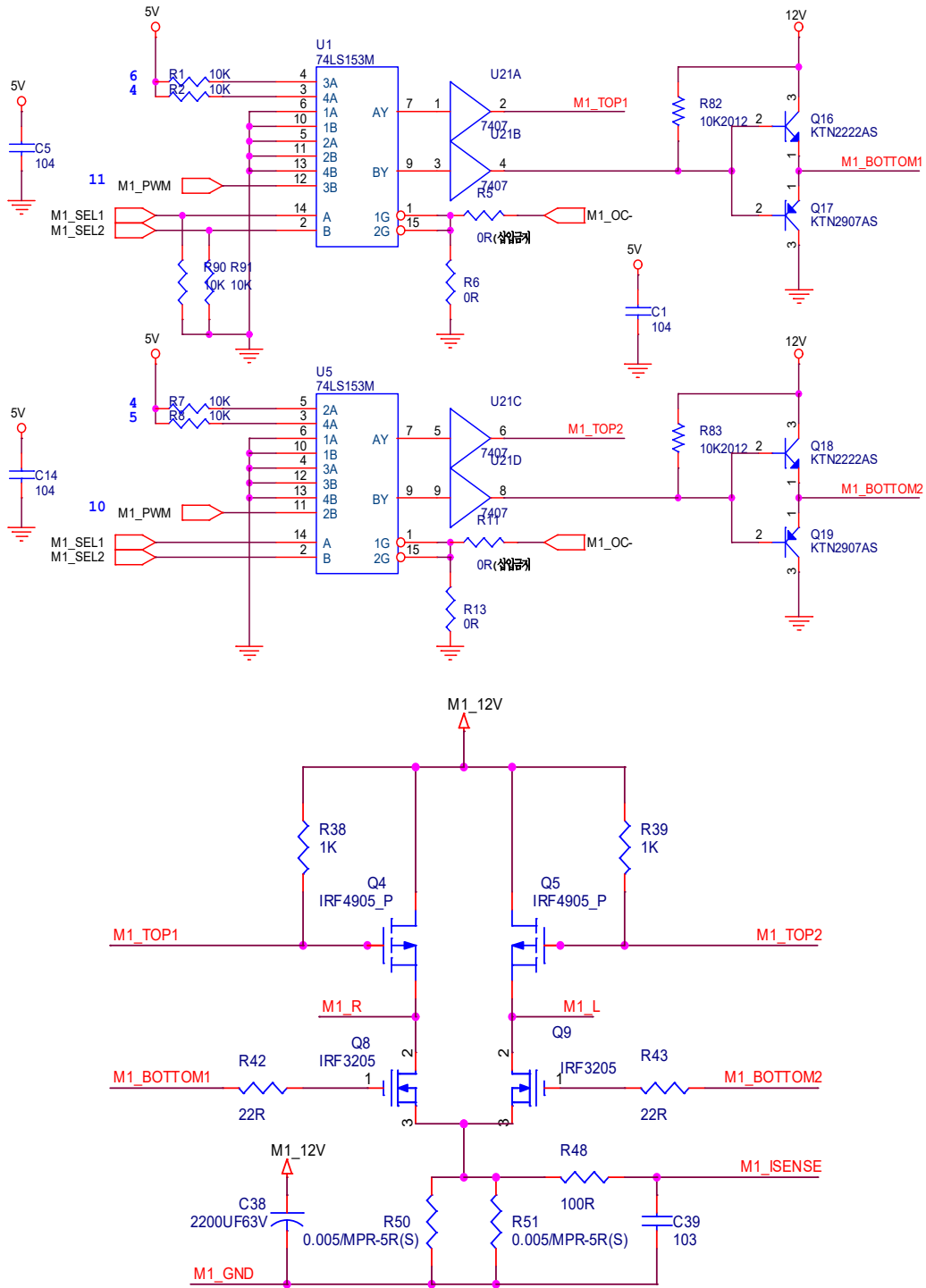
(2) 프로세서 및 주변 회로 설계

- MCU 컨트롤러와 BMS 컨트롤러 간의 통신은 여러 개의 전자제어 장치들을 병렬로 연결하여 각각의 전자제어 장치들 간 원활한 정보교환이 가능하며, 또한 여러 개의 장치를 단 2개의 선으로 제어할 수 있는 장점이 있는 CAN 통신을 이용하였다. CAN의 경우 ISO 1783에서 규정되어 있으며 본 연구에서는 아래 그림과 같이 회로도를 구성하였다. CAN 통신부의 회로도에 사용되는 CAN프로토콜 컨트롤러와 물리계층 버스 사이의 인터페이스는 SMD타입으로 1 Mbaud 이상의 전송속도를 가지는 PCA82C250T를 사용하였다.



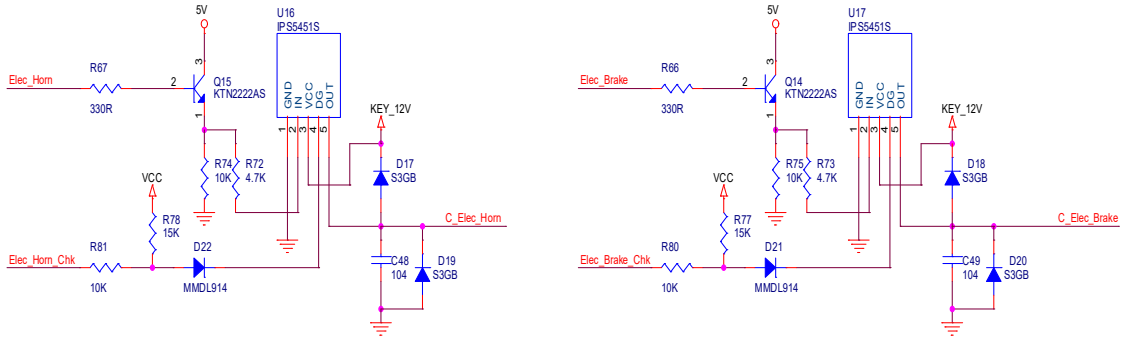
Controller circuit diagram (CAN communication).

- 아래 그림은 MCU 제어에 사용하는 모터 제어용 회도로를 나타내었다. 모터의 제어를 위해서 고속의 4개 입력을 가지는 멀티플렉서(74LS153M, On semiconductor, USA)를 이용하였으며 모터의 제어 신호 출력을 위해 고온에서 고속의 스위칭 작동이 가능한 반도체인 IRF3205, IRF4905_P (International rectifier, USA)를 사용하였으며 IRF3205의 경우 continuous drain current가 20℃에서 110 A, 100℃에서 80 A, IRF4905의 경우 각각 -74, -52 A를 가진다.



Controller circuit diagram (motor control).

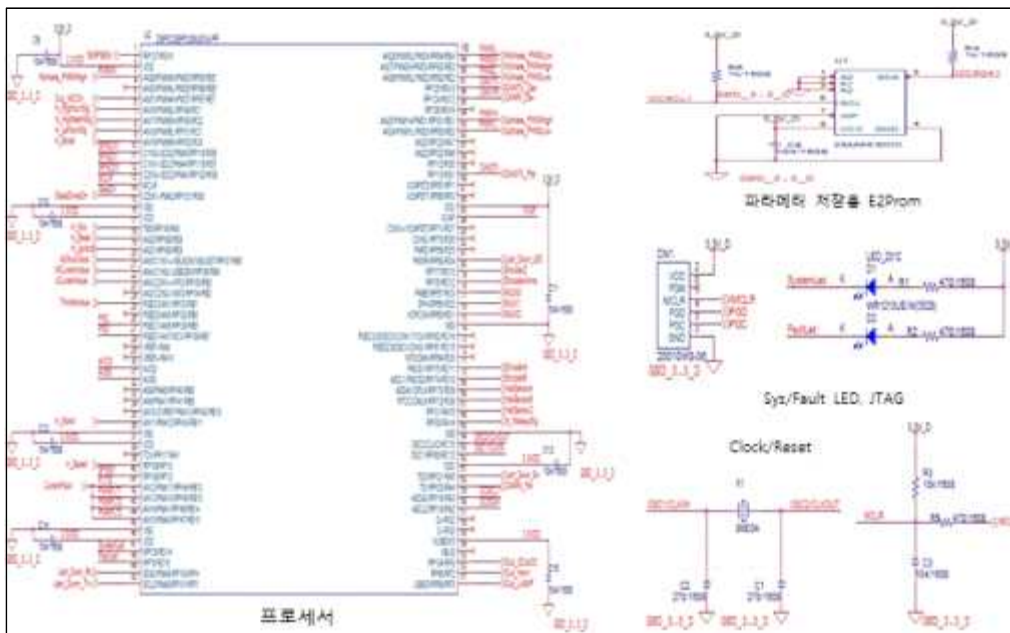
- 아래 그림은 MCU와 BMS를 제어하기 위한 외부 출력 회로도를 나타내었다. 제어의 출력 제어를 위해 IPS5451S (International rectifier, USA)를 사용하였으며 과온도 보호(over temperature protection) 및 과전류 보호(over current protection) 기능을 가진다.



Controller circuit diagram (external output).

○ 아래 그림은 프로세서 및 주변 회로부이며, Microchip社의 DSPIC33EP512MU810을 사용하였고 주요 특징으로는 16 bit Microcontroller로 60Mhz로 동작한다. 또한, 100 pin package로 83개의 범용 IO pin, 2 CAN node, Motor Control을 위한 전용 PWM Channel 등으로 구성되어 있다.

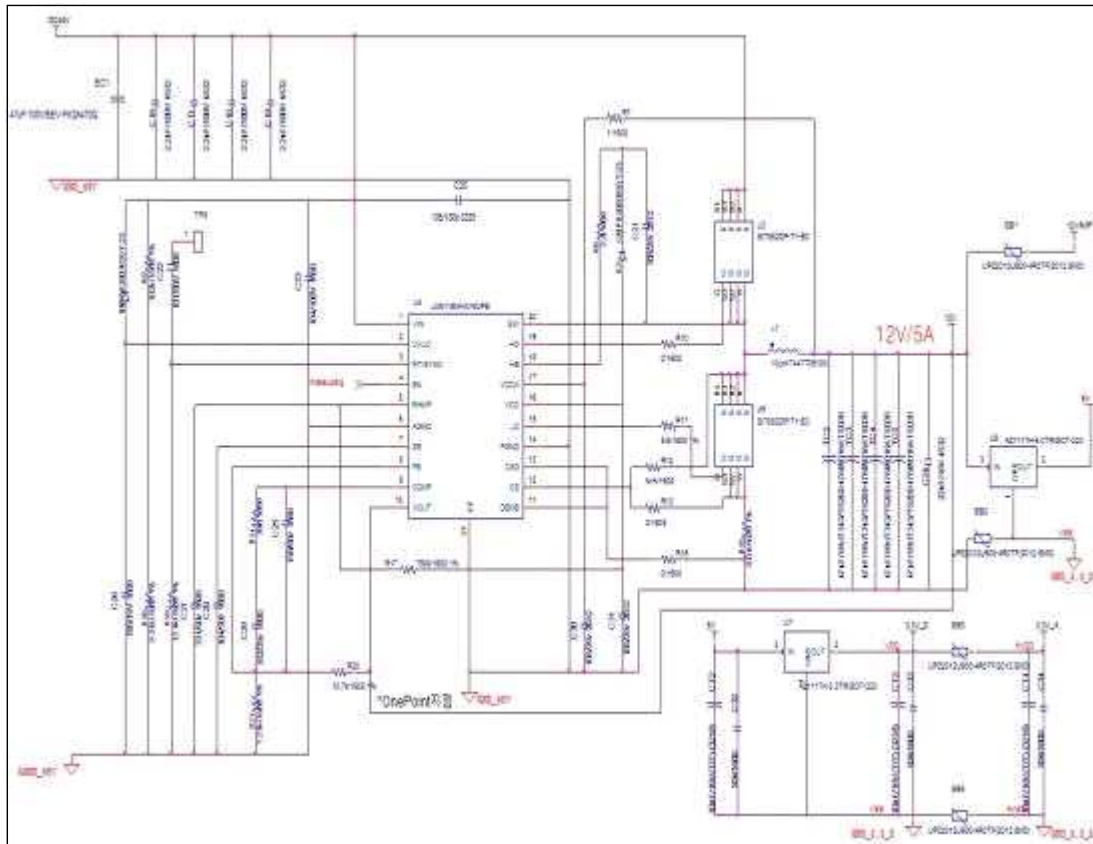
- TEST LED부: 칩 동작 상태를 모니터링 하기 위해 구성
- Fault LED부: 시스템에 Error 발생 시 사용자에게 알림을 위한 LED
- CLOCK부: 외부 크리스탈 8 Mhz로 사용해, 내부 MCU에서 분주해서 60 Mhz로 사용
- JTAG부: 디버깅과 프로그래밍으로 위해 구성
- RESET부: MCU의 리셋을 위해 구성
- 파라미터 저장부: 시스템에서 사용되는 주요 인자들을 저장하는 E2Prom



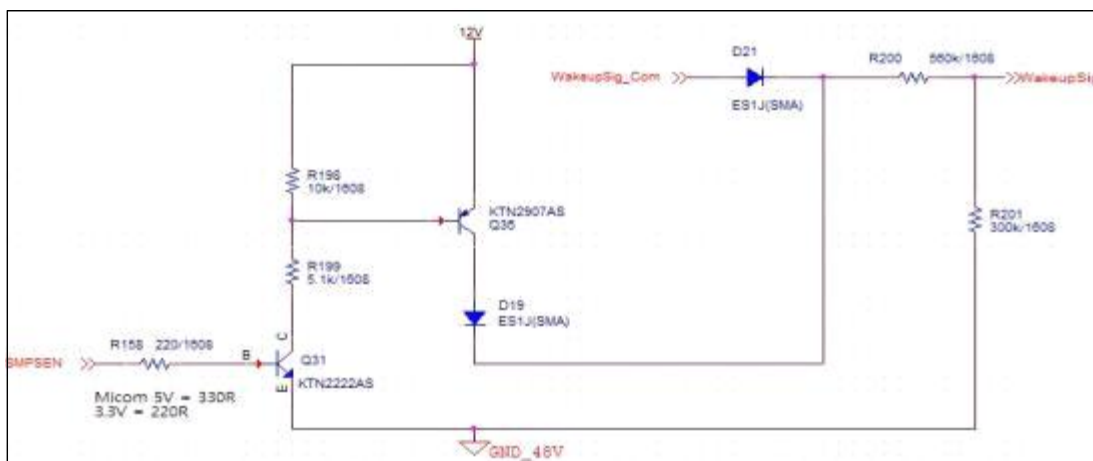
프로세서 및 주변 회로부.

○ 아래 그림은 전원 회로 설계를 나타내며, 전원부 구성은 배터리전압 24V ~ 48V의 전압을 입력 받아서 스위칭 레귤레이터 IC LM5116을 사용하여 내부 12V 전원을 만든다. 12V 전원은 MosFet의 스위칭을 위한 전원용으로 사용되며, 인버터 내부에서 필요한 5V와 3.3 V 전원으로 변환되어 사용된다. 또한 자기유지 회로를 이용하여 사용자가 전기이식기의

시동을 OFF하였더라도 전기 이식기 시스템의 안정된 OFF를 위해 일정 시간 동안의 시스템 유지를 할 수 있게 하였다. 아래 두 번째 그림은 자기 유지 회로를 보인다.

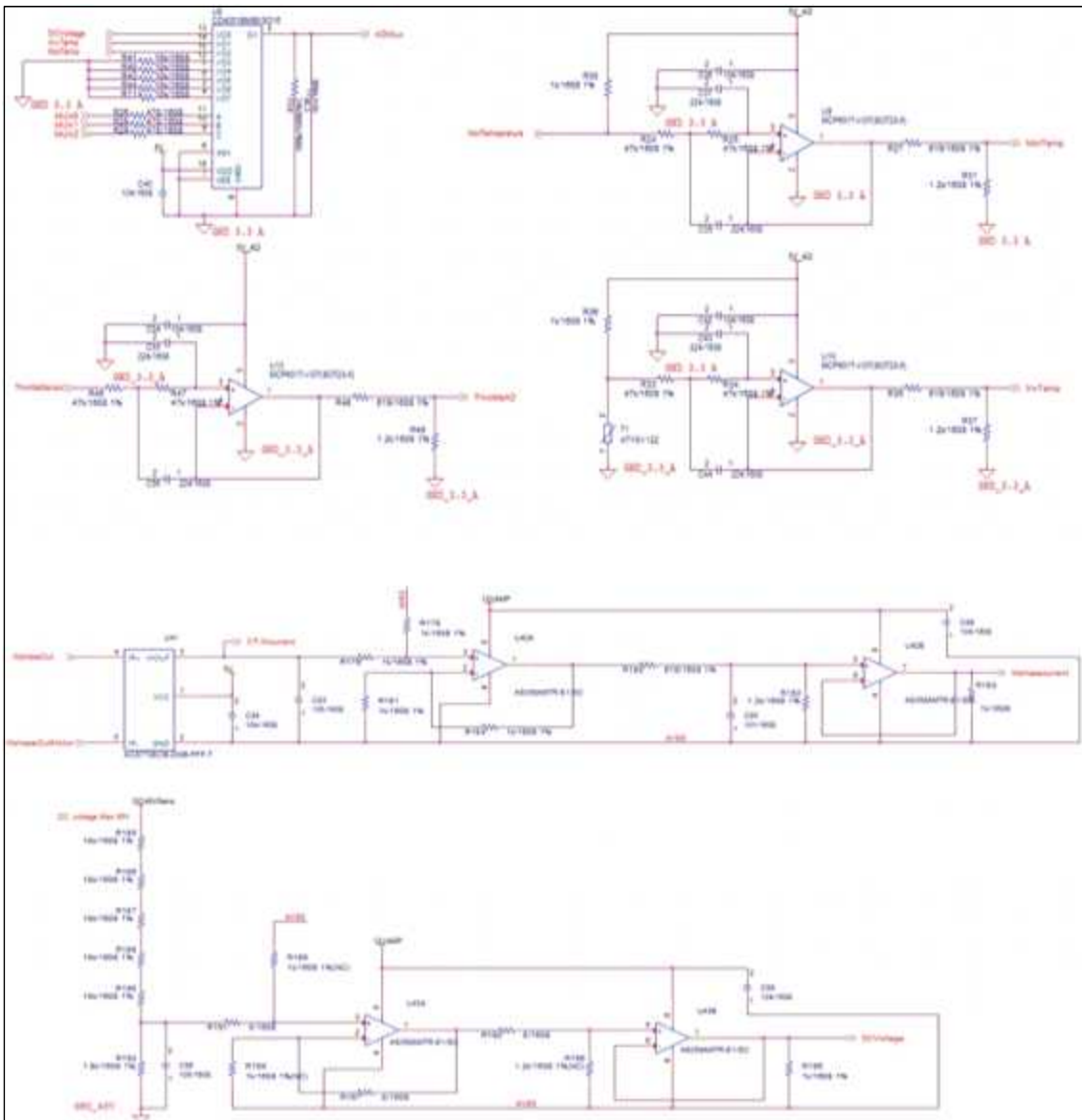


전원 회로부.



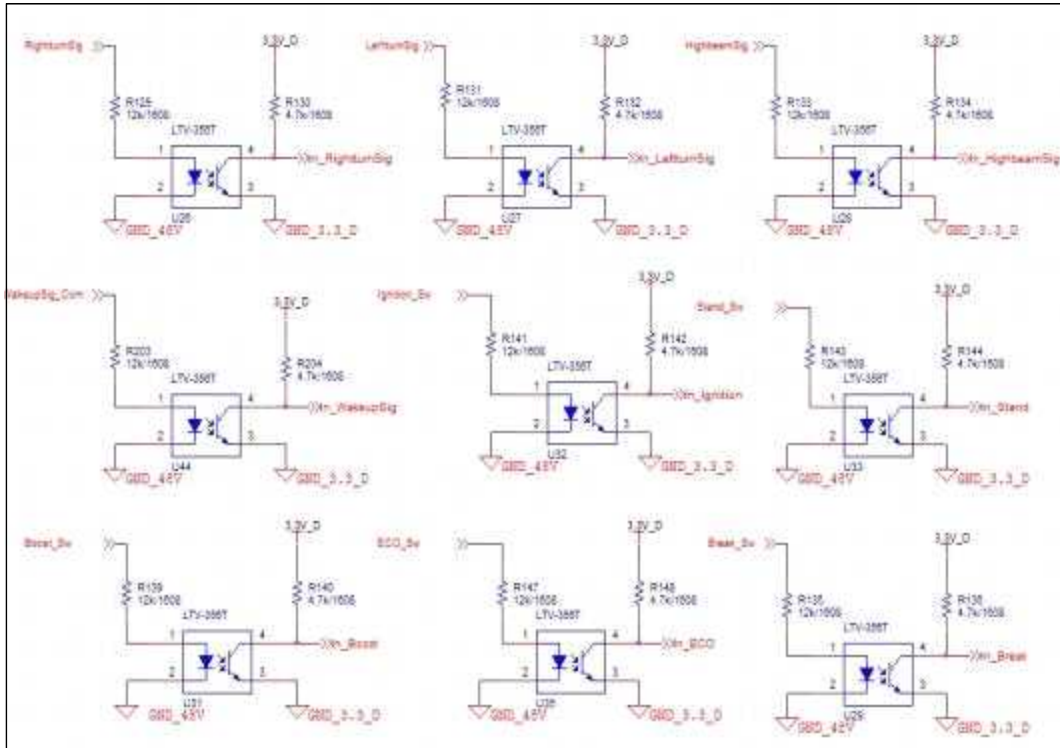
자기유지 회로부.

- 아래 그림은 Analog Sensor 회로 설계이며, Analog Sensor는 크게 DC Link Voltage, 모터의 상에 흐르는 전류, MCU 및 모터의 온도등의 전압을 읽어 전기이륜차의 주행에 사용되게 된다. MCU 및 온도 DC Link 전압의 노이즈를 최소화하기 위해 OPAMP를 사용하여 Low Pass Filter를 적용함으로써 노이즈에 보다 안전하게 동작 할 수 있도록 회로를 구성 하였으며 모터의 각상에 흐르는 전류의 센싱을 위해서는 차동증폭기를 사용하여 모터 구동시 스위칭에 의한 노이즈를 감쇠 할 수 있도록 하였다. 또한 온도와 DC Link 전압은 전기이식기의 동작에 있어 순시적으로 사용되지 않고 시스템의 처리 속도에 있어 부담을 줄이기 위해 MUX를 사용하여 ADC Channel 1개만을 사용하였다.



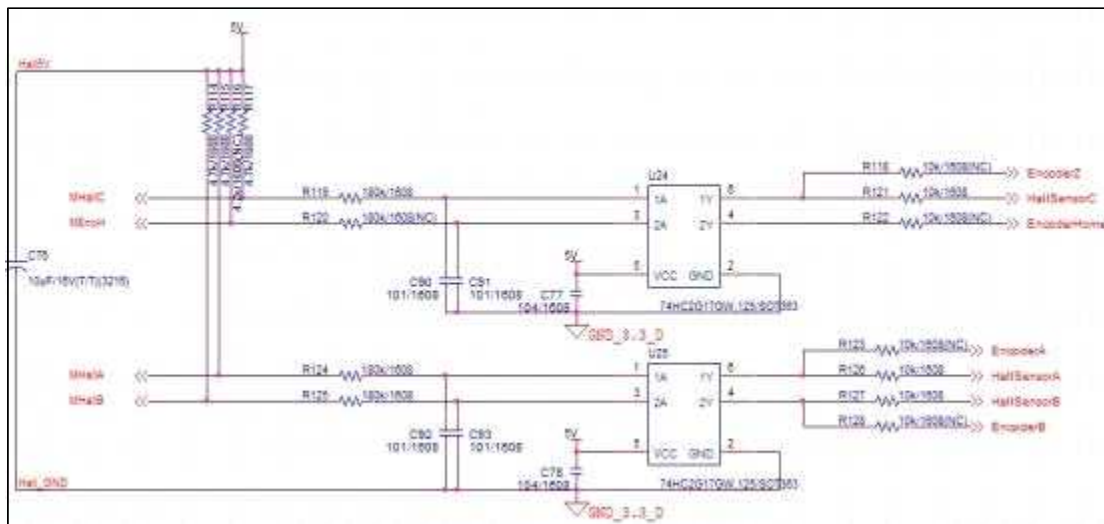
Analog Sensor 회로부.

- 아래 그림은 Digital Input 회로 설계이며, 전기 이식의 각종 스위치들의 입력들을 포토 커플러 LTV-356을 이용하여 입력 받도록 설계하였다.



Digital Input 회로부.

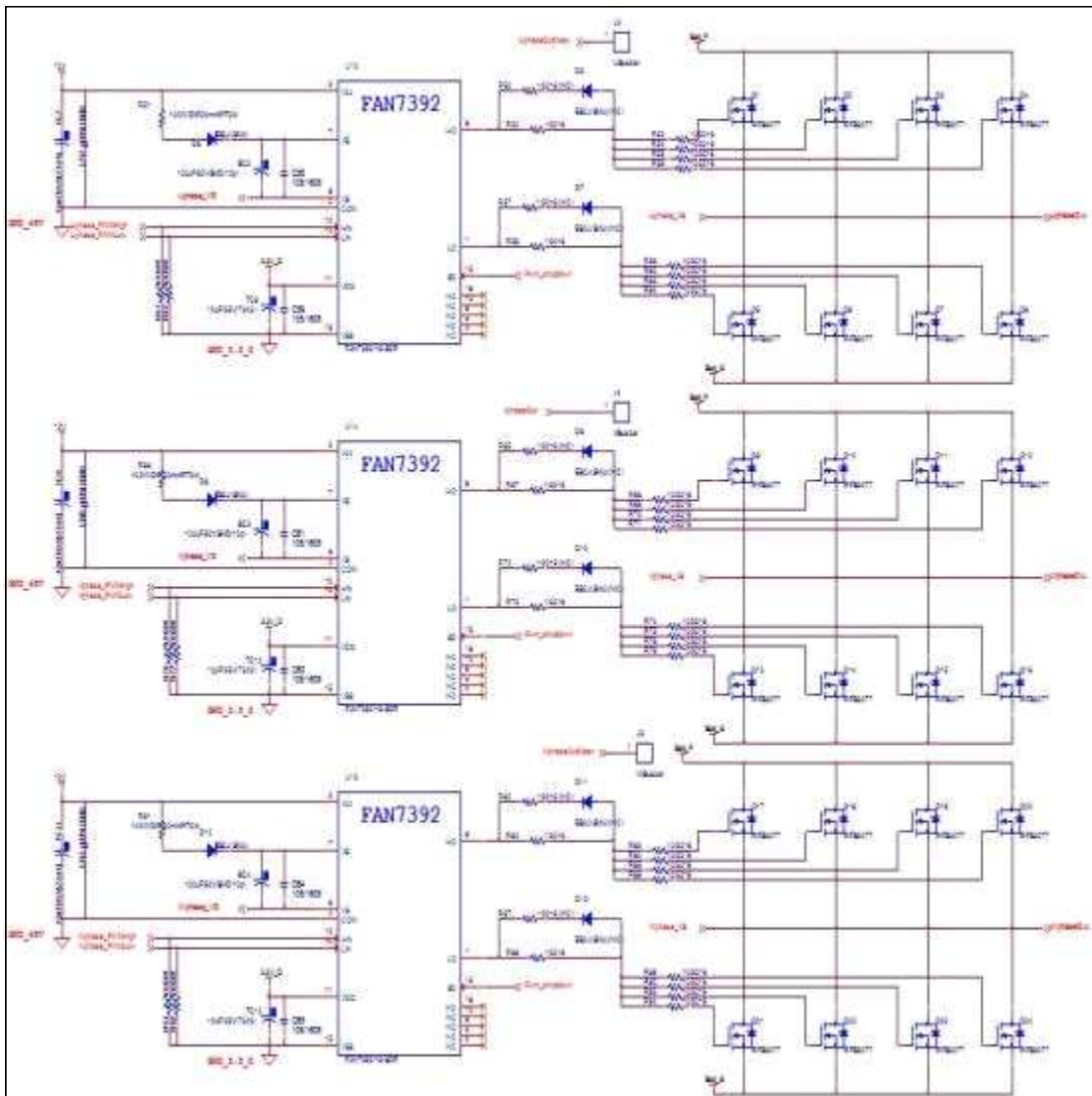
- 아래 그림은 Hall Sensor 신호 입력부 회로 설계이며, Hall Sensor 입력은 모터의 회전자 위치를 판별하기 위해서 사용된다.



Hall Sensor 신호 입력부.

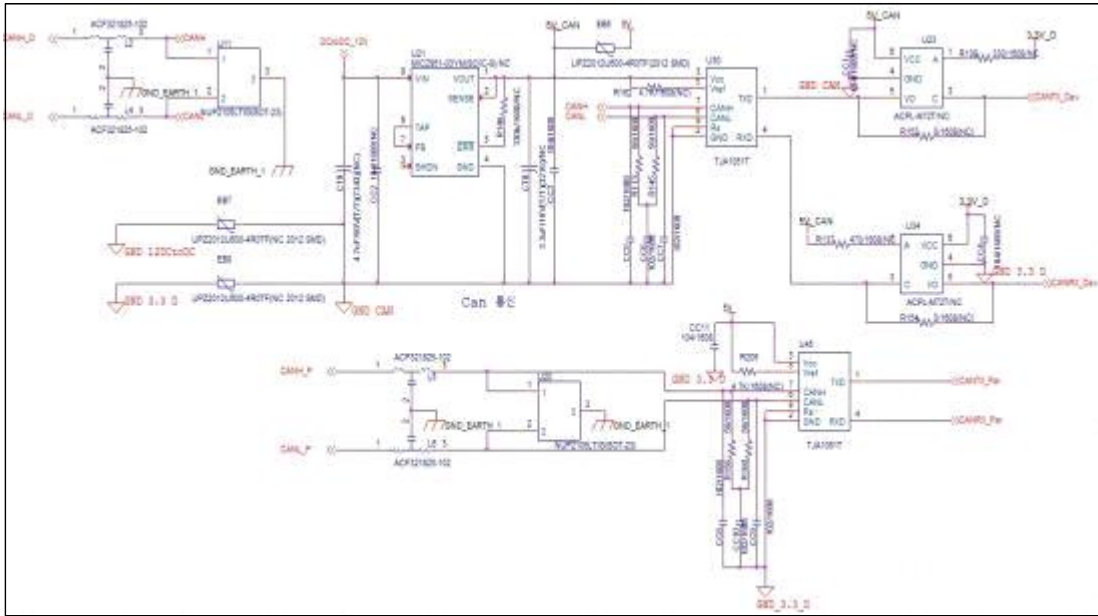
- 아래 그림은 MosFet 스위칭을 위한 Gate Drive 회로 설계이며, Gate Drive IC는 페어차일드社의 FAN7392를 사용하였으며 BootStrap 방식의 IC 소자 이다. BootStrap 방식은 MosFet Gate를 제어하기 위한 회로로써 일반적으로 3상 인버터 게이트 드라이버에 사용되는 구동 전원은 상위 3개는 개별전원을 사용하고 하위 3개는 한 개의 공통전원을 사용

하여 4개의 전원을 사용하고 있다. 하지만 이런 방식은 4개의 분리된 전원을 사용함으로써 비용 및 제품의 크기가 커지는 단점이 있다. 이 단점을 보완하여 1개의 게이트 드라이버 구동용 전원을 사용하는 방식이 Bootstrap 하드웨어 방식이다. Bootstrap 구동 방식을 사용하기 위해선 소프트웨어 적으로 차지펌프 구간을 생성해줘야 하는데 이는 인버터 구동 전에 하위 3개의 상을 도통시켜 Charger 캐패시터 충전되게 되며 하위 3개의 상이 오픈되더라도 Charger 캐패시터는 개별된 전압원으로 사용하게 된다. 여기서 다이오드는 차지 캐패시터가 충전할 경우만 도통이 되고 게이트 드라이버 전압원으로 쓰일 경우 다른 회로와 분리시키는 역할을 하게 된다.



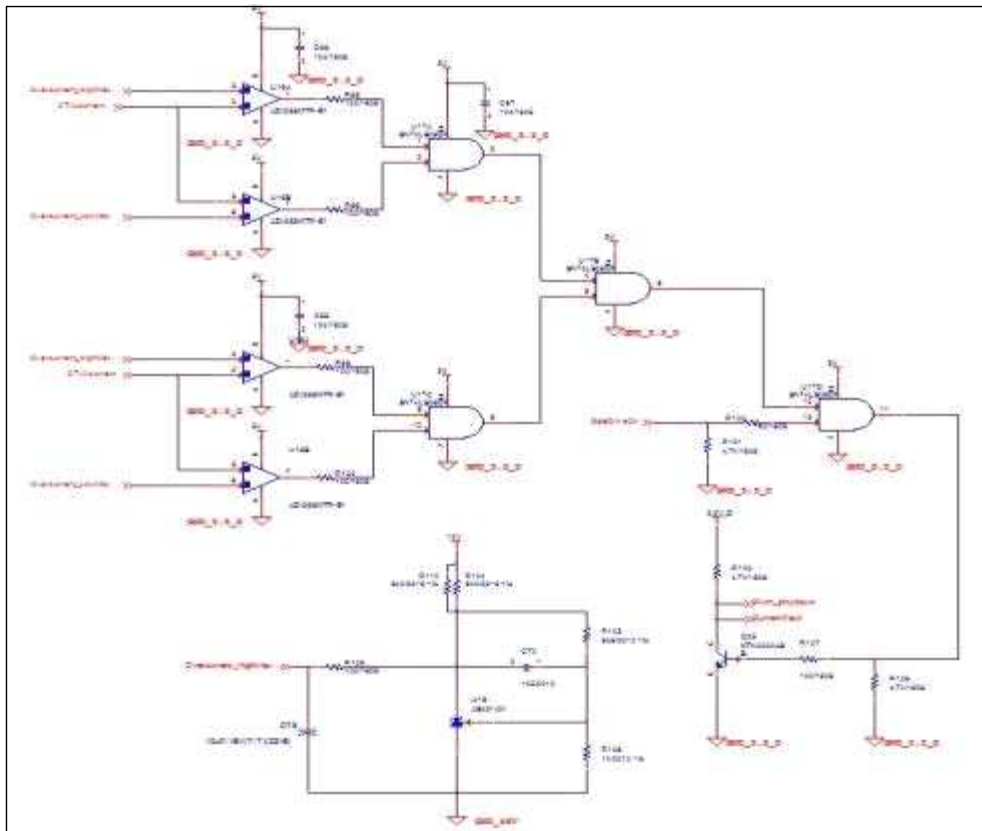
Gate Drive 및 스위칭을 위한 파워부.

- 아래 그림은 CAN 통신 회로 설계이며, CAN 통신은 차량의 기타 장치들과의 통신과 MCU에서 필요한 정보들을 Down Load하기 위해 2개의 통신 Line으로 나누어 설계 하였다.



CAN 통신 회로부.

- 아래 그림은 High Current Detect 회로 설계이며, High Current Detect 회로는 모터의 U/W상에 흐르는 전류를 감시하여 기 설정된 전류보다 높은 전류가 상에 흐를 때 이를 검출하여 모터 구동을 일시 정지하여 MCU의 파워 소자 및 일부 장치들을 안전을 위해 사용하지 않게 된다. 현재 기 설정된 전류의 크기는 200A(Peak) 로 설정하였다.

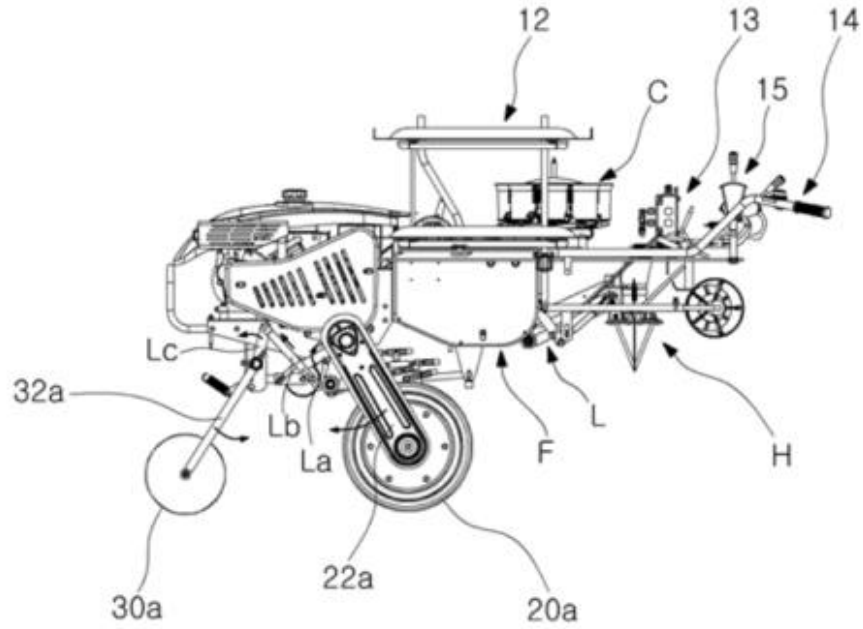


High Current Detect 회로부.

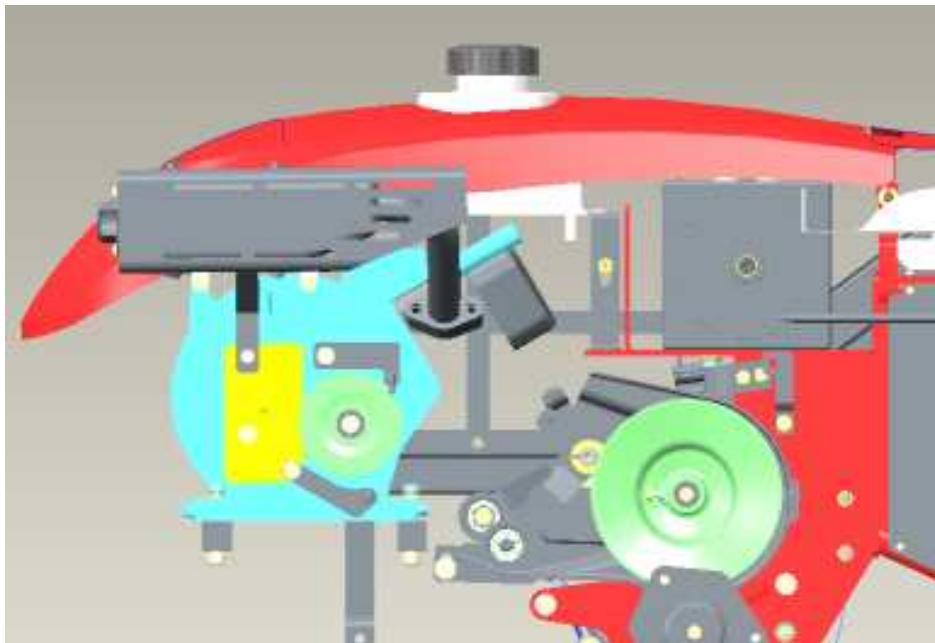
제 2절 전기 이식기 개발

1. 1차 시제품 개발 및 제작

가. 1차 시제품 부품 배치 검토



기존 엔진 구동 이식기 측면.

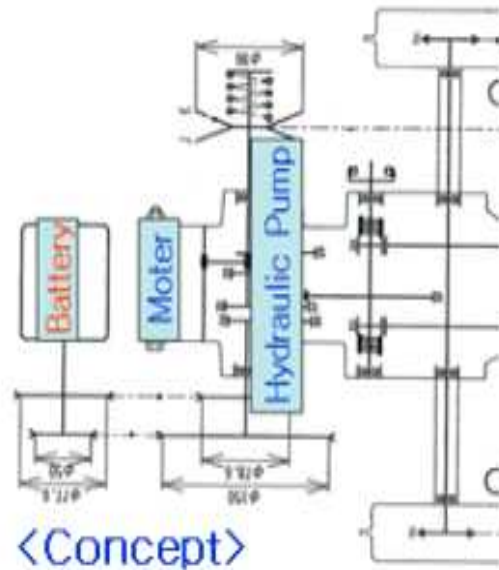


기존 엔진 구동 이식기의 엔진 및 연료 공급부.

- 최종 결정된 1안의 레이아웃을 기초로 기존의 주행미션과 식부미션을 그대로 이용하면서 엔진 및 배터리를 배치하는 방향으로 진행하였다. 1차 시작품은 동력원만 전기모터로 교체하면서 주요 부분에 대한 부하를 측정해야 하므로 기존 구조를 최대한 변경하지 않도록 하였다. 또한 배터리의 크기가 큰 관계로 기존 유압펌프는 기대 전방으로 이동하여 다른 부품들과의 간섭을 최소화 하였고, 드라이버 및 전기장치가 외부에 노출되어 물이나 기타 이물질 유입되는 것을 방지 할 수 있는 방안으로 배치를 검토하였다.

□ 기본 Concept

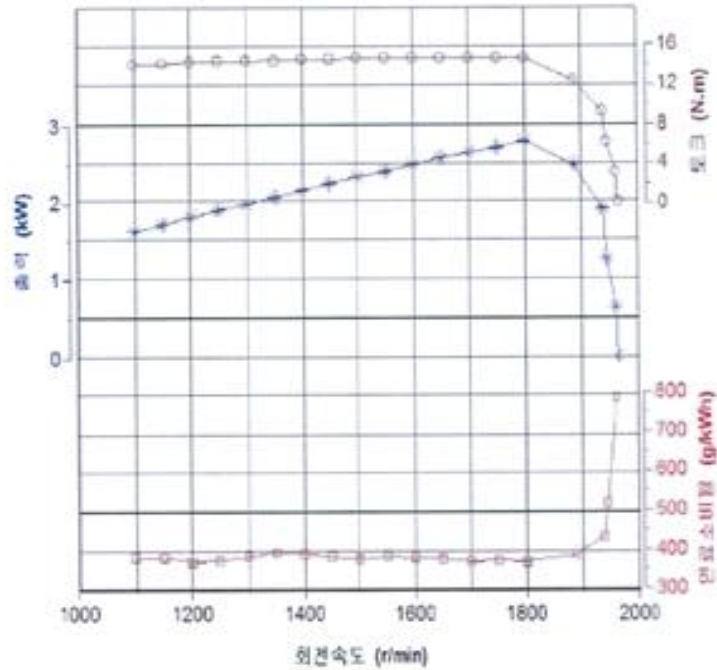
- 배터리 전방 배치
- 가솔린 엔진을 배터리와 모터로 대체
- 핸들부에 컨트롤러 배치



기본 레이아웃에 기초한 부품 배치 검토.

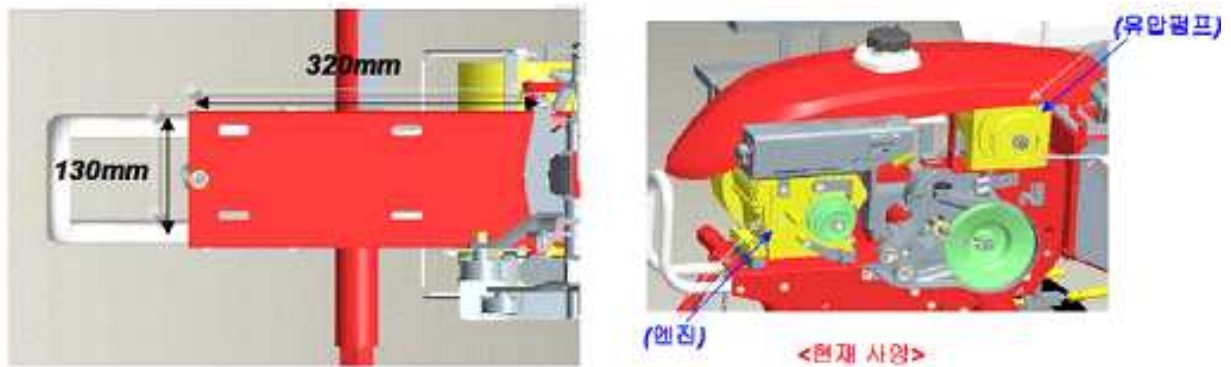
나. 장착부 및 외장 구조 분석을 통한 개선점 도출을 통한 전기구동 이식기 상세설계
 (1) 전기 구동 이식기 주요 부품 선정

전부하상능시험곡선



모터 선정을 위한 가솔린 엔진의 성능 곡선.

○ 전기구동에 적합한 모터의 선정을 위해 협동기관인 네스트아이엔씨에 기존 이식기의 가솔린 엔진 성능 곡선과 주요 배치 치수 제공하여 1차 시작품 제작하였다.



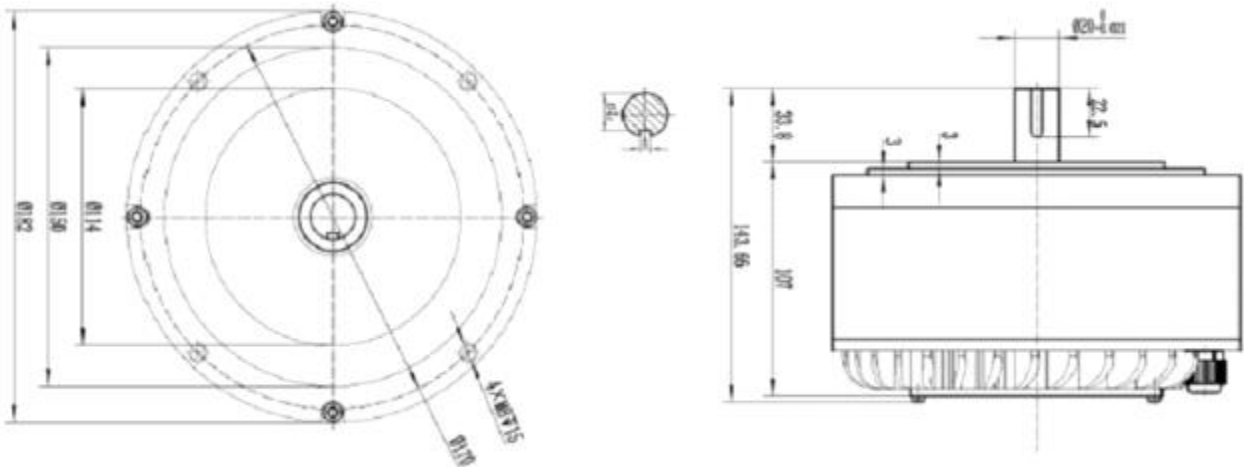
모터 및 배터리 크기 설계 참조, 주요부품 구성.

○ 기존 이식기의 엔진, 펌프 연료 탱크 등 각 부품에 대한 위치 및 성능에 대한 자료를 제공 하였으며, 모터 장착 시 필요한 치수 및 위치에 대한 자료 역시 제공하였다. 또한 전기 장치가 외부에 노출되지 않도록 전체적인 레이아웃을 선정하였다. 위에서 제시된 여러 조건에 맞게 협력기관인 네스트아이엔씨에서는 제공된 엔진 성능에 알맞은 모터를 선정 하였으며, 모터 사양은 아래 표와 같다.

선정된 모터 주요 사양

전압	48V
정격 출력	2 ~ 3 kW
최대 출력	6 kW
속도	3000 ~ 5000 rpm
정격 토크	10 Nm
최대 토크	25 Nm
효율	90% 이상
무게	8 kg
냉각 방식	공냉
Dimensions	도면 참고

○ 기존 가솔린 엔진 성능에 알맞은 모터 사양 선정은 다음 그림과 같다.

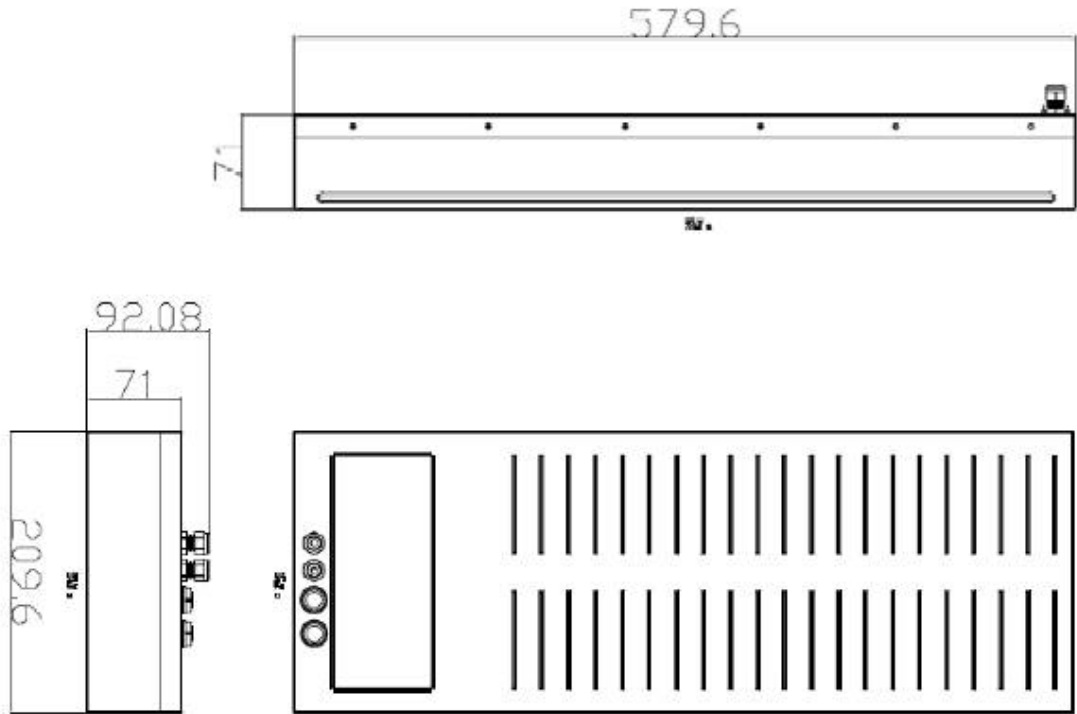


선정된 모터의 주요 크기 및 주요 치수.

○ 배터리는 가솔린 엔진 출력에 상응하는 배터리 출력에 배터리가 완전 방전 할 때 까지 사용하지 않는다고 가정하고(30%여유), 정격 800 ~ 900rpm으로 2시간 연속 작업이 가능한 용량으로 네스트아이엔씨에서 선정하였으며, 크기는 선정된 레이아웃의 범위를 넘지 않게 하였고, 모터 사양은 다음 표 2-2와 같다.

선정된 1차 시작품의 배터리 사양

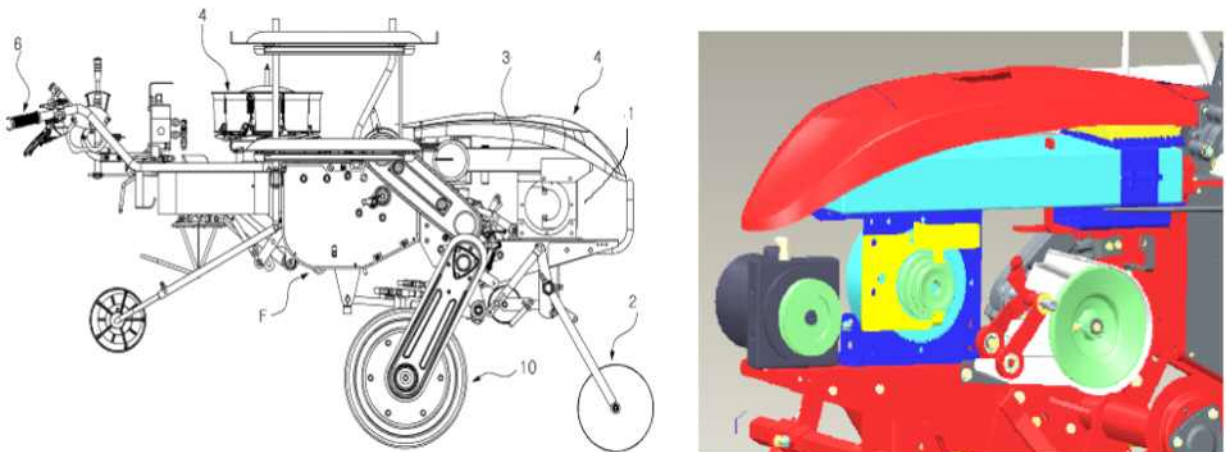
Items	Pack spec.
Nominal Capacity	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2.04 kWh (51.1 V/39.9 Ah)
Nominal Voltage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 51.1 V (3.65 V/Cell)
Charging Method	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CC-CV (CC: 20 A, CV:57.4 V), 0.5 C, 4.10 V/Cell
Full Charging Limit Current	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CV Cut-off (0.05 C)
Charge Cut-off Voltage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 57.4 V (4.1 V/Cell)
Discharge Permitted Limit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Normal current: 40A (Continuous) ▪ Max current: 80A (180 Second) ▪ Pulse current: 120A (10 Second)
Discharge Cut-off Voltage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 42 V (UVP protection : 3.0V/cell)
Operation Temperature	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Charge: 0 to 45°C ▪ Discharge: -20 to 60°C
Over Temperature Protection	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discharge Over Temperature Protection: -20°C ↓, 60°C ↑ ▪ Discharge Over Temperature Protection Release: -15°C ↑, 55°C ↓ ▪ Charge Over Temperature Protection: 0°C ↓, 40°C ↑ ▪ Charge Over Temperature Protection Release: 1°C ↑, 35°C ↓
Storage Temperature	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 year: -20 ~ 25°C ▪ 3 months: -20 ~ 45°C ▪ month: -20 ~ 60°C



선정된 배터리 외형 크기.

(2) 선정 부품의 배치 검토

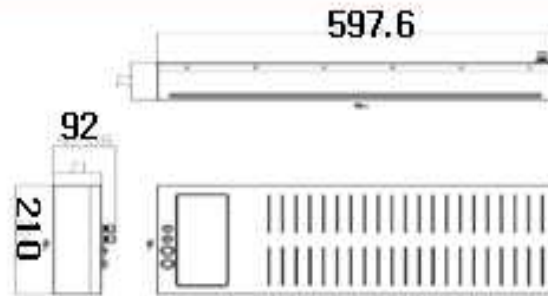
- 앞서 선정된 모터와 배터리 등 주요 부품을 재배치하였고, 드라이버와 배터리를 본넷 아래에 배치하였으며 그로 인해 기존의 유압 펌프는 기대 전방으로 이동하였다. 모터는 기존의 엔진 폴리 및 벨트를 그대로 사용해야 하므로 주행 미션과의 축간 거리를 그대로 유지하면서 벨트 변속이 적절히 될 수 있는 위치로 재배치하였으며, 핸들 프레임과 모터 고정프레임 윗면의 양측에 고정판을 설치하여 배터리가 앞뒤로 완전히 고정될 수 있게 프레임을 재구성하였다.



1차 시작품의 주요 부품 재배치.

□ 개선 부분

- 배터리를 구동 모터 상부로 위치 변경
(선정 배터리는 전장이 길어 Concept 위치 배치 안됨)
- 유압 펌프 위치 변경(전방 배치)



<선정된 배터리>



배터리 고정
위치

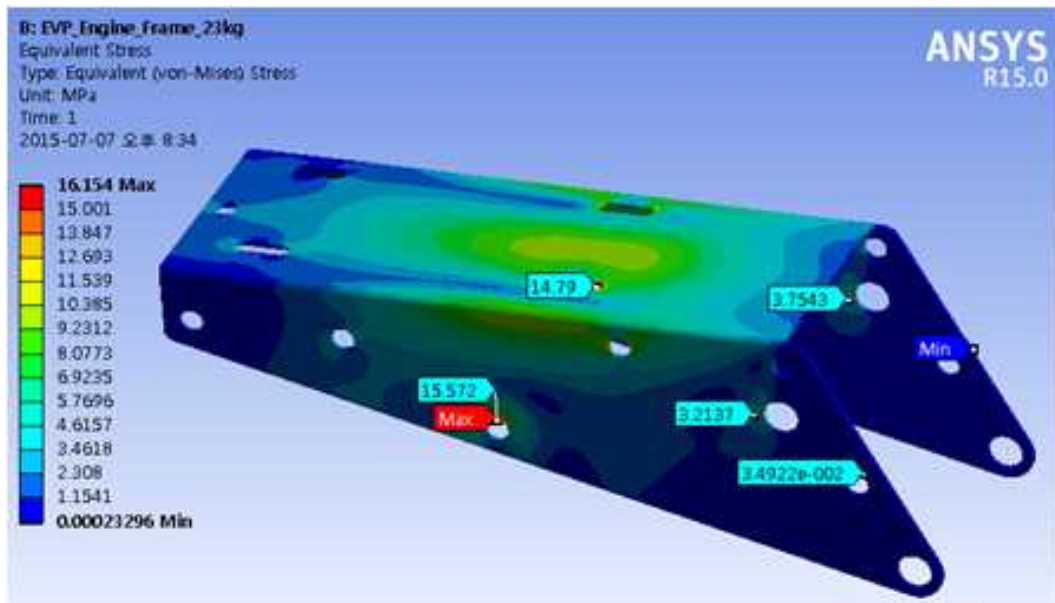


개선 방안에 의한 부품 재배치.

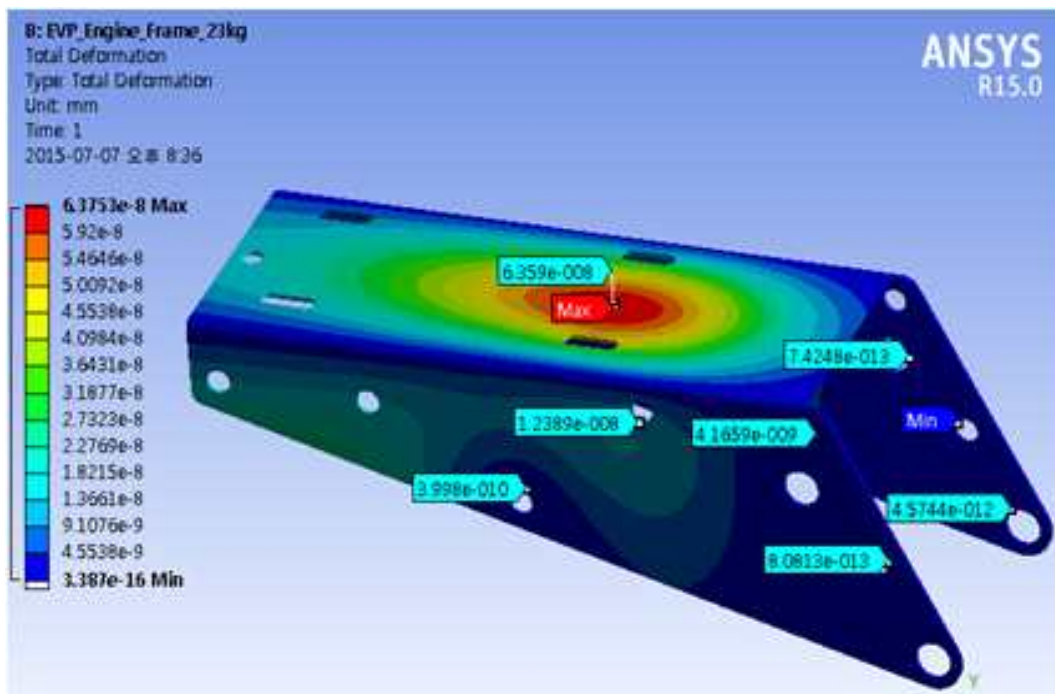
(3) 주요 부품 강도 정적 해석(CAE)

- 주요 부품 재배치와 동력계 변경으로 발생하는 중량 변화의 영향이 엔진 프레임 볼트 고정부에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 미션과의 장착부분에 대한 부품 강도 해석을 ANSYS S/W를 이용하여 실시하였다. 엔진 프레임은 고정된 상태이며 전기 구동 시스템 장

작 조건에 대해서 정적 해석을 진행하였다. 해석 결과, 엔진 프레임의 강도 해석 결과 충분한 강도를 가지는 것으로 나타났다. 엔진 프레임의 응력 분포는 0.0002 ~ 16.15 MPa로 나타났으며, 변형량은 최대 6.38×10^{-8} mm가 프레임 상당 중앙 부분에서 발생하였다. 이는 동력계 변경에 따른 엔진 프레임의 응력과 변형량이 매우 미소하게 나타난 것을 알 수 있다.



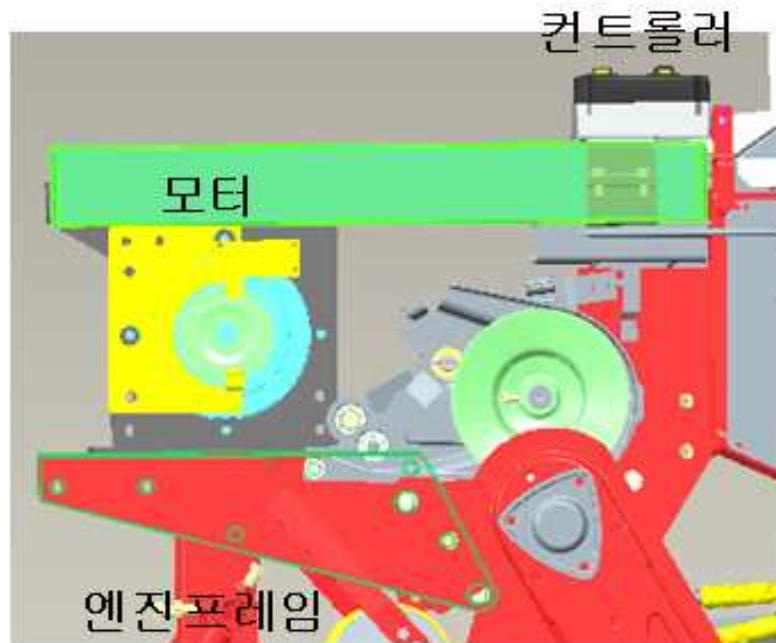
엔진 프레임 강도 해석 결과(ANSYS).



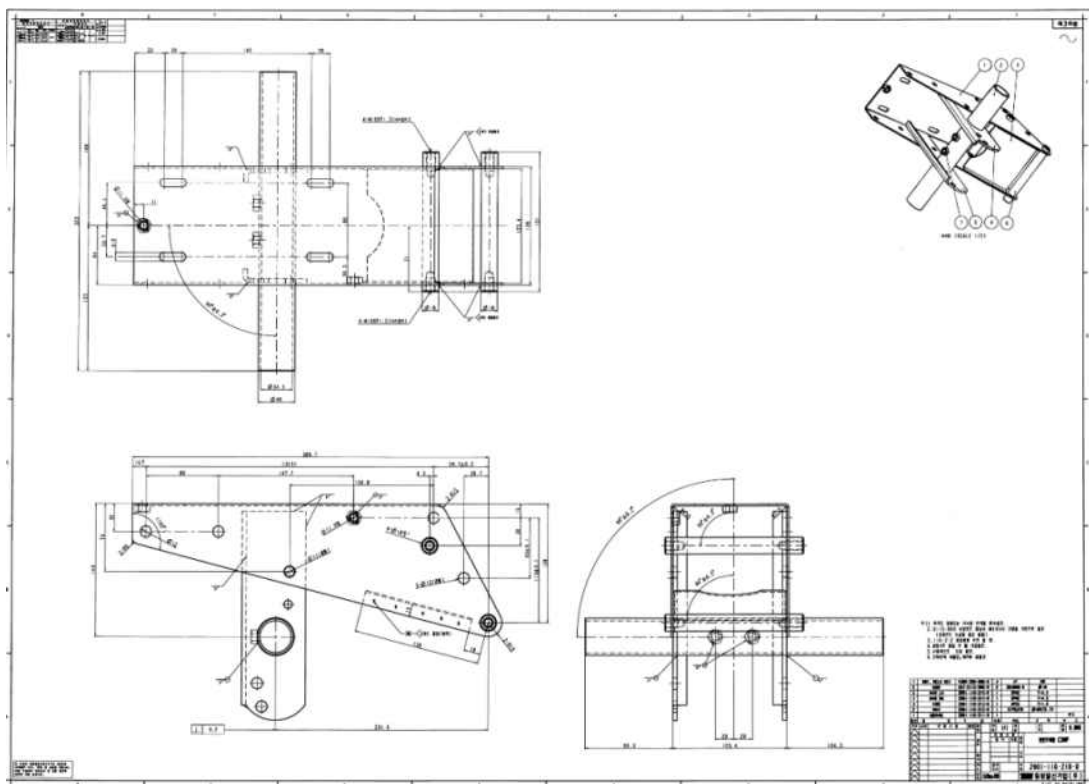
엔진 프레임 변형량 해석 결과(ANSYS).

(4) 장착부 부품 상세 설계

○ 변경 부품의 상세 설계는 3D CAD S/W인 Pro/Engineer로 수행하였고 내용은 다음 그림과 같다.

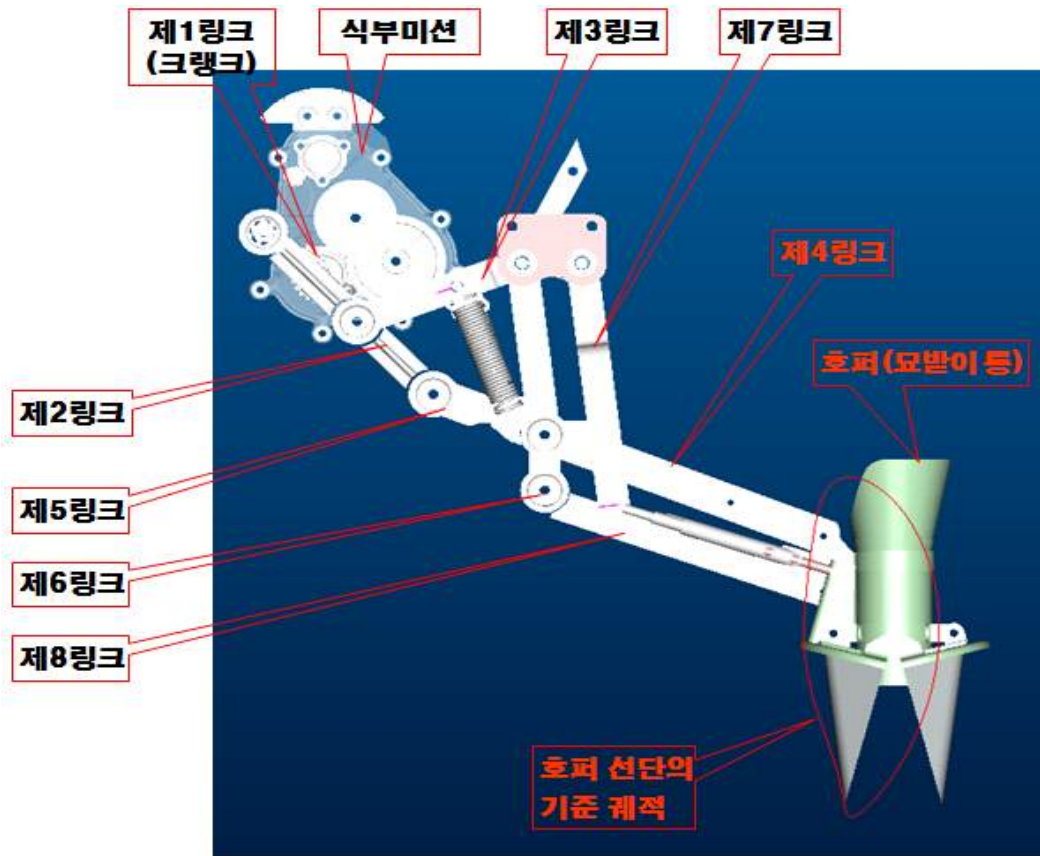


엔진 프레임의 설계와 배치.



전기구동 이식기 부품 도면의 예.

(5) 전기구동 이식기 이식 기구 해석



이식 기구의 궤적 분석.

- 현재 생산되고 있는 이식기의 식부 궤적의 분석을 통해 2차 시작품의 모터에 의한 이식 기구의 동작에 필요한 데이터를 확보하였다.



전기 구동 이식기 1차 시작품.

다. 전기구동 이식기 시작품 제작

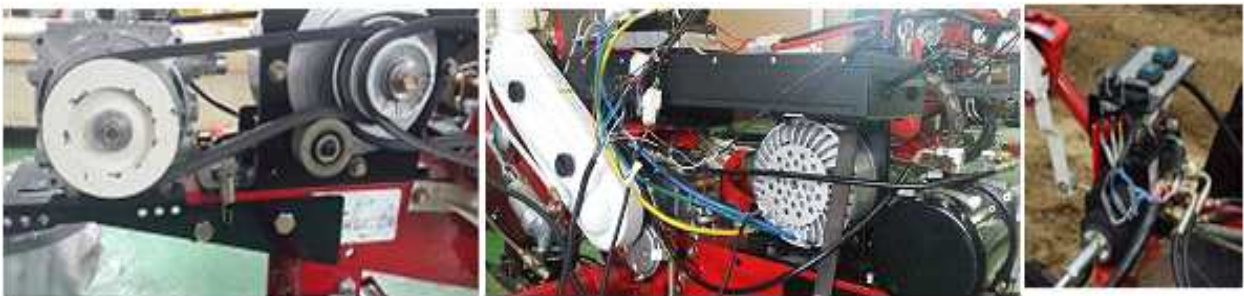
(1) 전기구동 이식기 부품 제작



1차 시작품의 부품 및 용접 지그.

- 선정된 주요 부품을 바탕으로 각 부분에 대한 상세 설계를 실시하여 부품을 제작, 각 프레임류는 치수 관리를 위해 별도의 간이 지그를 제작하여 용접하였다. 유압펌프는 배터리와 간섭으로 위치를 기대 전방으로 재배치하였고, 벨트의 구동을 원활히 하기 위해 텐션 롤러를 추가 장착 하였으며, 각 부품의 간섭을 최소화하였다. 전기장치의 컨트롤러는 운전석(기대 후방)으로 위치하였으며, 유압작동부와 같이 집중 배치하여 조작의 편리성을 증대 시키고자 하였다.

(2) 전기구동 이식기 시작품 조립



1차 시작품 조립 및 주요 부품 배치.

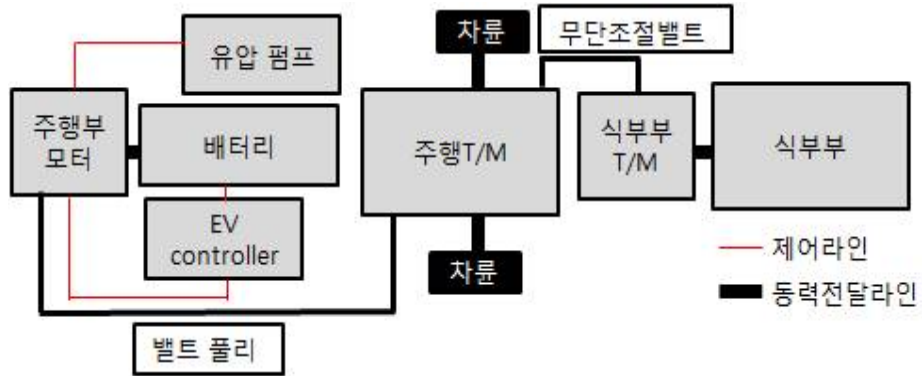
2. 2차 시작품 개발 및 제작

가. 전기구동 이식기 핵심부품 장착 및 외장 부품 개발

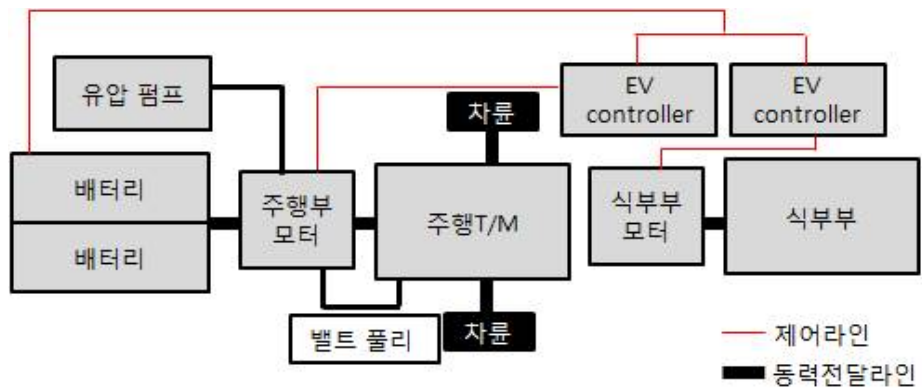
(1) 전기 구동형 이식기 2차 시작품 계통도

- 기존 선진국에서 연구 및 개발 중에 있는 전기구동 농기계는 엔진을 단순히 모터로 변경하였으나, 본 연구과제에서는 기존 엔진을 모터로 대체할 뿐만 아니라 식부 장치까지 모터로 제어하여 농업기계의 작업부 제어 가능성을 확인하고 이를 통해 상용화할 계획이다. 이를 위해 본 과제의 전기 구동형 2차 시작품은 기존 1차 시작품과 비교해서 배터리, EV controller, 모터를 기존 1개에서 주행부와 이식부 각각 1개씩 추가하였으며, 이로 인해 식부미션과 주간거리 조절을 위한 무단 조절 벨트는 제거하였다. 동력 전달의 경우 1차 시작품은 전방에 장착한 하나의 모터를 통해 벨트 풀리, 주행미션, 무단 변속

벨트, 식부미션을 순차적으로 거쳐 동력이 전달되는 구조였다. 2차 기작기의 경우 주행부와 식부부에 각각 설치된 모터를 통해 주행부에서 식부부를 거치지 않고 구동되는 구조이다. 전기 구동형 이식기의 2차 시작품의 동력 전달 계통도는 아래 그림과 같다.



1차 시작품.

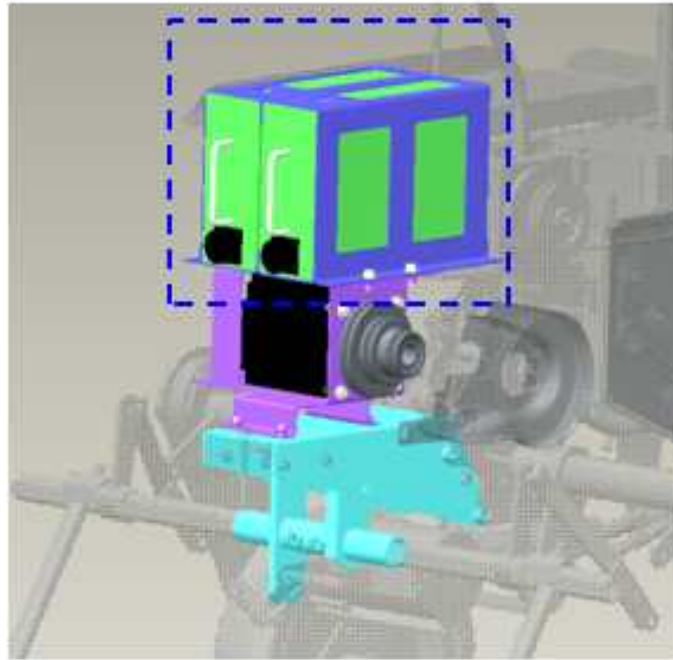


2차 시작품.

전기 구동형 2차 시작품 동력 전달 계통도.

- 1차 시작품에 사용된 배터리는 전장의 길이가 580 mm로 양산중인 이식기에서의 배치가 까다로워 2차 시작품에서는 배터리 전장 길이가 350 mm로 1차 시작품의 배터리 비해 전장의 길이가 230 mm 짧은 배터리를 적용했다. 배터리의 크기가 작아졌기 때문에 용량 또한 기존 2.0 kW에서 1.45 kW 작아졌다. 그렇기 때문에 2차 시작품에서는 배터리 2개를 병렬로 배치하여 전체 배터리 용량은 2.9 kW이며, 1차 시작품에 비해서 배터리 용량이 0.9 kW 증가하였다. 전기구동형 이식기의 2차 시작품 배터리 배치와 사양은 각각 아래 그림, 표와 같다.

배터리

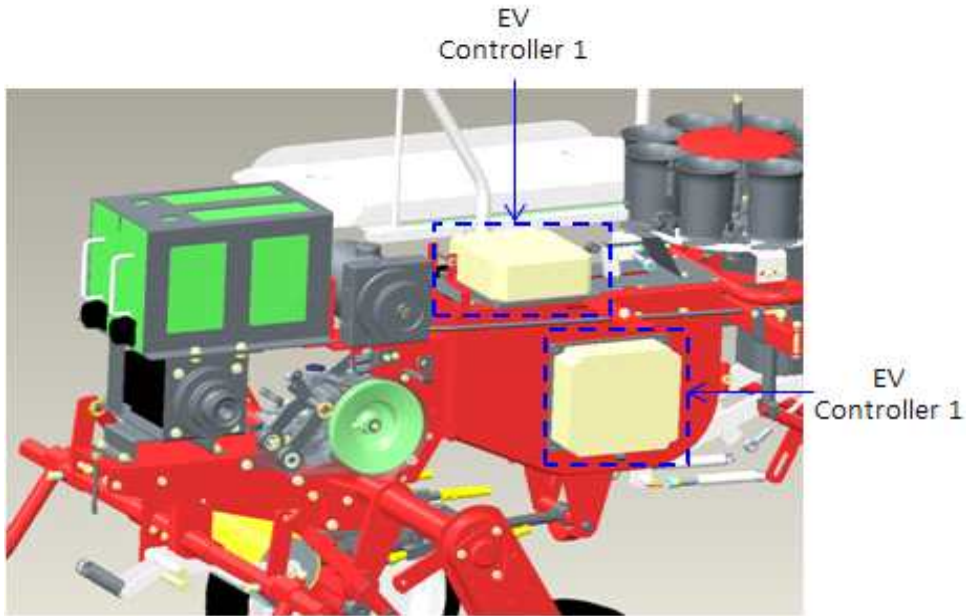


배터리 배치도.

시작품 배터리 사양

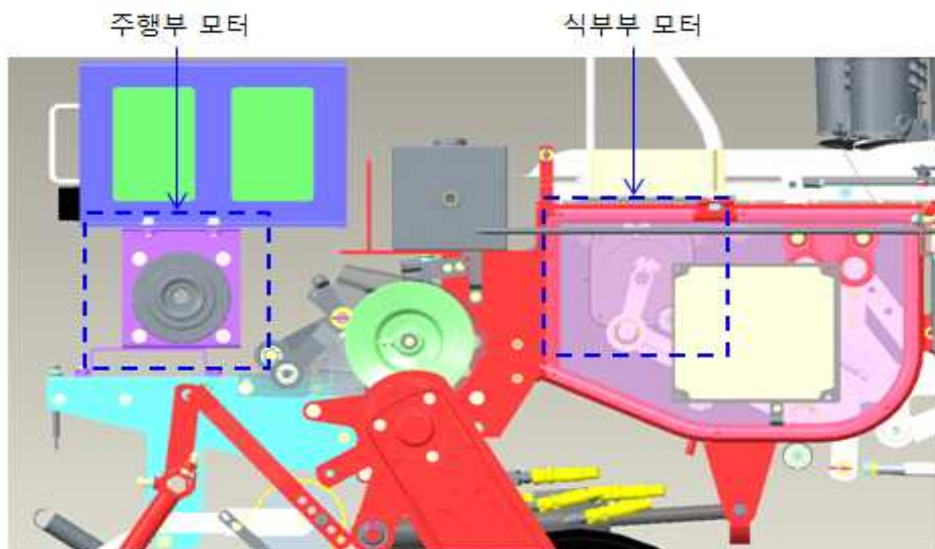
항목	1차 시작품	2차 시작품
전압 [V]	48	48
전류용량 [A]	40	40
용량 [kW]	2 (1개)	2.9 (2개)
전장 길이 [mm]	580	350

- EV controller의 경우 1차 시작품에서는 전방에 장착한 하나의 모터를 제어하기 위해서 EV controller도 하나만 장착하였지만, 2차 시작품에서는 전기 구동형 이식기의 특성에 맞게 식부미션을 제거하고 주행부와 식부부에 각각 모터를 설치하여 각각의 EV controller가 모터를 제어 할 수 있도록 EV controller를 2개 장착하였다. 이는 1차 이식기가 무단 조절 벨트로 주간거리를 조절하는 방식이었지만, 2차 시작품에서는 식부 미션을 제거함에 따라서 주행 미션을 거치지 않고 EV controller를 이용하여 주간 거리를 조절하기 때문이다. EV controller의 배치는 아래 그림과 같다.



EV controller 배치도.

- 모터는 1차 시작품에서는 이식 작업 시 소요되는 소요 동력에 관한 데이터가 없었기 때문에 기존 보행형 이식기의 엔진 용량과 비슷한 수준으로 모터를 선정하였다. 또한 주행부와 식부부에서 소요되는 동력을 확인 하지 못하여 기존 엔진 자리에 모터만 장착하여 동력 전달이 주행부와 식부부가 일체형 방식이었다. 그러나 필드 시험 결과 주행부와 식부부의 소요 동력이 각각 1 kW 이하의 수준에서 발생하였기 때문에 주행부와 식부부에 1kW 용량의 모터를 각각 부착하여 주행부와 식부부의 동력 전달을 분리하여 제어하는 방식으로 변경하였다. 이식부와 식부부의 구동을 위한 모터의 배치와 2차 시작품에 사용된 모터의 사양은 아래 그림, 표와 같다.



모터 배치도.

2차 시작품 모터 사양

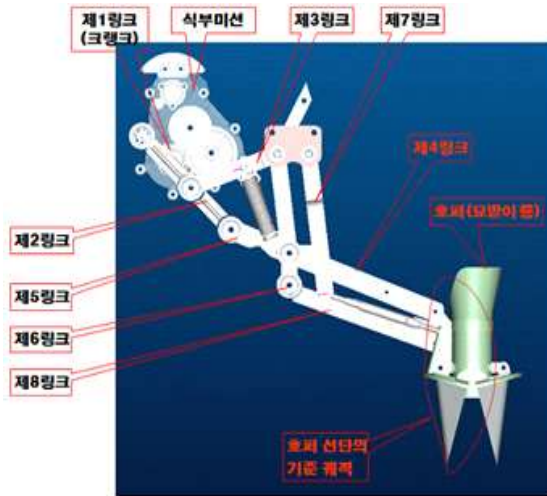
항목	1차 시작품	2차 시작품
모터 타입	PMSM/BLDC	PMSM/BLDC
배터리 전압 [Vdc]	48	48
정격 출력 [kW]	3	1
정격 토크 [Nm]	15	3.18
회전수 [rpm]	2,000 이상	3000

(2) 이식부 경량화 설계를 위한 링크 방식과 캠 방식 비교

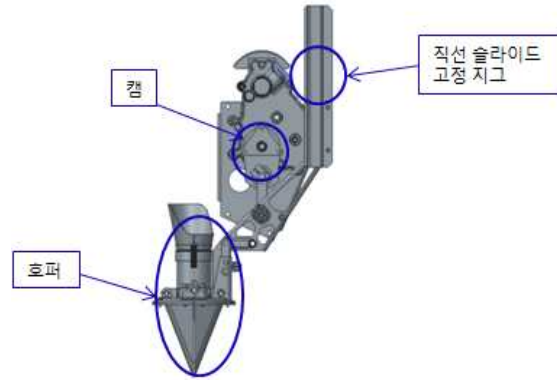
○ 기존 선진국에서 연구 및 개발 된 전기구동 이식기와 차별화된 기술은 주행 장치를 모터로 대체할 뿐만 아니라 식부 장치를 모터 제어하여 기존 이식기 대비 주간 거리를 무단 변속기와 같이 더 많은 단위로 나눌 수 있어 다양한 재배규격 적용, 여러 작물 이식 가능 등의 범용성이 확대되고, 식부 변속기 제거를 통하여 원가 절감을 실현할 예정이다. 이식 작업 시 결주율을 최소화하고 보다 효율적인 작업하기 위해서는 육묘의 종류와 재배 방식에 맞게 이식부의 궤적을 최적화 시키는 것이 중요하다. 또한 전기구동형 이식기의 특성에 맞게 동력 소비를 최소화 하는 방식의 이식부 설계가 필요하다. 따라서 현재 상용화 되어 있는 링크 방식과 캠 방식의 이식 형태를 고속카메라와 동역학 해석 프로그램을 이용하여 궤적을 분석 하였다. 고속카메라의 경우 캠 방식의 이식부를 개발 중인 관계로 링크 방식만 촬영하였다. 본 과제에서 사용된 링크 방식의 이식부는 현재 동양물산기업에서 양산 중인 보행형 이식기의 이식부이며, 캠 방식의 경우 개발 중인 모델이다.

(가) 링크 방식과 캠 방식 이식부의 구조

○ 링크 방식과 캠 방식 이식부의 구조는 아래 그림과 같다. 링크 방식은 (a)에서와 같이 다수의 링크의 조합으로 이루어진 구조로 4절 링크와 같이 구동 한다. 캠 방식의 경우 (b)에서와 같이 링크 방식에 비해 구조가 단순하며, 캠이 회전하게 되면 직선 슬라이드 고정 지그에 의해서 수직 방향으로만 움직이는 구조이다.



(a) 링크 방식



(b) 캠 방식

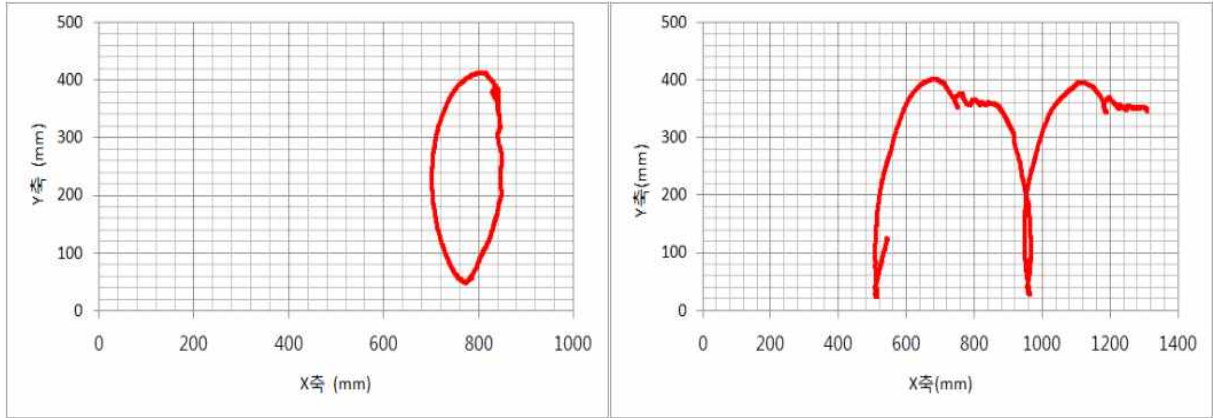
링크 방식과 캠 방식 이식부의 구조.

(나) 고속카메라 - 링크 방식

- 링크 방식 이식부의 궤적을 분석하기 위해서 보행형 이식기의 이식부를 고속카메라를 이용하여 촬영하였다. 정지 상태와 주행 상태에서 각각 촬영하였으며, 고속카메라 촬영과 그래프는 각각 아래 그림과 같다.



이식부 궤적 촬영 - 기존 보행형 이식기



(a) 정지 시

(b) 주행 시

이식부 궤적 그래프 - 링크 방식.

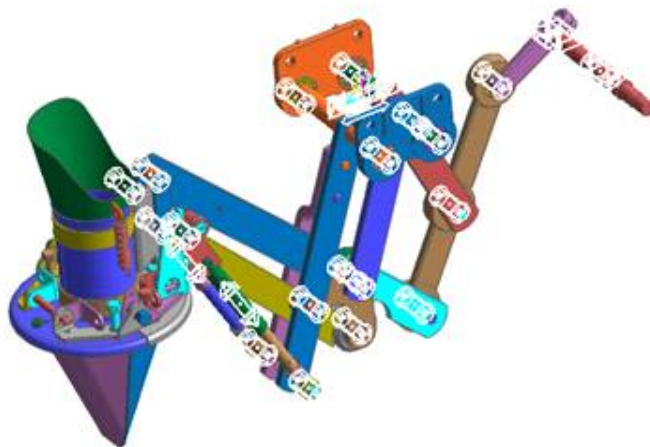
(라) 동역학 해석

○ 링크 방식과 캠 방식의 궤적 분석 특성을 비교 분석하기 위해서 상용 동역학 해석 프로그램(Recurdyn, V8R1, Functionbay, Korea)을 사용하여 보행형 이식기의 링크 방식 이식부와 개발 검토 중인 캠 방식의 이식부 궤적을 분석하였다. 이 때, 링크 방식과 캠 방식의 이식부를 실제 작동 방식을 고려하여 구속 조건을 각각 설정하였고, 실제 주행속도와 식부 회전속도를 해석에 반영하였다. 또한 해석 결과에 영향을 미치지 않은 조건에서 설계를 최소화하여 해석의 정확도를 높이고자 하였다.

○ 현재 보행형 이식기의 실제 주 작업 속도 0.31 m/s와 주간 거리 최소 250 mm, 주간거리 최대 600 mm의 조건으로 해석을 수행하였다.

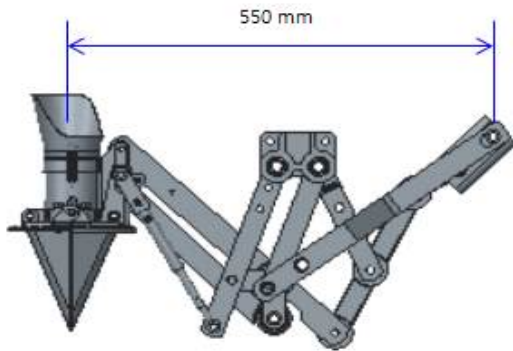
① 링크 방식

○ 링크 방식 이식부의 모델링 및 조인트 구성은 아래 그림과 같다.

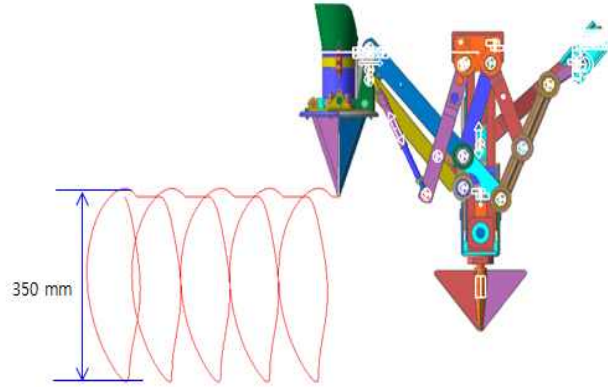


링크 방식 이식부 조인트 구성.

- 링크 방식의 경우 다수의 링크가 조합된 구조이기 때문에 동력 전달 축에서 호퍼 중심 까지 거리가 550 mm로 나타났고, 궤적의 높이는 350 mm 이었다. 링크 방식의 회전축과 호퍼 중심 거리 및 이식 높이는 아래 그림과 같다.



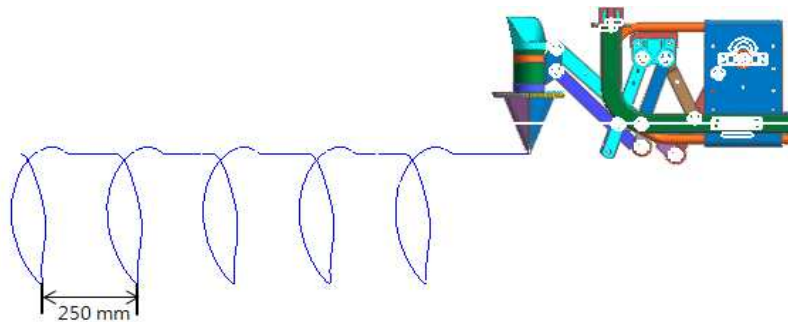
(a) 작업 구간 길이



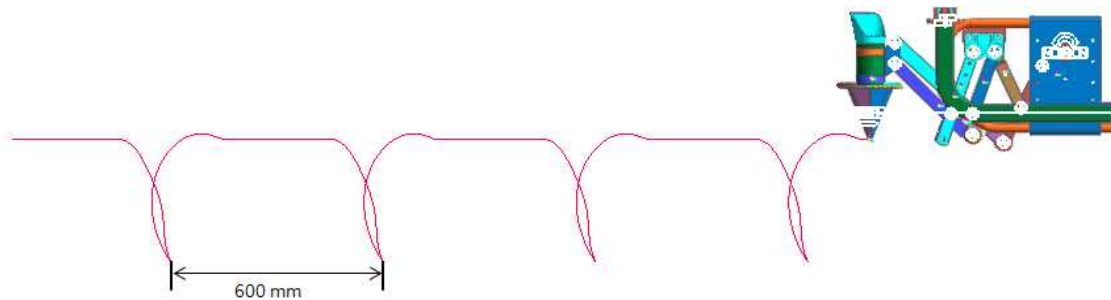
(b) 이식 높이

그림 2-9 링크 방식 회전축과 호퍼 중심 거리 및 이식 높이

- 이식기의 실제 주행속도 0.31 m/s와 주간 거리 최소 250 mm, 주간거리 최대 600 mm로 해석을 수행 했을 때의 궤적은 아래 그림과 같다.



주간거리 250 mm

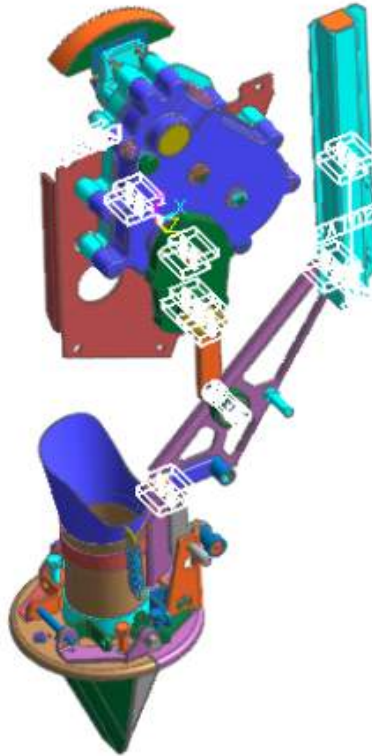


주간거리 600 mm

동역학 해석을 통한 궤적 분석 - 링크 방식.

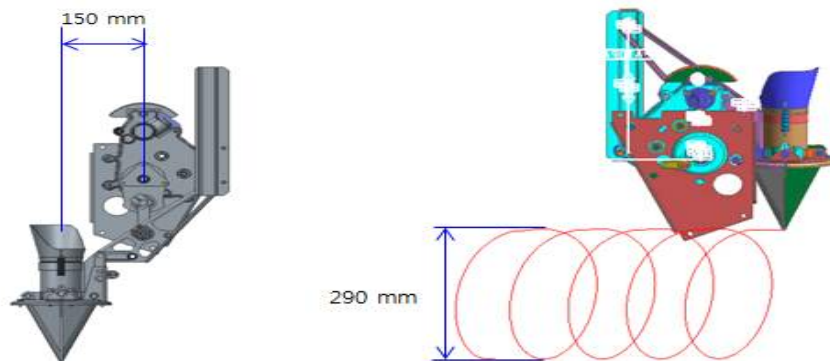
② 캠 방식

○ 캠 방식 이식부의 모델링 및 조인트 구성은 아래 그림과 같다.



캠 방식 이식부 조인트 구성.

○ 캠 방식의 경우 캠이 회전하는 회전 반경이 직선슬라이드 지그와 호퍼 중심까지의 거리를 결정하게 되며, 그 거리가 210 mm로 나타나 링크 방식에 비해 상대적으로 적은 공간을 차지한다. 웨적의 높이는 290 mm로 나타났다. 캠 방식의 회전축과 호퍼 중심의 거리 및 이식 높이는 아래 그림과 같다.

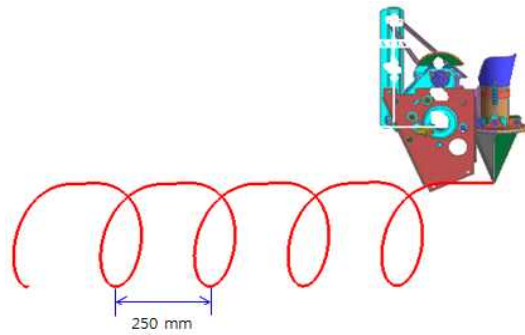


(a) 작업 구간 길이

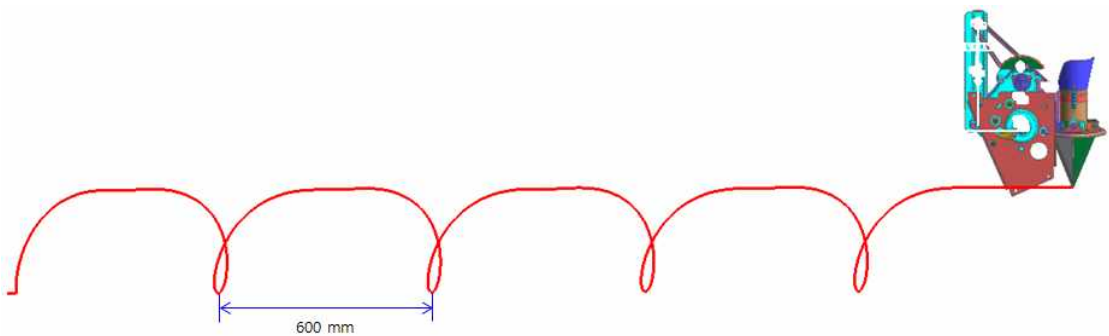
(b) 이식 높이

캠 방식 회전축과 호퍼 중심 거리 및 이식 높이.

- 이식기의 실제 주행속도 0.31 m/s와 주간 거리 최소 250 mm, 주간거리 최대 600 mm로 해석을 수행 했을 때의 궤적은 아래 그림과 같다.



주간거리 250 mm



주간거리 600 mm

동역학 해석을 통한 궤적 분석 - 캠 방식.

③ 링크 방식과 캠 방식 이식부 비교 분석 결과

- 현재 상용화 되어 있는 이식기의 이식부는 크게 2가지 형태로 나눌 수 있다. 여러 개의 링크를 조합하여 4절 링크와 같은 방식으로 구동하는 링크 방식과 캠과 같이 회전운동에 의해서 축이 회전하면 이식부가 직선 슬라이드 지그에 의해서 수직 방향으로 움직이는 방식으로 운동하는 형태 이다. 본 과제에서는 전기구동형 이식기에 장착되는 이식부를 보다 적합한 방식의 구조로 적용하기 위해서 동양물산기업에서 양산하고 있는 보행형 이식기의 링크 방식 구조와 개발 중인 캠 방식의 이식부를 비교하여 검토하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- ㉠ 링크 방식의 경우 여러 개의 링크를 조합하여 구성하기 때문에 동력 축과 호퍼의 간격이 길어지며, 링크를 고정하는 지그 또한 캠 방식에 비해 상대적으로 많이 필요하기 때문에 캠 방식에 비해 고정 지그가 많으며 상대적으로 무겁다.
- ㉡ 구동 방식에 있어 링크 방식은 4절 링크의 방식으로 구동되고, 캠 방식의 경우 직선 슬라이드 방식으로 구동되기 때문에 주간 거리가 짧은 작물의 작업에 있어 회전의 연속성이 캠 방식이 더 유리 하다고 판단된다.

㉔ 링크 방식에 비해서 캠 방식이 이식부 경량화 설계 및 이식부 회전의 연속성 측면에서 더 유리하다고 판단되지만, 작업의 타이밍을 맞추기 까다로운 이식 기계의 특성상 추후 캠 방식의 개발이 완료되면 시험 및 해석을 통한 충분한 검토가 필요하다.

(2) 전기구동 이식기 핵심 부품

○ 전기 구동 이식기 시작품의 핵심 부품은 조작부, 주행부, 이식부, 호퍼부, 제어부로 구성되며, 전진 저속과 고속으로 2단, 후진은 1단으로 구성되어 있다. 기존 가솔린 엔진이 장착된 이식기 구조를 참고하여 기대의 후방의 핸들로 기대의 방향을 조정할 수 있으며 주요 조작부는 이런 핸들부에 집중 배치되어 있다. 이식 작업 시 호퍼부에 이식 하려는 육묘를 넣어주면 이식부의 식부링크가 트로이드 곡선을 형성하며 최상부에서는 육묘가 투입되면 최하단부에서 호퍼가 열리고 두둑에 구멍을 뚫고 묘를 떨어트리는 방식으로 이식이 이루어진다.



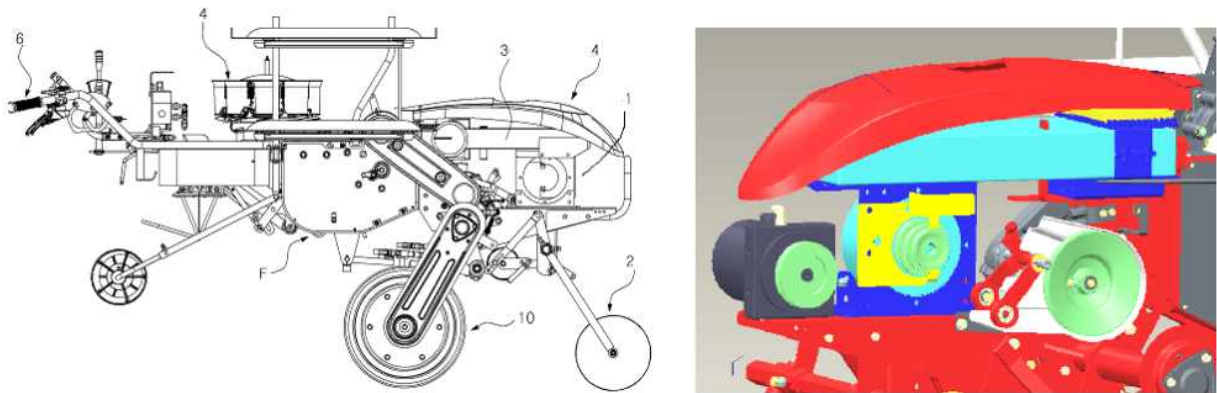
전기구동 이식기 시작품의 전체 구성.

- 이식부 : 변속기가 아닌 모터를 이식부 장치에 부착하여 식부의 가변적인 속도 제어를 통하여 이식 타이밍을 조절하여 주간거리 조절 가능하다. 또한 호퍼와 이식 타이밍의 정밀 제어 시스템을 통하여 결주 방지 기술이 적용된다.
- 주행부 : 기존 가솔린 엔진을 대체하는 전기 모터를 통해 동력을 전달 받으며 주행 속도에 따라 이식부의 속도 조절이 되며, 좌/우 수평제어 기술이 적용된다.
- 조작부 : 고령자, 여성작업자 등이 이용하기 편하고, 작동법이 어렵지 않게 구성되어있으며, 크게 모터 ON/OFF, 스로틀, 저속과 고속 주행 변속 장치, 전진과 후진 변속 장치, 식부 ON/OFF 로 구성하였으며 변속 시 큰 힘이 들지 않도록 설계하였다.
- 호퍼부 : 이식부의 모터 제어에 따라 이식 타이밍과 호퍼의 작동 타이밍을 맞추는 기술이 적용된다.

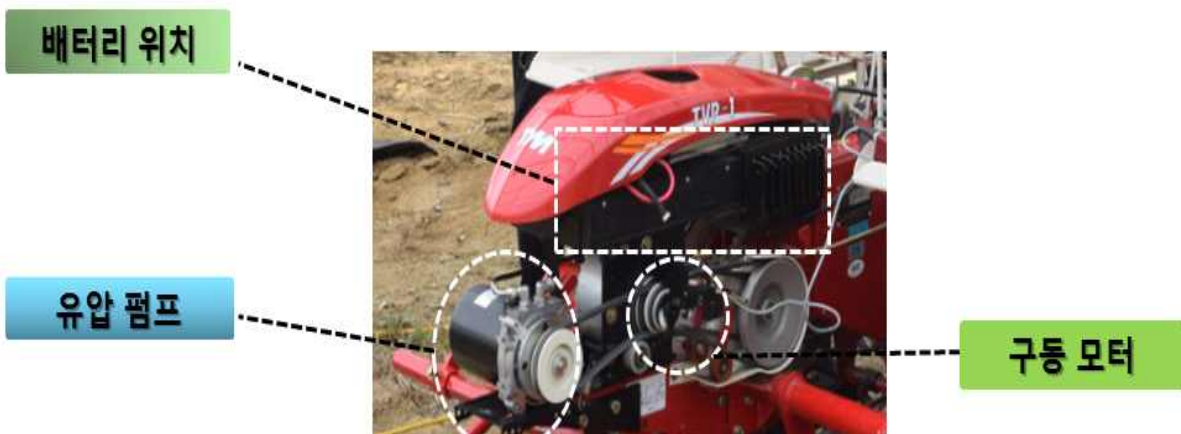
- 제어부 : 기체 높이 제어와 두둑 추종 기술을 통하여 기계 이식률 증가시킨다.

(3) 전기구동 이식기 시작품의 핵심 부품 배치

○ 핵심 부품 배치는 아래 그림과 같이 협동기관인 네스트아이앤씨에서 선정된 모터와 배터리 등 핵심 부품을 먼저 배치하였으며, 드라이버와 배터리를 보네트 아래에 배치하였다. 기존 컨셉과 다르게 배터리를 구동 모터 상부로 위치를 변경하였으며, 이에 따라 유압 펌프 위치도 전방으로 변경되었다. 기존의 유압 펌프는 기대 전방으로 이동하였다. 모터는 기존의 가솔린 엔진 폴리 및 벨트를 그대로 사용해야하므로 주행 미션과의 축간 거리를 그대로 유지하면서 벨트 변속이 적절히 될 수 있는 위치로 배치하였다. 또한 핸들 프레임과 모터 고정 프레임 윗면의 양측 고정판을 설치하여 배터리가 완전히 고정될 수 있도록 프레임을 구성하였다. 배터리 위에 모래, 물, 이물질 등의 오염과 충격으로 인한 파손을 방지할 수 있도록 커버를 장착하였다. 이외의 주행부, 호퍼부, 이식부, 제어부는 모두 기존 가솔린 엔진의 위치와 크게 상이하지 않게 배치되었으며, 그 기능 또한 동일하다.

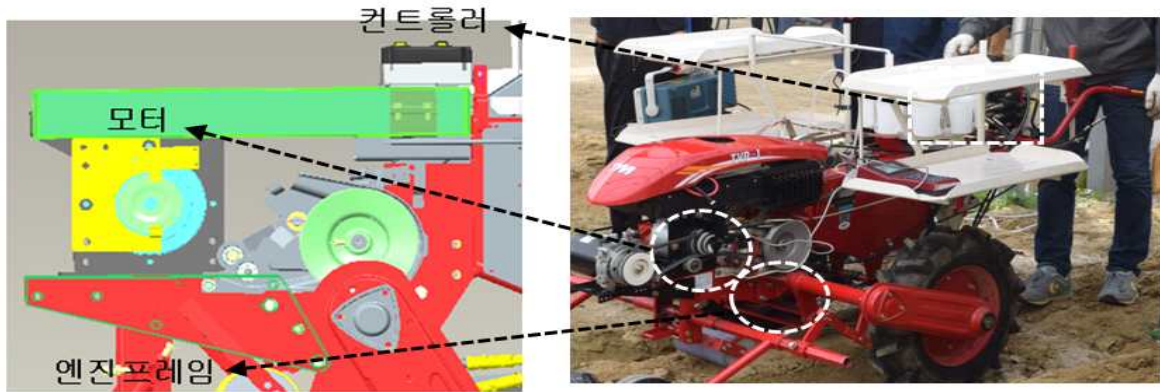


전기구동 이식기 시작품 핵심 부품 배치 구상도.



전기구동 이식기 시작품 핵심 부품 배치.

- 핵심 부품의 상세 설계는 3D CAD 소프트웨어와 Pro/Engineer 소프트웨어로 수행하였으며 그 내용은 아래 그림 (a)와 같으며, 실제 적용하여 개발한 이식기 핵심 부품 배치는 그림 (b)와 같다.



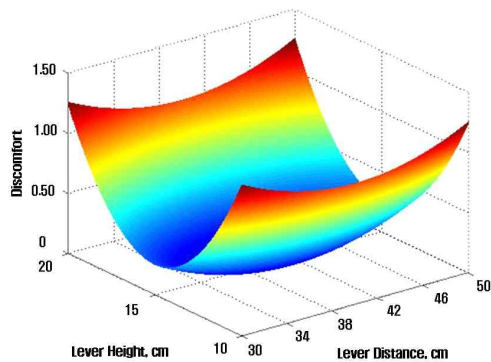
(a) 엔진프레임과 주요 부품 설계

(b) 엔진프레임, 주요 부품 배치

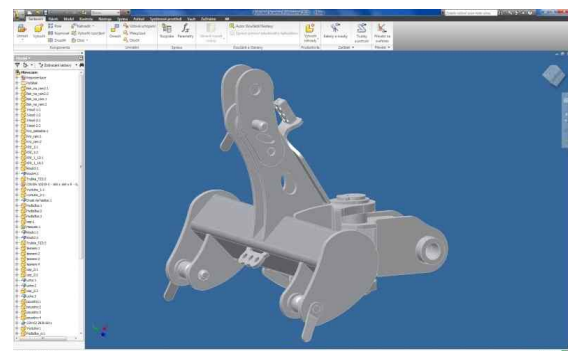
전기구동 이식기 시작품의 엔진프레임 배치.

(4) 2차 시작품의 외장 부품 개발

- 2차 시작품에 구조강도해석 등의 경량 설계 프로세스를 통하여 경량 설계하여 전기구동 부품의 장착성을 높이고, 작업 효율, 연비 등을 우수하도록 하였다. 핵심 부품은 크게 호퍼부, 조작부, 주행부, 이식부, 바디 등이 있으며, 호퍼부, 바디 등 경량화 설계가 필요한 주요 부품 강도 해석(CAE, Computer Aided Engineering)과 유한요소해석(FEM, Finite Elements Method)를 통하여 강도 해석, 최적 설계를 수행하였다. 경량화와 동시에 시뮬레이션을 통하여 응력 집중 되는 곳을 표면 열처리 등 부품 강도 및 경도 증가를 통하여 최적설계 수행하였다. 이때 사용한 부품 강도 해석 틀은 아래 그림 과 같으며 ANSYS 소프트웨어를 사용하였다.

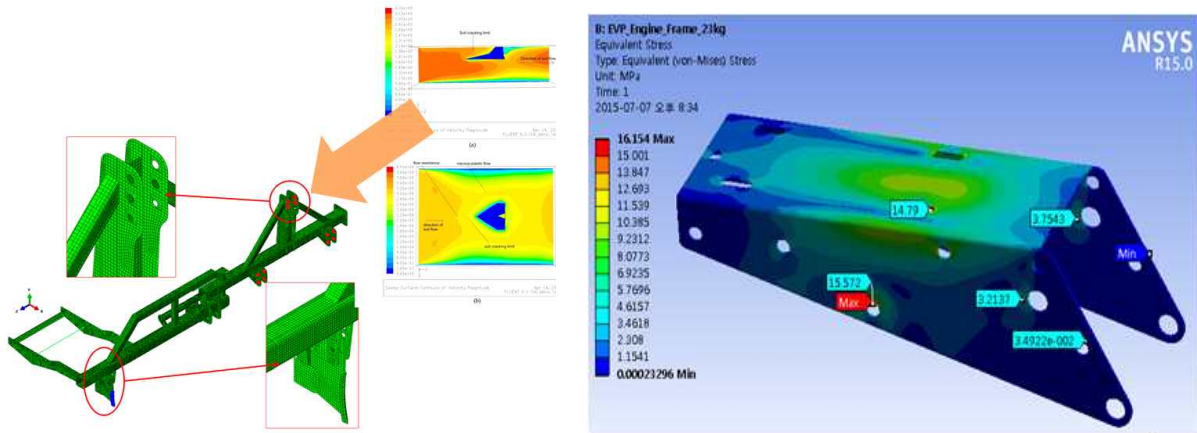


(a) 부품 변형량 해석



(b) 부품 설계도면

외장 부품 강도 해석.



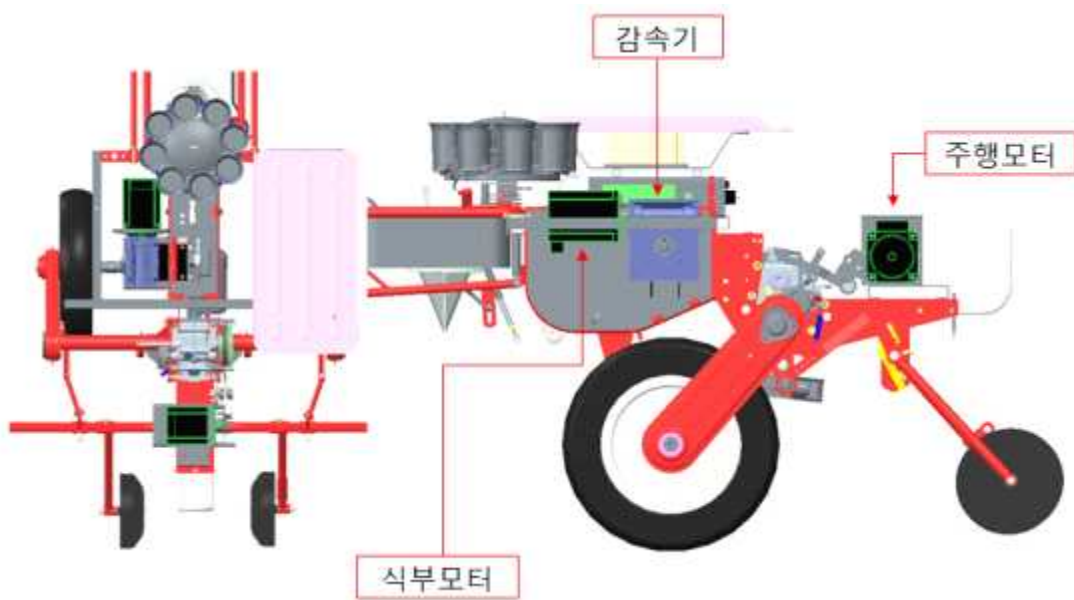
부품 모델링 및 요소 해석.

(5) 개선된 2차 시작품

(가) 핵심부품 장착을 위한 시스템 구성

① 모터

○ 모터는 2차 레이아웃 설계에서 식부 미션을 제거하며 모터를 추가하여 주행부 모터와 식부부 모터로 동력 전달을 분리하여 제어하는 방식으로 모터 장착부 설계를 진행하였다. 주행부 모터의 경우 기존 설계된 형태에서 많이 달라졌으며 식부부는 모터의 회전속도를 줄이기 위해 감속기와 함께 장착한 형태로 설계를 진행하였다. 아래 그림은 변경된 모터 배치도이다.

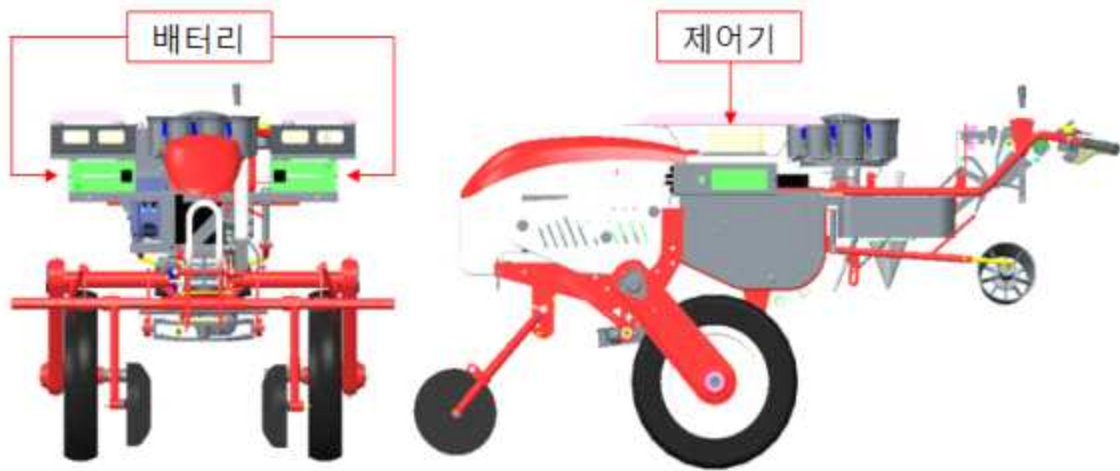


개선된 2차 시작품의 모터 배치도.

② 배터리와 제어기

○ 2차 레이아웃으로 변경되면서 기존 배터리의 전장 길이가 580 mm로 배치가 까다로워 기존 배터리 대신 배터리 전장 길이가 350 mm로 기존 배터리에 비해 전장의 길이가 23

0mm 짧은 배터리를 적용했다. 배터리의 크기가 작아졌기 때문에 용량 또한 기존 2.0 kW에서 1.45 kW로 작아졌다. 하지만 배터리 2기를 배치하여 각 모터에 직렬로 연결하여 기존 대비 배터리 사용시간을 증대 시켰다. 배터리와 함께 식부모터를 제어하는 제어기 또한 1개가 추가로 늘어났다. 1차 시작기에서는 전방에 장착한 하나의 모터를 제어하기 위해서 제어기도 하나만 장착하였지만, 2차 시작기에서는 전기 구동형 이식기의 특성에 맞게 식부미션을 제거하고 주행부와 식부부에 각각 모터를 설치하여 각각의 제어기가 모터를 제어 할 수 있도록 하였다. 이는 1차 이식기가 무단조절벨트로 주간거리를 조절하는 방식이었지만, 2차 시작기에서는 식부 미션을 제거함에 따라서 주행 미션을 거치지 않고 후방의 식부모터를 이용하여 주간 거리를 조절하기 위함이다. 배터리와 같은 위치에 배치하고 상단에는 묘담재대를 장착하여 흙이나 물과 같은 오염물로부터 1차 보호를 하였다. 아래 그림은 변경된 배터리 및 제어기 배치도이다.



개선된 2차 시작품의 배터리 및 제어기 배치도.

③ 전동 실린더

- 기존 1차 레이아웃 설계 시 기존의 유압펌프를 활용하여 기체를 승하강 시켰으나 기체의 승하강시 모터의 부하가 크게 작용하여 배터리의 효율을 떨어뜨리는 문제점이 있었다. 이 문제점을 해결하기 위해 유압실린더 대신 전동실린더를 장착하여 기체의 승하강을 시키는 방법을 적용하여 유압펌프 및 유압실린더를 삭제하였다. 아래 그림은 전동실린더 3D 및 실물이며, 아래 표는 전동실린더 상세 사양이다.



전동실린더 3D 및 실물.

전동실린더 상세 사양

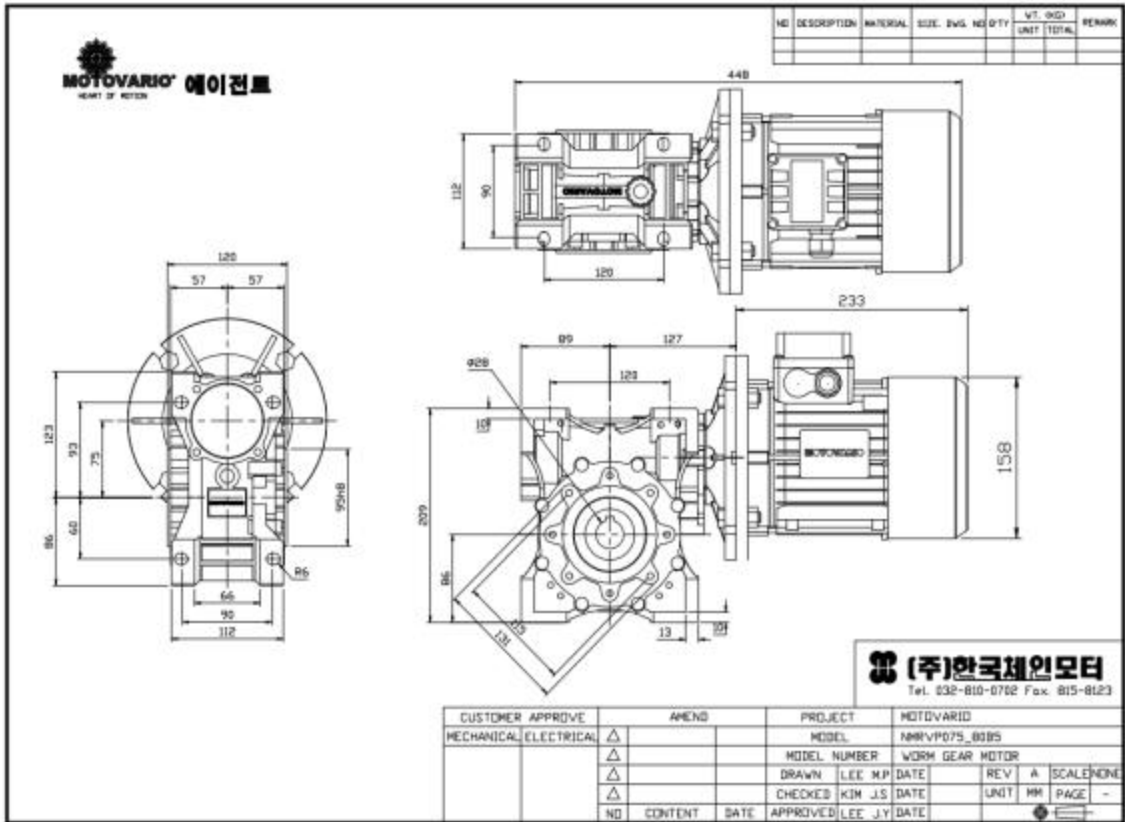
항목	SPEC
Protection Class	IP 66
Load Type	Push
Load [N]	Push 4500 / Pull 4500
Self Lock [N]	5800
Speed [mm/s]	17.8
Voltage [V]	12
Gear Ratio	1:31
Stroke length [mm]	150 ± 4
Installation Dimension [mm]	350 ± 4

④ 식부부 감속기

- 이식 작업은 주행속도와 식부호퍼 회전속도의 차이를 이용하여 주간거리를 조절하는 방식으로 식부호퍼를 회전시키는 식부모터는 저속을 요구한다. 기존의 주행속도를 변경하지 않고 6단의 주간거리를 유지하기 위해서는 주행모터와 식부모터의 감속비 1/60 과 감속비용량 0.75 kW 요구되었다. 아래 그림은 각각 식부부 감속기 3D 및 실물과 감속비 1/60, 용량 0.75 kW의 감속기 상세 도면이다.



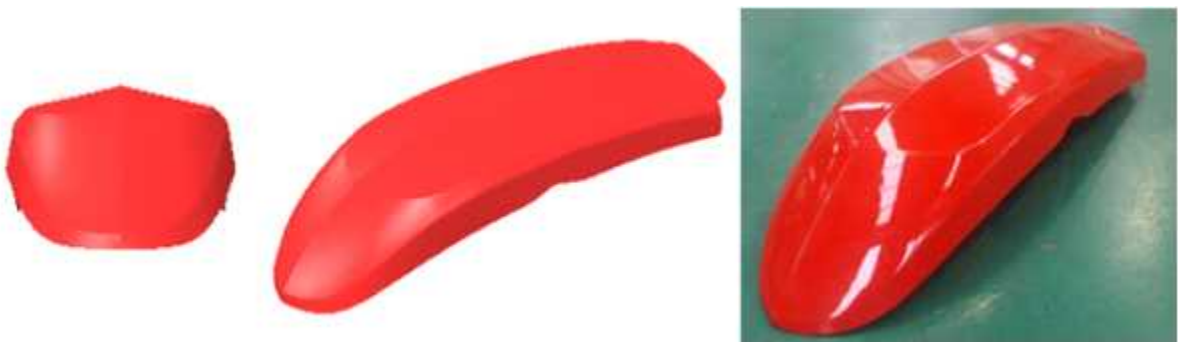
감속기 3D 및 실물.



감속기 상세 도면.

⑤ 외장 디자인 개발

- 외장 개발은 이식기의 제품이미지를 설정할 수 있는 중요한 요소이며 모터부나 각 중요 부위를 보호하는 동시에 제품의 외관품질과 완성도를 높이기 위하여 외형 디자인의 중요성이 부각되고 있다. 본 과제에서도 제품의 완성도를 높이고 경쟁력 있는 제품이 되도록 외장 디자인을 개발을 병행하였다. 아래 그림은 후드 3D 및 실물 모습이다.



후드 3D 및 실물.

나. 2차 시작품 제어기 개발

(1) 고효율 인버터/컨버터 개발 및 단품 신뢰성 평가

(가) 고효율 인버터/컨버터 개발 및 적용

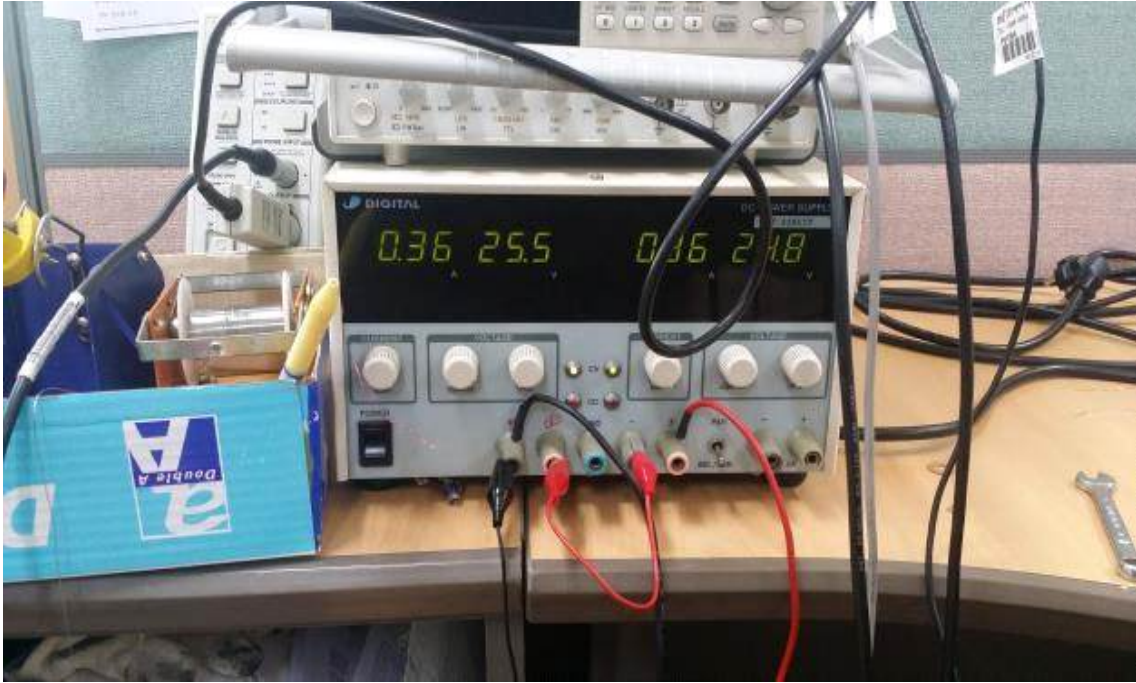
○ 전기구동 기술을 이식기에 적용하기 위해서는 동력원으로 사용되는 구동모터의 개발이 필요하며 구동모터의 제어를 위해 적절한 인버터 설계가 무엇보다 중요하다. 따라서 1차년도 설계와 동일하게 전기구동 이식기에 사용되는 인버터는 아래 표와 같다. 모터 구동 제어 및 배터리 전력 변환을 위한 인버터/컨버터는 모터 출력 및 응답성능을 고려하여 표 3-1과 같이 개발 사양을 선정하였다. 인버터 작동을 위한 전압은 48 V DC이며, 모터 출력을 최대 4 kW, 연속 3 kW의 제어가 가능하다. 이에 따른 전류량은 정격 80 A, 최대순간 200 A이며, 모터 제어는 일반적으로 사용되는 PWM 제어 방식을 이용하여 10 kHz 속도로 수행 가능하게 하였다. 동작 온도는 외부 환경온도의 경우 이식기 작업 환경을 고려하여 -10 ~ 55℃로 선정하였으며 부품/소자의 경우 85℃이다. 이를 위한 냉각방식은 방열판 등을 이용한 공랭식을 이용하였다.

인버터 개발 사양

항목	사양	비고
Input voltage	48 V DC	-
Output power	연속 3 kW, 최대 4 kW	-
Output current	정격 80 A (최대 200 A)	-
제어방식	FOC	토크제어, 속도제어
PWM frequency	10 kHz	-
Ambient temperature	-10 ~ 55 ℃	부품/소자는 85 ℃
Monitoring peak efficiency	85 % 이상	@300 V
Cooling type	공랭식	heat insulating board

(나) 고효율 인버터/컨버터 단품 신뢰성 평가

○ 본 연구에서는 PCB Reversion B 12V/5A DC/DC Converter 부하 테스트를 아래 그림과 같이 수행하였으며 시험조건은 입력 전압은 50 V, 입력 전류는 0.36 A이었으며 입력 Power는 $50\text{ V} \times 0.36\text{ A} = 18\text{ W}$ 이다. 부하는 14.4 Ω 으로 설정하였다. 그 결과 출력 전압은 12 V, 출력 전류는 1.245 A로 나왔다.



PCB Reversion B 12V/5A DC/DC Converter 부하 테스트.

- 여기서 출력 전류는 벅 컨버터의 효율 83%로 계산하여 추정된 값이다. 출력 전압과 출력 전류를 곱한 값이 출력 Power 이므로 14.94 W 발생하였다. PCB 온도 측정을 수행하였으며 약 5분 후 아래 그림의 A point에서 46.5°C, B point에서는 56.2°C 포화 됨을 보였다. 이때의 대기 온도는 23.1°C 이었다.



PCB Reversion B 12V/5A DC/DC Converter 온도 측정.

- 인버터 온도가 설정 온도보다 상승하였을 경우 모터의 최대 운전 영역을 제한함으로써 인버터의 온도 상승을 제어 하였다. 이에 따라 회로도를 수정하였으며, 크게 4가지 수정 하였다. 첫째, Down Loader (uart 방식) 회로를 추가 하였으며 둘째, SMPS 회로 수정 하였다. 셋째, 모터 및 인버터 온도 센서 회로 수정하였으며 넷째, 마이컴 입/출력 회로 수정과 CAN 통신 회로 수정하였다. 이후 ArtWork 진행하였으며 PCB 발주와 함께 Fault 관련 프로그램 코딩 수정하였다. 이후 PCB Reversion B 12V/5A DC/DC Converter 부하테스트를 또 수행하였으며 실험 조건은 입력 전압은 42.1 V, 입력 전류는 0.45 A, 부하는 14.4 옴로 설정하였다. 시험 결과는 출력 전압은 12 V, 출력 전류는 1.31 A로 나타났으며, 출력값은 15.7 W이다. 이때 PCB 온도 측정된 결과 1시간 경과후 57.9℃ 발생 하였다. 이때 대기온도는 23.6℃ 이다. 아래 그림은 PCB 조립 및 디버깅한 사진이다.

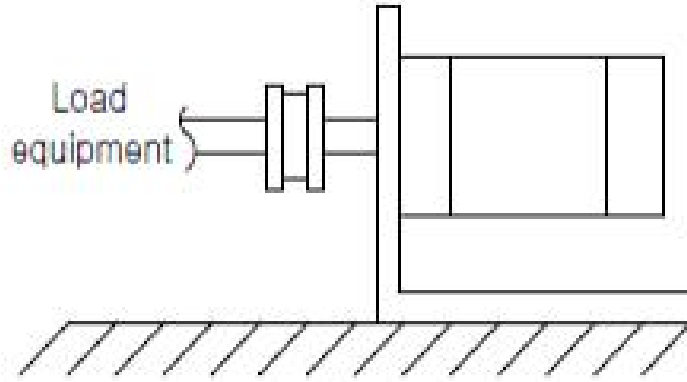


PCB Reversion B 12V/5A DC/DC Converter 조립 및 디버깅.

(2) BMS 시작품 개발 및 단품 신뢰성 평가

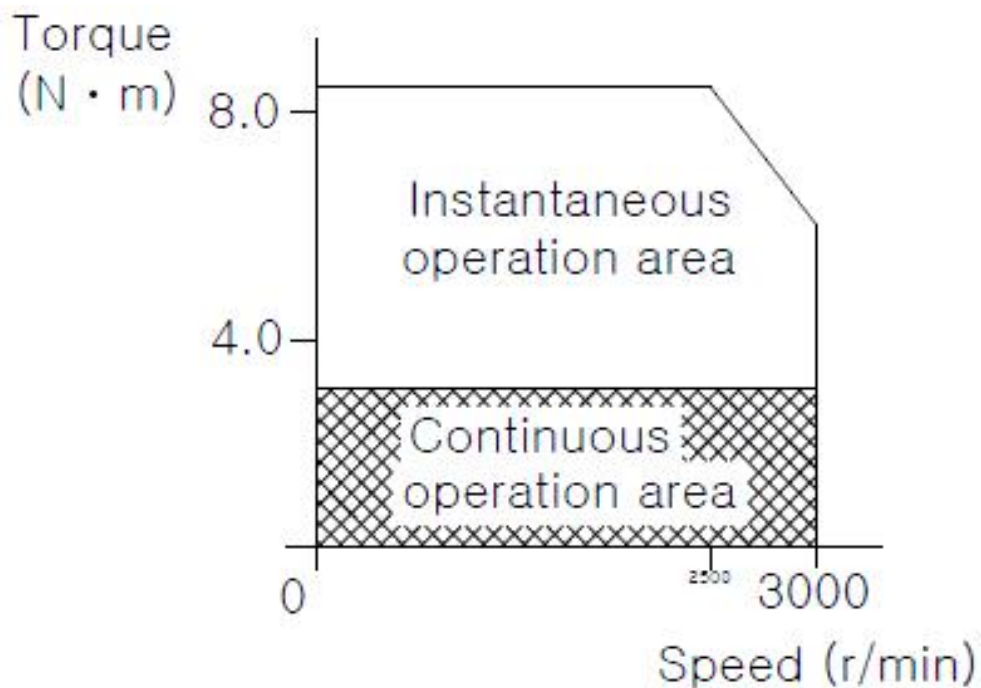
(가) 모터 및 BMS 개발 및 신뢰성 평가

- 선정된 모터와 BMS의 성능평가를 위하여 Load equipment 장비를 통하여 테스트하였으며, 테스트 방법은 아래 그림과 같다. 테스트 방법은 Flange size :130 x 120 x 12 t이며, Material은 Aluminum이다.



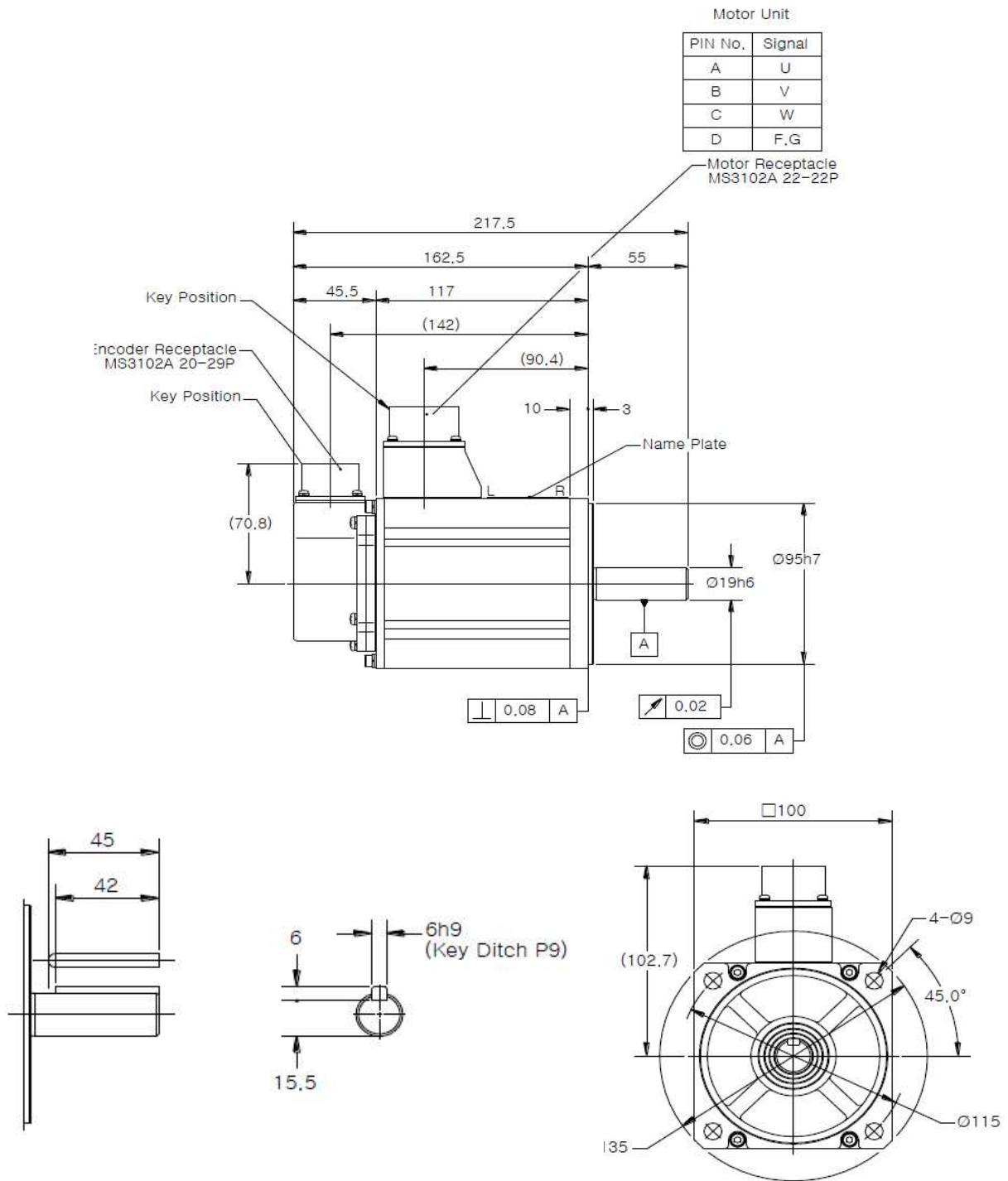
모터 및 BMS 테스트 방법.

- 테스트 결과 모터 특성 곡선(Characteristic curve)은 아래 그림과 같이 나타났다. 모터의 정격 토크는 3.18 Nm (@ 3,000 rpm)으로 나타났으며 최대 토크는 8.2 Nm로 나타났다. 정격 전류는 27.8 A로 나타났으며, 테스트 시 전원은 배터리의 정격 전압인 48 V이다. 협동기관 네스트아이엔씨에서는 모터 회사인 (주)코모텍에 의뢰하여 이식기의 주행 장치와 식부 장치에 적용되는 모터 조립 및 시험하였으며, 공인 인증기관을 통해 모터 성적서 발급받았다.



모터의 특성 곡선.

- 1차 전기 구동 이식기 시작품과 동일하게 모터 장착 시 필요한 치수 및 위치에 대한 자료를 토대로 선정된 모터의 주요 수치는 아래 그림과 같으며, 전기 장치가 외부에 노출되지 않도록 전체적으로 바디를 씌웠다.



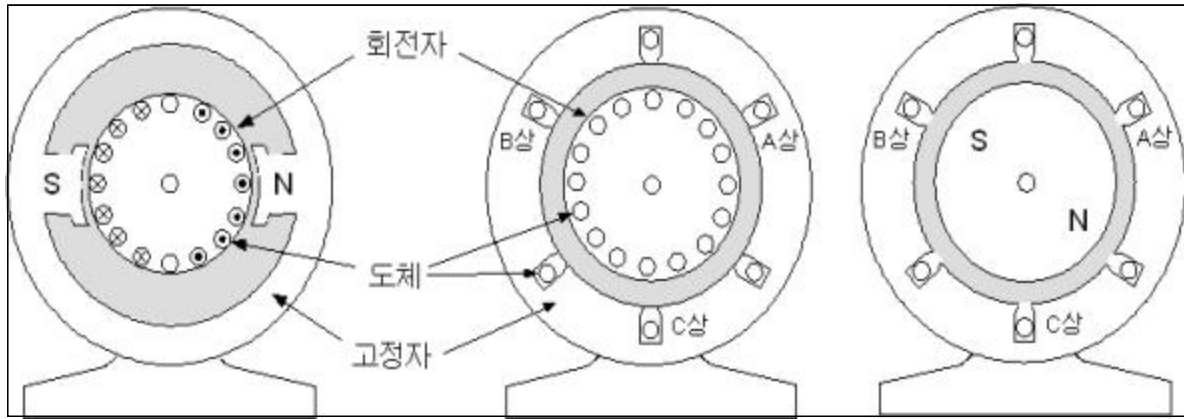
선정된 모터의 주요 크기 및 주요 치수.

- 포장시험 시 식부 장치와 주행 장치 동시 구동 작업과 식부장치 단독 작업을 주행 장치 단독 작업과 비교하여 얻은 구동 모터의 출력과 토크 데이터를 분석하여 모터 선정하였으며 배터리는 해당 출력에 상응하는 배터리 출력에 배터리가 완전 방전 할 때 까지 사용하지 않는다고 가정하고, 정격 800 ~ 900 rpm으로 2시간 연속 작업이 가능한 용량으로 선정하였다.

(다) 전기이식기의 주행성능 향상을 위한 제어 알고리즘 개발

① 전동기의 기본 구조

- 전동기는 자기회로와 전기 회로를 구성하는 고정자(Stator)와 회전자(Rotor) 구조를 갖는다. 전동기의 종류에 따라 고정자와 회전자는 영구자석(permanent magnet)으로 만들어지기도 한다.



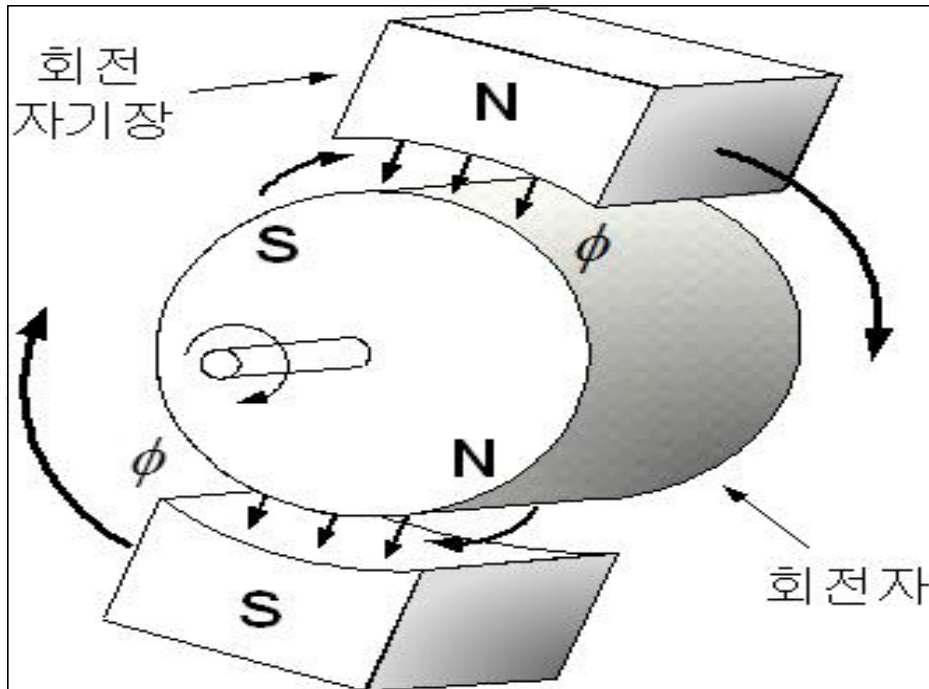
(a) 직류기

(b) 유도 전동기
전동기의 구성.

(c) 동기 전동기

② 교류 전동기의 회전원리

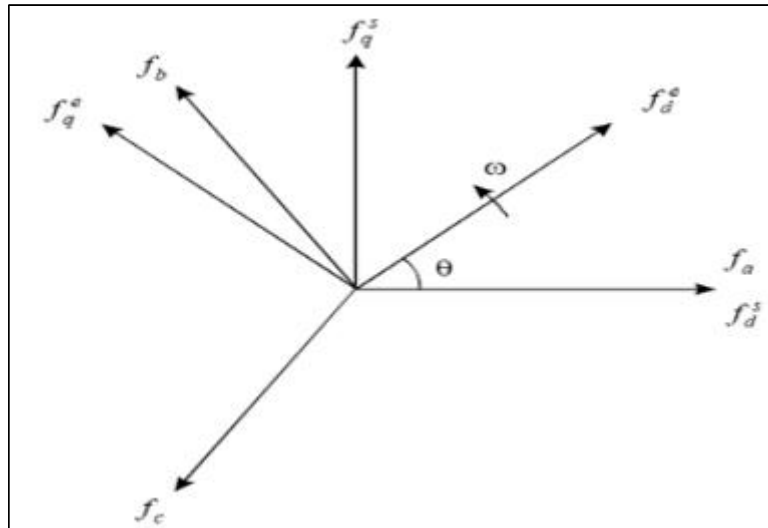
- 교류 전동기는 고정자 전자석과 회전자 전자석(또는 영구자석)이 모두 회전하는 방식이다. 이 두 전자석의 회전 속도는 언제나 동일하기 때문에 상대적으로 정지되어 있으며 연속적으로 서로 간에 힘이 발생하게 되어 회전하게 된다.



교류 전동기의 회전원리.

③ 좌표변환(Reference Frame Transformation)

- 일반적으로 사용하는 3상 교류 전동기의 a, b, c상(phase)의 변수들은 좌표계 변환 과정을 통하여 d, q, n축으로 이루어진 직교 좌표계상의 변수로 변환할 수 있다. 아래 그림에 abc축 좌표계와 직교 좌표계를 나타내었다.



abc축 좌표계와 d-q축 좌표계.

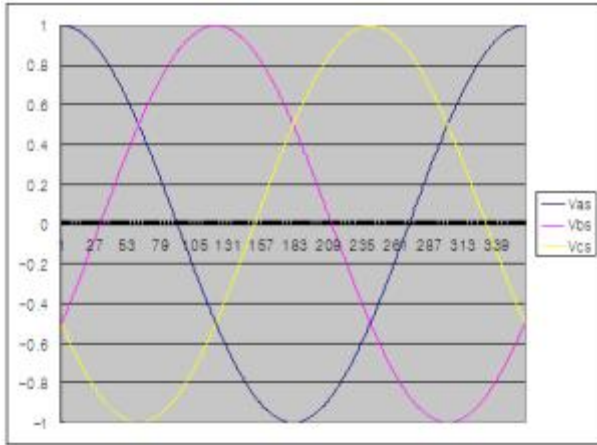
- 식 1은 abc 좌표계의 3상 변수를 임의의 각속도로 회전하는 직교 좌표계의 d와 q축의 변환식을 보인다. 여기서 변환 행렬 $T(\theta)$ 는 식 2와 같이 정의 된다.

$$f_{dq} = T(\theta)f_{abc} \dots \dots \dots \text{식 (1)}$$

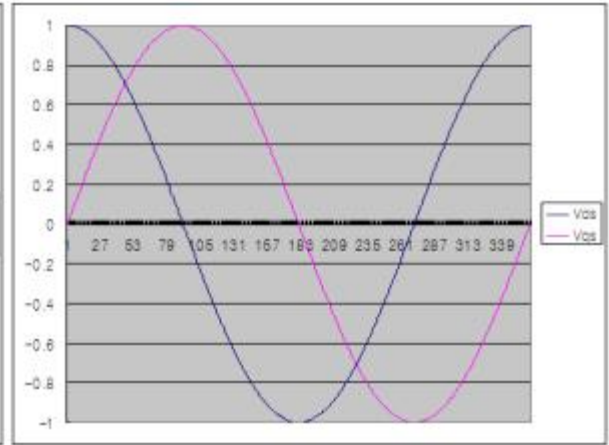
$$T(\theta) = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} \cos\theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \sin\theta & \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \dots \dots \dots \text{식 (2)}$$

$$\begin{pmatrix} f_d \\ f_q \\ f_n \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{pmatrix} \dots \dots \dots \text{식 (3)}$$

- d축은 자속(flux)이 존재하는 축으로, 보통 교류 전동기의 벡터제어에 기준이 되는 축이다. q축은 d축과 직각을 이루는 축으로, 자속과 같은 전동기의 물리량이 시간에 따라 정방향(시계반대방향)으로 회전할 때 d축에 비해 회전할 방향에 앞서서 위치한다. 벡터제어에서 토크를 발생하는 전류의 축이라 할 수 있다. n축은 d와 q축과 3차원 공간상에서 서로 직교하는 축이다. 전동기에서 기계적 출력발생에 기여하는 항은 d와 q축 성분이고 n축 성분은 손실에만 나타난다. 정지 좌표계(Stationary Reference Frame)는 좌표축이 회전하지 않는 정지된 좌표계를 말하며, $d^s - q^s$ 축으로 표시된다.



3상 평형 abc 전압.



정지 좌표계 V_d^s, V_q^s .

- 회전 좌표계는 d-q축이 회전하는 좌표계를 말하며, dw - qw 축으로 표시한다. 식 4와 식 5는 각각 정지 좌표계 변수의 회전 좌표계 d-q축 변수로의 변화 과 회전 좌표계 변수의 정지 좌표계 d-q축 변수로의 역변환식이다.

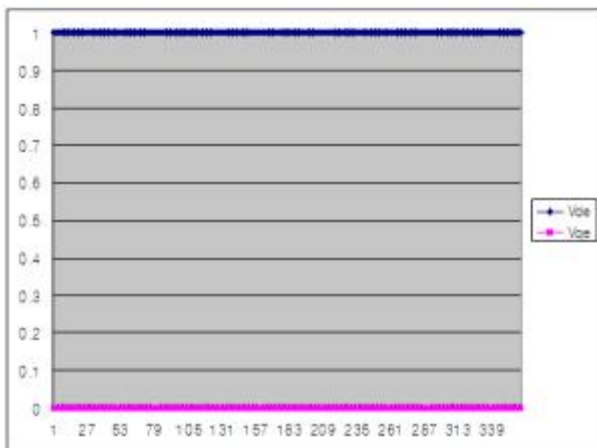
$$f_d^e = f_d^s \cos \theta + f_q^s \sin \theta$$

$$f_q^e = -f_d^s \sin \theta + f_q^s \cos \theta \dots\dots\dots \text{식 (4)}$$

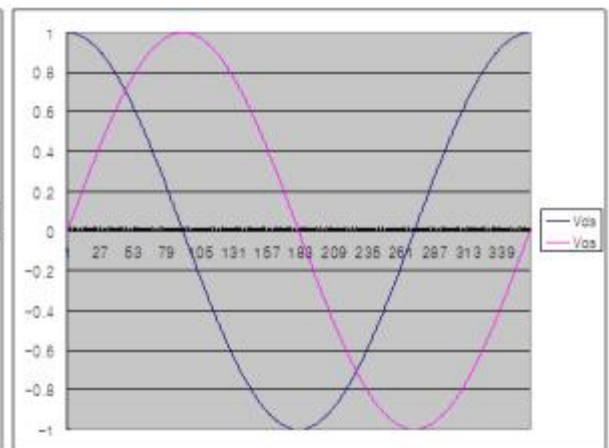
$$f_d^s = f_d^e \cos \theta - f_q^e \sin \theta$$

$$f_q^s = f_d^e \sin \theta + f_q^e \cos \theta \dots\dots\dots \text{식 (5)}$$

- 아래 두 개의 그림은 각각 식 4와 식 5를 이용한 회전 좌표계 d-q변환과 정지 좌표계 d-q 역변환 그래프를 보인다.



회전 좌표계 d-q 변환.



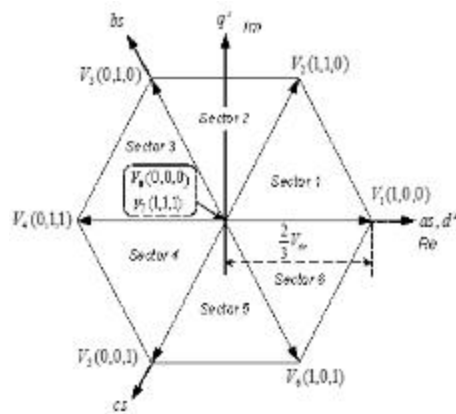
정지 좌표계 d-q 역변환.

④ 공간 벡터 전압 변조(Space Vector PWM) 방식

- 공간 벡터 전압 변조 방식은 시간 영역에서의 전압 변조 방식들과는 달리 복소수 공간에서 공간 벡터(Space vector)로 표현된 3상 지령 전압을 변조하는 방식을 말한다. 이 방식은 주어진 직류 전압 하에서 가장 큰 교류 전압을 얻을 수 있으며 이 기법으로 변조된 출력 전압이 인가된 경우에 부하 전류에 포함된 고조파가 다른 종류의 전압 변조 방식보다 적다는 장점이 있다.

스위칭 상태			상전압			공간 벡터
S_1	S_2	S_3	v_{u0}	v_{v0}	v_{w0}	V_s
0	0	0	0	0	0	$V_s = 0/0^\circ$
1	0	0	$\frac{2}{3}V_m$	$-\frac{1}{3}V_m$	$-\frac{1}{3}V_m$	$V_s = \frac{2}{3}V_m / 0^\circ$
1	1	0	$\frac{1}{3}V_m$	$\frac{1}{3}V_m$	$-\frac{2}{3}V_m$	$V_s = \frac{2}{3}V_m / 60^\circ$
0	1	0	$-\frac{1}{3}V_m$	$\frac{2}{3}V_m$	$-\frac{1}{3}V_m$	$V_s = \frac{2}{3}V_m / 120^\circ$
0	1	1	$-\frac{2}{3}V_m$	$\frac{1}{3}V_m$	$\frac{1}{3}V_m$	$V_s = \frac{2}{3}V_m / 180^\circ$
0	0	1	$-\frac{1}{3}V_m$	$-\frac{1}{3}V_m$	$\frac{2}{3}V_m$	$V_s = \frac{2}{3}V_m / 240^\circ$
1	0	1	$\frac{1}{3}V_m$	$-\frac{2}{3}V_m$	$\frac{1}{3}V_m$	$V_s = \frac{2}{3}V_m / 300^\circ$
1	1	1	0	0	0	$V_s = 0/0^\circ$

스위칭 상태에 따른 공간 벡터.



출력 전압 벡터.

(라) 전기이식기의 MCU Error 제어 알고리즘 개발

① 전기이식기 운용중 Error 검출 후 MCU 처리

- 아래 표는 전기 이식기 운행 시 MCU에서 Error 검출 후의 대응 조건에 대한 Error 표이다. 이는 MCU의 파손을 주는 중대한 Error를 제외 하고는 일반적으로 전압, 온도 그리고 통신 등의 Error가 발생되면 운용 범위를 축소하여 사용자가 전기이식기를 운용할 수 있도록 하였다.

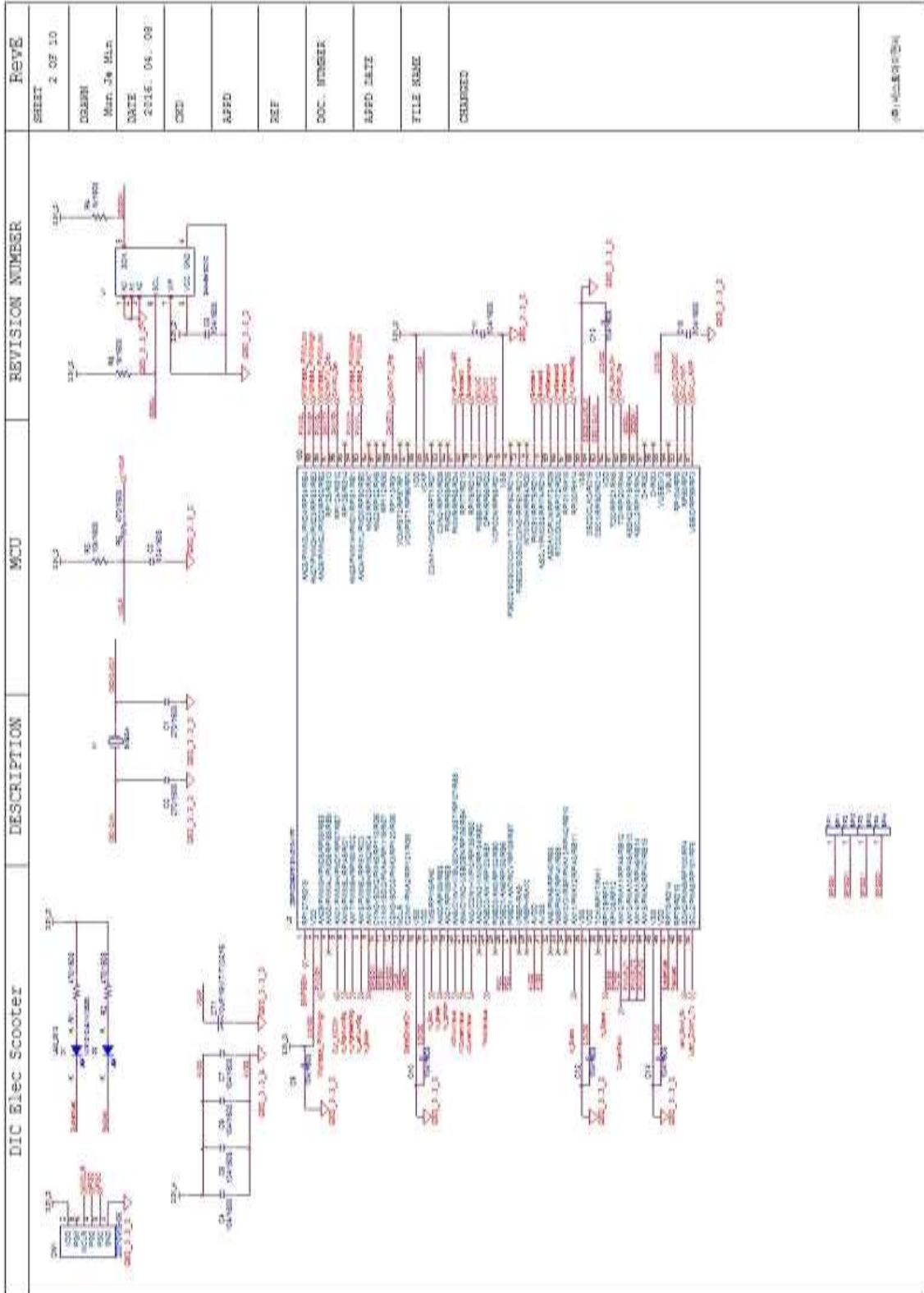
전기이식기 MCU Error 검출 후 운용

Error 항목	Description
Motor 과온	- 모터 온도 130도 미만에서 정상 운전 하며 130도 이상 MCU 정지 후 100도 이하로 온도 하강 되면 정상 운전
DC 과전압	- 전기이식기 정지 시: 전기 이식기 정지 - 전기이식기 운용 시: 전류 제한을 통한 운용 범위 축소
DC 저전압	- 전기이식기 정지 시: 전기 이식기 정지 - 전기이식기 운용 시: 전류 제한을 통한 운용 범위 축소
MCU 과온	- MCU 온도 110도 미만에서 정상운전 하며 110도 이상일 경우 전류 제한하고 80도 이하로 온도가 하강하면 정상 운전
Hall Sensor	전기이식기 운용 금지
CAN 통신	통신 중 일정 시간 동안 통신이 두절 되면 전류 제한
상 과전류	전기이식기 운용 정지

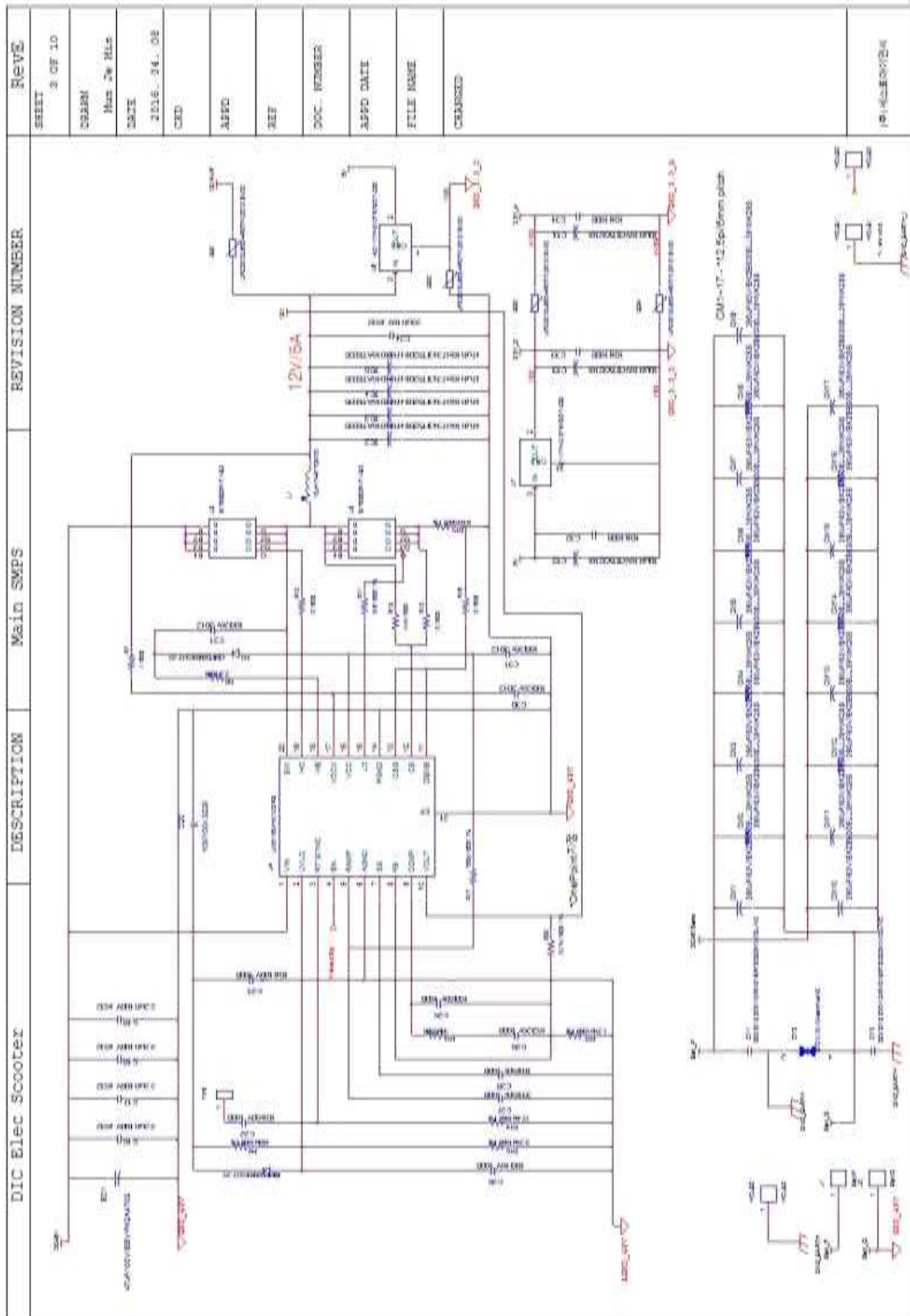
(라) 기술 개발 결과

① 회로도 개발

- 아래 회로도는 모터의 제어를 관장하는 Micom부로서 각종 데이터를 처리 하여 MCU의 기능을 수행 할 수 있도록 도와준다.



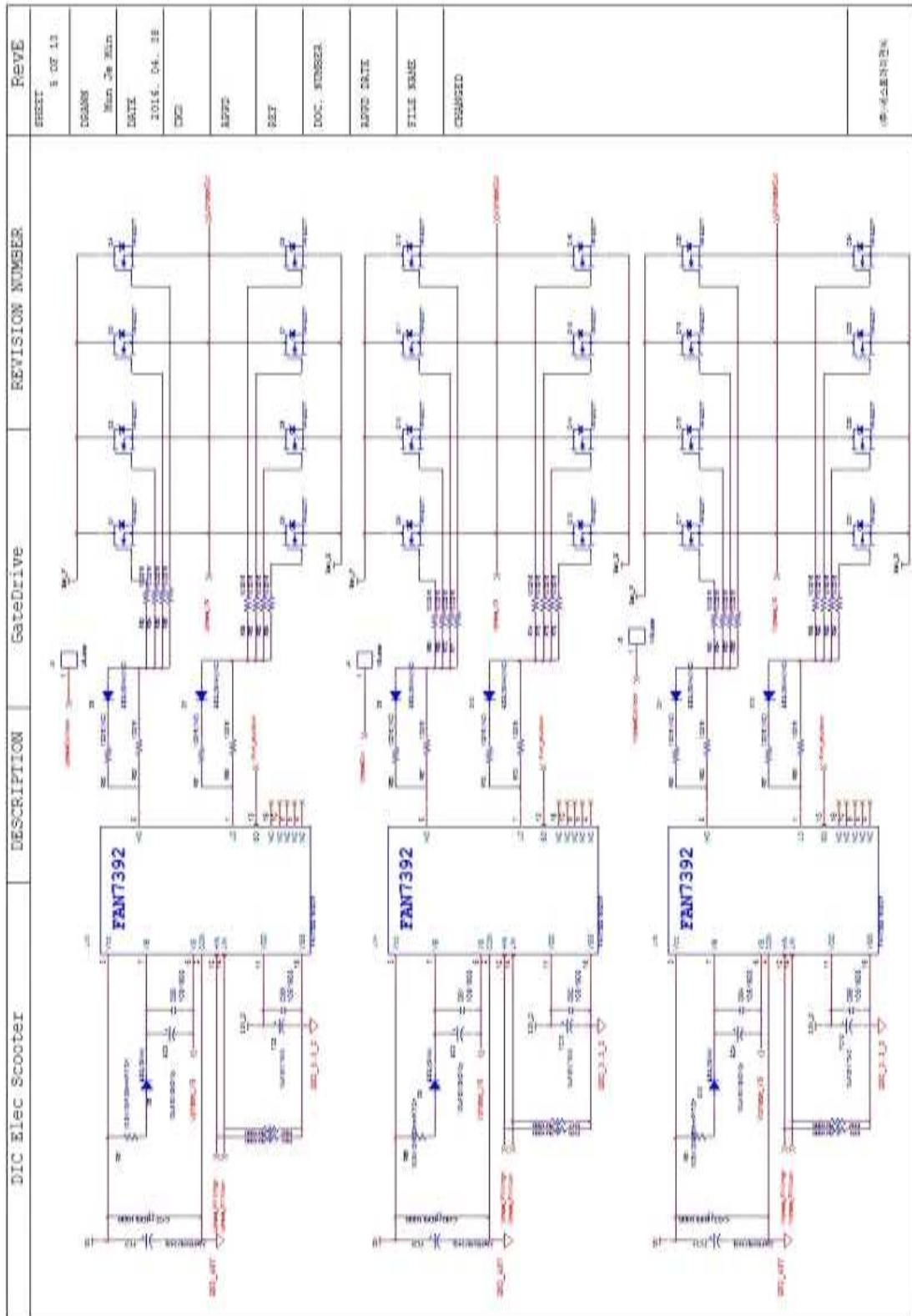
- 아래 회로도에는 MCU의 전원을 담당하는 회로로 DC 48V의 입력을 받아 TTL 소자가 사용하는 전압인 3.3V ~ 5V의 DC 전압을 생산하며 스위칭 전압원이 되는 12V의 전압원을 원활하게 공급하여 주는 SMPS 기능을 담당한다.



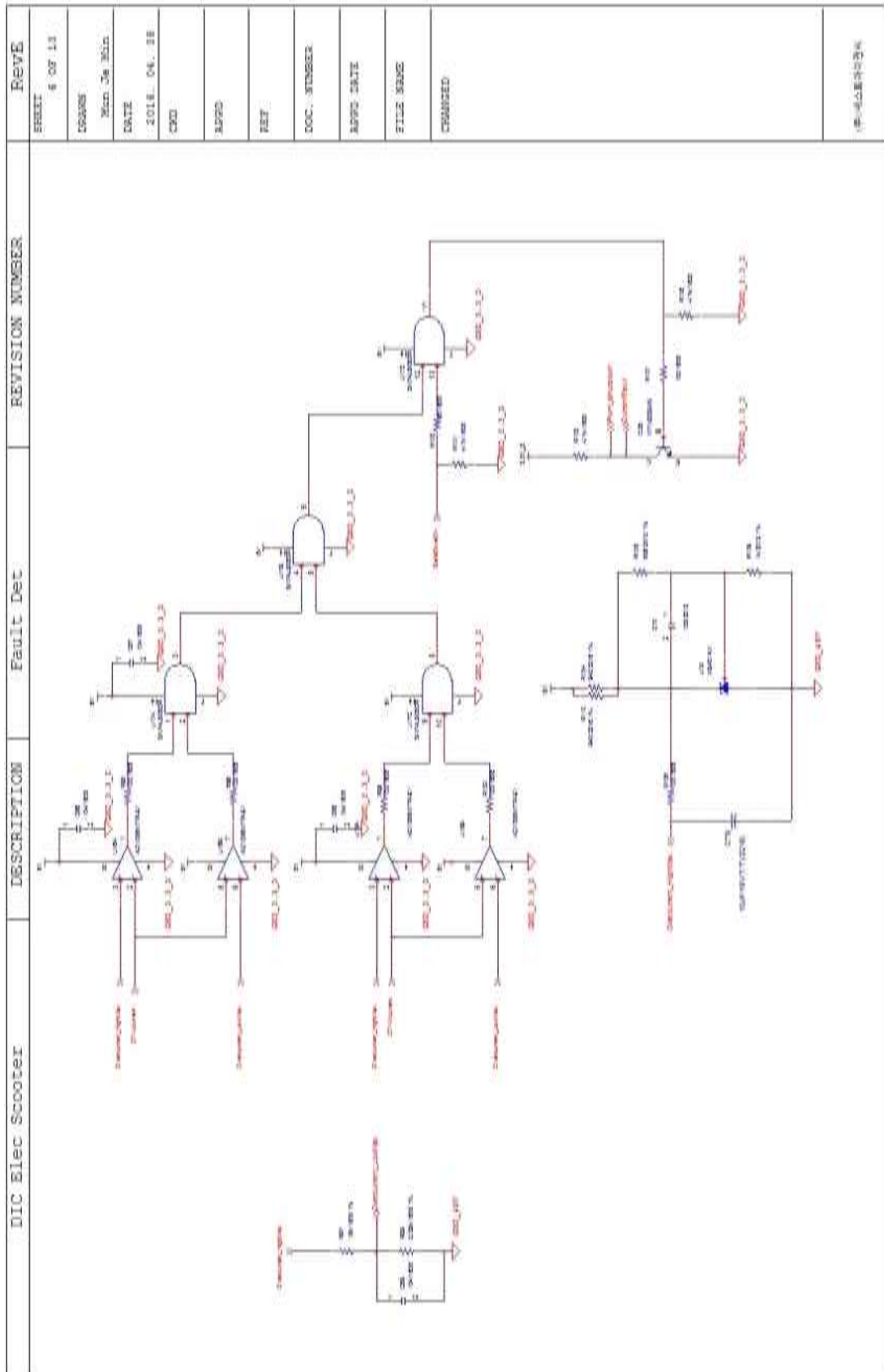
- 아래 회로도에는 Analog 신호의 노이즈를 최소화 할 수 있도록 OPAMP 및 RC 회로를 이용한 Filter 회로부를 보여준다.

D/C Elec Scooter	DESCRIPTION	AD Sensor	REVISION NUMBER	REV E															
				SHEET 4 OF 10															
DRAWN: Min Jh MLLs																			
DATE: 2016. 04. 08																			
CHKD:																			
APPD:																			
REF:																			
DOC. NUMBER:																			
APPD. DATE:																			
FILE NAME:																			
COMMENT:																			
<p style="text-align: center;">U11 부품 목록</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">부품명</td> <td style="width: 20%;">부품번호</td> <td style="width: 20%;">수량</td> <td style="width: 40%;">비고</td> </tr> <tr> <td>OPAMP</td> <td>U11</td> <td>1</td> <td>OPAMP</td> </tr> <tr> <td>RES</td> <td>10K</td> <td>4</td> <td>10K</td> </tr> <tr> <td>CAP</td> <td>100NF</td> <td>4</td> <td>100NF</td> </tr> </table>				부품명	부품번호	수량	비고	OPAMP	U11	1	OPAMP	RES	10K	4	10K	CAP	100NF	4	100NF
부품명	부품번호	수량	비고																
OPAMP	U11	1	OPAMP																
RES	10K	4	10K																
CAP	100NF	4	100NF																

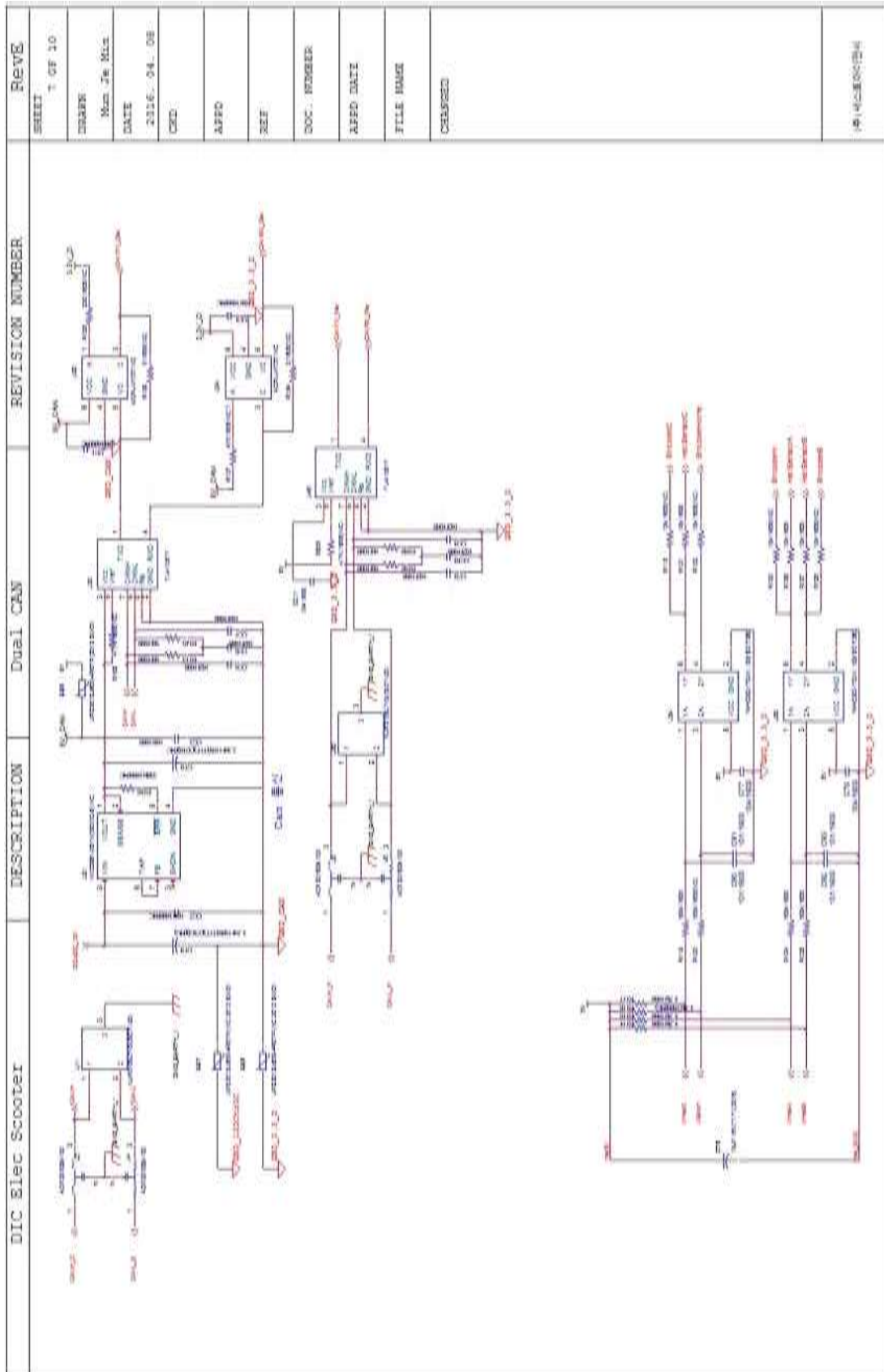
- 아래 회로도는 Motor의 회전을 위해 필요한 전압 원을 생성하기 위한 Switching 부로 Power Mosfet을 병렬로 연결하여 내부 저항을 최소화함으로써 스위칭에 의한 전력 손실을 최소화 할 수 있도록 설계하였다.



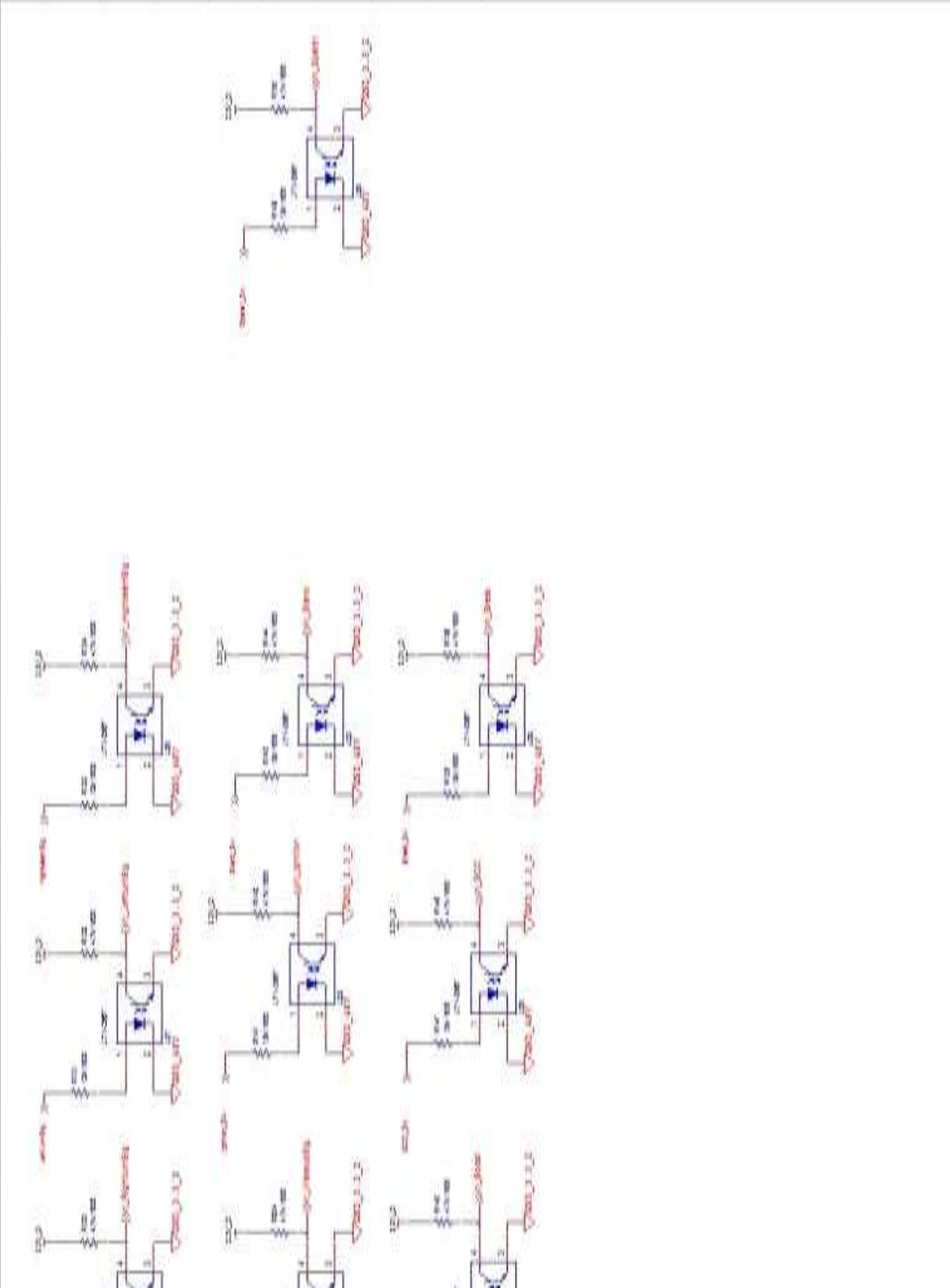
○ 아래 회로도는 높은 전류로부터 MCU의 보호를 위한 High current 검출부 회로도이다.



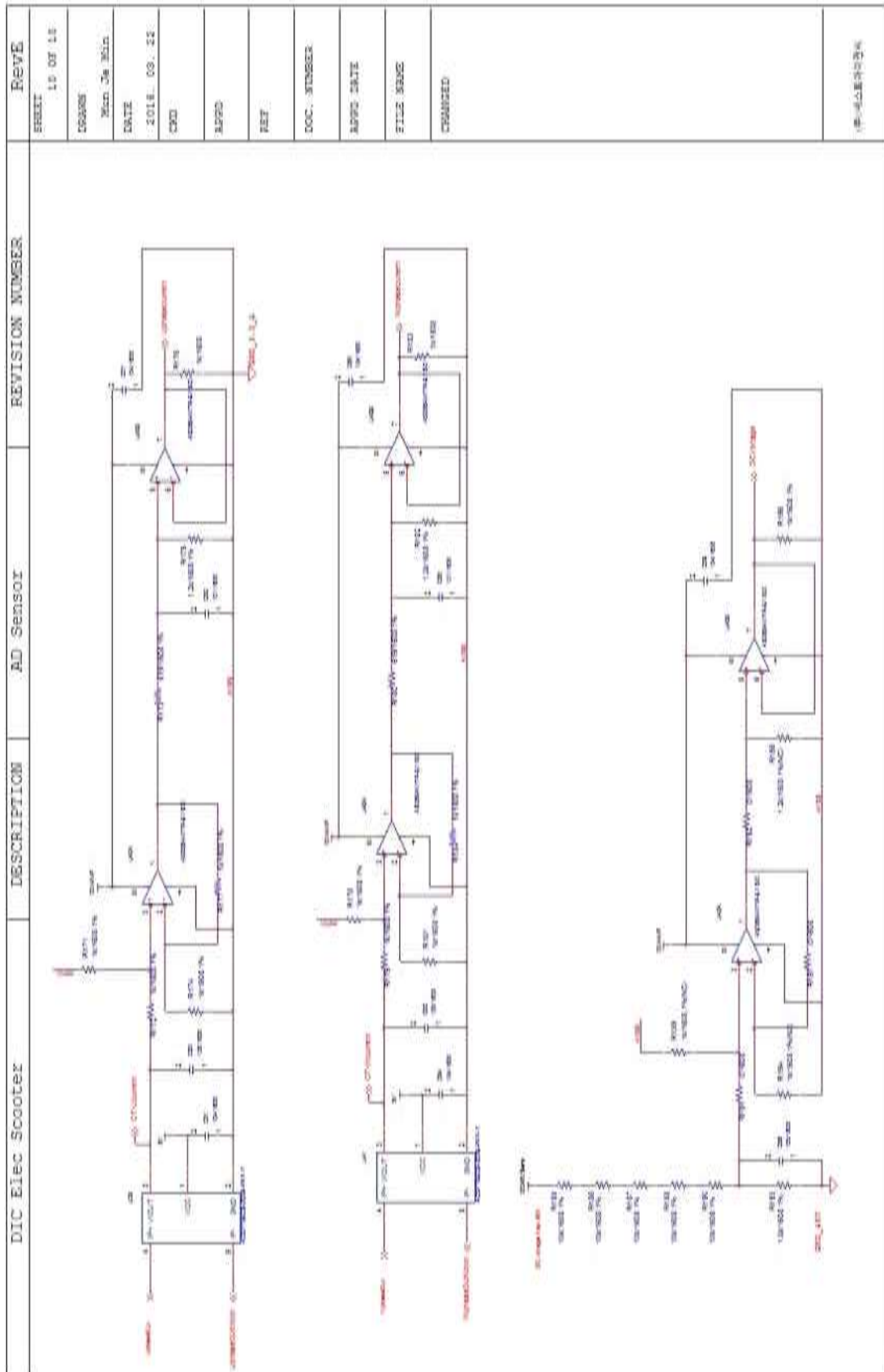
○ 아래 회로도는 이식기의 주변 기기와의 연동을 위한 CAN 통신 회로부이다.



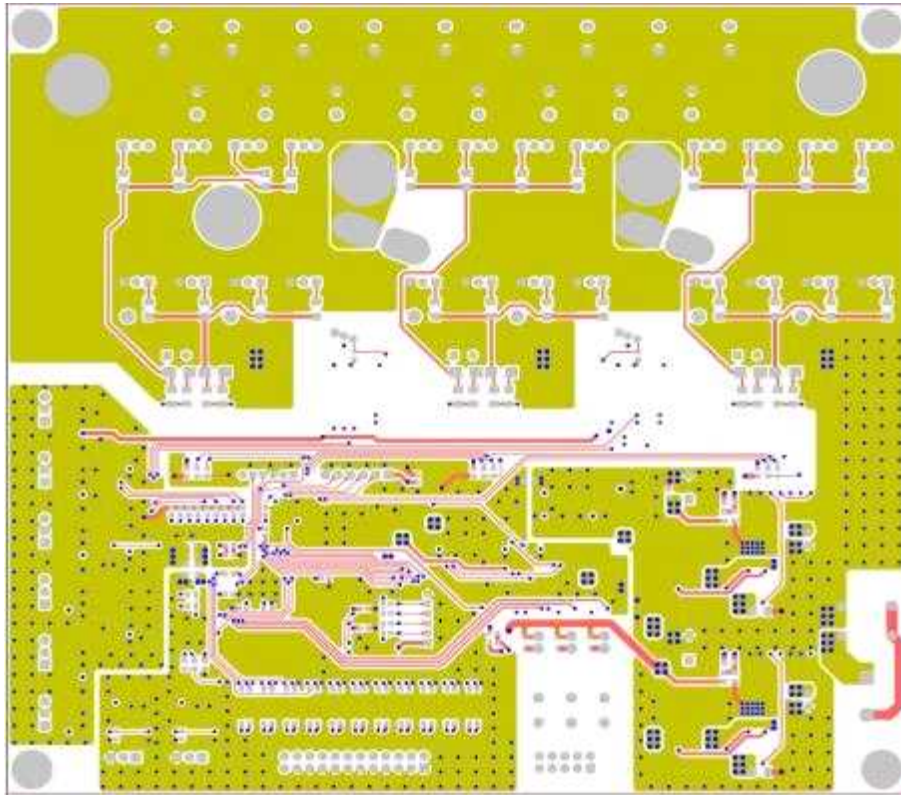
○ 아래 회로도는 전기 이식기의 명령 전달을 받기위한 Input 회로도이다.

DTC Elec Scooter	DESCRIPTION	I/O one	REVISION NUMBER	RevE
				SHEET 8 OF 10 DRAWN Mon. Jie Min DATE 2016. 04. 08 CNO APPD REF DOC. NUMBER APPD. DATE FILE NAME (CHANGED)
(중략)				(중략)

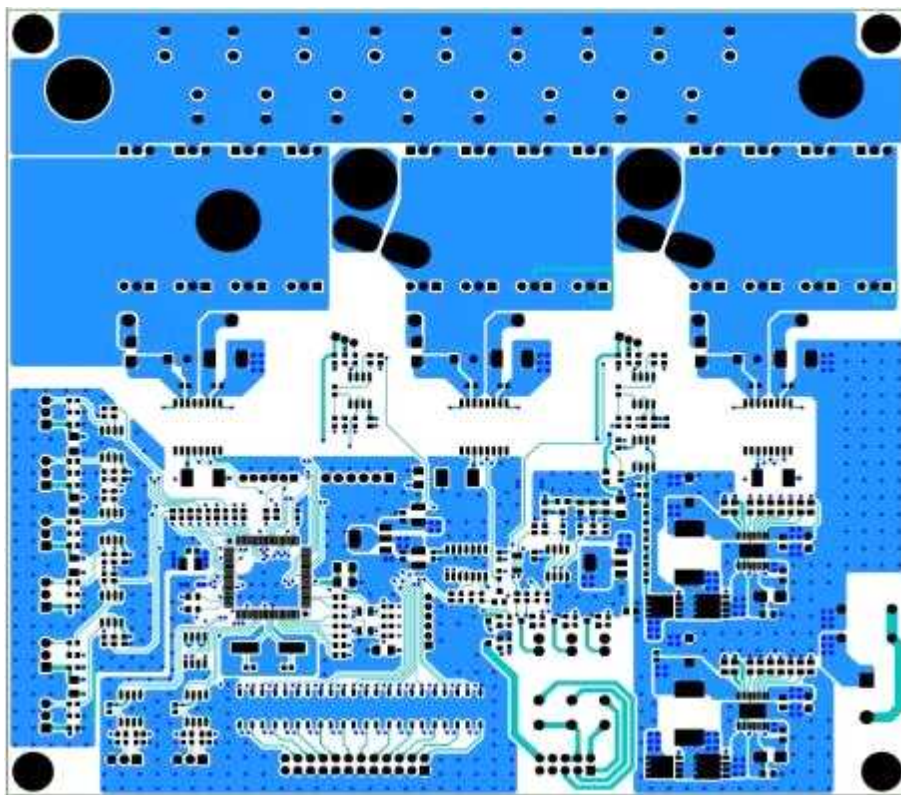
○ 아래 회로도는 Motor의 U/V/W상에 흐르는 전류를 검출하는 회로도이다.



② 1차 ArtWork

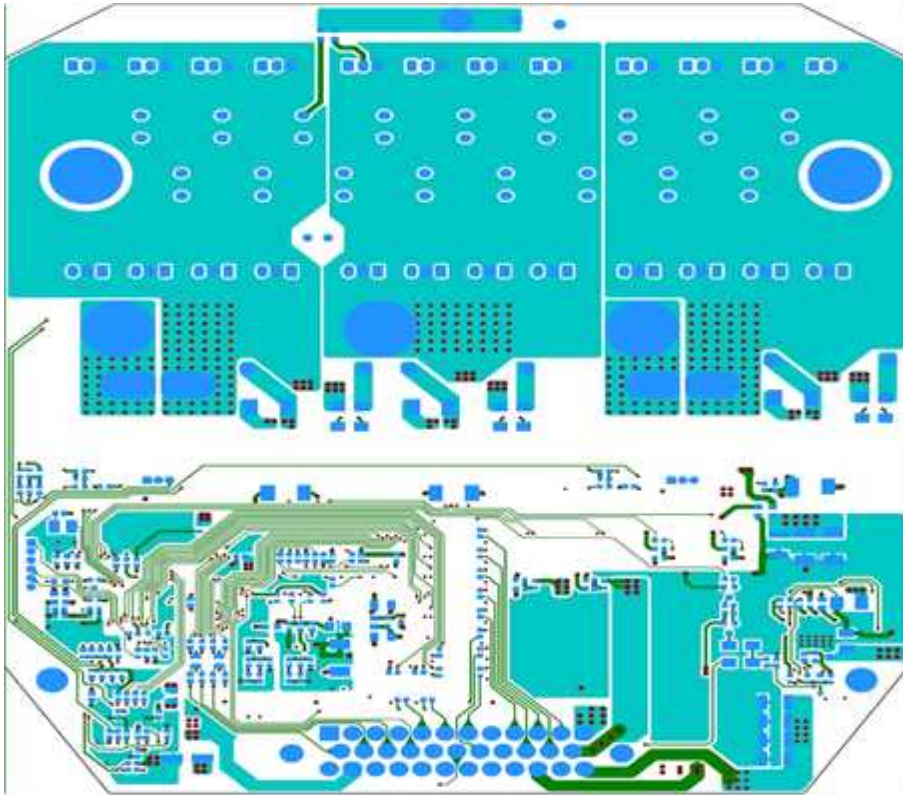


1차 Artwork Top.

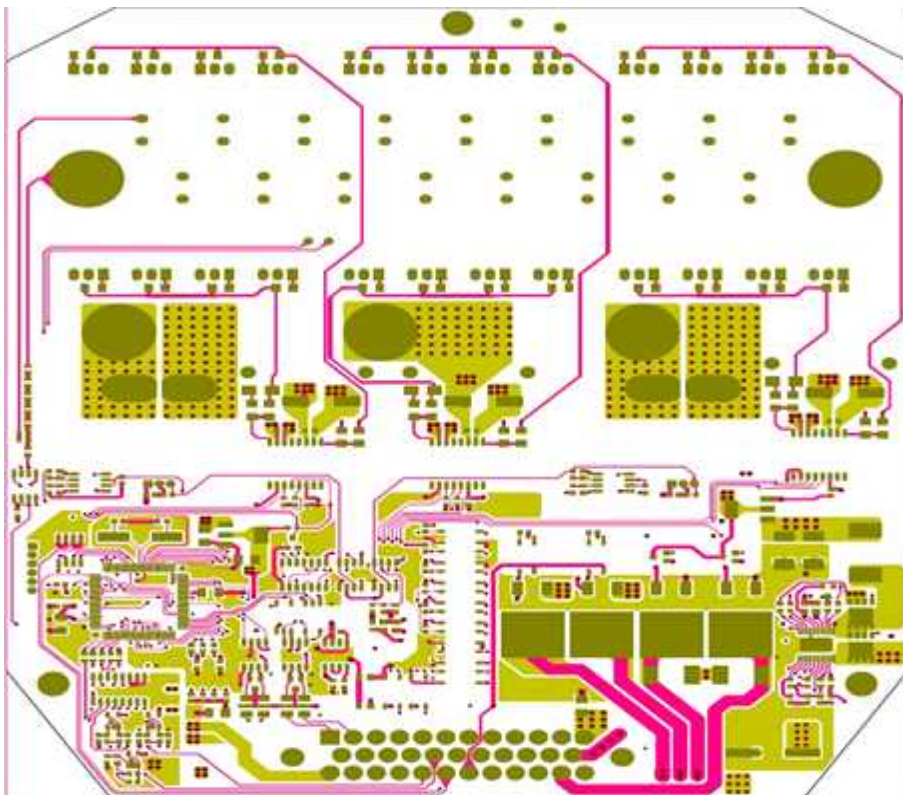


1차 Artwork Bottom.

③ 2차 ArtWork

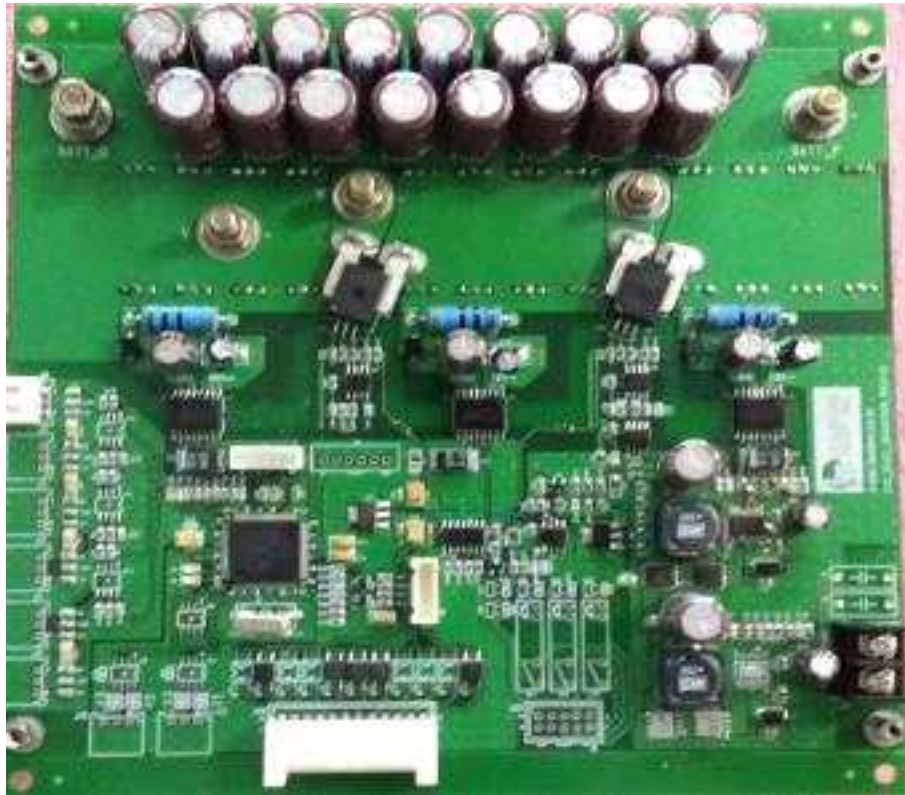


2차 Artwork Top.

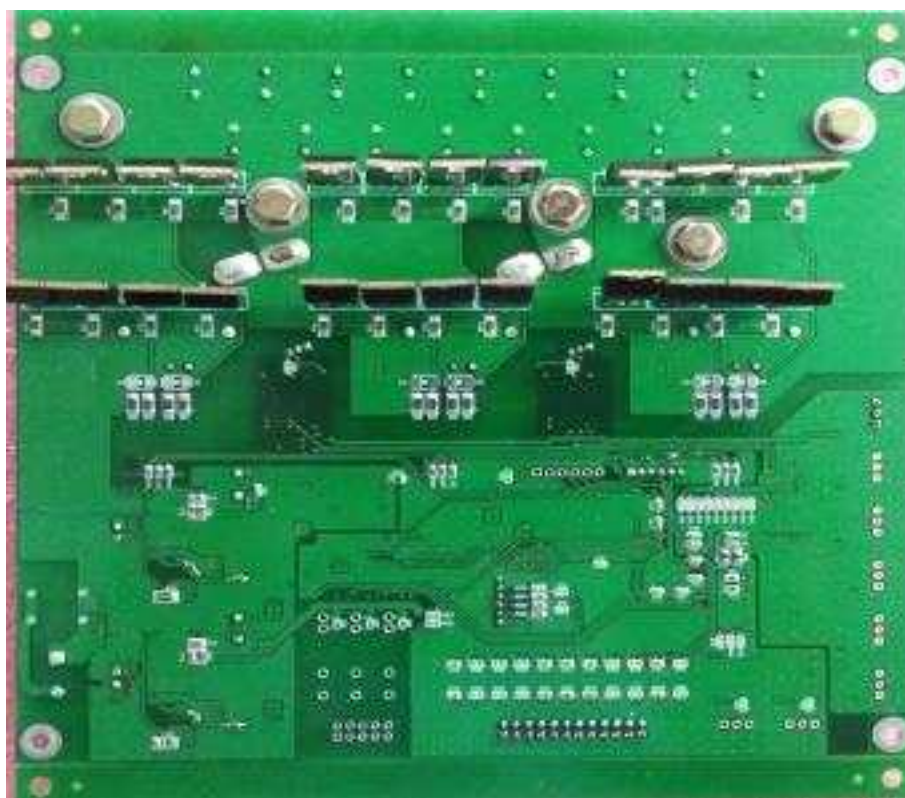


2차 Artwork Bottom.

④ 1차 PCB 조립



1차 PCB 조립 Top.



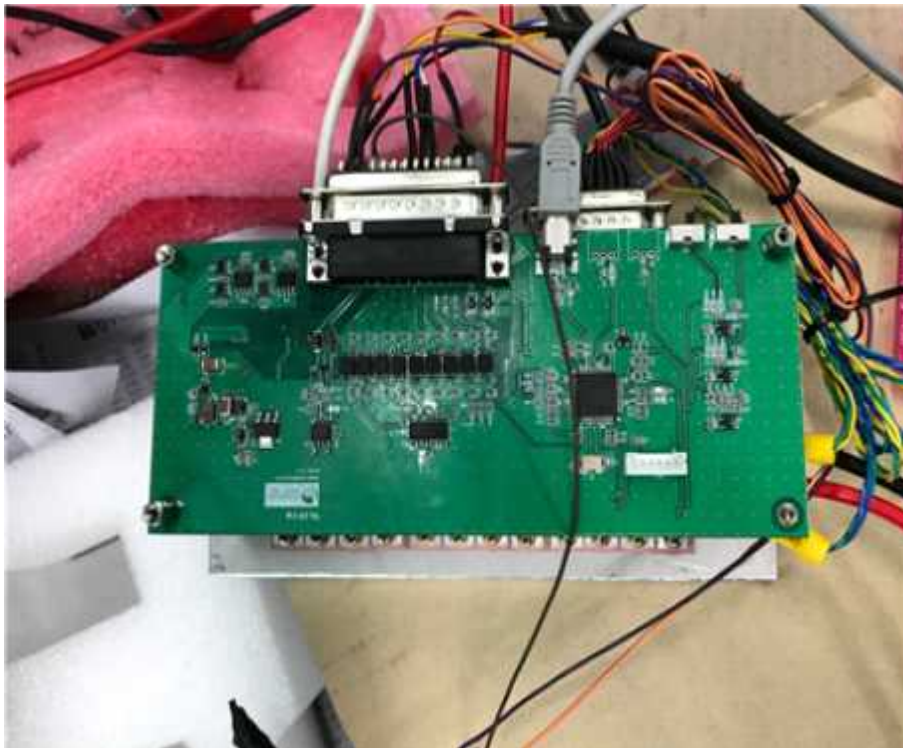
1차 PCB 조립 Bottom.

⑤ 2차 PCB 조립



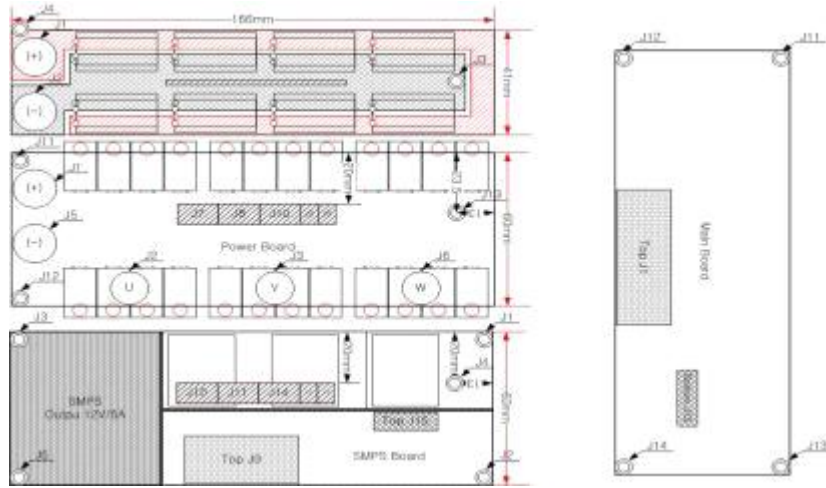
2차 PCB 방열판 조립.

⑥ 3차 PCB 조립

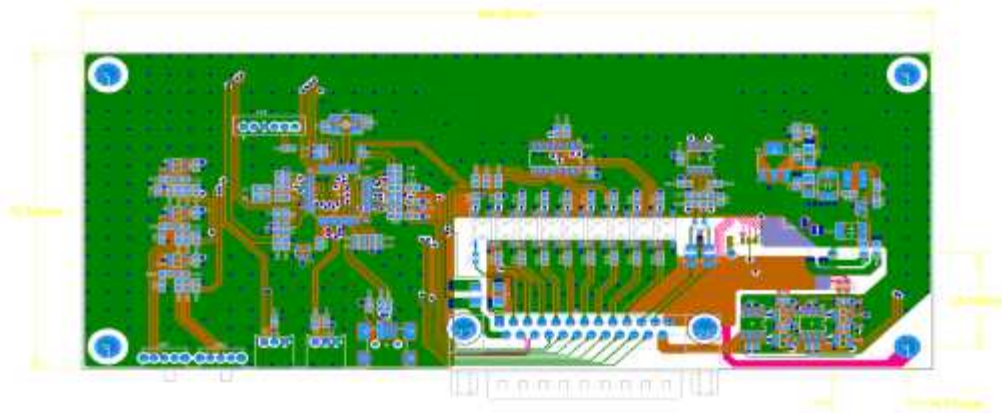


3차 PCB 조립.

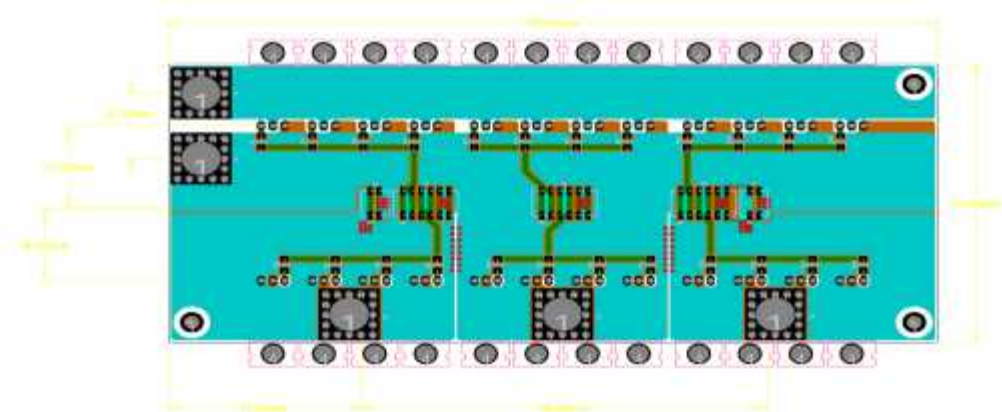
⑦ 3차 ArtWork 및 부품 배치도



3차 ArtWork 및 부품 배치도.



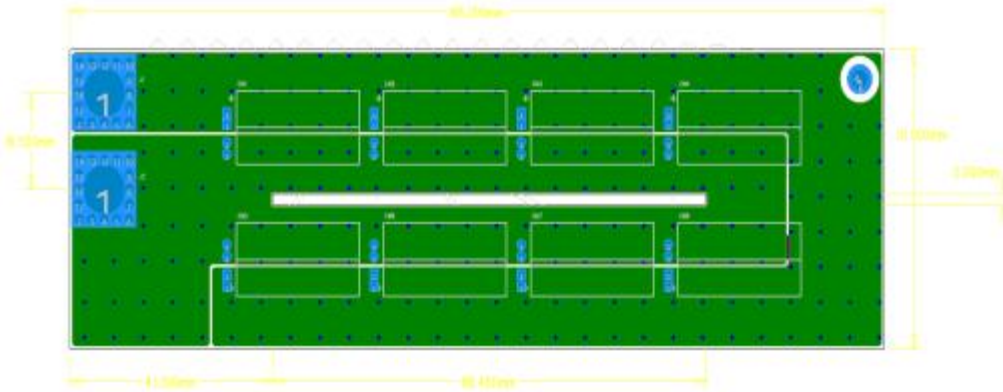
Main Board.



Power Board.



SMPS Board.



커패시터 Board.

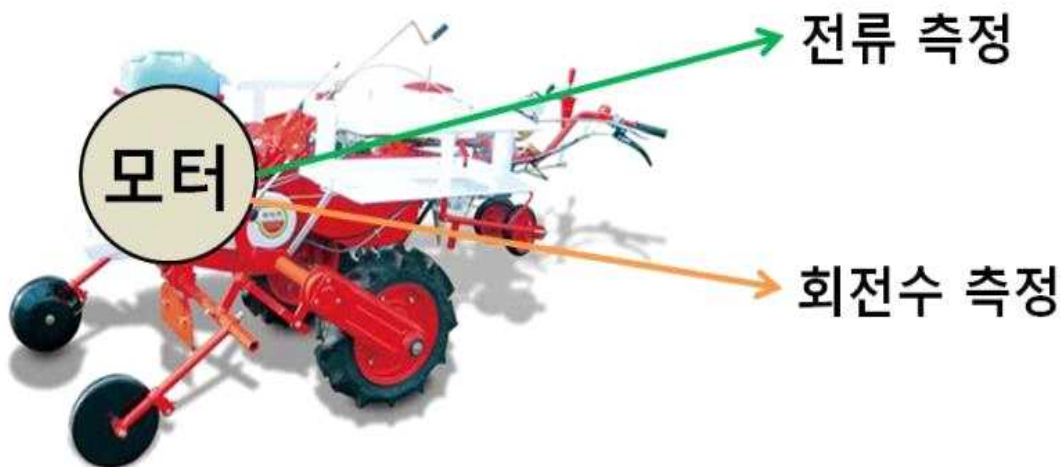
제 3절 전기 이식기 성능평가

1. 1차 시작품 성능평가

가. 전기구동 이식기 계측 시스템 개발

(1) 계측 시스템

- 전기구동 이식기 개발을 위해서는 모터의 선정이 상당히 중요하다. 따라서 기존 가솔린 엔진의 출력에 맞추어 모터를 선정하고 초기 모델 이식기를 개발 후 성능 및 특성에 대한 분석이 필요하다. 따라서 포장작업에 따른 성능을 분석하기 위해 1차 시작품 모델인 전기 이식기의 주요 측정 요소를 선정하였으며 각 주요 요소에 대한 측정 장치를 구성하였다. 전기구동 이식기의 구동 방식은 배터리의 전기에너지를 동력원으로 이용하여 모터를 구동하고, 이 모터는 구동축과 식부 장치에 동력 전달하여 두둑을 따라 이동하면서 작업한다. 모터의 회전수 측정 센서(tachometer)는 HySense RS 110의 비접촉 광학 레이저 센서를 이용하고 이 측정값은 Hydrotechnik사의 Multi System 5060을 통해 데이터를 저장하였다. 모터의 전류는 전류 프로브를 통해 측정하여 Keysight사의 InfiniiVision DSOX-3024A 모델의 오실로스코프를 이용하여 데이터를 저장하였다.



이식기의 주요 측정 요소.

(2) 모터 전류 측정 장치

- 기존 이식기의 가솔린 엔진 역할을 하는 모터는 이식기의 작업 능력, 운전 조작 등에 있어서 매우 중요하다. 따라서 모터의 선정이 중요한데 초기 모델 이식기에서는 기존 이식기의 엔진의 출력을 낼 수 있는 정도의 모터로 선정하였다. 모터의 출력을 바로 측정할 수 없으므로, 모터의 전류를 통해 모터의 출력을 식 (1)을 통해 추정 할 수 있다. 따라서 모터 전류 측정을 통해 기존 엔진의 출력 정도 스펙을 가지는 모터가 초기 모델 이식기 적용이 가능한지를 판단하였다. 모터의 전류를 측정하기 위해서는 측정 장치인 프로브와 실시간으로 측정되는 데이터를 디스플레이해주고 저장해주는 오실로스코프 장치가 필요하다. 프로브는 배터리에서 모터를 연결하는 DC +선을 측정하였으며, 오실로스코프는 이식기의 예비 묘 탑재판에 고정하였다.



전류 프로브



오실로스코프

전류 측정 장치 구성.

$$Power(kW) = V \times I \dots\dots\dots\text{식 (1)}$$

where, V = Voltage (V)

I = Electronic current (A)

- 모터 전류 측정 데이터 저장 및 디스플레이할 때 사용되는 오실로스코프의 모델명은 미국의 Keysight사의 InfiniiVision DSOX- 3024A를 사용하였다. 또한 전류를 측정할 때 사용하는 프로브는 Tektronix사의 TCP303 모델을 사용하였으며 DC+선에 장착 후 고정시켰다. 이식기가 구동하는 동안에 실시간으로 프로브 통해 전류를 측정하고, 프로브를 통한 측정 데이터는 오실로스코프에 디스플레이 및 저장이 되며, 전류 측정 장치 구성인 전류 프로브와 오실로스코프는 아래 그림과 같다.



Oscilloscope



Current Probe

전류 측정 장치 구성.

- 실험에 사용 된 오실로스코프의 주요 사양은 동급 오실로스코프보다 큰 약 8.5인치 WWGA 디스플레이가 있고, 초당 1,000,000개 파형의 초고속 업데이트를 보여주며, 딥 메모리는 최대 4 Mpts를 가지고 있다. 또한 오실로스코프, 통합 로직 타이밍 분석기(MSO), 내장 20 MHz 펄스 발생기(WaveGen), 하드웨어 기반 프로토콜 분석기의 4개의 계측기가 통합되어 있다. 이외의 주요 사양은 아래 표와 같다.

오실로스코프 사양

Model	DSO-X-3014A
Bandwidth(-3 dB)	100 MHz
Calculated rise time (10-90%) "	≤ 3.5 ns
input channels	4
Maximum sample rate	4 Gsa/s half channel 2 GS/s all channel
Maximum memory depth	4 Mpts
Display size and type	8.5 inch WVGA display
Waveform update rate	> 1 million waveforms per second
Number of active probes supported	one for 2-channel models

- 전류 측정에 사용 된 프로브의 주요 사양은 AC/DC 전류 모두 측정이 가능하며, 자동으로 크기 및 단위를 조정하여, 오실로스코프 화면에 진폭 및 암페어에 대한 판독 값이 제공되어 측정 오류가 줄고 수동 계산의 번거로움이 줄었다. 분할 코어(split-core) 구조를 통해 회로를 쉽게 연결이 가능하고, 프로브 기기에 상태표시기가 있어 오류에 대한 알림 및 시각적 작동상태를 볼 수 있다. 낮은 DC 드리프트 및 노이즈를 통해 저레벨 전류 측정이 향상되었다. 작동 온도는 0 ~ 50°C (32 ~ 122F)이고, 작동 습도는 온도 30°C 일 때 5% ~ 95%이다. 이 외의 사양은 아래 표와 같다.

프로브 사양

Model	TCP 312A
Bandwidth	100 MHz
Rise time	≤ 3.5 ns
DC accuracy	±3% of reading
Accuracy, typical	DC: ±1% of reading DC to 60 Hz, ≤5 A: ±1% 60 Hz - 5 kHz, ≤5 A: ±1.5% DC - 5 kHz, >5 A: ±1.5%
Lowest measurable current (at ±3% accuracy at DC) Scope set to 1 mV/div and 20 MHz BW limited	1 mA
Maximum Amp-Second product, typical (based on amplifier range setting)	50 A*μS - 1 A/V 500 A*μS - 10 A/V
Bare	150V CAT II
Insulated	300V CAT II
AC-coupling low-frequency Bandwidth, typical (Low pass - 3 dB point)	< 7 Hz
Displayed RMS noise, typical (at 20 MHz bandwidth limit)	≤ 250 μARMS
Signal delay (to output BNC)	17 ns
Insertion impedance	0.11 Ω at 1 MHz 0.12 Ω at 10 MHz 0.35 Ω at 50 MHz 0.7 Ω at 100 MHz

프로브 최대 정격 전류

Item	High-current sensitivity	Low-current sensitivity
Range	10 A/V	1 A/V
DC (continuous)	30 A	5 A
RMS (sinusoidal)	21.2 A	3.5 A
Peak	50 A	50 A

(2) 모터 회전수 측정 장치

○ 이식기의 성능 분석 및 개발을 위해서는 이식기의 토크 분석도 중요하다. 이식기의 토크를 추정하기 위해서는 전류 측정을 통한 이식기의 출력(kW)을 계산한 후 모터의 회전속도를 측정하면 식 (2)를 통해서 토크를 계산 할 수 있다. 모터 회전수 측정을 위해 데이터 수집 장치는 이식기의 예비 묘 탑재판에 고정하고, 회전수 측정 장치는 모터의 벨트 풀리에 장착하였다. 회전속도 측정 장치 구성은 아래 그림과 같이 설치하였다.



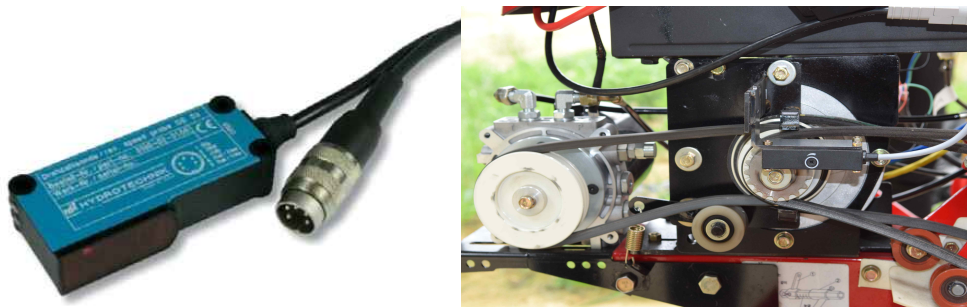
회전속도 측정 장치 구성.

$$Power(kW) = \frac{2\pi \times T \times N}{60,000} \dots\dots\dots\text{식 (2)}$$

where, T = Torque (Nm)

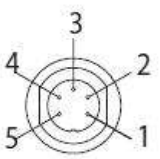
N = Rotational speed (rpm)

○ 이식기의 모터 회전수를 측정하기 위해선 회전 속도 측정 센서와 휴대용 데이터 수집 장치가 사용되었다. 실험에서 사용된 회전 속도 측정 센서는 HySense사의 RS 110을 사용하였다.



회전 속도 측정 센서.

- 이 센서는 회전하는 모터 V-벨트 풀리에 특별 제작된 태그를 0~ 500 mm 거리 범위에 붙이고 태그 위에 LED 빛을 내보내는 발광 센서와 빛을 감지하여 전기신호로 변환하는 광센서가 있는 센서를 고정시킨다. 모터가 회전할 때 V-벨트 풀리가 회전하게 되고, 그때 태그에서 LED 빛이 반사되고 이 반사된 빛이 광센서에서 신호를 받아 전기 신호로 변환하여 모터의 RPM을 측정한다. 이 외의 사양은 아래 표와 같다. 휴대용 데이터 수집 장치와 회전수 측정 센서 연결되는 핀의 구성은 아래 그림과 같다.

Pin assignment	RS 110 (frequency)
	Pin 1 = signal +
	Pin 2 = - Ub / GND
	Pin 3 = + Ub
	Pin 4 = free
	Pin 5 = free

데이터 수집 장치와 연결하는 핀의 구성

회전 속도 측정 센서 사양

Model	RS 110
Mesuring principle	auto-collimation
Light source	power LED with visible red light
Supply voltage Ub	10 ~ 30 VDC
Ripple	< 5 Vss
Current consumption	< 30 mA
Output current max.	< 100 mA
Response time	500 μs
Switching sequence	1,000 Hz
Range	0 ... 500 mm
Protection type	IP 67
Signal repetition frequency	max. 500 Hz
Output signal	frequency (rectangular signal)/ 4 ~ 20 mA
Electrical measuring connector	5 pole device connector, M16 × 0.75
Environmental temperature	-40 ~ +60 °C
Storage temperature	-40 ~ 75 °C
Weight	141 g

- 회전 속도 측정센서를 통해 얻어진 데이터는 휴대용 데이터 수집 장치로 이동하게 되고, 실시간으로 모터의 RPM 값을 디스플레이 및 일정 시간 동안의 데이터를 저장한다. 이번 실험에서 사용 된 데이터 수집 장치는 Hydrotechnik사의 Multi System 5060 휴대용 멀티 측정 시스템으로써, 아래 그림과 같다.



휴대용 데이터 수집 장치.

- 휴대용 데이터 수집 장치는 총 24개의 입력 채널, 2GB 기본 데이터 메모리가 있고 확장이 가능하다. 약 3.5인치 LCD 컬러 그래픽 디스플레이, CAN bus 기술의 통합으로 인해 매우 효율적이다. 6개 아날로그 입력 채널 (Ch1~Ch6) - 압력 및 온도 측정 (Ch1~2 : 고속)이 있다. 2개 주파수 입력 채널이 있고 (Ch7~Ch8), 최대 10 kHz 주파수 측정 입력이 가능하다. 14개의 CAN bus 입력신호, 13 비트 아날로그/디지털 컨버터, 측정 속도 0.1 ms 이다. 이외의 사양은 아래 표와 같다.

표 4-36 휴대용 데이터 수집 장치 사양 (1)

Item	Specifications
Analog channels signals	6
signals	0/4~20 mA, 0~10 V, ±10 V, 0.5~4.5 V, 1~5 V, 2~10V
A/D converter	13 bit
measuring	10 kHz
err limit	±0.15% FS
Measuring channels frequency	2
signals	0.25 Hz ~ 20 kHz, 0.25 Hz ~ 5 kHz
measuring rate	10 ms
error limit	±0.02 % of measured value
Electrical connection	6-pole jack, compatible with DIN 45 322 IEC 60130-9

휴대용 데이터 수집 장치 사양 (2)

Item	Specifications
Digital input channels	1
signals	3.5~30 VDC (high)
Digital output channels	1
signals	NPN transistor output Max. 30 VDC/ 10 mA
Special channels	14 (for CAN, MultiXtend or calculations)
MultiMeter connector	RS 232
CAN measuring rate/ protocols	10 ms/ CANopen, SAE J1939, a.o.
Calculations	Difference, Sum, 1. derivation, hydraulic power, free definable formulas

휴대용 데이터 수집 장치 사양 (2)

Item	Specifications
Type	SD card, 2GB
Max. numver of measuring series	200
Max. number of values per series	2 milion
Recording rate	0.1 ms ~ 999 min
Individual scan rate	2 selectable, factor 1~5,000
Recording time	1 s ~ 999 h
Numver of triggers	2, linkable
Pretrigger	0 / 10 / 20 ~ 100%

휴대용 데이터 수집 장치 사양 (3)

Item	Specifications
Display	3.5 " color TFT, QVGA
Interfaces	USB 2.0/FS device/host, RS 232, CAN
Power supply	Power pack (24 VDC / 340 mA)
Batteries	NiMH 14.4 V / 2,150 mAh
Battery performance	8 h
Sensor power supply	> 13 V
CAN power supply	~13 VDC / 80 mA
USB host power supply	~ 5 VDC / 75 mA
Protection type	IP 40
Operation / Storage temperature	-10~+50℃ / -20~+50℃
Relative humidity	0~80%

나. 성능평가를 위한 포장시험

(1) 시험 포장 조건

- 시험 포장의 토양은 동양물산 충남지점 내 비닐하우스 총 작업거리 약 40 m를 전진 작업하였다. 시험 포장 조건은 비닐하우스 내 토양으로 인해 비를 맞지 않아 수분함량이 매우 적고, 직경이 0.05~0.25 mm 범위에 있는 고운 모래 조건이었으며, 작업 두둑 폭은 양과 작업 기준인 약 120 cm으로 두둑형성기를 통해 만들고 작업하였다. 시험 포장 주소는 도로명 기준으로 충남 논산시 노성면 논산평야로 1431-10번 길이고, 두둑이 형성된 시험 포장은 아래 그림과 같다.



시험 포장 사진.

(2) 실험 방법

- 초기 모델 이식기의 포장 실험은 대표적인 작업인 주행 단독 진행, 주행과 식부장치 동시 진행, 식부 장치 단독 진행으로 총 3가지 방법으로 작업별로 각각 시험 횟수 3회 반복하였다. 주행 속도는 저속(1단)과 고속(2단)으로 전진 작업하였으며, 식부장치의 주간 거리는 49, 56, 60 cm로 총 3수준으로 나누어 진행하였다. 한 작업자가 변속 수준은 동일하게 저속(1단)으로 계속 진행하여 신뢰성을 향상시켰다. 작업에 따른 실험 조건은 아래 표와 같으며, 측정 대상은 DC 모터 전류와 모터 회전수이다.

작업에 따른 실험 조건

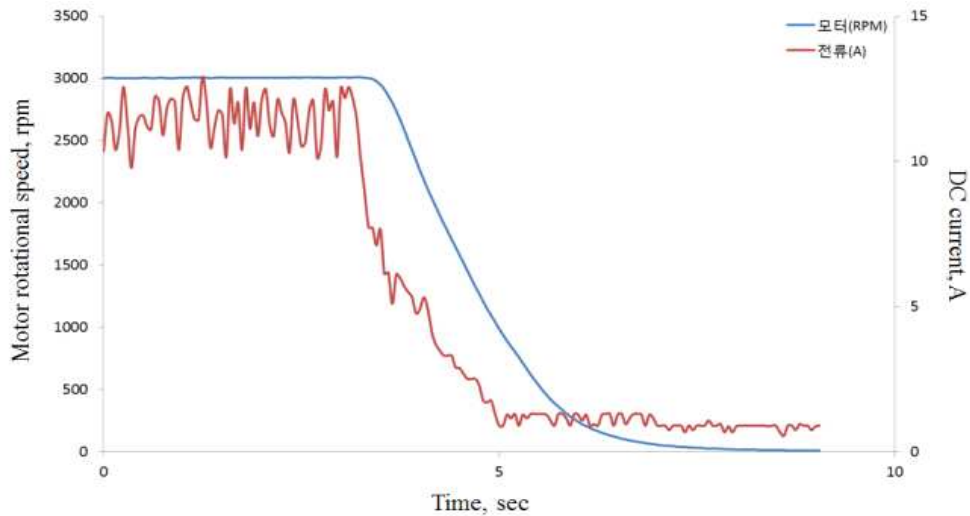
작업방법	작업조건			
	변속 단수	주간 거리	측정 항목	반복 횟수
주행 작업	저속, 고속	-	DC 모터전류 모터 회전수	각 3회
식부 작업	-	49, 56, 60 cm		
주행과 식부 동시 작업	저속, 고속	49, 56, 60 cm		

- 추가 실험으로 3,000 / 4,000 / 4,700 rpm으로 총 3가지 수준으로 모터의 회전수에 따라 클러치 연결 여부에 따른 DC모터 전류 및 모터 회전속도를 3회 반복 측정하였다.

(3) 포장 실험 결과

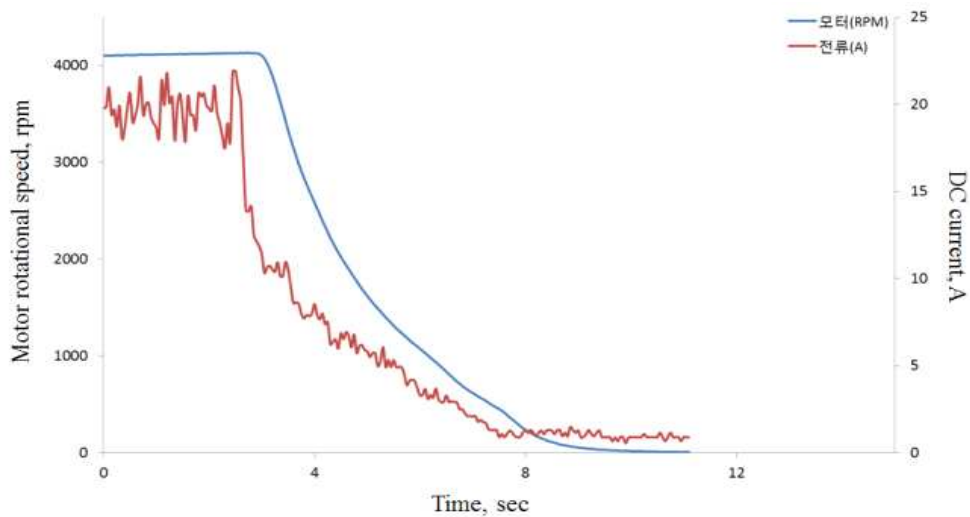
(가) 모터 초기 조건에 따른 이식기 구동

- 이식기 구동은 엔진 시동 후 주행 클러치를 연결시키는 순서로 구동이 진행된다. 본 연구에서 동력 측정을 위해 엔진 대신 장착한 모터의 초기 구동 속도에 따른 이식기 구동 성능을 분석하여 이식기의 정상적인 작업 가능성을 평가하였다. 모터 초기 조건에 따른 이식기 구동은 모터의 초기 회전수를 인자로 실시하였으며 3,000, 4,000, 4,500 rpm의 3 수준으로 실험 수준을 설정하였다. 각각의 초기 모터 회전수에서 변속 레버를 통해 클러치를 연결한 후 모터 회전수와 전류를 측정한 결과 아래 그림들과 같이 나타났다. 각각의 조건에서 측정된 전류값 및 전압 사양을 통해 출력을 계산하였으며 이를 이용하여 모터의 선정의 적합성 또는 재선정을 판단하였다.
- 모터의 초기 구동 속도를 3,000 rpm으로 설정한 후 약 3.5초 후에 변속기 레버를 통해 클러치를 연결하여 이식기를 구동한 결과 전류 및 모터 회전수는 아래 그림과 같이 나타났다. 클러치 연결 전 DC 전류는 평균 약 11.3 A로 나타났고, 모터의 평균 출력은 약 0.54 kW로 나타났다. 클러치 연결 시 이식기는 정상 구동이 어려운 상태로 단시간 진동이 발생되다가 모터 스톨(Stall) 현상이 발생하였다.



초기 모터 회전속도 3,000 rpm에서 이식기 구동 결과.

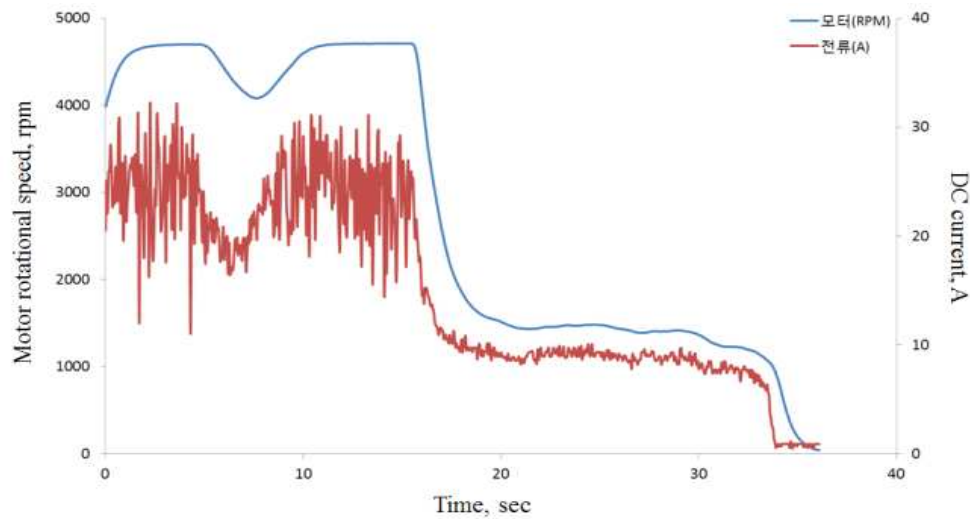
- 모터의 회전수를 약 4,000 rpm으로 설정한 후 아래 그림과 같이 약 3초 후에 변속기 레버를 통해 클러치를 연결하였다. 클러치 연결 전 DC 전류는 평균 약 19.5 A로 나타났고, 모터의 평균 출력은 약 0.94 kW로 나타났다. 모터 회전수 3,000 rpm 실험보다 모터의 출력 및 전류는 증가되었지만, 실험 결과는 전 실험과 동일하게 클러치 연결 시 큰 부하 등으로 인한 모터 스톱이 발생되었다.



초기 모터 회전속도 4,000 rpm에서 이식기 구동 결과.

- 모터의 회전수를 약 4,500 rpm으로 설정한 후 아래 그림과 같이 약 16초 후에 변속기 레버를 통해 클러치를 연결하였다. 이때 레버를 통해 클러치를 연결한 시간은 준비 시간에 의한 것으로 실험 결과에 큰 영향을 미치지 않는다고 가정하였다. 모터의 초기 회전속도가 4,500 rpm 이상 시 약 9초에 충격이 발생하였다. 클러치 연결 전의 DC 전류는 평균 약 24 A로 나타났고, 평균 출력은 약 1.15 kW로 나타났다. 실험 결과 기존 실험에 비해 모터의 출력 및 전류는 증가되었지만, 클러치 연결 후 DC 전류 및 모터의 회전속

도는 각각 약 9.8 A, 1400 rpm으로 급강하하였고, 약 15초 정도 전진 후 모터는 스톨 현상이 발생하여 이식기가 정지되었다.



초기 모터 회전속도 4,500 rpm에서 이식기 구동 결과.

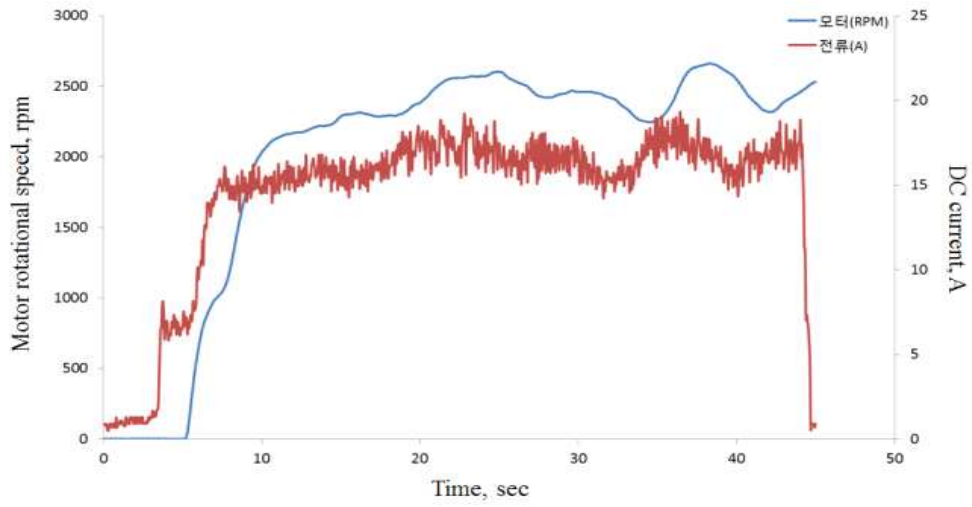
- 모터의 초기 회전속도에 따른 이식기 구동 성능을 평가한 결과 아래 표와 같다. 모터 초기 속도가 3,000 rpm일 때, 배터리 DC에 발생된 전류는 최대 12.9 A, 평균 5.5 A로 나타났다. 측정된 전류를 통해 계산된 출력은 평균 0.26 kW, 최대 0.62 kW로 관찰되었으며, 실험에 소요된 시간은 약 9초이다. 모터 초기 속도가 4,000 rpm일 때, 배터리 DC에 발생된 전류는 최대 21.9 A, 평균 7.7 A로 나타났다. 측정된 전류를 통해 계산된 출력은 평균 0.37 kW, 최대 1.11 kW로 관찰되었으며, 실험에 소요된 시간은 약 11초이다. 모터 초기 속도가 4,500 rpm일 때, 배터리 DC에 발생된 전류는 최대 32.2 A, 평균 14.8 A로 나타났다. 측정된 전류를 통해 계산된 출력은 평균 0.71 kW, 최대 1.54 kW로 관찰되었으며, 실험에 소요된 시간은 약 36초이다. 실험 결과와 같이 클러치 연결 전 모터의 회전속도가 증가할수록 전류 및 출력이 크게 증가함을 알 수 있다. 본 실험을 통해 모터의 회전속도가 4,500 rpm 내에서는 모터 스톨 발생으로 인해 클러치 연결로 이식기 구동이 어려웠으며, 4,500 rpm 이상으로 모터의 회전속도를 높일 경우 이식기 자체 급격한 진동으로 인해 시스템에 무리를 주거나 급발진으로 인해 작업자의 안전상 문제가 발생할 수 있을 것으로 판단된다.

초기 모터 회전속도에 따른 이식기 구동 평가 결과

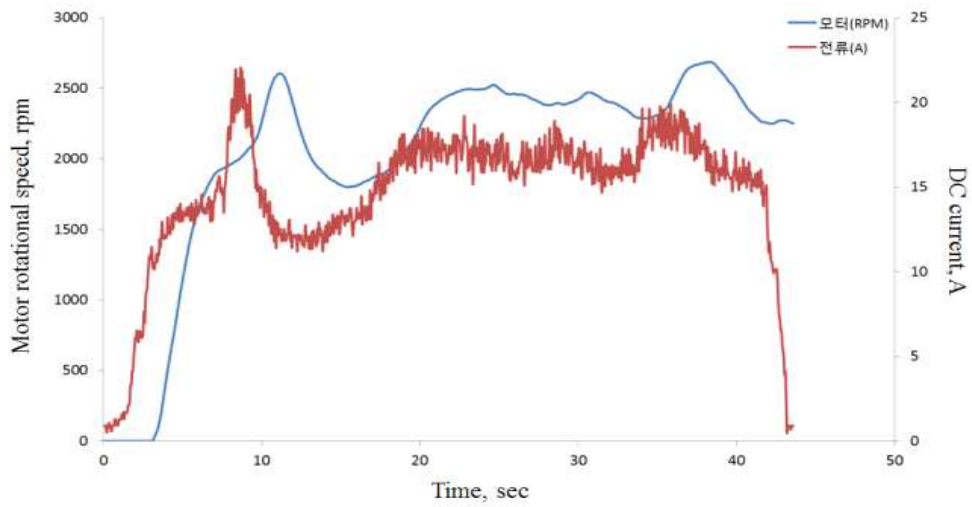
모터 초기속도 (rpm)	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	작업시간(sec)
3,000	최대	3,009	12.9	0.62	9초
	평균	1,565	5.5	0.26	
	표준 편차	1,333	4.8	0.23	
4,000	최대	4,131	21.9	1.11	11초
	평균	1,851	7.7	0.37	
	표준 편차	1,687	7.5	0.36	
4,500	최대	4,712	32.2	1.54	36초
	평균	2,801	14.8	0.71	
	표준 편차	1,629	8.3	0.40	

(나) 주행 단독 작업 시

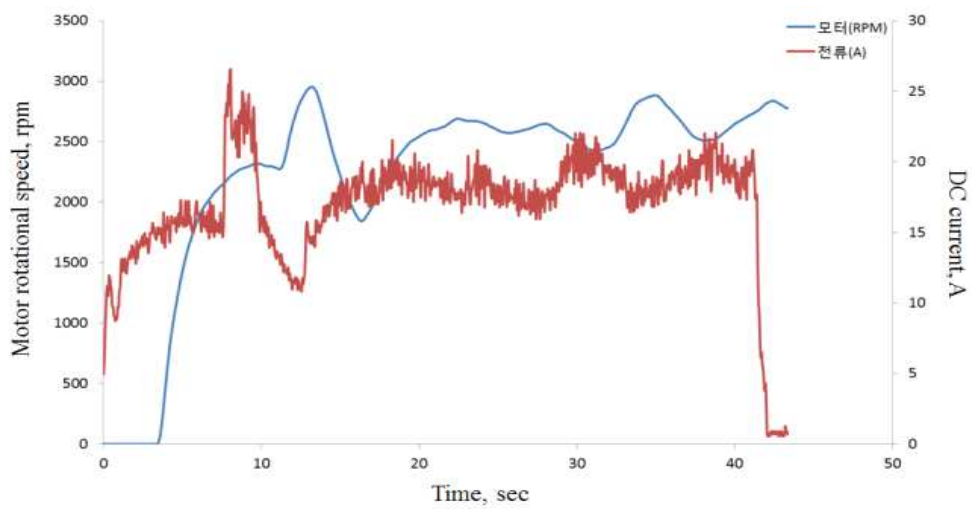
- 이식 작업 중 주행에 소요되는 동력 측정을 위해 호퍼 등의 식부의 동작은 멈춘 채 이식기를 직진주행 하였으며 그 결과 아래 그림들과 같이 나타났다. 모터의 초기 회전수에 따른 이식기 구동 분석을 통해 정상적인 방법의 경우 모터 스톱 등으로 인해 데이터 측정의 어려움 및 신뢰성 저하가 발생됨을 알 수 있었다. 따라서 모터의 스톱현상으로 인한 이식기 시동 꺼지는 현상 및 모터의 고속회전 상태 일 때 클러치 체결 시 급발진으로 인한 작업자 안전 문제의 방지를 위해 클러치를 미리 체결한 후 모터의 회전속도를 작업자가 수동으로 서서히 올리는 방법으로 진행하였다. 변속단수 저속 1단 주행 단독 작업은 아래 그림과 같이 총 실험 시간은 약 44초 진행하였고, 모터의 회전속도 증가하는 시점은 약 3.5초이다. 구동 DC 전류는 모터의 회전속도에 따라 비례하며 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 17 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.8 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 2,250 rpm이다. 변속단수를 고속 2단으로 설정한 후 실험을 진행한 결과, 모터가 정상 구동이 불가하여 고속 단수에서의 이식기 주행 단독 실험은 불가능하였다.



주행부 단독 구동 측정 결과(1).



주행부 단독 구동 측정 결과(2).



주행부 단독 구동 측정 결과(3).

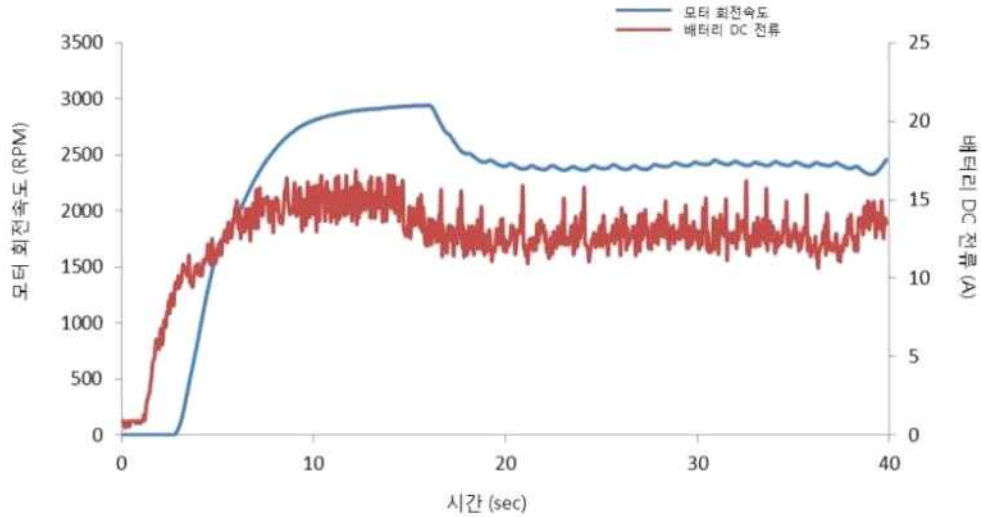
- 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 이때 실험 결과는 이식기 주행이 가능한 저속 단수 조건이다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류, 출력은 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 2,663 ~ 2,954 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,993 ~ 2,232 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 19.3 ~ 26.5 A, 평균 범위는 14.0 ~ 16.8 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.92 ~ 1.27 kW, 평균 범위 0.67 ~ 0.80 kW로 관찰되었다. 이때 작업 시간은 약 44초로 3회 반복 시 유사하게 나타났다.

주행부 단독 구동 시 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	작업시간(sec)
1	최대	2,663	19.3	0.92	45초
	평균	1,993	14.3	0.68	
	표준 편차	845	4.8	0.23	
2	최대	2,688	22.0	1.05	44초
	평균	2,021	14.0	0.67	
	표준 편차	721	4.2	0.20	
3	최대	2,954	26.5	1.27	43초
	평균	2,232	16.8	0.80	
	표준 편차	784	4.1	0.20	

(다) 식부 장치 단독 작업

- 주행 변속 단수는 중립으로 설정한 후 식부 장치는 49, 56, 60 cm 총 3수준으로 실험하였고 반복 횟수는 각각 3회씩 진행 하였다. 포텐서미터를 통해 서서히 모터의 회전속도를 상승 시켜 약 2,850 rpm까지 작업자가 수동으로 올렸다. 먼저 식부 장치의 주간거리는 49 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 평균 측정값을 아래 그림과 같이 나타났다. 총 평균 실험 시간은 약 40초 동안 진행되었고, 식부 장치 작동은 모터 회전속도가 2,850 rpm까지 도달한 후 약 17초에 작동하였다. 식부 장치 작동 이전의 모터의 회전수는 2,850 rpm이고 이 때 평균 전류는 약 15 A로 나타났다. 측정된 전류를 통해 계산된 모터 평균 출력은 약 0.72 kW로 나타났다. 식부 장치 작동 이후의 모터의 회전수는 식부 장치 작동 이전의 모터 회전수보다 줄어 평균 약 2,370 rpm 이고, 이때의 평균 전류 또한 식부 장치 작동 이전의 전류보다 줄어 약 12.5 A로 나타났다. 이때의 모터 평균 출력은 약 0.6 kW로 나타났다.



식부 장치 단독 작업.

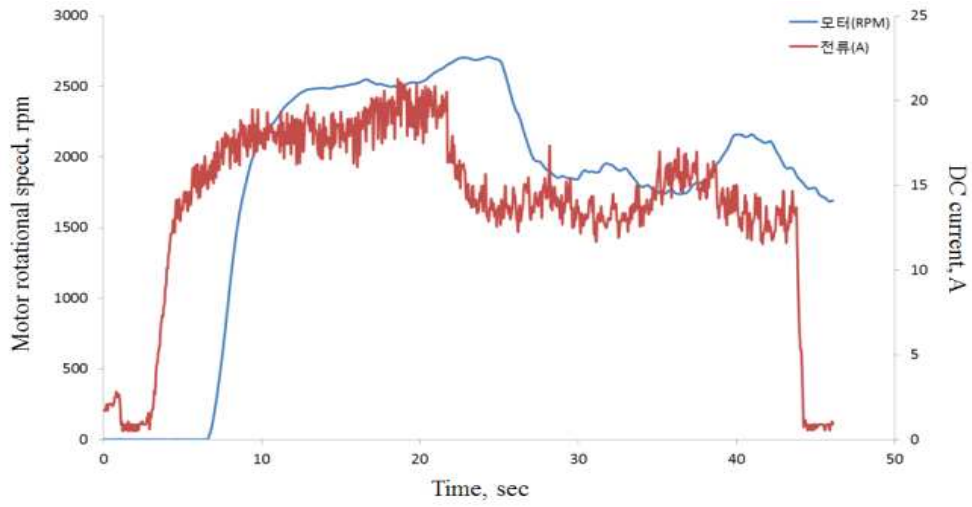
- 식부 단독 구동 시 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 최대 모터 속도는 평균 약 2,940 rpm으로 나타났으며, 평균 모터 속도는 평균 2,228 rpm으로 관찰되었다. 배터리 DC 전류의 경우 평균 12.4 A, 최대 16.8 A로 나타났으며, 이를 통해 출력을 계산한 결과 최대 0.80 kW, 평균 0.59 kW로 나타났다. 이를 통해 이식기 작업 시 주행부에 소요되는 동력이 호퍼의 궤적 운동 등에 사용되는 식부 동력에 비해 높음을 알 수 있다.

식부 단독 구동 시 모터 회전수, 전류 측정 결과

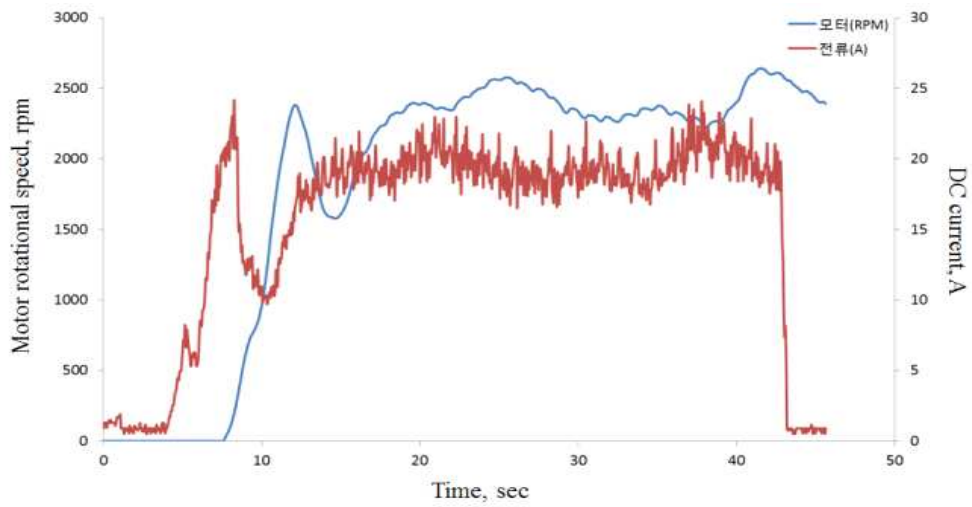
항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	작업시간(sec)
최대	2,940	16.8	0.80	40초
평균	2,228	12.4	0.59	
표준 편차	770	2.8	0.13	

(라) 주행과 식부 동시 작업

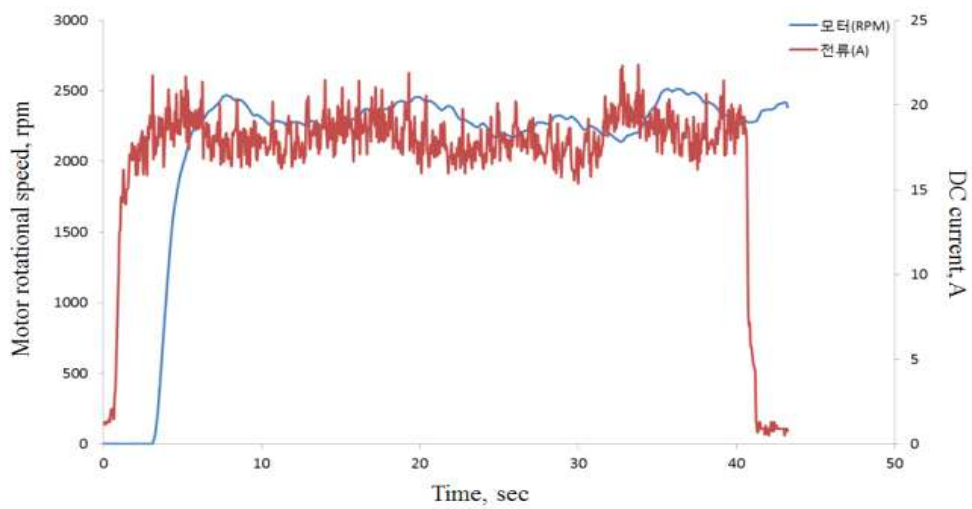
- 주행 변속 단수는 저속 1단으로 설정하였으며, 클러치 체결 후 작업자가 모터 회전속도를 서서히 증가시켰다. 식부 장치는 49 cm로 설정하였으며, 먼저 이식기의 식부 장치 정지 상태에서 주행 후 중간에 식부 장치 작동하는 방식으로 총 3회 반복 실시하였다. 이식 작업 실험 결과 아래 그림들과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 45 내외로 관찰되었다. 이식기 주행 후 식부를 동작했을 때, 출력의 큰 증가 없이 전류 및 모터 회전속도의 변동이 크게 발생되었다. 모터 회전수는 작업 중 평균 2,000 rpm으로 관찰되었으며 전류는 약 15~20 A 사이에서 변동함을 알 수 있다.



주행부와 식부 동시 구동 측정 결과(1).



주행부와 식부 동시 구동 측정 결과(2).



주행부와 식부 동시 구동 측정 결과(3).

(마) 총 실험 결과

○ 이식기의 식부 +주행 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 이때 실험 결과는 이식기 주행이 가능한 저속 단수 조건이다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류, 출력은 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 2,515 ~ 2,708 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,800 ~ 2,095 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 21.2 ~ 24.1 A, 평균 범위는 13.8 ~ 16.8 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 1.02 ~ 1.16 kW, 평균 범위 0.66 ~ 0.80 kW로 관찰되었다. 이때 작업 시간은 약 45초로 3회 반복 시 유사하게 나타났다.

식부+주행부 구동 시 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	작업시간(sec)
1	최대	2,708	21.2	1.02	46초
	평균	1,800	13.8	0.66	
	표준 편차	854	5.2	0.25	
2	최대	2,643	24.1	1.16	46초
	평균	1,816	15.3	0.73	
	표준 편차	942	7.0	0.33	
3	최대	2,515	22.3	1.07	43초
	평균	2,095	16.8	0.80	
	표준 편차	658	4.5	0.22	

2. 2차 시작품 성능평가

가. 전기구동 이식기 계측 시스템 개발

(1) 계측 시스템

- 포장 작업에 따른 성능을 분석하기 위해 2차 시작품 모델인 전기 이식기의 주요 측정 요소를 선정하였으며 각 주요 요소에 대한 측정 장치를 구성하였다. 측정 장치 1차 시작품 성능 평가와 동일하게 구성하였으며, 측정 항목은 모터 전류와 회전속도이다.

(2) 모터 전류 측정 장치

- 1차 시작품 모델 성능평가와 동일하게, 모터의 전류를 측정하기 위해서는 측정 장치인 프로브와 실시간으로 측정되는 데이터를 디스플레이해주고 저장해주는 오실로스코프 장치로 구성하였으며, 프로브는 배터리에서 모터를 연결하는 DC +선을 측정하였으며, 오실로스코프는 이식기의 예비 묘 탑재판에 고정하였다.

나. 성능평가를 위한 포장시험

(1) 시험 포장 조건

- 시험 포장의 토양은 동양물산 충남지점 내 비닐하우스 내부와 외부에서 수행하였으며, 총 작업거리는 동일하게 약 10 m를 전진 작업하였다. 비닐하우스 내부 시험 포장 조건은 전날 비로 인하여 부분 수분함량이 높은 곳이 있었으며 이외 부분은 수분함량이 적었다. 또한 비닐하우스 외부 시험 포장 조건은 햇빛으로 인하여 대부분 수분함량이 적었다. 비닐하우스 내부와 외부 모두 직경이 0.05~0.25 mm 범위에 있는 고운 모래 조건이었다. 포장시험 시 작업 두둑 폭은 양파 작업 기준인 약 120 cm으로 두둑형성기를 통해 만들고 작업하였다. 시험 포장 주소는 도로명 기준으로 충남 논산시 노성면 논산평야로 1431-10번길이며, 두둑이 형성된 시험 포장은 아래 그림과 같다.



(a) 비닐하우스 내부 시험 포장

(b) 비닐하우스 외부 시험 포장

시험 포장 사진.

(2) 실험 방법

○ 이식기 2차 시작품의 포장 실험은 대표적인 작업인 주행 단독 진행, 주행과 식부장치 동시 진행, 식부 장치 단독 진행, 단독 주행 후 식부장치와 주행 동시 진행으로 총 4가지 방법으로 진행하였으며, 단독 주행 후 식부장치와 주행 동시 진행 방법은 실험간 결과값이 비슷하여 시험횟수 1회만 진행 하였으며, 이외 방법은 작업별로 각각 시험 횟수 3회 반복하였다. 주행 속도는 단독 주행 방법은 저속(1단)과 고속(2단)으로 전진 작업하였으며, 이외 방법은 실제 농민들이 작업 시 많이 사용하는 고속(2단)으로 모두 진행 하였다. 식부장치의 주간거리는 1~19단 중 처음, 중간, 끝 단수인 26cm(1단), 42cm(10단), 63cm(19단)으로 총 3수준으로 나누어 진행하였다. 한 작업자가 모터 스톱을 최대 수준으로 고정한 후 변속 수준 일정하게 하였으며, 모든 작업을 진행하여 시험 신뢰성을 향상시켰다. 작업에 따른 실험 조건은 아래 표와 같으며, 측정 대상은 DC 모터 전류(A)와 모터 회전속도(rpm)이다. 이때 모터 출력은 배터리 전압인 48 V와 포장 실험 방법에 따라 얻어진 DC 모터 전류 데이터를 곱하여 추정하였다.

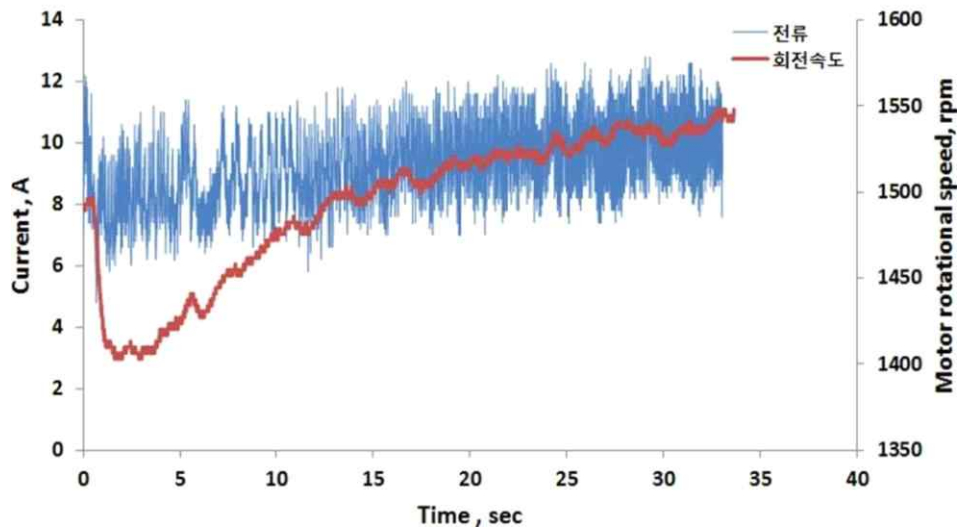
작업에 따른 실험 조건

작업방법	작업조건			
	변속 단수	주간 거리	측정 항목	반복 횟수
주행 단독 작업	저속, 고속	-	DC 모터전류, 모터 회전수	각 3회
식부 단독 작업	-	26, 42, 63 cm		
주행과 식부 동시 작업	저속			
단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업	저속			1회

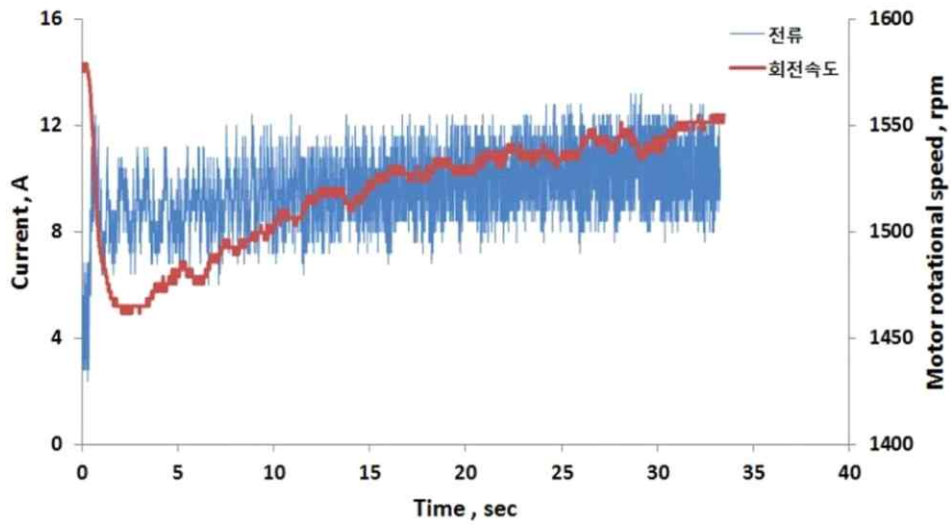
(3) 비닐하우스 내부 포장 실험 결과

(가) 주행 단독 작업 시

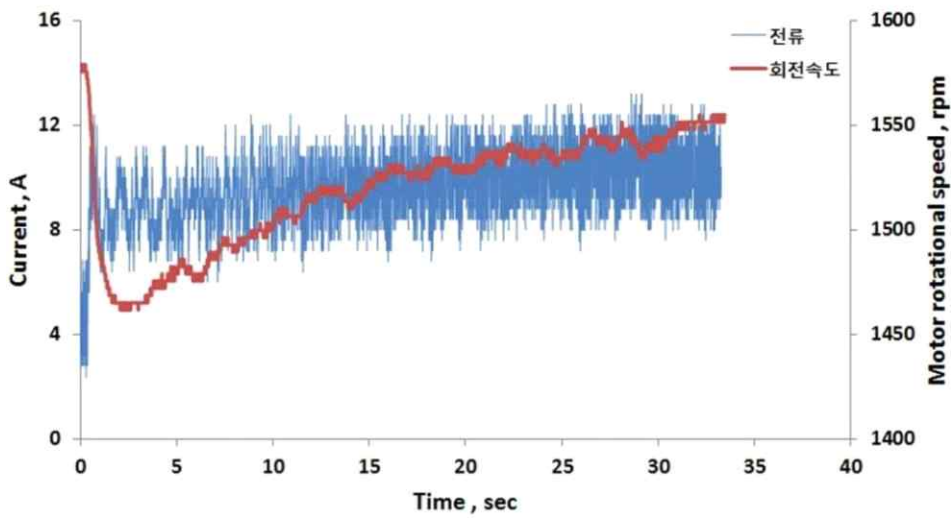
○ 이식 작업 중 주행에 소요되는 동력 측정을 위해 호퍼 등의 식부의 동작은 멈춘 채 이식기를 두둑 따라 직진으로 주행하였으며 그 결과 아래 그림과 같이 나타났다. 한 작업자가 모터 스톱을 최대로 고정한 후 변속단수에 따라 작업하였다. 변속단수 저속(1단)에서의 주행 단독 작업의 총 실험 시간은 약 33초 진행하였고, 모터의 회전속도 증가하는 시점은 약 5초이다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 9.438 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.452 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,512 rpm으로 나타났고, 모터의 평균 토크는 2.858 Nm로 나타났다.



저속(1단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(1).

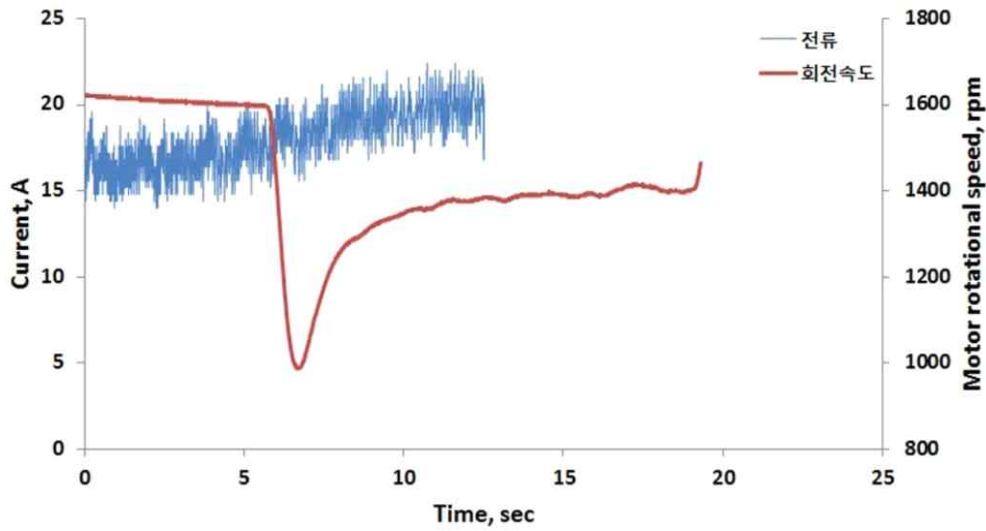


저속(1단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(2).

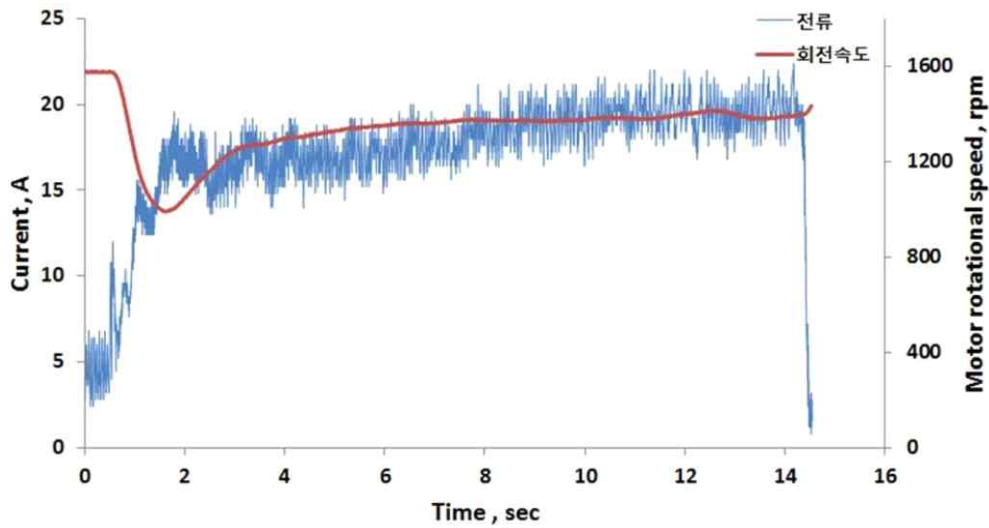


저속(1단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(3).

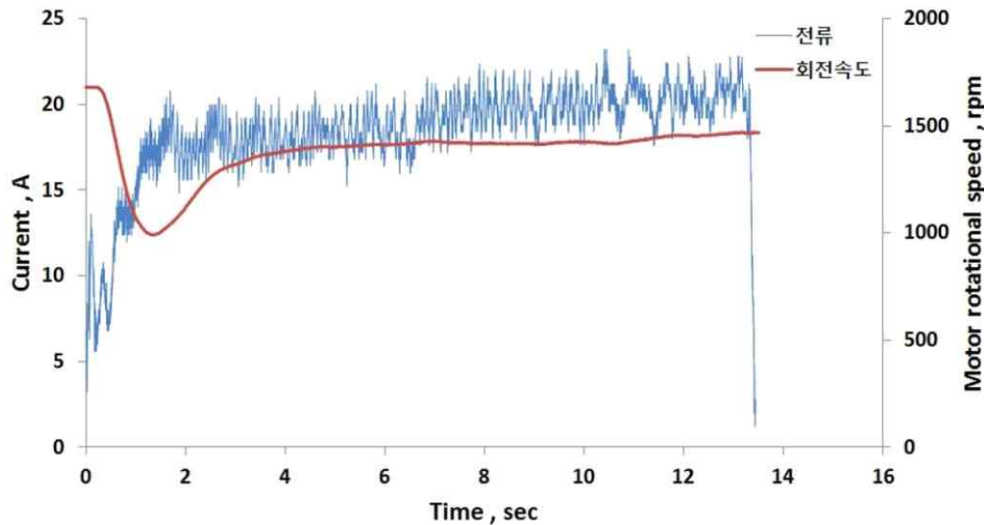
- 다음 실험은 변속단수 고속(2단)에서의 주행 단독 작업으로써, 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 총 실험 시간은 평균 16초 진행하였고, 모터의 회전속도 증가하는 시점은 처음 실험을 제외하면 약 2초이다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 17.822 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.855 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,379 rpm으로 났고, 모터의 평균 토크는 5.921 Nm로 나타났다.



고속(2단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(1).



고속(2단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(2).



고속(2단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(3).

- 주행 변속 단수가 저속(1단) 단수에서의 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류, 출력은 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 1,548 ~ 1,592 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,493 ~ 1,524 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 12.8 ~ 13.2 A, 평균 범위는 9.235 ~ 9.559 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.614 ~ 0.633 kW, 평균 범위 0.443 ~ 0.458 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 3.787 ~ 3.827 Nm, 평균 범위 2.833 ~ 2.879 Nm로 나타났다. 이때 작업 시간은 약 33초로 3회 반복 시 유사하게 나타났다.

저속(1단) 단수 시 주행부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1548.032	12.8	0.614	3.787	33초
	평균	1493.103	9.235	0.443	2.833	
	표준 편차	42.062	1.219	0.058	13.167	
2	최대	1579.117	13.2	0.633	3.827	33초
	평균	1518.843	9.559	0.458	2.879	
	표준 편차	26.571	1.347	0.064	23.000	
3	최대	1592.932	13.2	0.633	3.794	33초
	평균	1524.324	9.521	0.457	2.862	
	표준 편차	23.883	1.357	0.065	25.989	

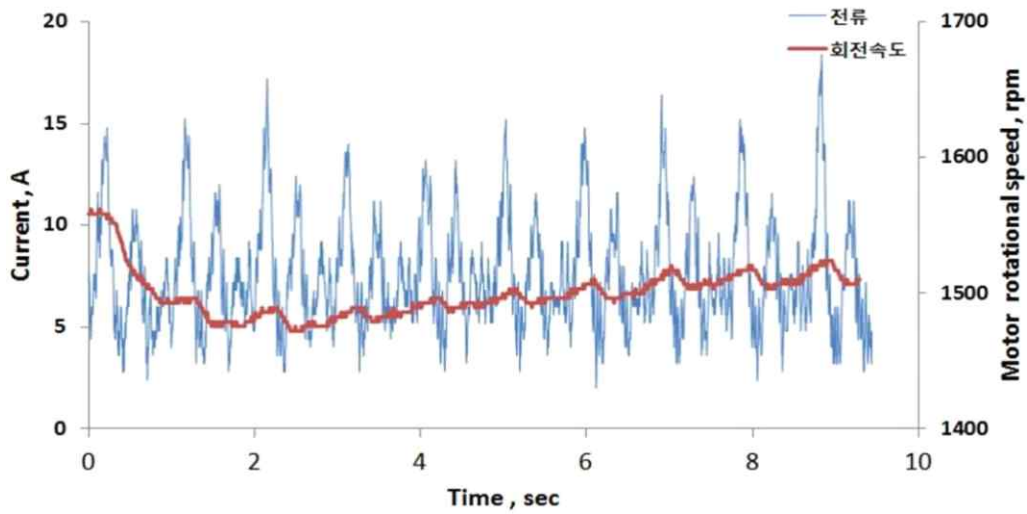
- 주행 변속 단수가 고속(2단) 단수에서의 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류, 출력은 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 1,579 ~ 1,682 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,336 ~ 1,421 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 22.4 ~ 23.2 A, 평균 범위는 17.05 ~ 18.370 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 1.075 ~ 1.113 kW, 평균 범위 0.818 ~ 0.881 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 6.319 ~ 6.501 Nm, 평균 범위 5.818 ~ 6.097 Nm로 나타났다. 이때 작업 시간은 평균 약 16초로 나타났다.

고속(2단) 단수 시 주행부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

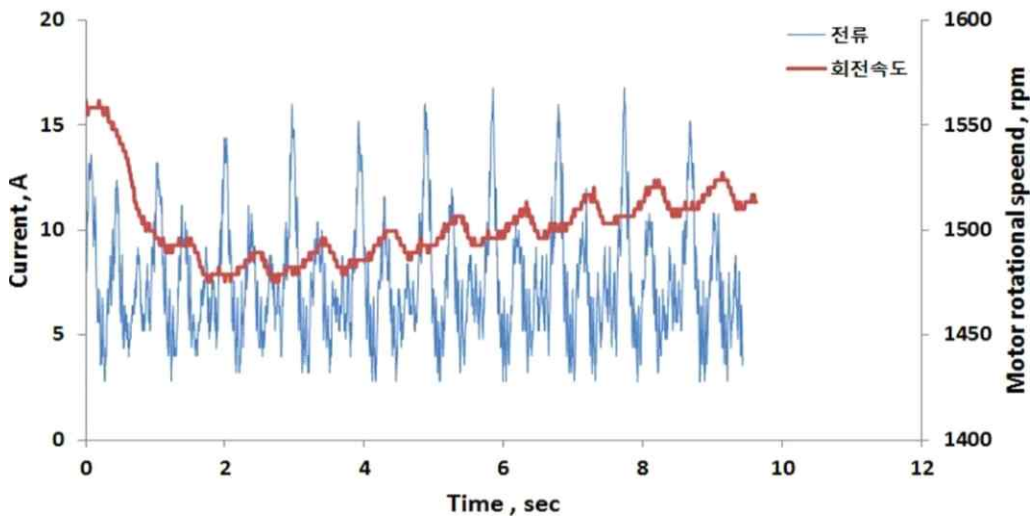
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1624.017	22.4	1.075	6.322	19초
	평균	1421.687	18.048	0.866	5.818	
	표준 편차	149.416	1.655	0.079	5.077	
2	최대	1579.117	22.4	1.075	6.501	15초
	평균	1336.988	17.050	0.818	5.845	
	표준 편차	114.2687	3.684	0.176	14.777	
3	최대	1682.733	23.2	1.113	6.319	14초
	평균	1380.821	18.370	0.881	6.097	
	표준 편차	127.7944	2.916	0.139	10.458	

(나) 식부 장치 단독 작업

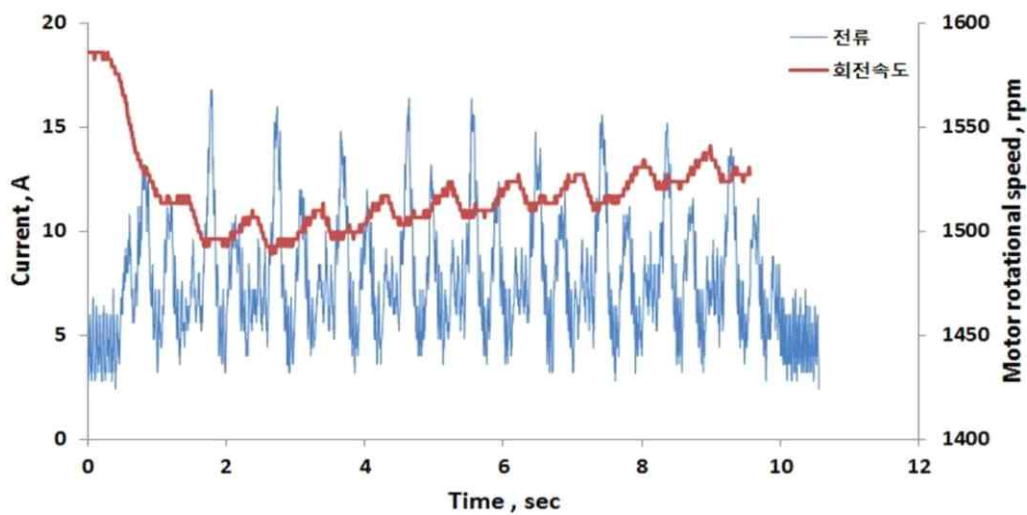
- 식부 장치 단독 작업 실험 시 주행 변속 단수는 농민들이 실제 작업 시 많이 사용하는 고속 2단으로 고정 하여 실험하였다. 주행 변속 단수는 중립으로 설정한 후 식부 장치는 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 실험하였고 반복 횟수는 각각 3회씩 진행 하였다. 이때 모터 스톱들은 최대로 고정한 후 한 작업자가 계속 진행하였으며 식부 링크는 총 10회 반복한 후 실험 종료하였다. 먼저 식부 장치의 주간거리는 26 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타났다. 총 실험 시간은 약 10초 동안 진행되었으며, 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 7.553 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.362 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,506 rpm으로 낮고, 모터의 평균 토크는 5.061 Nm로 나타났다.



주간거리 26 cm(1단) 시 식부 장치 단독 작업(1).

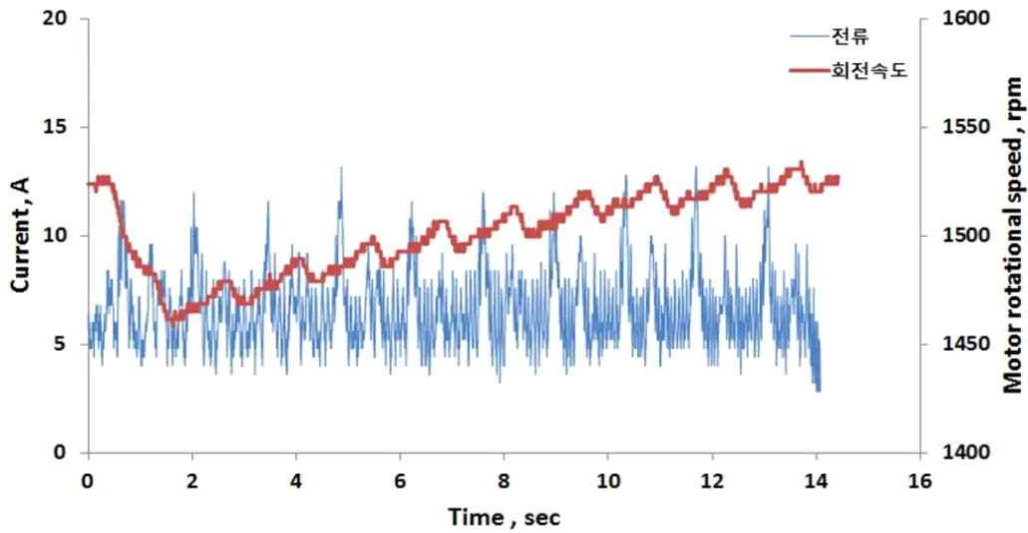


주간거리 26 cm(1단) 시 식부 장치 단독 작업(2).

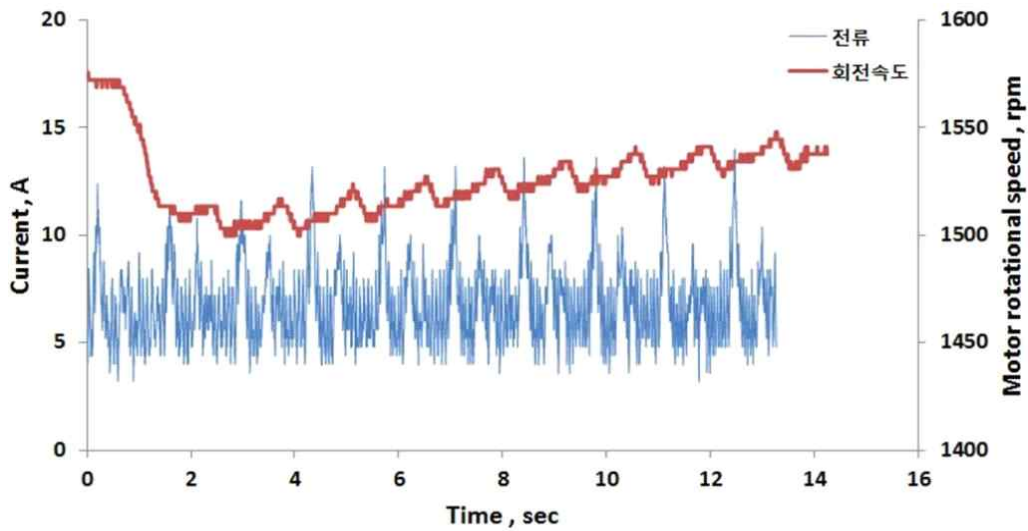


주간거리 26 cm(1단) 시 식부 장치 단독 작업(3).

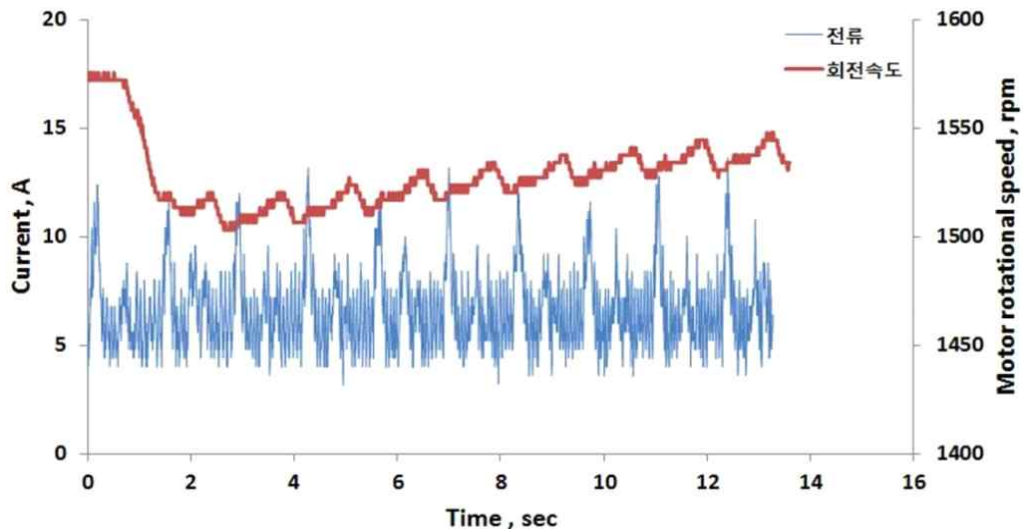
- 다음 실험은 동일한 방법으로 식부 장치의 주간거리 42 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 14초 동안 진행되었으며, 동일하게 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 이때 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 6.692 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.32 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,518 rpm으로 났고, 모터의 평균 토크는 2.02 Nm로 나타났다.



주간거리 42 cm(2단) 시 식부 장치 단독 작업(1).

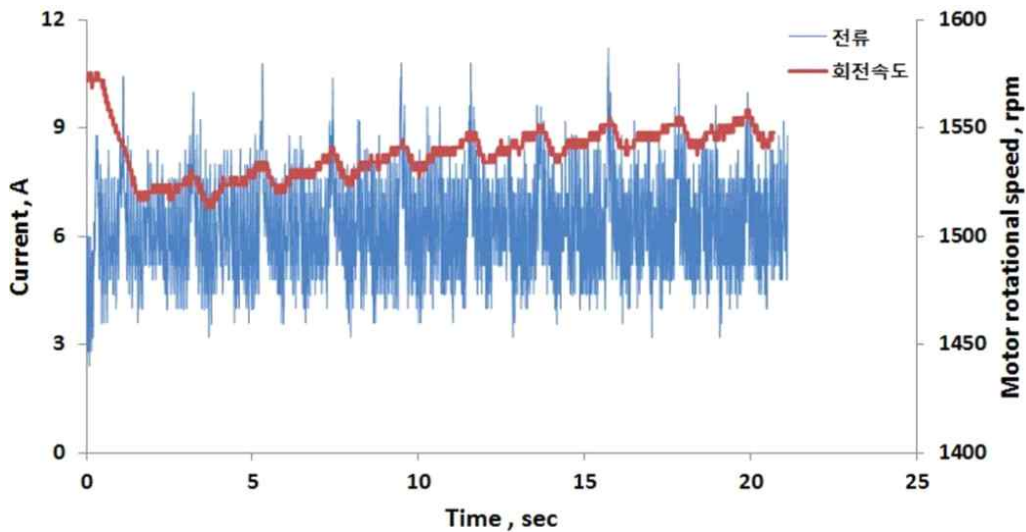


주간거리 42 cm(2단) 시 식부 장치 단독 작업(2).

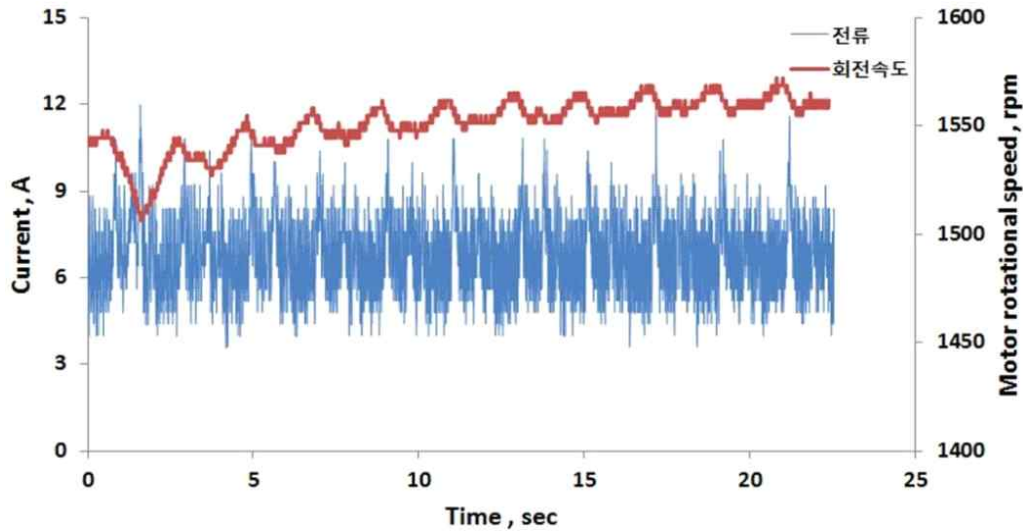


주간거리 42 cm(2단) 시 식부 장치 단독 작업(3).

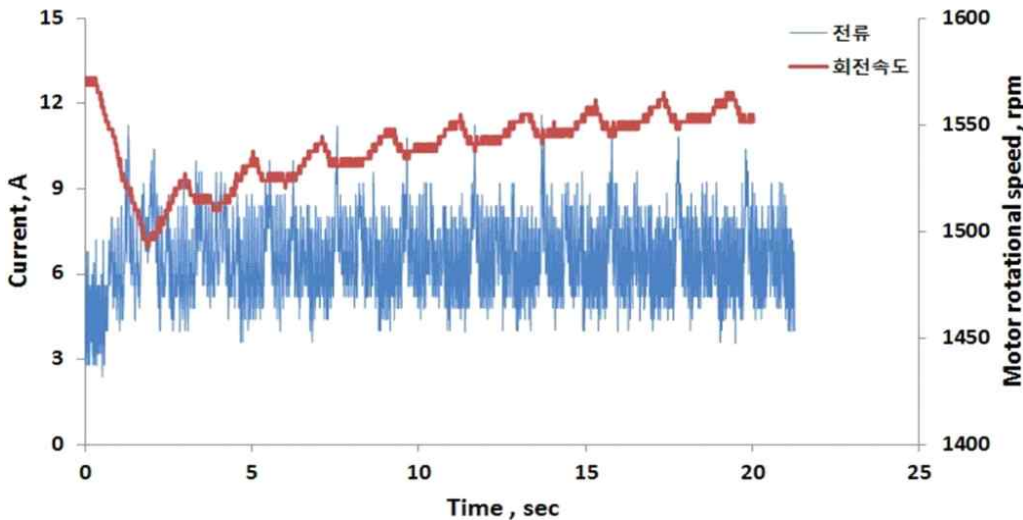
- 마지막 실험은 기존과 동일한 방법으로 식부 장치의 주간거리 63 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 22초 동안 진행되었으며, 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 이때 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 6.515 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.312 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,542 rpm으로 낮고, 모터의 평균 토크는 1.935 Nm로 나타났다.



주간거리 63 cm(3단) 시 식부 장치 단독 작업(1).



주간거리 63 cm(3단) 시 식부 장치 단독 작업(2).



주간거리 63 cm(3단) 시 식부 장치 단독 작업(3).

- 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 식부 단독 구동 시 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26(1단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,561 ~ 1,586 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,499 ~ 1,517 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 16.8 ~ 18.4 A, 평균 범위는 7.480 ~ 7.604 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.806 ~ 0.883 kW, 평균 범위 0.359 ~ 0.364 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 4.855 ~ 5.4 Nm, 평균 범위 2.282 ~ 2.324 Nm로 나타났다. 또한 주간거리 42(10단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,534 ~ 1,575 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,501 ~ 1,527 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 13.2 ~ 14 A, 평균 범위는 6.604 ~ 6.81 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.633 ~ 0.672 kW, 평균 범위 0.316 ~ 0.326 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 3.943 ~ 4.072 Nm,

평균 범위 1.998 ~ 2.046 Nm로 나타났다. 마지막으로 주간거리 63(19단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,572 ~ 1,575 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,538 ~ 1,550 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 11.2 ~ 12 A, 평균 범위는 6.258 ~ 6.758 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.537 ~ 0.576 kW, 평균 범위 0.3 ~ 0.324 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 3.258 ~ 3.498 Nm, 평균 범위 1.864 ~ 1.997 Nm로 나타났다.

주간거리 26 cm(1단) 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1561.847	18.4	0.883	5.4	9초
	평균	1499.436	7.604	0.364	2.324	
	표준 편차	17.448	2.733	0.131	71.797	
2	최대	1561.847	16.8	0.806	4.930	10초
	평균	1501.97	7.480	0.359	2.282	
	표준 편차	17.925	2.725	0.130	69.681	
3	최대	1586.025	16.8	0.806	4.855	11초
	평균	1517.824	7.575	0.363	2.287	
	표준 편차	19.633	2.798	0.134	65.324	

주간거리 42 cm(10단) 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

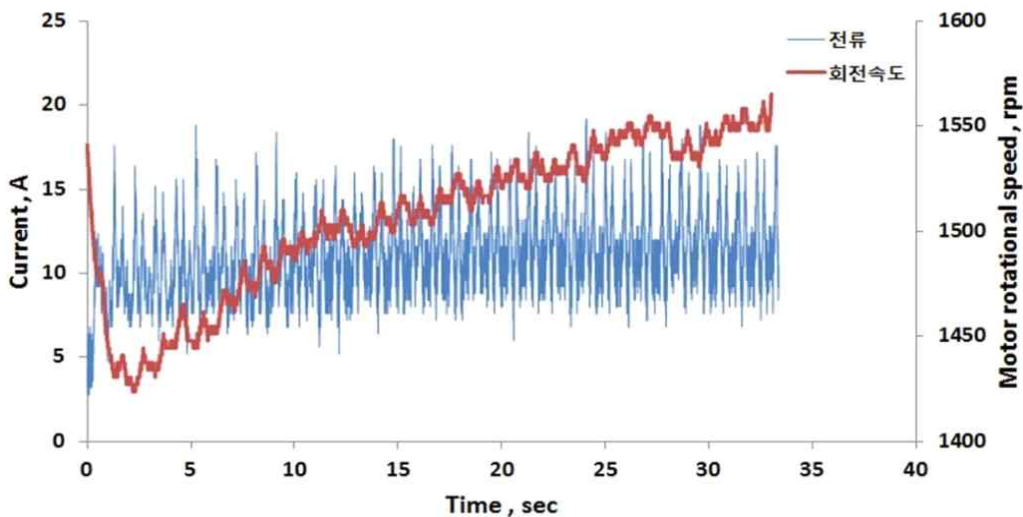
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1534.216	13.2	0.633	3.943	14초
	평균	1501.176	6.604	0.316	2.016	
	표준 편차	18.984	1.675	0.08	40.442	
2	최대	1575.663	14	0.672	4.072	14초
	평균	1525.485	6.810	0.326	2.046	
	표준 편차	16.255	1.748	0.083	49.290	
3	최대	1575.663	13.6	0.652	3.956	14초
	평균	1527.912	6.662	0.319	1.998	
	표준 편차	15.600	1.723	0.082	50.625	

주간거리 63 cm(19단) 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

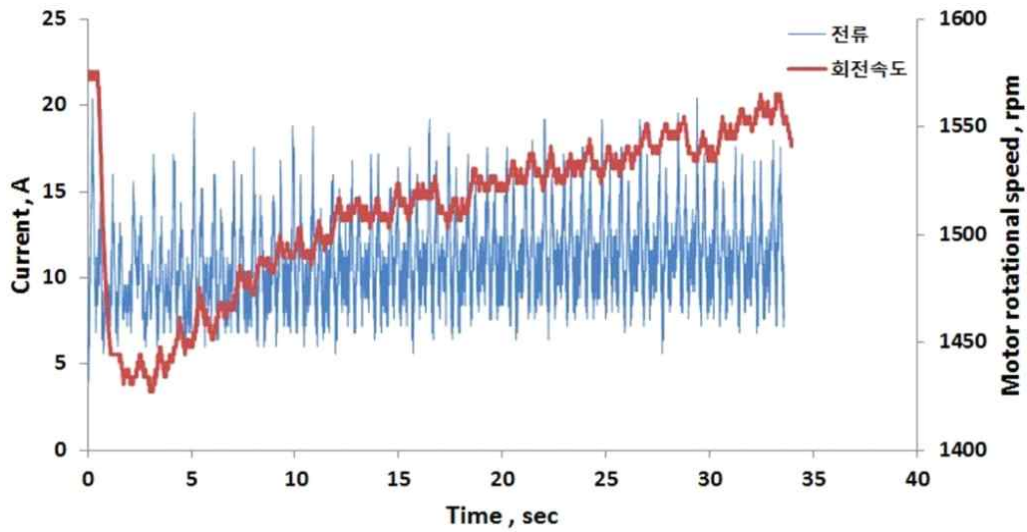
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1575.663	11.2	0.537	3.258	21초
	평균	1538.26	6.258	0.3	1.864	
	표준 편차	11.706	1.277	0.061	50.002	
2	최대	1572.209	12	0.576	3.498	23초
	평균	1550.86	6.758	0.324	1.997	
	표준 편차	11.860	1.320	0.063	51.015	
3	최대	1572.209	11.6	0.556	3.381	21초
	평균	1539.556	6.530	0.313	1.944	
	표준 편차	16.052	1.343	0.064	38.349	

(다) 주행과 식부 동시 작업

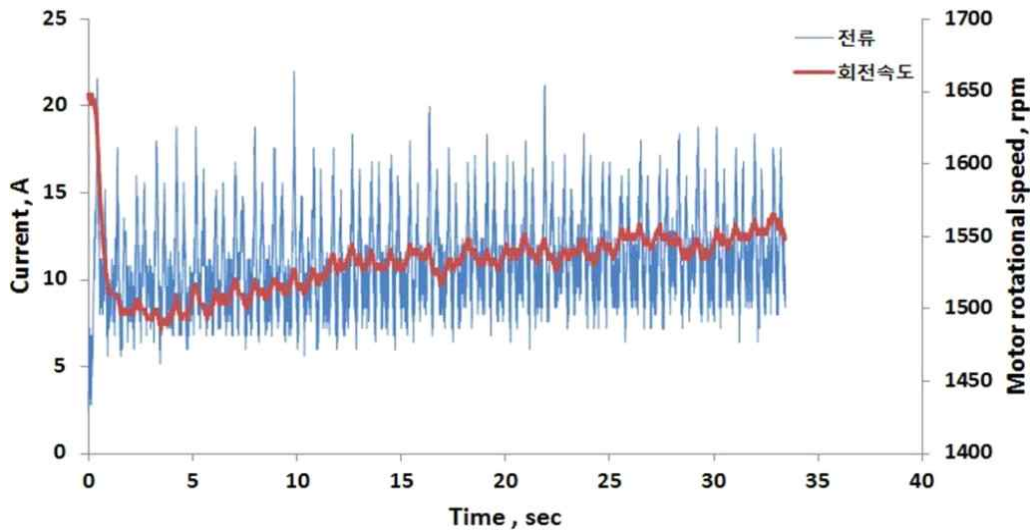
○ 주행과 식부 동시 작업 실험 시 주행 변속 단수는 동일하게 저속 1단으로 고정하였다. 식부 장치는 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 실험하였고 반복 횟수는 각각 3회씩 진행 하였다. 먼저 이식기의 식부 장치는 주간거리 26(1단) cm 수준에서 실험 시작과 동시에 주행과 식부 동시 수행하는 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 33초로 나타났다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 11.025 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.529 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,515 rpm으로 낮고, 모터의 평균 토크는 3.334 Nm로 나타났다.



주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(1).

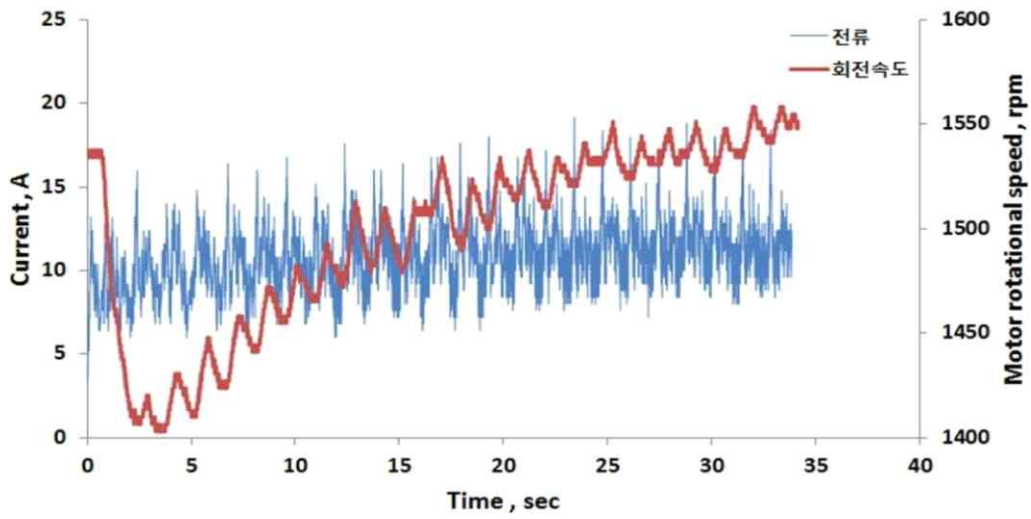


주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(2).

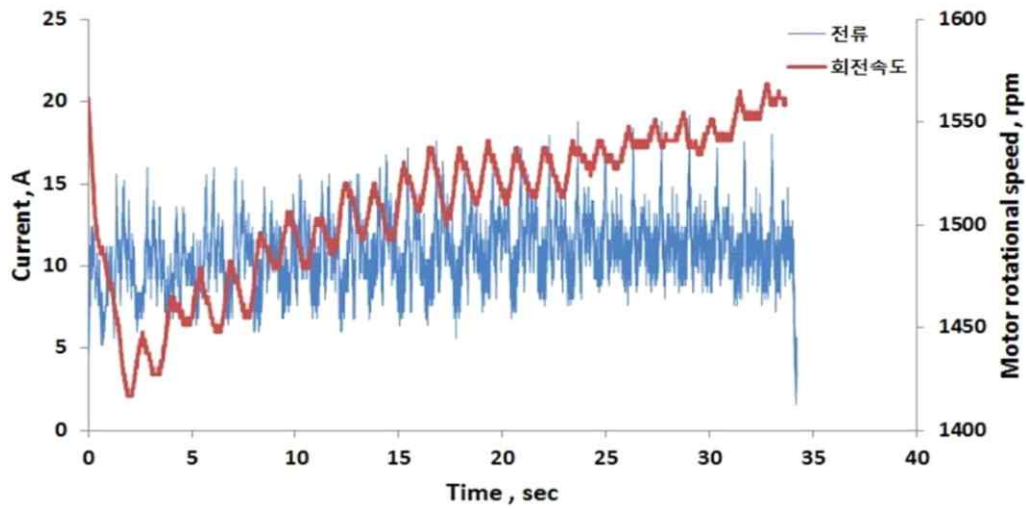


주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(3).

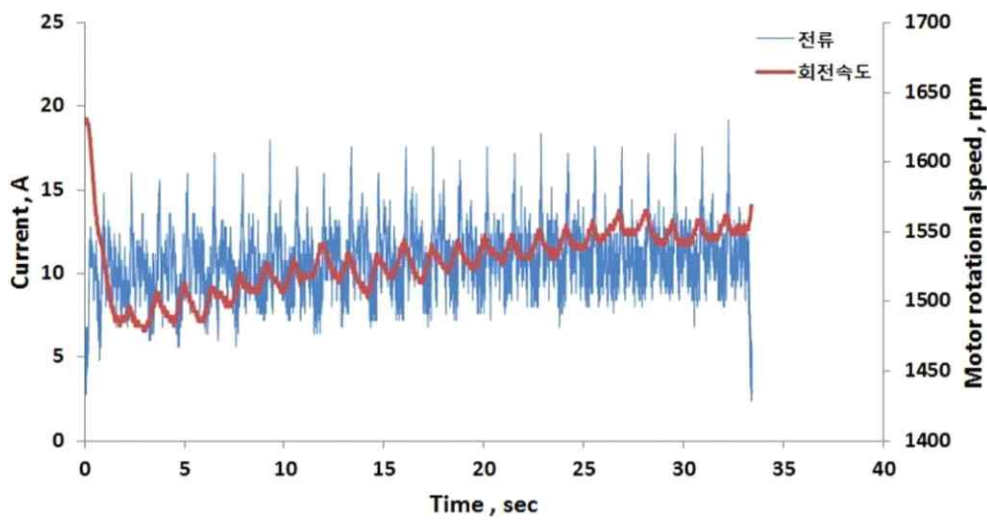
- 다음 실험은 이식기의 식부 장치는 주간거리 42(10단) cm 수준에서 동일한 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 34초 내외로 나타났다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 10.784 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.518 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,511 rpm으로 났고, 모터의 평균 토크는 3.271 Nm로 나타났다.



주간거리 42 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(1).

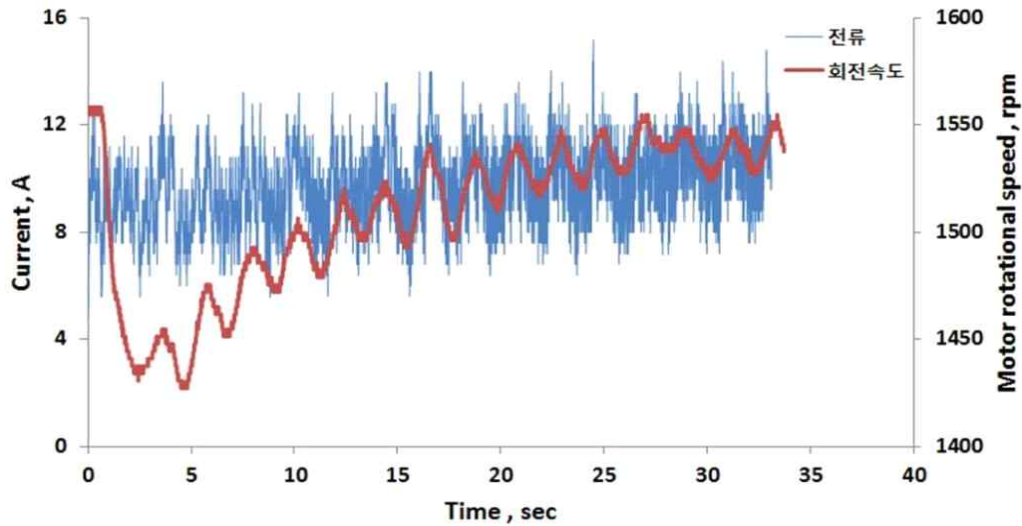


주간거리 42 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(2).

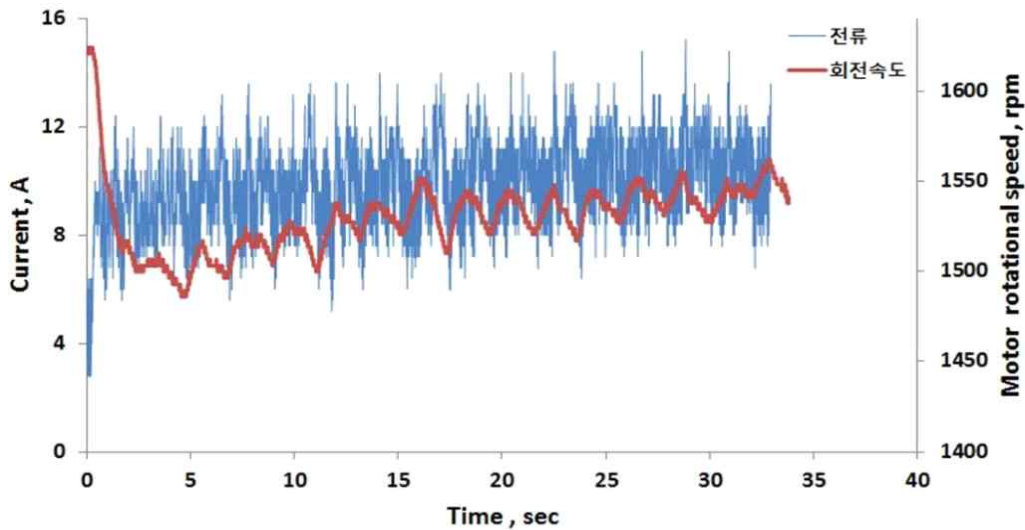


주간거리 42 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(3).

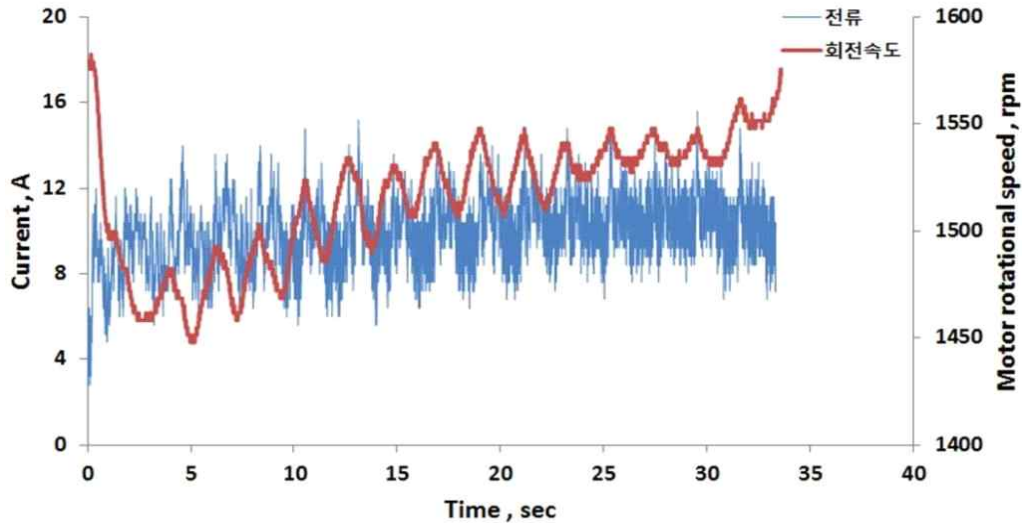
- 마지막 실험은 주간거리 63(19단) cm 수준에서 두 실험과 동일한 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 34초 내외로 나타났다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 9.786 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.47 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,517 rpm으로 낮고, 모터의 평균 토크는 2.955 Nm로 나타났다.



주간거리 63 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(1).



주간거리 63 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(2).



주간거리 63 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(3).

- 주행 변속 단수는 저속(1단)으로 고정 후, 식부 장치는 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 주행과 식부 동시 작업 실험 시 전류와 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26(1단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,565 ~ 1,648 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,506 ~ 1,531 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 19.2 ~ 22 A, 평균 범위는 11.002 ~ 11.053 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.922 ~ 1.056 kW, 평균 범위 0.528 ~ 0.531 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 5.622 ~ 6.118 Nm, 평균 범위 3.309 ~ 3.348 Nm로 나타났다. 또한 주간거리 42(10단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,558 ~ 1,630 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,497 ~ 1,528 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 19.2 A로 동일하였으며, 평균 범위는 10.723 ~ 10.826 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.922 kW로 동일하였으며, 평균 범위 0.515 ~ 0.520 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 5.396 ~ 5.647 Nm, 평균 범위 3.216 ~ 3.314 Nm로 나타났다. 마지막으로 주간거리 63(19단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,558 ~ 1,624 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,508 ~ 1,529 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 15.2 ~ 15.6 A, 평균 범위는 9.72 ~ 9.875 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.73 ~ 0.749 kW, 평균 범위 0.467 ~ 0.474 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 4.290 ~ 4.518 Nm, 평균 범위 2.926 ~ 2.988 Nm로 나타났다. 이를 통해 이식기 작업과 주행과 동시 작업 시 소요되는 동력이 다른 작업에 비해 가장 높음을 알 수 있다.

주간거리 26 cm(1단) 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1565.301	19.200	0.922	5.622	33
	평균	1506.107	11.002	0.528	3.348	
	표준 편차	36.147	2.457	0.118	31.152	
2	최대	1575.663	20.400	0.979	5.934	34
	평균	1510.391	11.021	0.529	3.345	
	표준 편차	35.914	2.539	0.122	32.410	
3	최대	1648.194	22.000	1.056	6.118	33
	평균	1531.355	11.053	0.531	3.309	
	표준 편차	22.317	2.632	0.126	54.064	

주간거리 42 cm(10단) 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

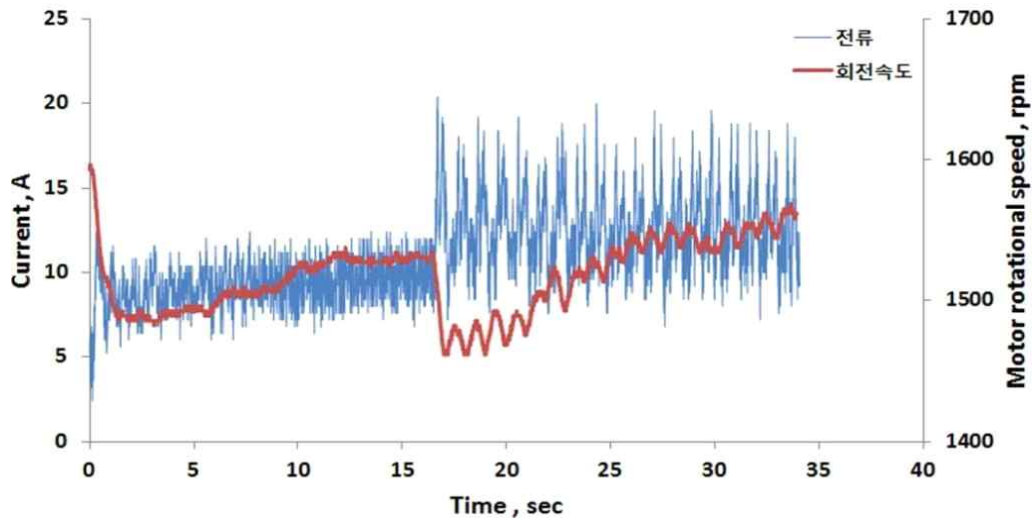
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1558.393	19.200	0.922	5.647	34
	평균	1497.410	10.826	0.520	3.314	
	표준 편차	43.230	1.949	0.094	20.662	
2	최대	1568.755	19.200	0.922	5.610	34
	평균	1508.517	10.804	0.519	3.283	
	표준 편차	35.812	2.041	0.098	26.117	
3	최대	1630.925	19.200	0.922	5.396	33
	평균	1528.453	10.723	0.515	3.216	
	표준 편차	23.416	1.982	0.095	38.804	

주간거리 63 cm(19단) 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

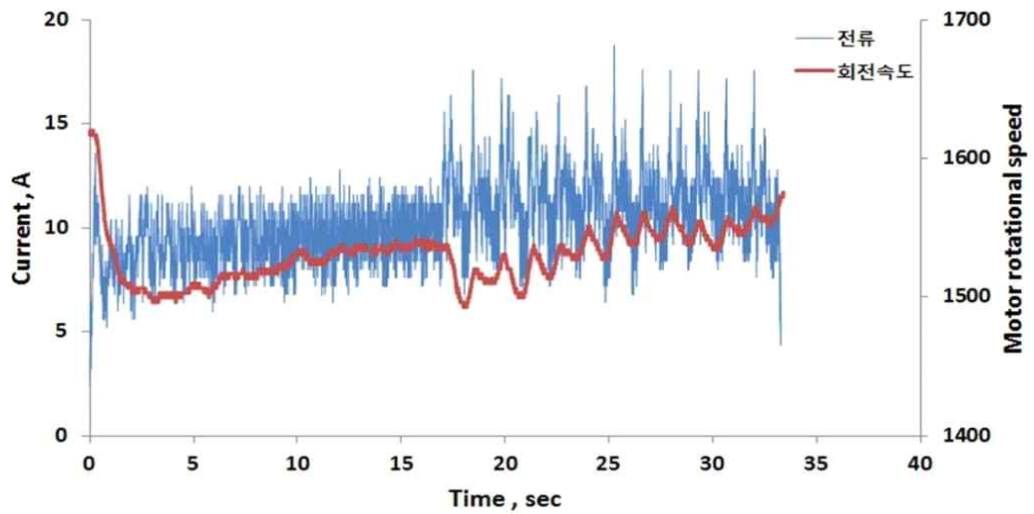
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1558.393	15.200	0.730	4.471	34
	평균	1508.585	9.720	0.467	2.953	
	표준 편차	34.092	1.471	0.071	19.772	
2	최대	1624.017	15.200	0.730	4.290	34
	평균	1529.671	9.763	0.469	2.926	
	표준 편차	19.969	1.543	0.074	35.428	
3	최대	1582.571	15.600	0.749	4.518	34
	평균	1514.976	9.875	0.474	2.988	
	표준 편차	29.164	1.602	0.077	25.179	

(라) 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업

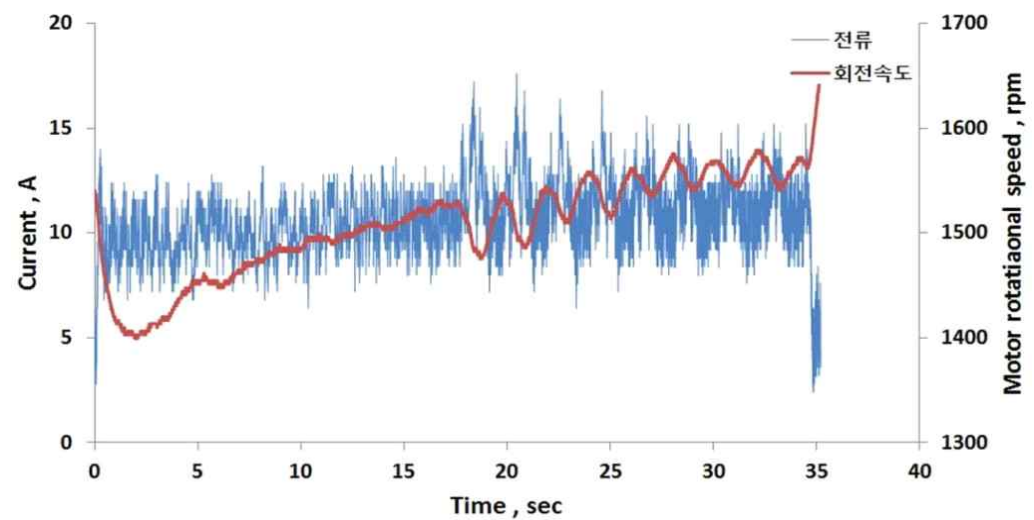
○ 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업 실험 시 주행 변속 단수는 저속 1단으로 고정하였다. 실험 방법은 식부 장치 작동 하지 않은 채 단독 주행을 총 실험 거리인 10m 중 절반 5m 전진한 후, 바로 식부 장치 클러치를 체결하여 식부와 주행 동시 구동하면서 남은 실험 거리 5m를 전진하는 방법으로 진행하였다. 식부 장치의 주간거리는 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 실험하였으며 실험 간 차이가 크지 않아 반복 횟수는 1회만 진행 하였다. 식부 장치의 주간거리는 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준에 따른 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같다. 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준의 평균 실험 시간은 34초 내외로 나타났다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 10.613 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.509 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,518 rpm으로 났고, 모터의 평균 토크는 3.204 Nm로 나타났다. 주간거리 3 수준 모두 비슷한 결과값으로 나타났다.



주간거리 26 cm에서 단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 측정 결과(1).



주간거리 42 cm에서 단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 측정 결과(2).



주간거리 63 cm에서 단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 측정 결과(3).

○ 주행 변속 단수는 저속(1단)으로 고정 후, 식부 장치는 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업 실험 시 전류와 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26(1단) cm 일 때 모터 속도는 최대 1,596 rpm, 평균 1,517 rpm으로 나타났다. 배터리 DC 전류의 경우 최대 20.4 A, 평균 17.6 A로 나타났으며, 이를 통해 출력을 계산한 결과 최대 0.979 kW, 평균 0.527 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 5.857 Nm, 3.315 Nm로 나타났다. 또한 주간거리 42(10단) cm 일 때 모터 속도는 최대 1,620 rpm, 평균 1,530 rpm으로 나타났다. 배터리 DC 전류의 경우 최대 18.8 A, 평균 10.254 A로 나타났으며, 이를 통해 출력을 계산한 결과 최대 0.902 kW, 평균 0.492 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 5.317 Nm, 3.071 Nm로 나타났다. 마지막으로 주간거리 63(19단) cm 일 때 모터 속도는 최대 1,641 rpm, 평균 1,507 rpm으로 나타났다. 배터리 DC 전류의 경우 최대 17.6 A, 평균 10.613 A로 나타났으며, 이를 통해 출력을 계산한 결과 최대 0.845 kW, 평균 0.509 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 4.915 Nm, 3.226 Nm로 나타났다. 이를 통해 이식기 단독 주행 작업과 주행 & 식부 장치 동시 작업 시 소요되는 동력의 차이를 알 수 있었다.

단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

주간거리 (cm)	항목	모터 속도 (rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
26 cm (1단)	최대	1596.386	20.400	0.979	5.857	34
	평균	1517.193	10.974	0.527	3.315	
	표준 편차	25.831	2.606	0.125	46.243	
42 cm (10단)	최대	1620.563	18.800	0.902	5.317	33
	평균	1530.504	10.254	0.492	3.071	
	표준 편차	20.361	1.904	0.091	42.861	
63 cm (19단)	최대	1641.287	17.600	0.845	4.915	35
	평균	1507.964	10.613	0.509	3.226	
	표준 편차	46.844	1.738	0.083	17.010	

(마) 작업별 통계분석 결과

○ 각 작업별 통계 분석은 통계분석 상용 프로그램인 SAS 9.4 (Statistical Analysis System Institute Inc., 2002)를 이용하여 t-test를 실시하였으며, 유의수준 0.05를 기준으로 평가하였다. 먼저, 저속과 고속 주행 단독 작업의 t-test 통계 분석 결과 t-value는 191.17로 나타났으며, 저속 주행 단독 작업과 고속 주행 단독 작업 간의 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 1단 식부 단독 작업과 1단 식부와 주행 동시 작업의 t-test 통계 분석 결과 t-value는 103.52로 나타났으며, 이는 두 작업 평균 간 통계적으로 유

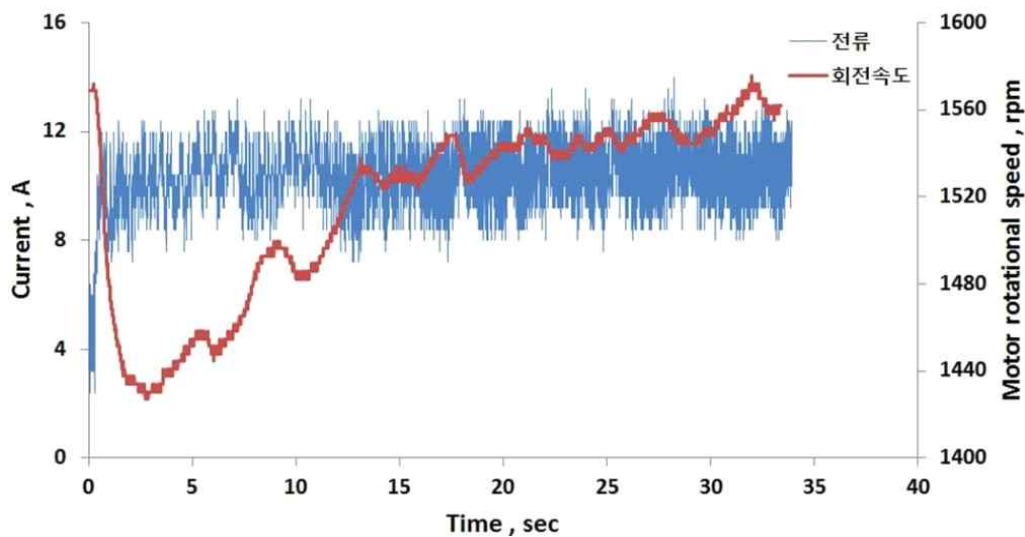
의한 차이가 있음을 확인 할 수 있다. 2단 식부 단독 작업과 2단 식부와 주행 동시 작업의 t-value는 171.35로써 두 작업 평균 간 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인 할 수 있다. 마지막으로 3단 식부 단독 작업과 3단 식부와 주행 동시 작업의 t-value는 209.41로써 두 작업 평균 간 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인 할 수 있다.

1단, 10단, 19단 식부 단독 작업과 1단, 10단, 19단 주행과 식부 동시 구동 작업의 통계 분석은 Anova분석으로 수행하였다. 두 작업에서 단수에 따른 작업의 Anova 분석 결과 P-value는 5% 유의 수준(0.05)보다 작게 나타났으며, 이는 귀무가설을 기각하여 단수별 작업 간의 평균은 5% 유의 수준에서 유의한 차이가 있음을 알 수 있다.

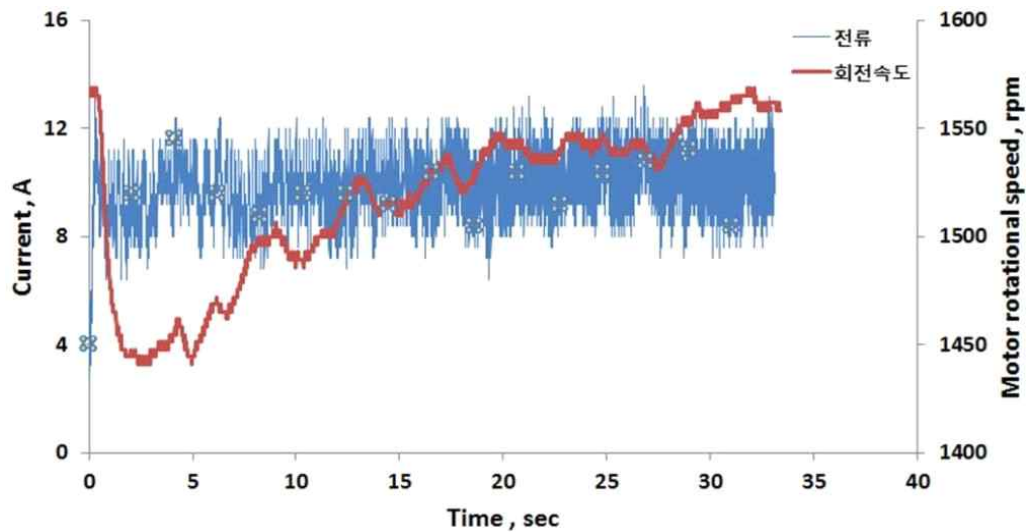
(4) 비닐하우스 외부 포장 실험 결과

(가) 주행 단독 작업 시

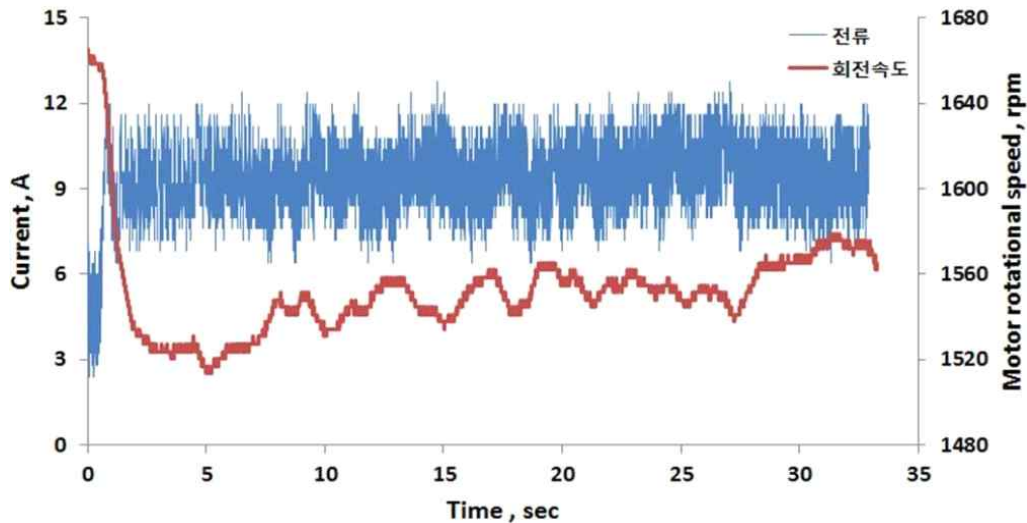
- 비닐하우스 내부 포장 실험과 마찬가지로 식부 장치의 동작은 작동하지 않은 채 이식기를 두둑 따라 직진으로 주행하였으며, 그 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 한 작업자가 모터 스로틀을 최대로 고정한 후 변속단수에 따라 작업하였다. 변속단수 저속(1단)에서의 주행 단독 작업의 총 실험 시간은 약 33초 진행하였고, 모터의 회전속도 증가하는 시점은 약 5초이다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 9.825 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.472 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,528 rpm으로 나타났고, 모터의 평균 토크는 2.947 Nm로 나타났다.



저속(1단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(1).

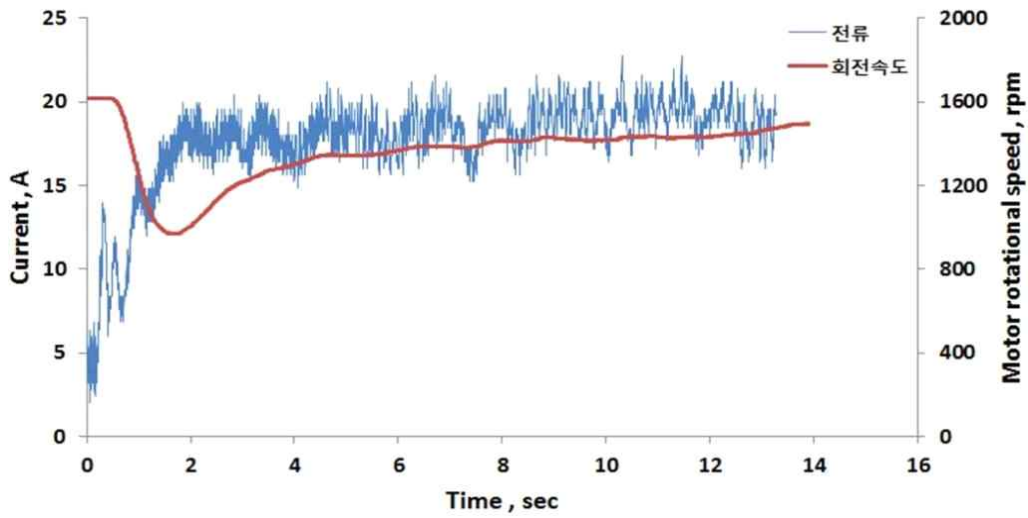


저속(1단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(2).

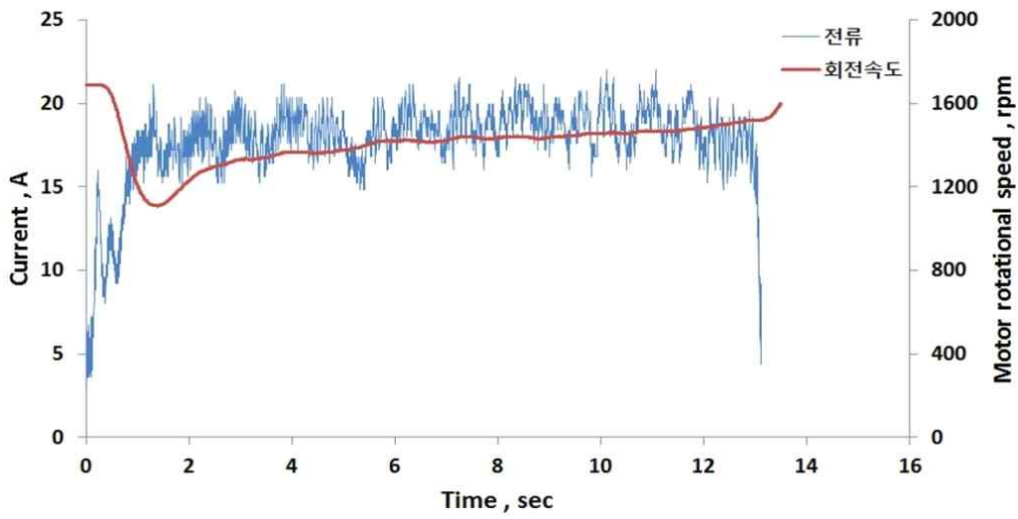


저속(1단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(3).

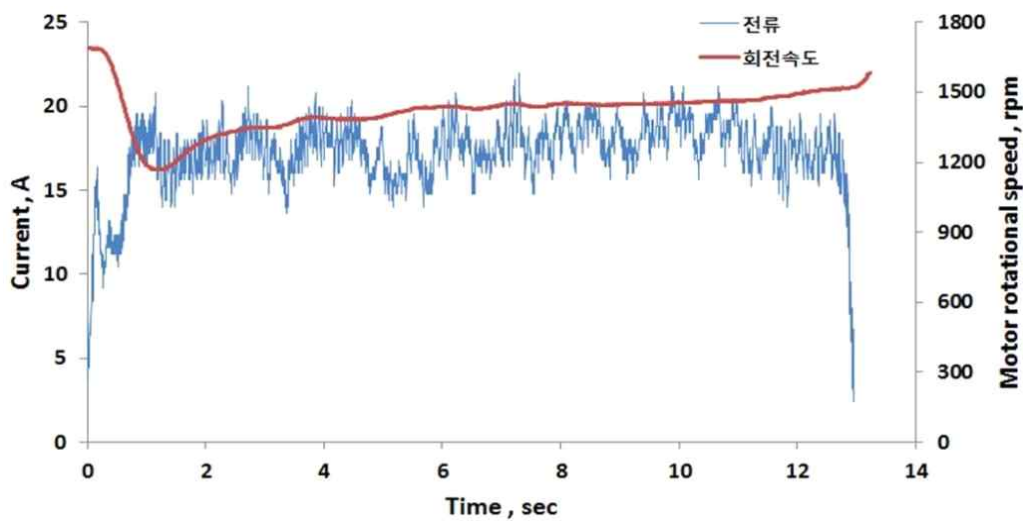
- 변속단수 고속(2단)에서의 주행 단독 작업의 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 변속단수 고속(2단)에서의 주행 단독 작업의 총 실험 시간은 약 13초 진행하였고, 모터의 회전속도 증가하는 시점은 약 2초이다. 이시기 주행 시 평균 DC 전류는 약 17.54 A로 나타났다, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.842 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,397 rpm으로 나타났고, 모터의 평균 토크는 5.755 Nm로 나타났다. 변속단수 고속(2단)에서 모터 평균 회전수를 제외한 평균 토크, 평균 출력, 평균 전류는 변속단수 저속(1단)보다 약 2배 정도 높았으며, 모터 평균 회전수는 오히려 낮아진 것을 알 수 있다.



고속(2단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(1).



고속(2단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(2).



고속(2단) 시 주행부 단독 구동 측정 결과(3).

○ 주행 저속(1단) 단수에서의 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 이때 실험 결과는 이식기 주행 변속 단수가 저속(1단) 단수 조건이다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류, 출력은 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 1,568 ~ 1,665 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,551 ~ 1,517 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 12.8 ~ 14 A, 평균 범위는 9.308 ~ 10.333 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.61 ~ 0.67 kW, 평균 범위 0.448 ~ 0.496 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 3.523 ~ 4.073 Nm, 평균 범위 2.749 ~ 3.122 Nm로 나타났다. 이때 작업 시간은 약 33초로 3회 반복 시 유사하게 나타났다.

저속(1단) 단수 시 주행부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도 (rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1575.663	14	0.672	4.073	34
	평균	1517.161	10.333	0.496	3.122	
	표준 편차	41.042	1.244	0.060	13.899	
2	최대	1568.755	13.600	0.653	3.974	33
	평균	1516.859	9.835	0.472	2.972	
	표준 편차	36.187	1.180	0.057	14.953	
3	최대	1665.464	12.800	0.614	3.523	33
	평균	1551.88	9.308	0.448	2.749	
	표준 편차	22.990	1.325	0.064	26.414	

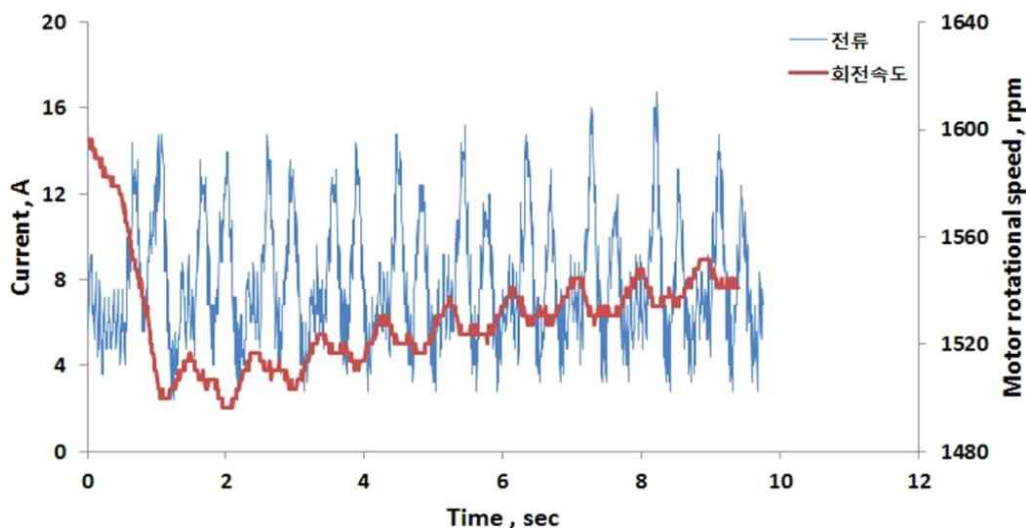
○ 주행 고속(2단) 단수에서의 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 이때 실험 결과는 이식기 주행 변속 단수가 고속(2단) 단수 조건이다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류, 출력은 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 1,617 ~ 1,689 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,359 ~ 1,422 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 22.0 ~ 22.8 A, 평균 범위는 17.217 ~ 17.781 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 1.056 ~ 1.094 kW, 평균 범위 0.826 ~ 0.854 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 5.968 ~ 6.463 Nm, 평균 범위 5.549 ~ 5.943 Nm로 나타났다. 이때 작업 시간은 약 13초로 3회 반복 시 유사하게 나타났다.

고속(2단) 단수 시 주행부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

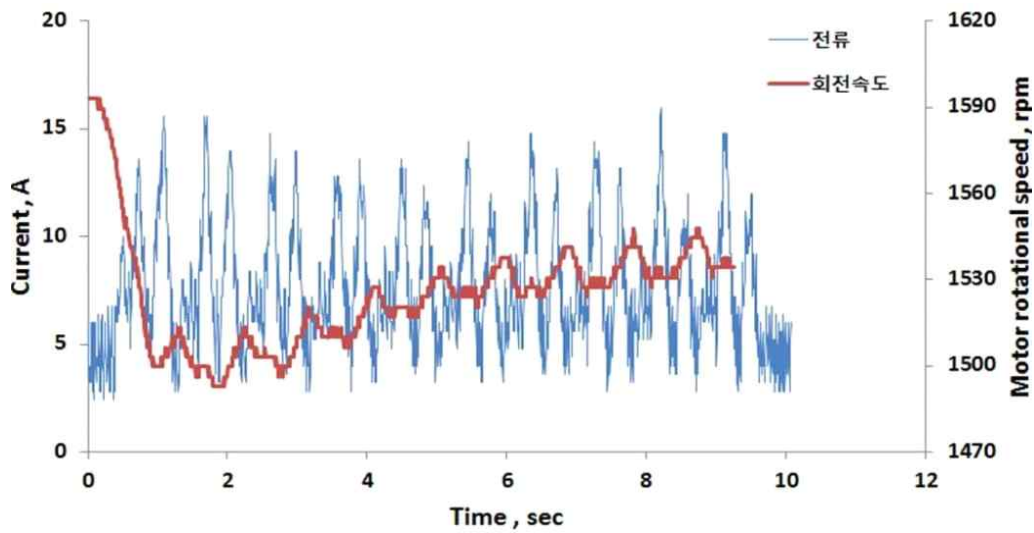
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1617.109	22.8	1.094	6.463	14
	평균	1359.197	17.622	0.846	5.943	
	표준 편차	140.208	2.983	0.143	9.754	
2	최대	1689.641	22.000	1.056	5.968	13
	평균	1411.887	17.781	0.854	5.773	
	표준 편차	109.414	2.544	0.122	10.656	
3	최대	1689.641	22.000	1.056	5.968	13
	평균	1422.171	17.217	0.826	5.549	
	표준 편차	92.550	2.140	0.103	10.597	

(나) 식부 장치 단독 작업

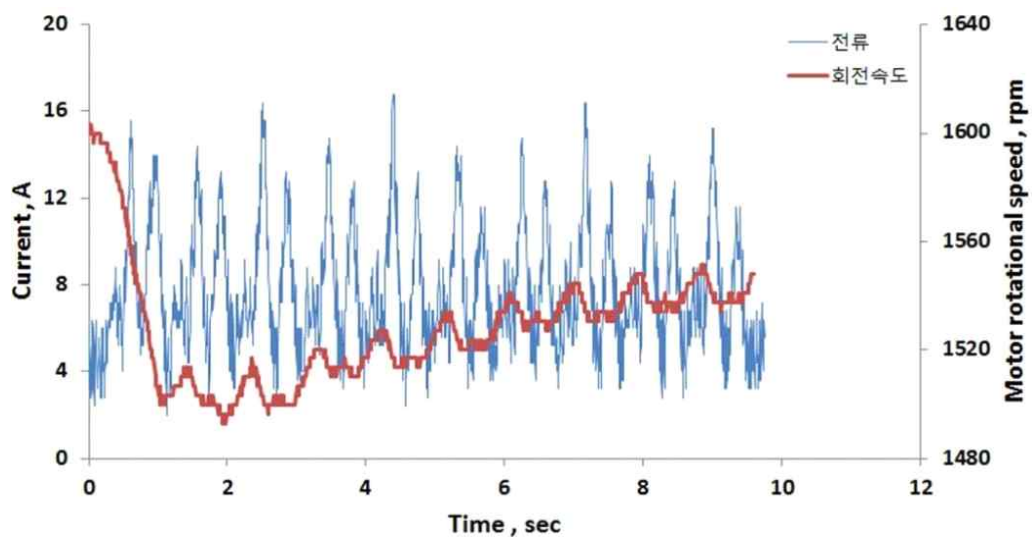
○ 식부 장치 단독 작업 실험 시 주행 변속 단수는 비닐하우스 내부에서의 실험과 동일하게 저속 1단으로 고정 하여 수행하였다. 주행 변속 단수는 중립으로 설정한 후 식부 장치는 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 실험하였고 반복 횟수는 각각 3회씩 진행 하였다. 이때 모터 스톱들은 최대로 고정 한 후 한 작업자가 계속 진행하였으며 식부 링크는 총 10회 반복한 후 실험 종료하였다. 먼저 식부 장치의 주간거리는 26 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 10초 동안 진행되었으며, 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 7.757 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.372 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,527 rpm으로 낮고, 모터의 평균 토크는 2.327 Nm로 나타났다.



주간거리 26 cm(1단) 시 식부 장치 단독 작업(1).

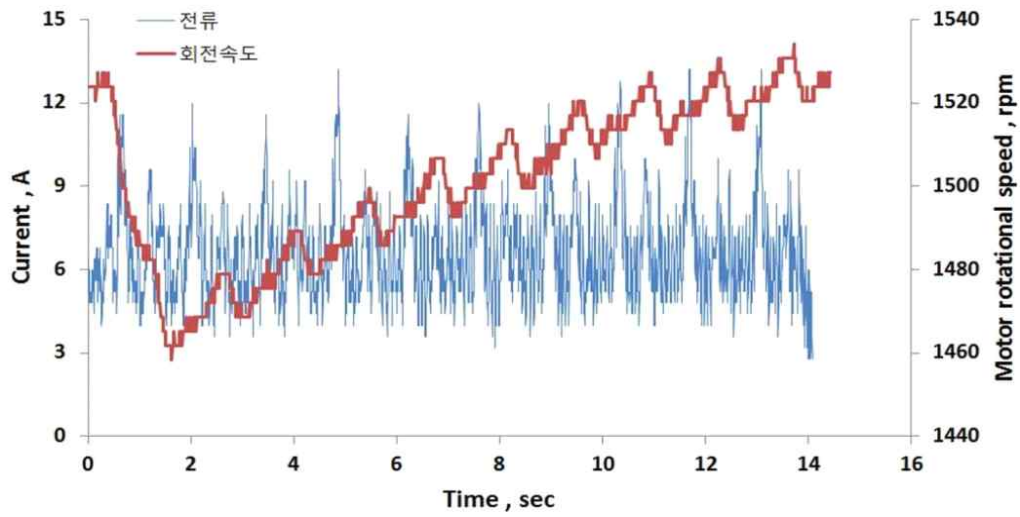


주간거리 26 cm(1단) 시 식부 장치 단독 작업(2).

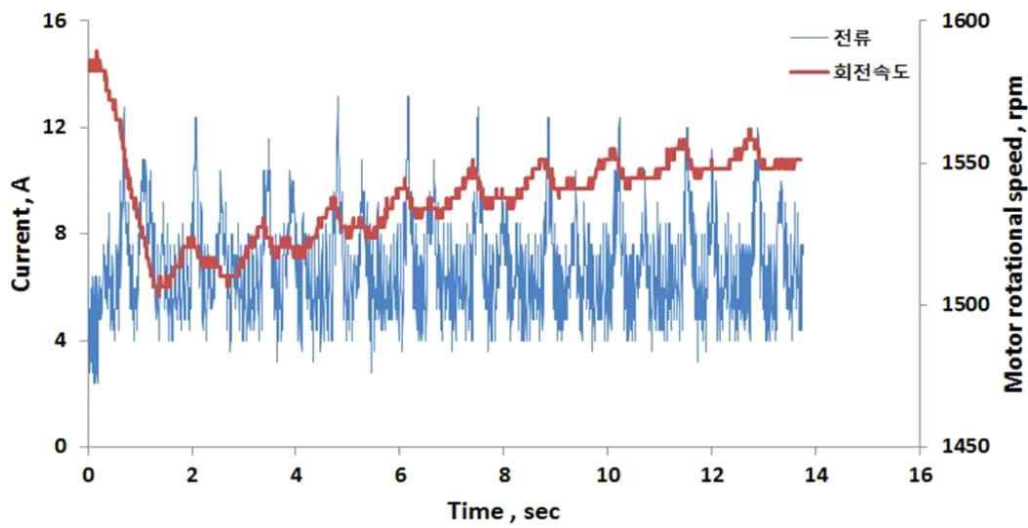


주간거리 26 cm(1단) 시 식부 장치 단독 작업(3).

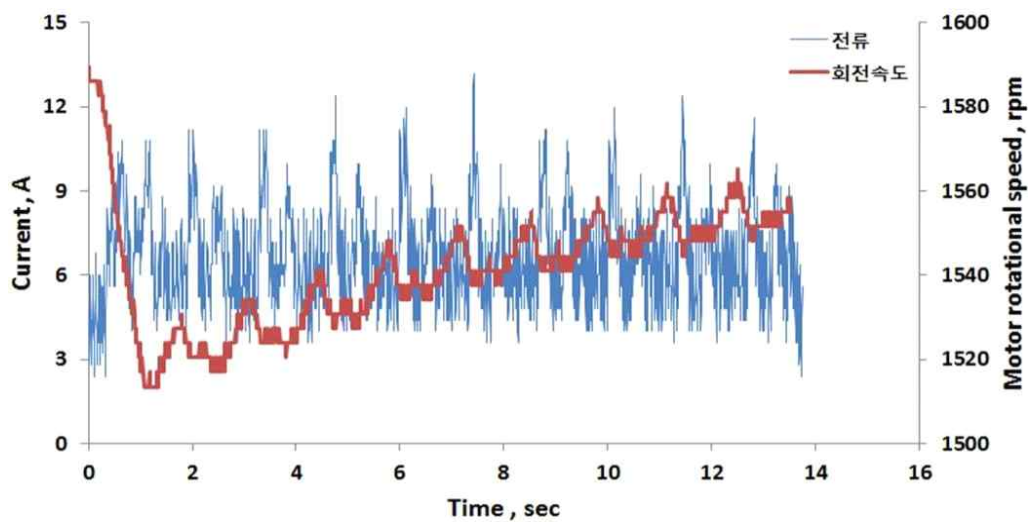
- 다음 실험은 동일한 방법으로 식부 장치의 주간거리 42 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 14초 동안 진행되었으며, 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 6.629 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.318 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,536 rpm으로 낮고, 모터의 평균 토크는 1.977 Nm로 나타났다.



주간거리 42 cm(2단) 시 식부 장치 단독 작업(1).

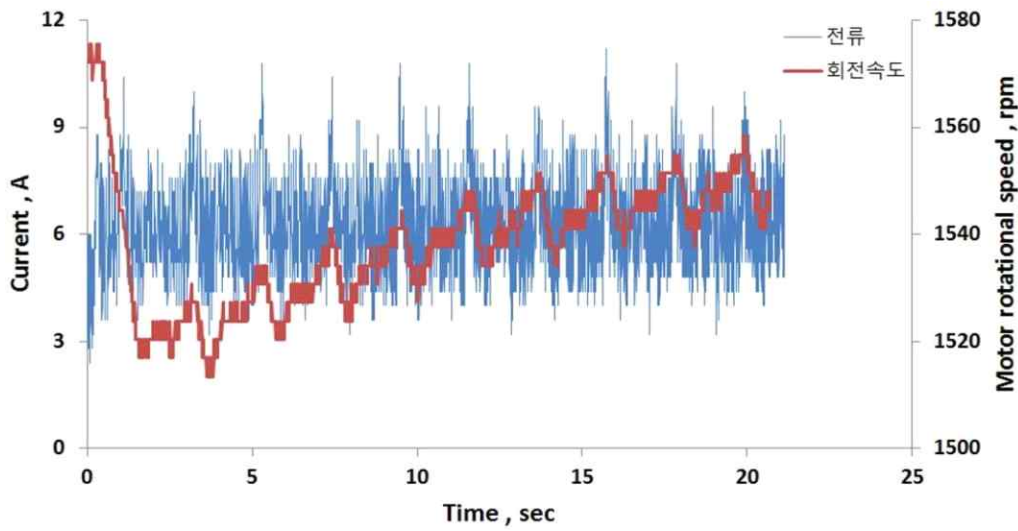


주간거리 42 cm(2단) 시 식부 장치 단독 작업(2).

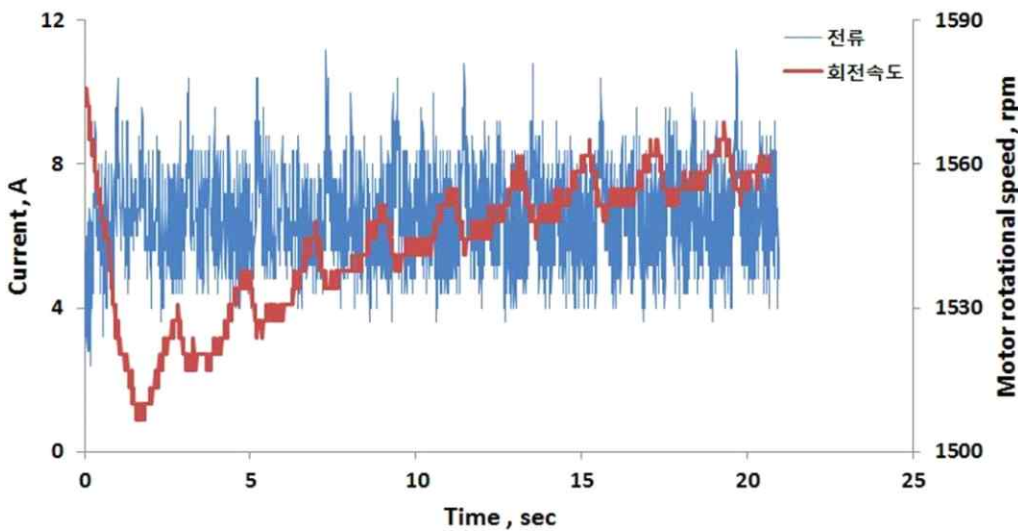


주간거리 42 cm(2단) 시 식부 장치 단독 작업(3).

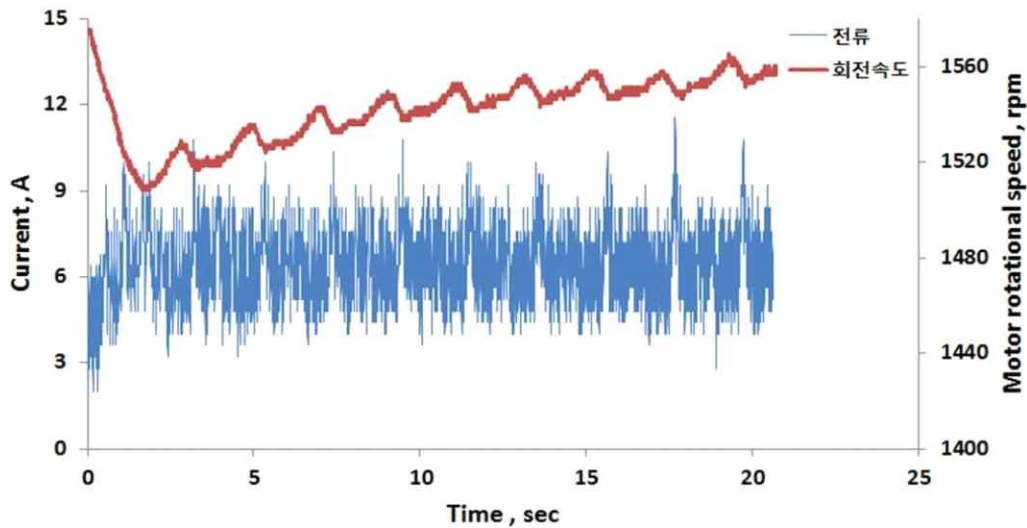
- 마지막 실험은 기존과 동일한 방법으로 식부 장치의 주간거리 63 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 21초 동안 진행되었으며, 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 6.453 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.310 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,686 rpm 으로 낮고, 모터의 평균 토크는 1.918 Nm로 나타났다.



주간거리 63 cm(3단) 시 식부 장치 단독 작업(1).



주간거리 63 cm(3단) 시 식부 장치 단독 작업(2).



주간거리 63 cm(3단) 시 식부 장치 단독 작업(3).

- 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 식부 단독 구동 시 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26(1단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,592 ~ 1,603 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,525 ~ 1,529 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 16.0 ~ 16.8 A, 평균 범위는 7.624 ~ 7.878 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.768 ~ 0.806 kW, 평균 범위 0.366 ~ 0.378 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 4.604 ~ 4.824 Nm, 평균 범위 2.291 ~ 2.361 Nm로 나타났다. 또한 주간거리 42(10단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,572 ~ 1,589 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,531 ~ 1,589 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 12.8 ~ 13.2 A, 평균 범위는 6.521 ~ 6.718 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.614 ~ 0.634 kW, 평균 범위 0.313 ~ 0.322 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 3.732 ~ 3.807 Nm, 평균 범위 1.952 ~ 2.002 Nm로 나타났다. 마지막으로 주간거리 63(19단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,575 ~ 1,579 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,540 ~ 1,543 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 11.2 ~ 12 A, 평균 범위는 6.356 ~ 6.525 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.538 ~ 0.576 kW, 평균 범위 0.305 ~ 0.313 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 3.258 ~ 3.483 Nm, 평균 범위 1.890 ~ 1.942 Nm로 나타났다.

주간거리 26 cm(1단) 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1596.386	16.800	0.806	4.824	10
	평균	1529.142	7.878	0.378	2.361	
	표준 편차	19.525	2.832	0.136	66.490	
2	최대	1592.932	16.000	0.768	4.604	10
	평균	1525.038	7.624	0.366	2.291	
	표준 편차	19.470	2.838	0.136	66.804	
3	최대	1603.294	16.800	0.806	4.803	10
	평균	1527.952	7.771	0.373	2.331	
	표준 편차	21.546	2.868	0.138	61.023	

주간거리 42 cm(10단) 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

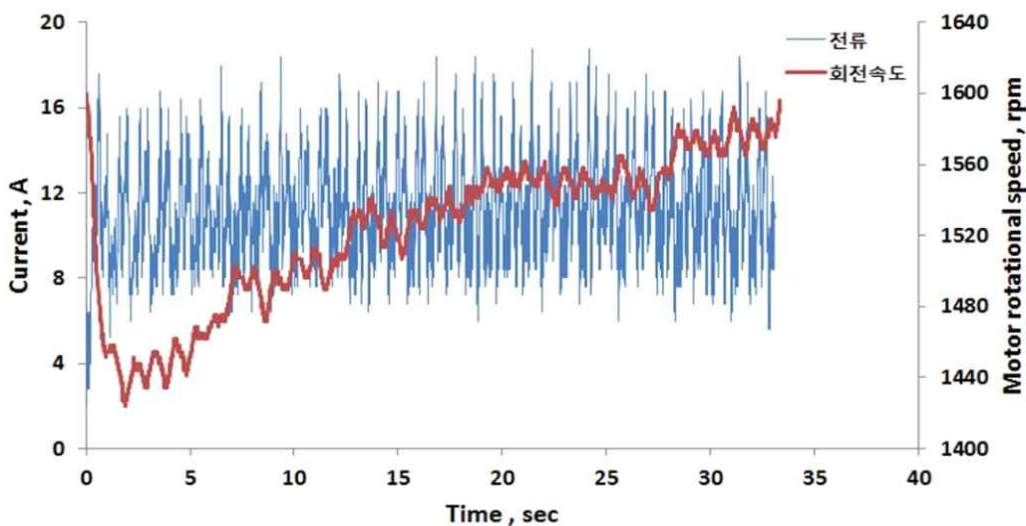
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1572.209	12.800	0.614	3.732	14
	평균	1531.373	6.521	0.313	1.952	
	표준 편차	15.938	1.741	0.084	50.058	
2	최대	1589.478	13.200	0.634	3.807	14
	평균	1537.846	6.718	0.322	2.002	
	표준 편차	16.094	1.770	0.085	50.424	
3	최대	1589.478	13.200	0.634	3.807	14
	평균	1541.086	6.650	0.319	1.978	
	표준 편차	13.978	1.706	0.082	55.943	

주간거리 63 cm(19단) 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

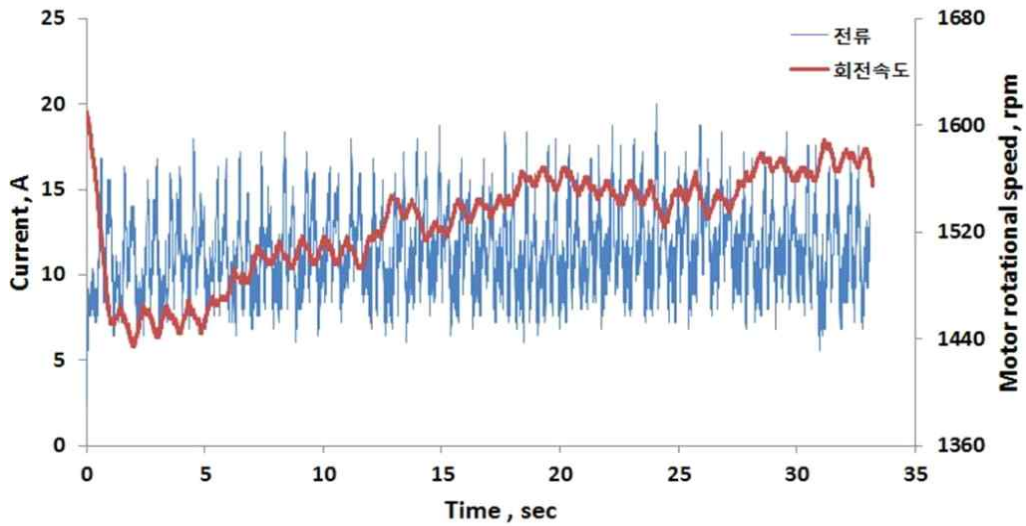
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1579.117	12.000	0.576	3.483	21
	평균	1540.135	6.525	0.313	1.942	
	표준 편차	13.031	1.324	0.064	46.564	
2	최대	1575.663	11.200	0.538	3.258	21
	평균	1543.435	6.479	0.311	1.924	
	표준 편차	14.434	1.280	0.061	40.663	
3	최대	1575.663	11.600	0.557	3.374	21
	평균	1541.719	6.356	0.305	1.890	
	표준 편차	13.539	1.323	0.064	44.793	

(다) 주행과 식부 동시 작업

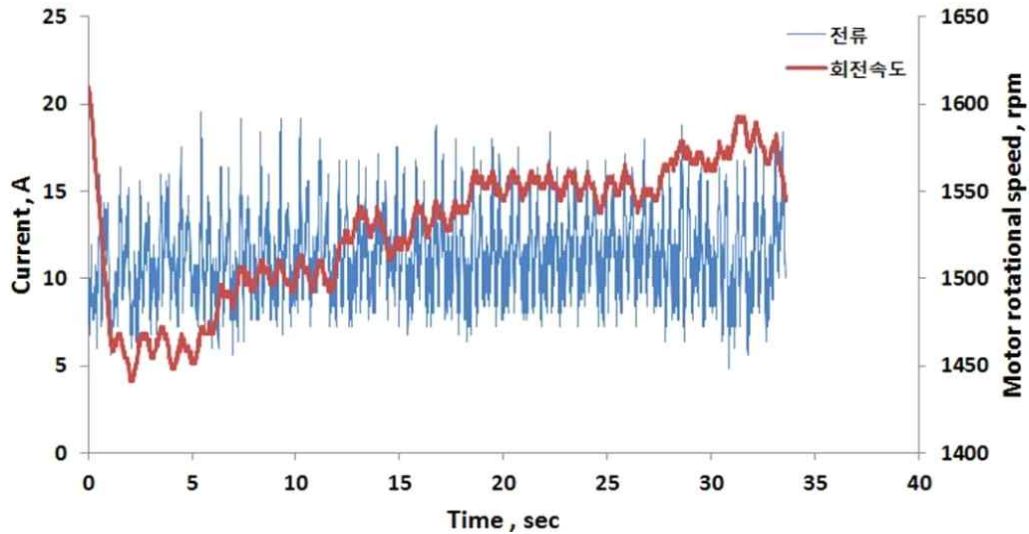
○ 주행과 식부 동시 작업 실험 시 주행 변속 단수는 저속 1단으로 고정하였다. 식부 장치는 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 실험하였고 반복 횟수는 각각 3회씩 진행 하였다. 먼저 이식기의 식부 장치는 주간거리 26(1단) cm 수준에서 실험 시작과 동시에 주행과 식부 동시 수행하는 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 33초 내외로 수행되었다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 11.275 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.541 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,526 rpm으로 나타났고, 모터의 평균 토크는 3.386 Nm로 나타났다.



주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(1).

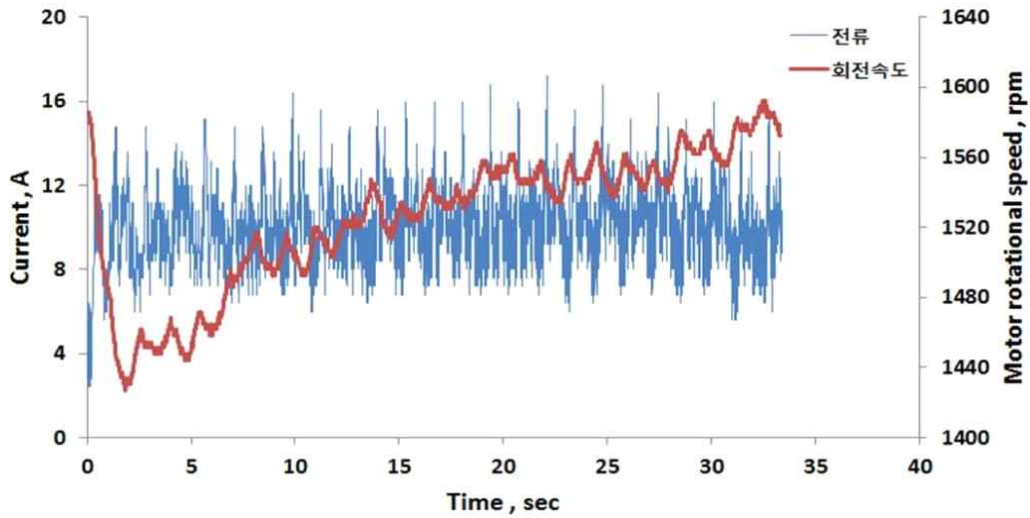


주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(2).

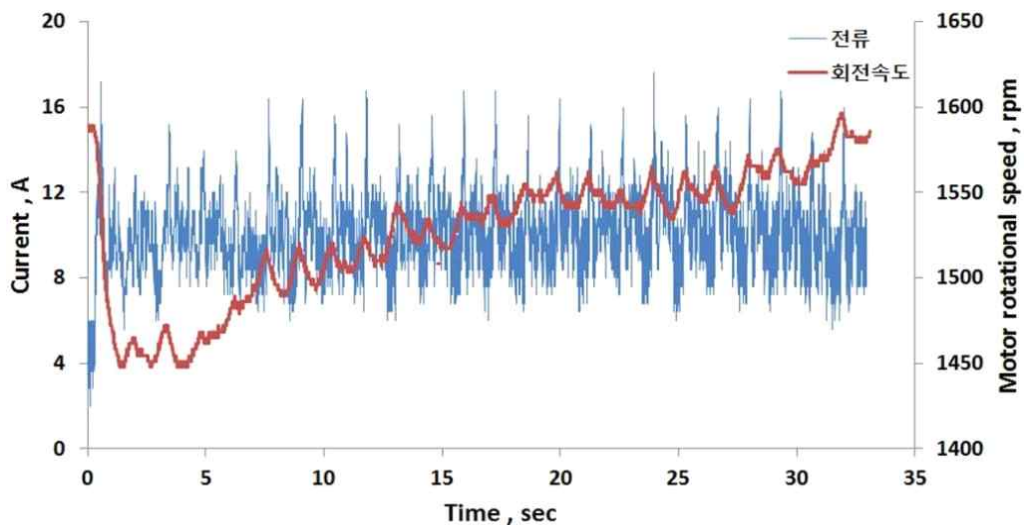


주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(3).

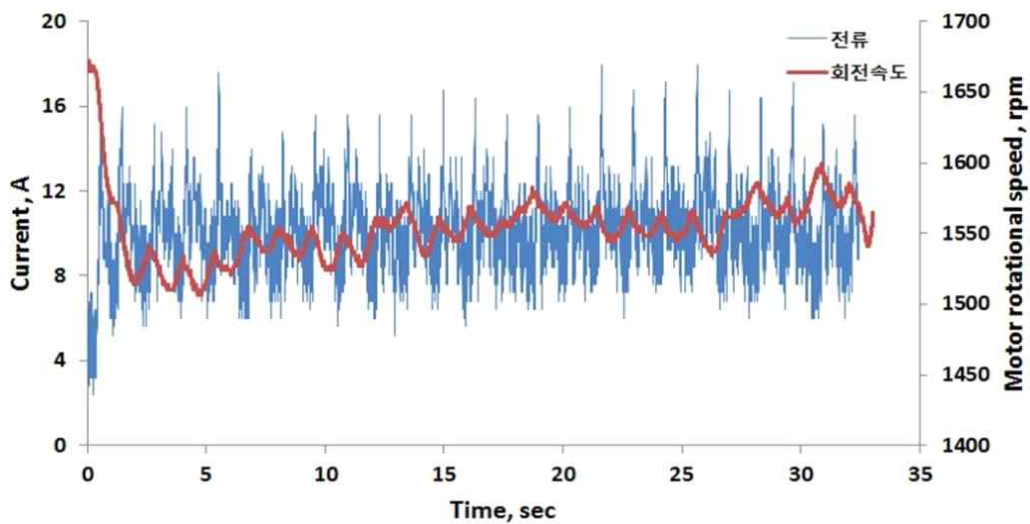
- 다음 실험은 식부 장치의 주간거리 42(10단) cm 수준에서 동일한 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 33초로 나타났다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 10.037 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.482 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,535 rpm으로 났고, 모터의 평균 토크는 2.997 Nm로 나타났다.



주간거리 42 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(1).

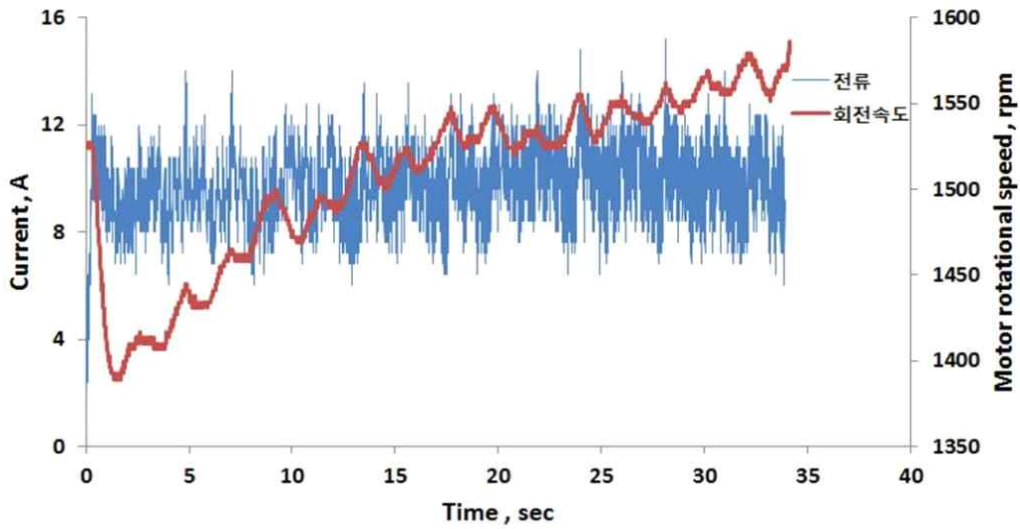


주간거리 42 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(2).

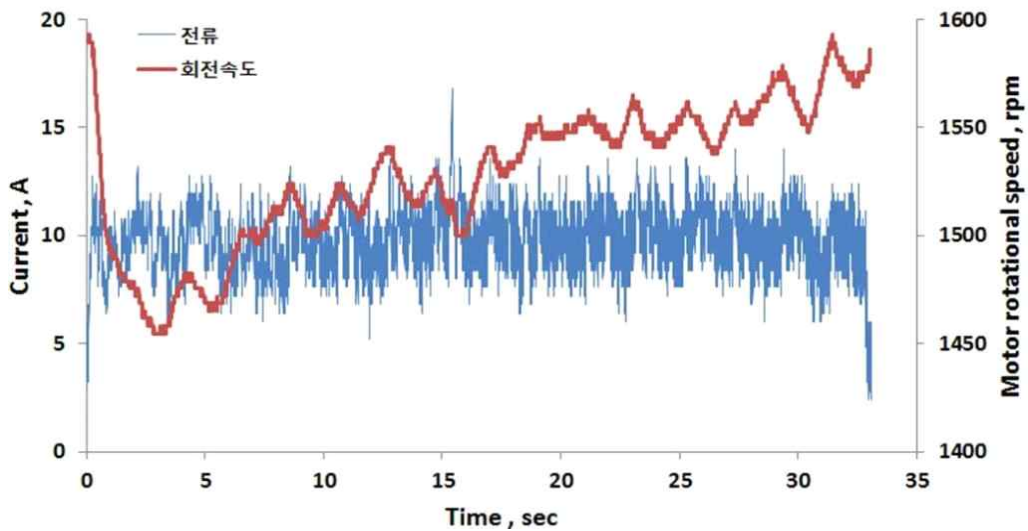


주간거리 42 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(3).

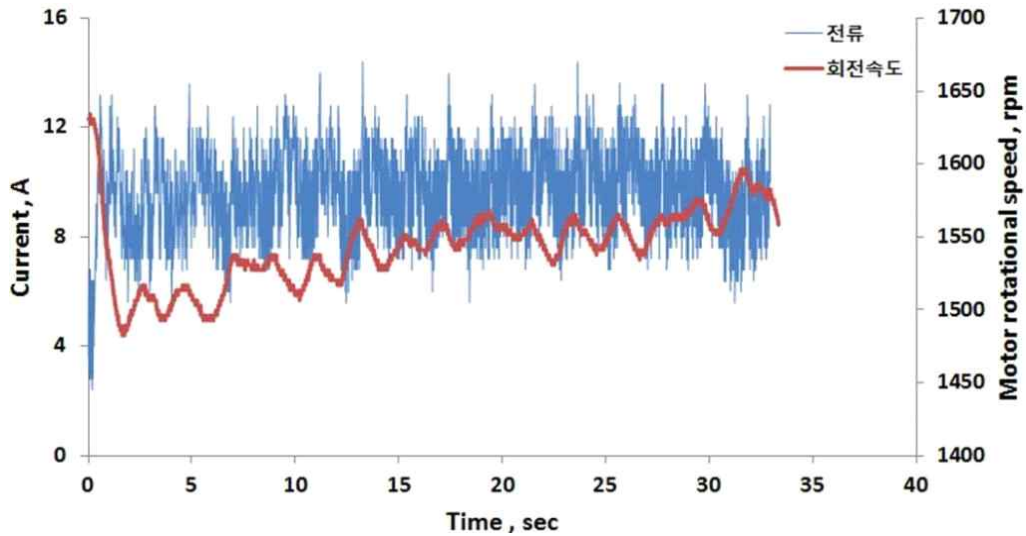
- 마지막 실험은 이식기의 식부 장치의 주간거리 63(19단) cm 수준에서 두 실험과 동일한 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 33초로 나타났다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 6.414 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.462 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,526 rpm으로 나타났으며, 모터의 평균 토크는 2.895 Nm로 나타났다.



주간거리 63 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(1).



주간거리 63 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(2).



주간거리 63 cm에서 주행과 식부 동시 구동 측정 결과(3).

- 주행 변속 단수는 저속(1단)으로 고정 후, 식부 장치는 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 주행과 식부 동시 작업 실험 시 전류와 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26(1단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,599 ~ 1,610 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,523 ~ 1,528 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 18.8 ~ 20 A, 평균 범위는 11.180 ~ 11.367 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.902 ~ 0.960 kW, 평균 범위 0.537 ~ 0.546 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 5.386 ~ 5.693 Nm, 평균 범위 3.364 ~ 3.412 Nm로 나타났다. 또한 주간거리 42(10단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,592 ~ 1,672 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,525 ~ 1,553 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 18 ~ 17.2 A, 평균 범위는 10.009 ~ 10.067 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.826 ~ 0.864 kW, 평균 범위 0.480 ~ 0.483 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 4.933 ~ 5.053 Nm, 평균 범위 2.97 ~ 3.014 Nm로 나타났다. 마지막으로 주간거리 63(19단) cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 1,586 ~ 1,634 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,507 ~ 1,542 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 14.4 ~ 16.8 A, 평균 범위는 9.546 ~ 9.697 A로 측정되었으며, 이를 통해 계산된 모터 출력은 최대 범위 0.691 ~ 0.806 kW, 평균 범위 0.458 ~ 0.465 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 범위 4.039 ~ 4.834 Nm, 평균 범위 2.836 ~ 2.942 Nm로 나타났다. 이를 통해 이식기 작업과 주행과 동시 작업 시 소요되는 동력이 다른 작업에 비해 가장 높음을 알 수 있다.

주간거리 26 cm(1단) 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도 (rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1599.840	18.800	0.902	5.386	33
	평균	1523.367	11.180	0.537	3.364	
	표준 편차	41.983	2.421	0.116	26.429	
2	최대	1610.202	20.000	0.960	5.693	33
	평균	1526.895	11.367	0.546	3.412	
	표준 편차	38.869	2.437	0.117	28.739	
3	최대	1610.202	19.600	0.941	5.579	34
	평균	1528.354	11.281	0.541	3.383	
	표준 편차	38.192	2.401	0.115	28.814	

주간거리 42 cm(10단) 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

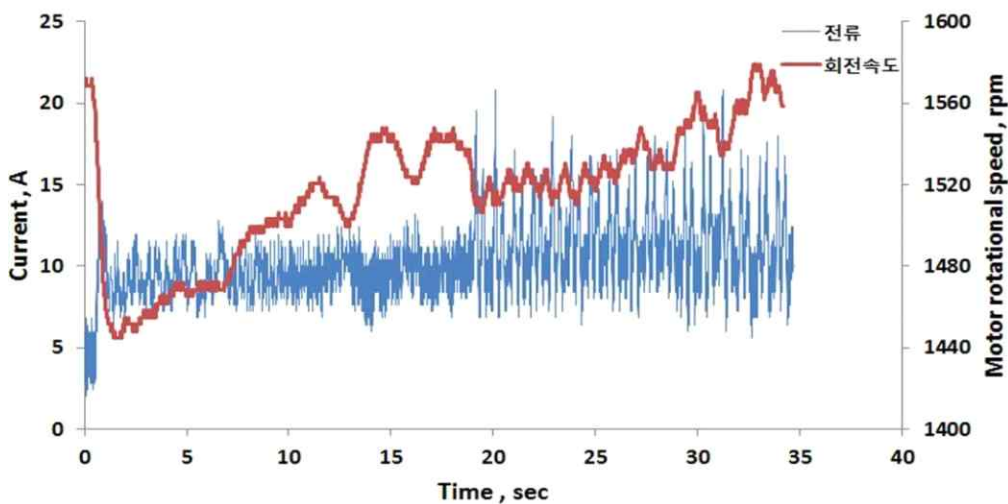
NO.	항목	모터 속도 (rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1592.932	17.200	0.826	4.949	33
	평균	1525.112	10.009	0.480	3.008	
	표준 편차	39.223	1.836	0.088	21.455	
2	최대	1596.386	17.600	0.845	5.053	33
	평균	1526.507	10.037	0.482	3.014	
	표준 편차	37.181	1.845	0.089	22.749	
3	최대	1672.372	18.000	0.864	4.933	33
	평균	1553.895	10.067	0.483	2.970	
	표준 편차	23.267	1.958	0.094	38.570	

주간거리 63 cm(19단) 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

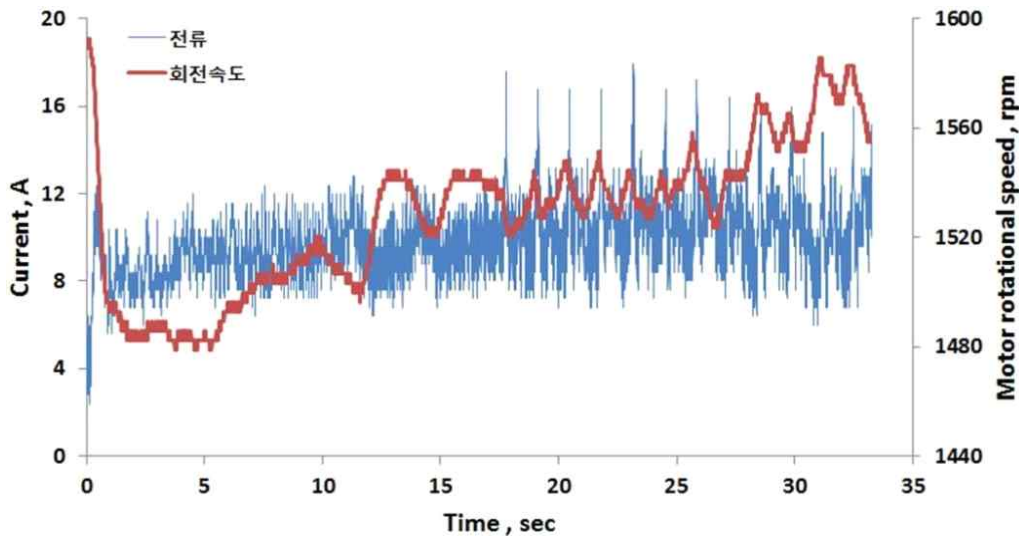
NO.	항목	모터 속도 (rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
1	최대	1586.025	15.200	0.730	4.393	34
	평균	1507.285	9.673	0.464	2.942	
	표준 편차	49.149	1.380	0.066	12.870	
2	최대	1592.932	16.800	0.806	4.834	33
	평균	1528.316	9.697	0.465	2.908	
	표준 편차	32.816	1.504	0.072	21.009	
3	최대	1634.379	14.400	0.691	4.039	33
	평균	1542.712	9.546	0.458	2.836	
	표준 편차	25.902	1.490	0.071	26.359	

(라) 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업

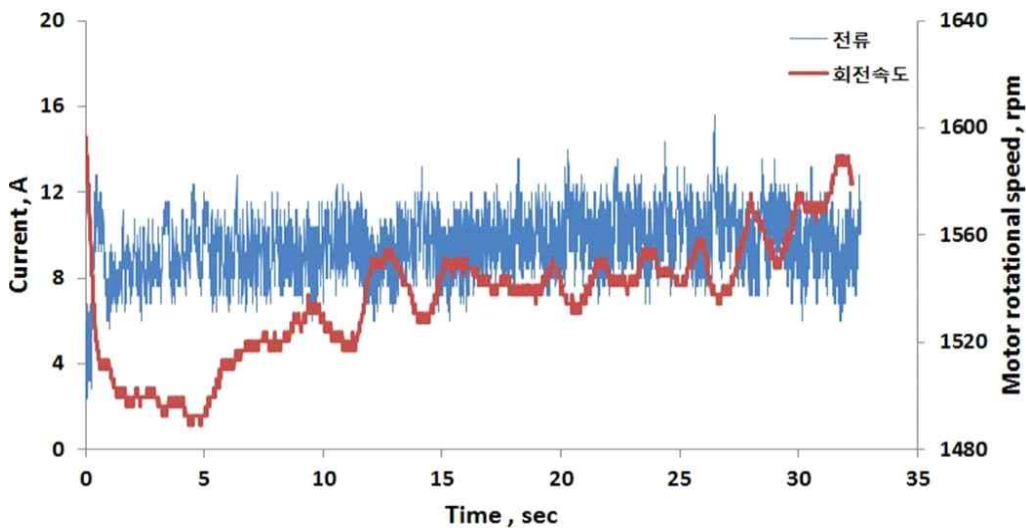
○ 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업 실험 시 주행 변속 단수는 동일하게 저속 1단으로 고정하였다. 실험 방법은 식부 장치 작동 하지 않은 채 단독 주행을 총 실험 거리인 10 m 중 절반 5m 전진한 후, 바로 식부 장치 클러치를 체결하여 식부와 주행 동시 구동하면서 남은 실험 거리 5m를 전진하는 방법으로 진행하였다. 식부 장치의 주간거리는 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 실험하였으며 실험 간 차이가 크지 않아 반복 횟수는 1회만 진행 하였다. 식부 장치의 주간거리는 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준에 따른 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같다. 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준의 평균 실험 시간은 34초 내외로 나타났다. 이시기 주행 시 평균 DC 전류는 약 9.82 A로 나타났고, 실험 중 모터의 평균 출력은 0.471 kW로 나타났으며, 이때 평균 모터 회전수는 약 1,526 rpm으로 났고, 모터의 평균 토크는 2.948 Nm로 나타났다. 주간거리 3 수준 모두 비슷한 결과값으로 나타났다.



주간거리 26 cm에서 단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 측정 결과(1).



주간거리 42 cm에서 단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 측정 결과(2).



주간거리 63 cm에서 단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 측정 결과(3).

- 주행 변속 단수는 저속(1단)으로 고정 후, 식부 장치는 주간거리 26(1단), 42(10단), 63(19단) cm 총 3수준으로 단독 주행 후 식부와 주행 동시 작업 실험 시 전류와 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26(1단) cm 일 때 모터 속도는 최대 1,579 rpm, 평균 1,516 rpm으로 나타났다. 배터리 DC 전류의 경우 평균 10.222 A, 최대 20.8 A로 나타났으며, 이를 통해 출력을 계산한 결과 최대 0.998 kW, 평균 0.491 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 6.038 Nm, 3.089 Nm로 나타났다. 또한 주간거리 42(10단) cm 일 때 모터 속도는 최대 1,592 rpm, 평균 1,527 rpm으로 나타났다. 배터리 DC 전류의 경우 평균 9.711 A, 최대 18 A로 나타났으며, 이를 통해 출력을 계산한 결과 최대 0.864 kW, 평균 0.469 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 5.179 Nm, 2.931

Nm로 나타났다. 마지막으로 주간거리 63(19단) cm 일 때 모터 속도는 최대 1,596 rpm, 평균 1,536 rpm으로 나타났다. 배터리 DC 전류의 경우 평균 9.469 A, 최대 15.6 A로 나타났다으며, 이를 통해 출력을 계산한 결과 최대 0.749 kW, 평균 0.455 kW로 나타났다. 계측 장치를 통해 얻은 데이터 값을 이용하여 계산된 모터 토크는 최대 4.479 Nm, 2.826 Nm로 나타났다. 이를 통해 이식기 작업과 단독 주행 작업과 주행과 식부 장치 동시 작업 시 소요되는 동력의 차이를 알 수 있었다.

단독 주행 후 식부와 주행 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

주간거리 (cm)	항목	모터 속도 (rpm)	DC 전류(A)	출력(kW)	토크 (Nm)	작업시간 (sec)
26 cm (1단)	최대	1579.117	20.800	0.998	6.038	35
	평균	1516.632	10.222	0.491	3.089	
	표준 편차	32.221	2.260	0.108	32.144	
42 cm (10단)	최대	1592.932	18.000	0.864	5.179	33
	평균	1527.866	9.771	0.469	2.931	
	표준 편차	26.904	1.672	0.080	28.488	
63 cm (19단)	최대	1596.386	15.600	0.749	4.479	33
	평균	1536.050	9.469	0.455	2.826	
	표준 편차	22.318	1.444	0.069	29.657	

(마) 작업별 통계분석 결과

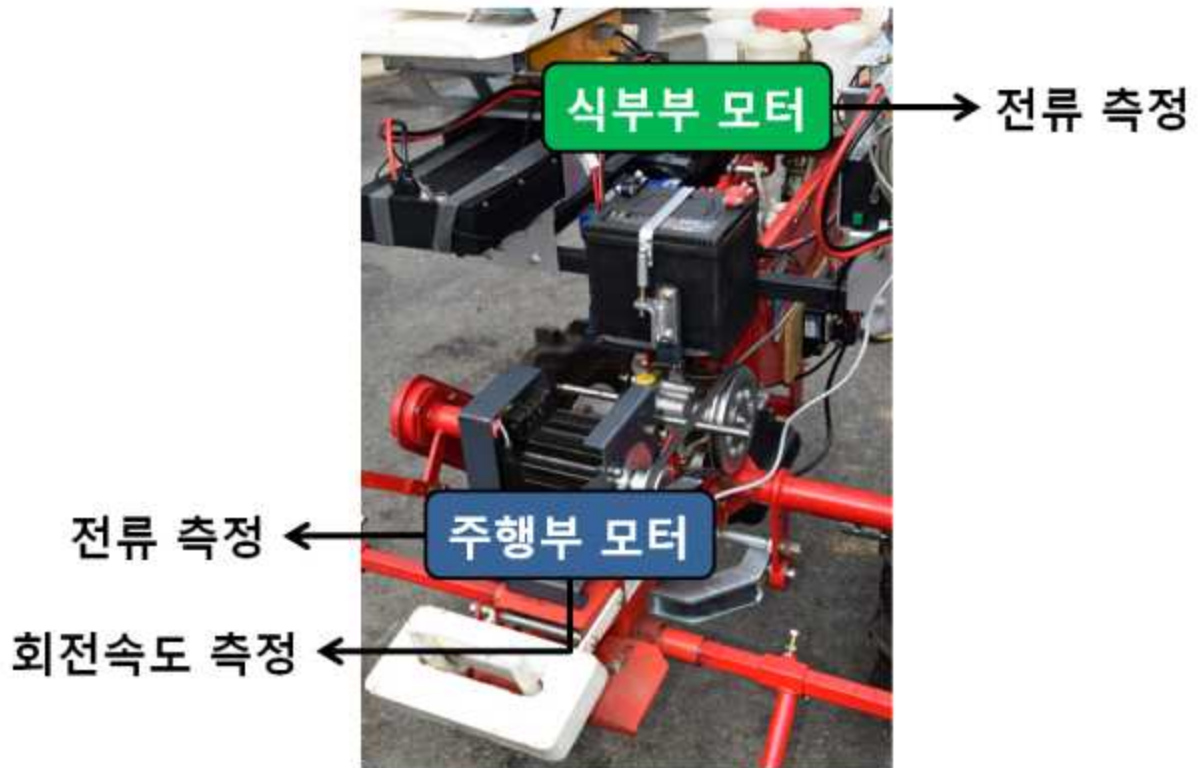
○ 각 작업별 통계 분석은 통계분석 상용 프로그램인 SAS 9.4 (Statistical Analysis System Institute Inc., 2002)를 이용하여 t-test를 실시하였으며, 유의수준 0.05를 기준으로 평가하였다. 먼저, 저속과 고속 주행 단독 작업의 t-test 통계 분석 결과 t-value는 194.50으로 나타났으며, 저속 주행 단독 작업과 고속 주행 단독 작업 간의 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 1단 식부 단독 작업과 1단 식부와 주행 동시 작업의 t-test 통계 분석 결과 t-value는 77.58로 나타났으며, 이는 두 작업 평균 간 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 2단 식부 단독 작업과 2단 식부와 주행 동시 작업의 t-value는 172.46으로써 두 작업 평균 간 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 마지막으로 3단 식부 단독 작업과 3단 식부와 주행 동시 작업의 t-value는 208.51으로써 두 작업 평균 간 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 1단, 10단, 19단 식부 단독 작업과 1단, 10단, 19단 주행과 식부 동시 구동 작업의 통계 분석은 Anova분석으로 수행하였다. 두 작업에서 단수에 따른 작업의 Anova 분석 결과 P-value는 5% 유의 수준(0.05)보다 작게 나타났으며, 이는 귀무가설을 기각하여 단수별 작업 간의 평균은 5% 유의 수준에서 유의한 차이가 있음을 알 수 있다.

3. 개선된 2차 시작품 성능평가

가. 전기구동 이식기 계측 시스템 개발

(1) 계측 시스템

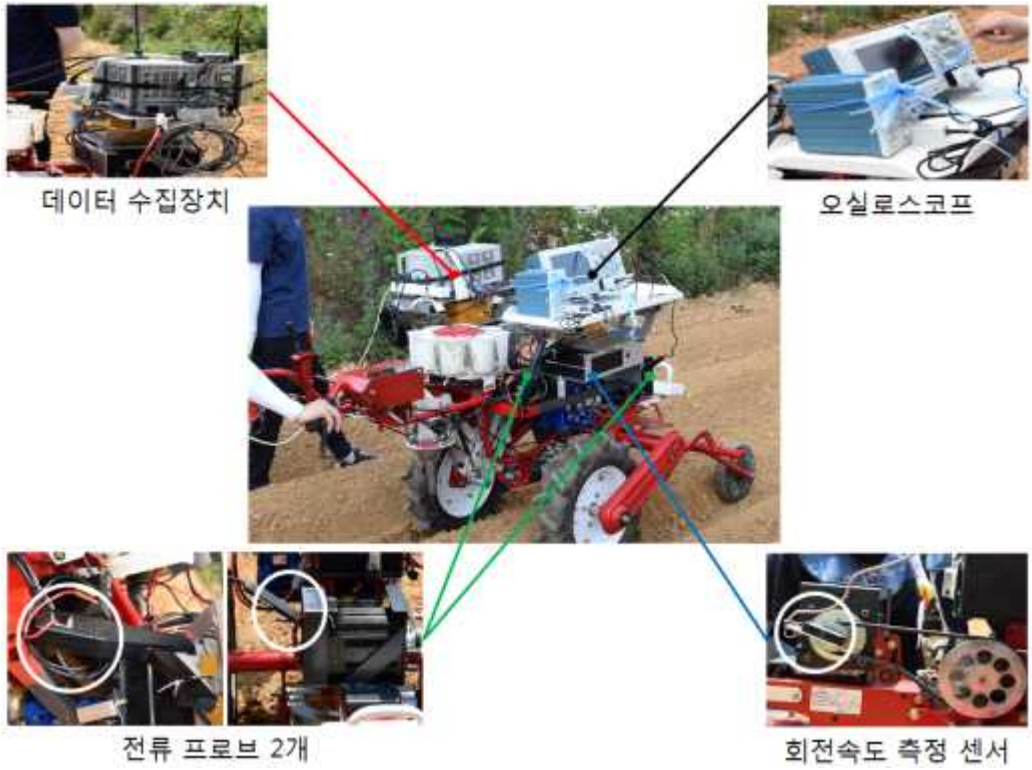
- 포장 작업에 따른 성능을 분석하기 위해 개선된 2차 시작품 모델인 전기 이식기의 주요 측정 요소를 선정하였으며 각 주요 요소에 대한 측정 장치를 구성하였다. 본 시작품은 모터가 주행부와 식부부 각각 1개씩 구성되어 있다. 따라서, 아래 그림과 같이 본 성능평가 시 두 개 모터에 대하여 계측 시스템을 설치하였으며, 각 모터에 대한 주요 측정 요소는 다음과 같다. 먼저, 주행부 모터에서는 전류 측정과 회전속도 동시 측정을 진행하였으며, 식부부 모터는 전류 측정만 진행하였다. 이는 식부부 모터의 회전속도는 감속기를 통하여 감속되어지며, 각 식부 단수에 따라 회전속도가 1~2 rpm 정도로 미소하게 변화하여 각 식부 단수에 따라 평균 회전속도로 측정하였다.



개선된 2차 이식기의 주요 측정 요소.

(2) 모터 전류 측정 장치

- 개선된 2차 이식기의 측정 시스템은 대부분 2차 시작품 모델 성능평가와 동일하며, 다른 부분은 모터가 주행부, 식부부 각각 1개씩 총 2개로써 프로브 한 개를 더 추가 설치하였다. 모터의 전류를 측정하기 위해서는 측정 장치인 프로브와 실시간으로 측정되는 데이터를 디스플레이해주고 저장해주는 오실로스코프 장치로 구성하였으며, 프로브는 배터리에서 모터를 연결하는 DC +선을 측정하였다. 또한, 오실로스코프와 데이터 수집장치는 모두 이식기의 예비 묘 탑재판에 고정하였다.



전류 측정 시스템 구성.

나. 성능평가를 위한 포장시험

(1) 시험 포장 조건

- 시험 포장의 토양은 동양물산 중앙기술연구소 실외포장지에서 수행하였으며, 총 작업거리는 동일하게 약 35 m를 전진 작업하였다. 포장 시험지의 토양 조건은 미농무성법에 의해 분석하였으며, 분석 결과 직경이 0.05~0.25 mm 범위에 있는 고운 모래 조건이었다. 포장시험 시 작업 두둑 높이는 약 23 cm으로 두둑형성기를 통해 만들고 작업하였다. 시험 포장 주소는 도로명 기준으로 충남 공주시 우성면 차동로 476-30이며, 시험 포장지는 아래 그림과 같다.



시험 포장지 사진.

- 포장시험지의 토양환경 분석은 Cone Index, 함수율 등을 대상으로 실시하였다. 이때, 토양의 Cone Index는 Daik i社의 DIK-5521을 이용하여 측정하였으며, 함수율은 미래센서社의 토양수분센서 WT1000N을 이용하여 5회 반복 측정하였다.



Daik i社의 DIK-5521.

Daik i社의 DIK-5521 제원

Component / Specifications		
Digital Cone Penetrometer	Outside Dimensions	W340×D150×H330 mm (without projection)
	Weight	Approx. 3.4 kg
	Spring	490 N/50 mm
	Accessories	Carrying case, Wire-brush, Spanner, Cone (2 cm ²), Spindle 30 cm, Spindle 60 cm
Display	Outside Dimensions	W105×D29×H155 mm (without projection)
	Weight	Approx. 360 g
	GPS Datum	WGS-84 or Tokyo (Switchable)
	GPS Accuracy	Approx. 10 m (STD. 10 m to 15 m)
	Power supply	AAA-Alkaline dry cell (4 pcs.)
	Accessories	Display-Main unit communication cable, AAA-Alkaline dry cell



미래센서 社의 토양수분센서 WT1000N.

미래센서 社의 토양수분센서 WT1000N 제원

Specifications		
센서부	Signal Output (데이터출력)	Analog - 전압 : 0-5, 1-5, 0-1, 0-2.5 V (linear output) - 전류 : 4-20 mA (linear output) Digital : serial TTL level 9600, N, 8, 1(RS-232c)
	Measuring Range (측정범위)	- Moisture 0 - 99.9% - 토양EC 0 - 6.0 dS/m - Temperature 0 - 60°C
	Accuracy (오차)	- Moisture ± 1% - EC ± 0.1 dS/m - Temperature ± 0.5°C
	Sensor type	FDR2(Frequency Domain Reflectometry)
	Operating temperature Range	0 - 60°C
	Size	Probe length 11.5 cm Ø 48 mm
	Power Supply	DC 9-15[V]
	Current	25 mA
디스플레이부	전원	수소이온전지 7개 내장(충전식)
	연속사용시간	약 60시간
	액정표시	240 x 128 LCD 한글표시
	Size	W82 x H150 x D32 mm
	충전기	110/220 V, 9 V, 500 mA
	충전시간	5시간

- 포장시험지의 토양환경 분석은 5회 반복 측정한 결과값을 평균으로 나타냈다. 함수율, 토양 온도, 전기 전도도는 각각 21.9%, 26.7℃, 0.84 dS/m로 나타났으며, 자세한 측정값은 아래 표와 같다.. 또한 포장지 시험지의 경도는 5 cm 간격으로 20 cm (최대 깊이)까지 측정하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

포장 시험지의 함수율, 토양 온도, 전기 전도도 측정값

반복횟수	측정데이터		
	함수율(%)	EC	온도(℃)
1 회	17.4	0.80	27.5
2 회	17.9	0.83	26.8
3 회	22.7	0.92	26.8
4 회	28.4	0.88	26.5
5 회	23.2	0.77	25.8
평균	21.9	0.84	26.7
표준편차	4.5	0.06	0.6

포장 시험지의 경도 측정값

반복횟수	측정데이터 [kPa]			
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
1 회	81	95	253	885
2 회	83	103	216	550
3 회	81	98	204	883
4 회	81	91	202	883
5 회	91	133	184	415
평균	83.4	104.0	211.8	723.2
표준편차	4.3	16.8	25.7	224.9

(2) 실험 방법

- 개선된 2차 이식기의 포장 실험은 대표적인 작업인 주행 단독, 주행과 식부 동시, 식부 장치 단독 작업으로 총 3가지 방법으로 진행하였으며, 작업별로 각각 시험 횟수 3회 반복하였다. 주행 속도는 단독 주행 방법은 1단, 2단, 3단으로 전진 작업으로 진행하였다. 식부장치의 주간거리는 26, 40, 60 cm로 총 3수준으로 나누어 진행하였다. 또한, 주행과 식부 동시 작업은 주행 변속 단수 1단으로 작업하였다. 한 작업자가 모터 스로틀은 최대 수준으로 고정한 후 변속 수준 일정하게 하였으며, 모든 작업을 진행하여 시험 신뢰성을 향상시켰다. 작업에 따른 실험 조건은 아래 표와 같으며, 측정 대상은 주행부 모터의 전류(A)와 회전속도(rpm), 식부부 모터의 전류(A)이다.

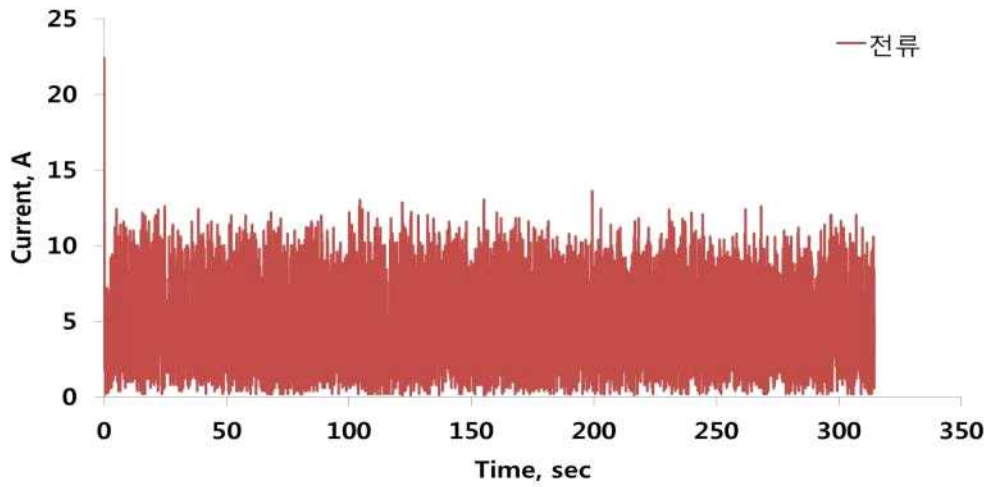
작업에 따른 실험 조건

작업방법	작업조건			
	변속 단수	주간 거리	측정 항목	반복 횟수
주행 단독 작업	1단, 2단, 3단	-	[주행부] DC 모터 전류, 모터 회전속도	각 3회
식부 단독 작업	-	26, 40, 60 cm	[식부부]	
주행과 식부 동시 작업	1단		DC 모터 전류	

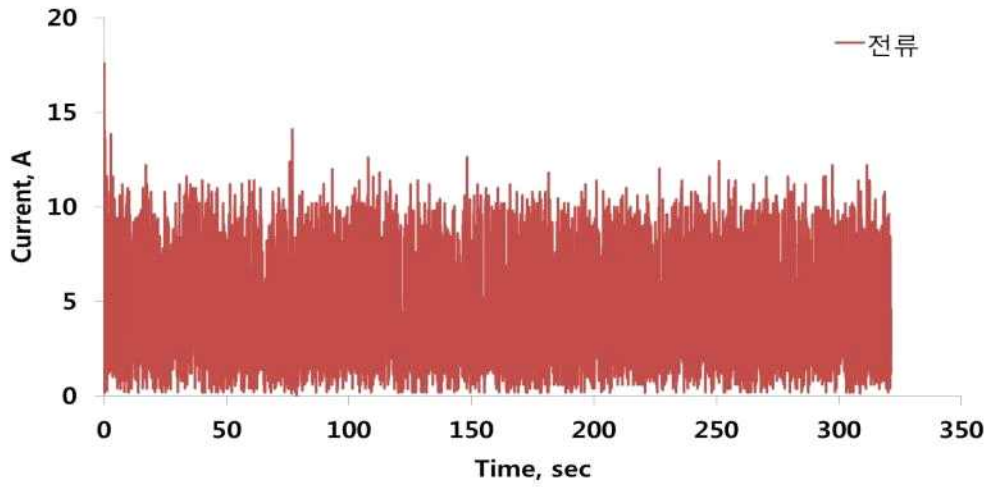
(3) 포장 실험 결과

(가) 주행 단독 작업 시

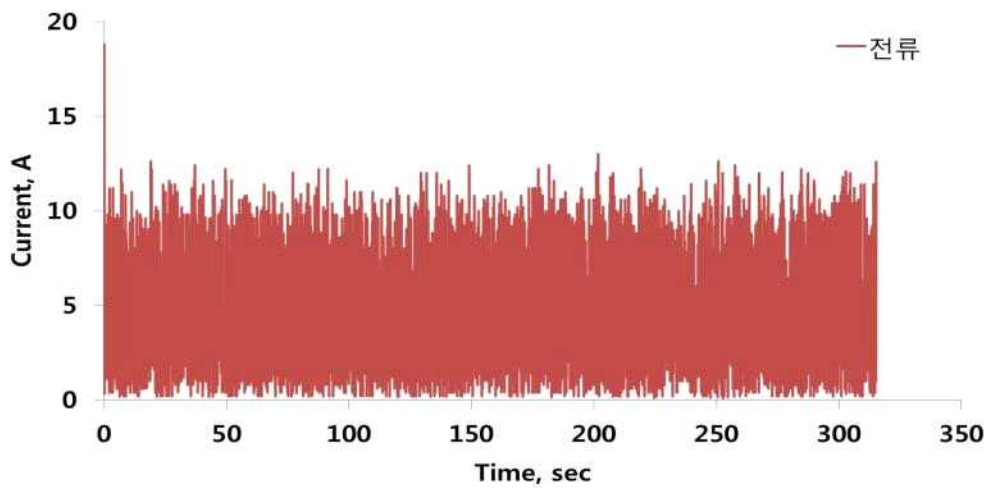
- 이식 작업 중 주행에 소요되는 동력 측정을 위해 호퍼 등의 식부의 동작은 멈춘 채 이식기를 두둑 따라 직진으로 주행하였으며 그 결과 아래 그림과 같이 나타났다. 한 작업자가 모터 스로틀을 최대로 고정한 후 변속단수에 따라 작업하였으며 변속단수 1단에서의 주행 단독 작업의 총 실험 시간은 약 317초 진행하였다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 4.11 A로 나타났고, 이때 평균 모터 회전수는 약 884 rpm으로 나타났다.



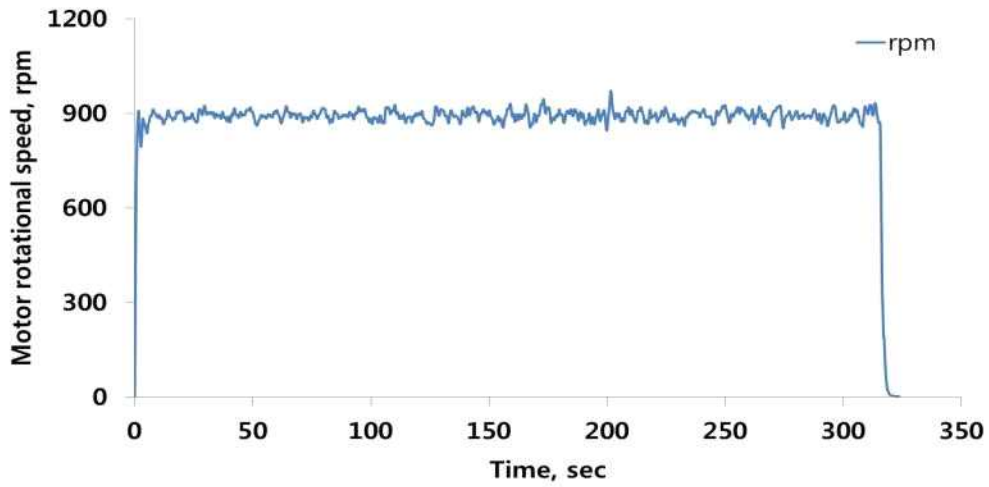
변속 단수 1단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(1).



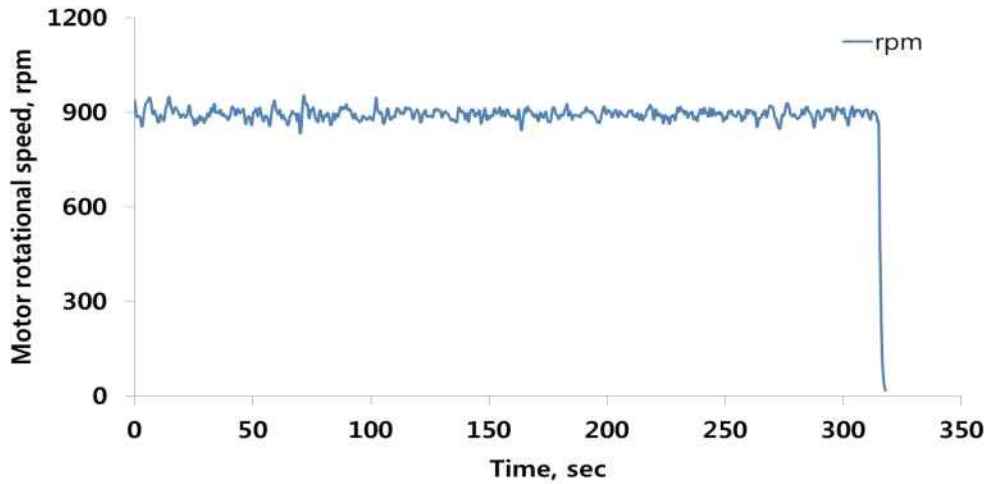
변속 단수 1단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(2).



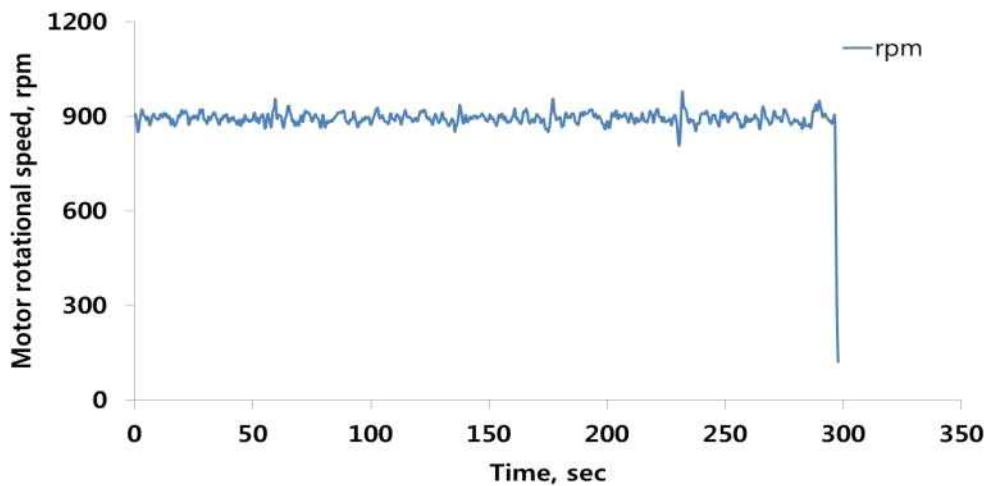
변속 단수 1단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(3).



변속 단수 1단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(1).

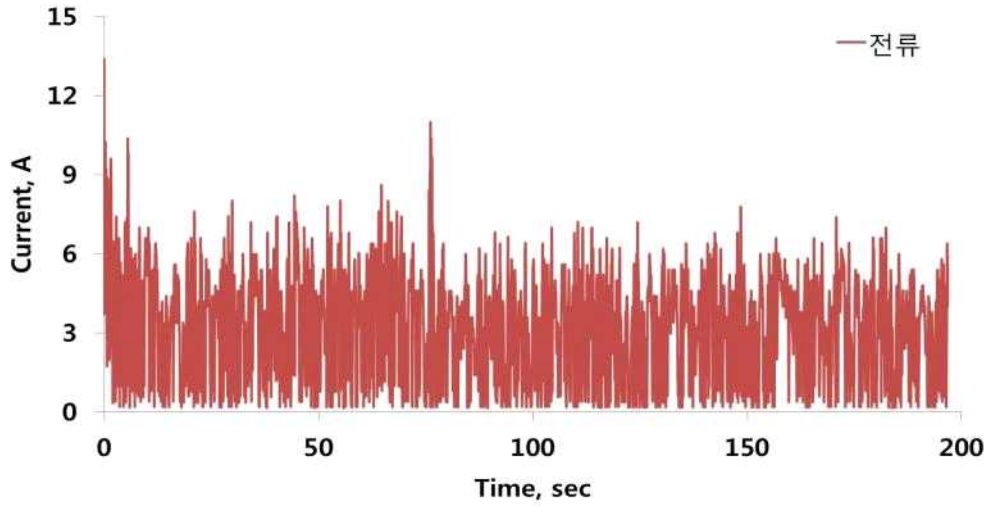


변속 단수 1단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(2).

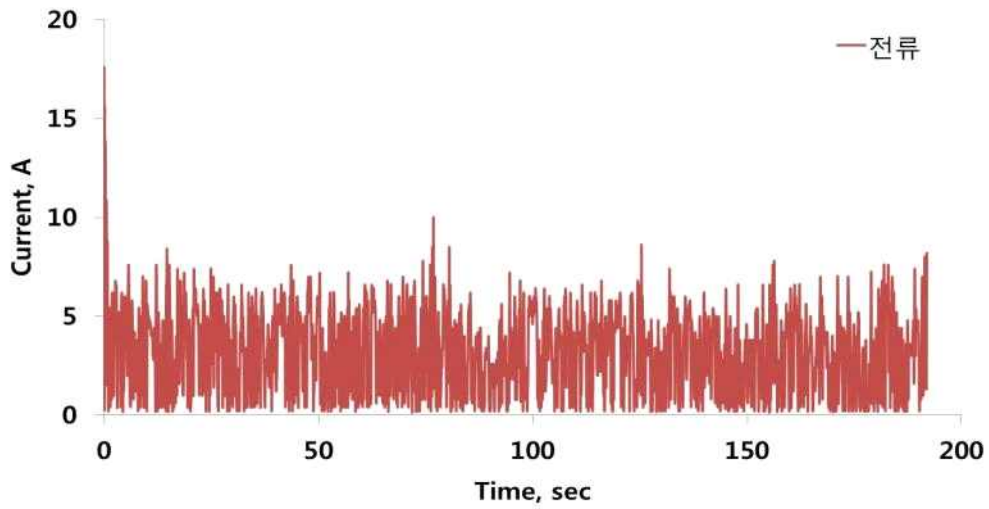


변속 단수 1단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(3).

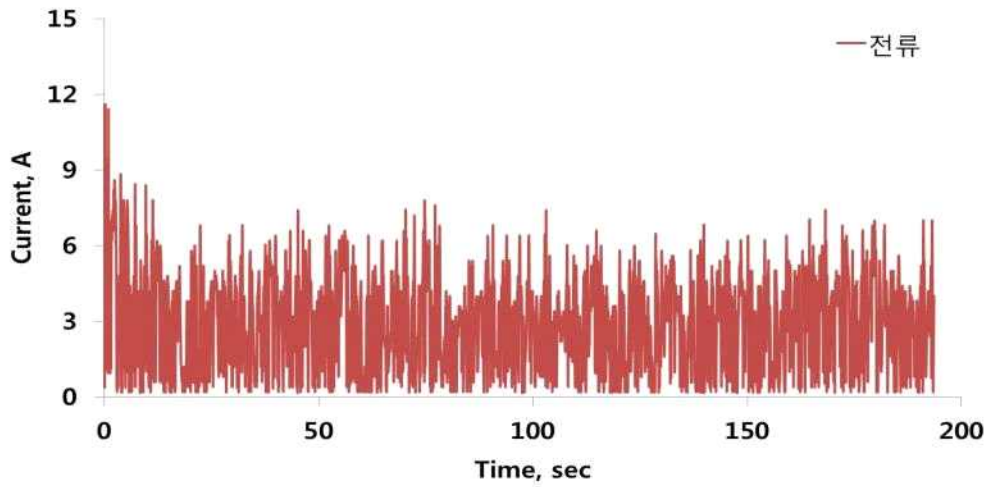
- 다음 실험은 변속단수 2단에서의 주행 단독 작업으로써, 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 총 실험 시간은 평균 194초 진행하였다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 3.15 A로 나타났고, 이때 평균 모터 회전수는 약 1.473 rpm으로 나타났다.



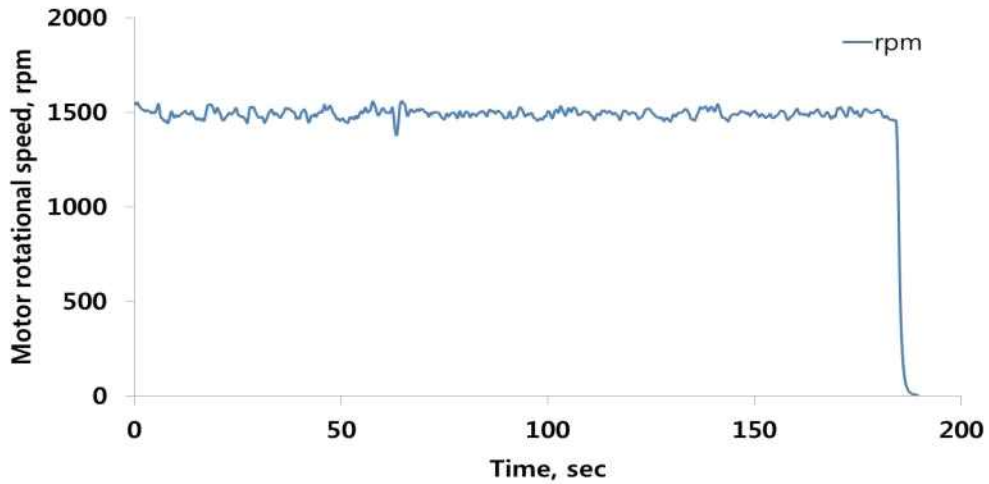
변속 단수 2단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(1).



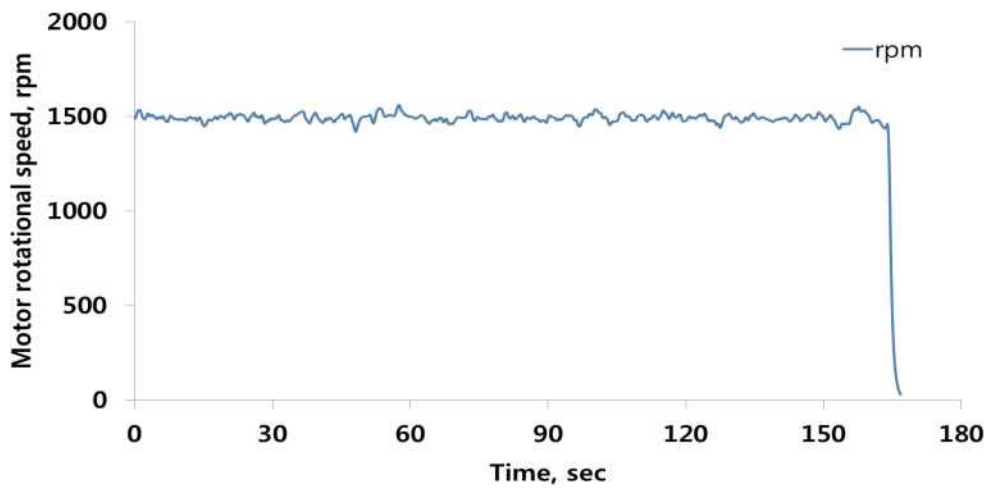
변속 단수 2단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(2).



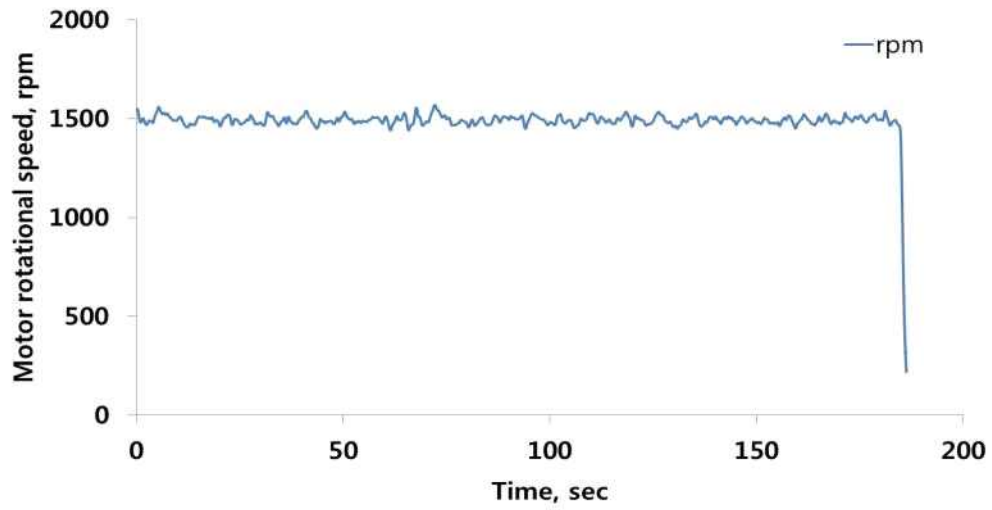
변속 단수 2단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(3).



변속 단수 2단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(1).

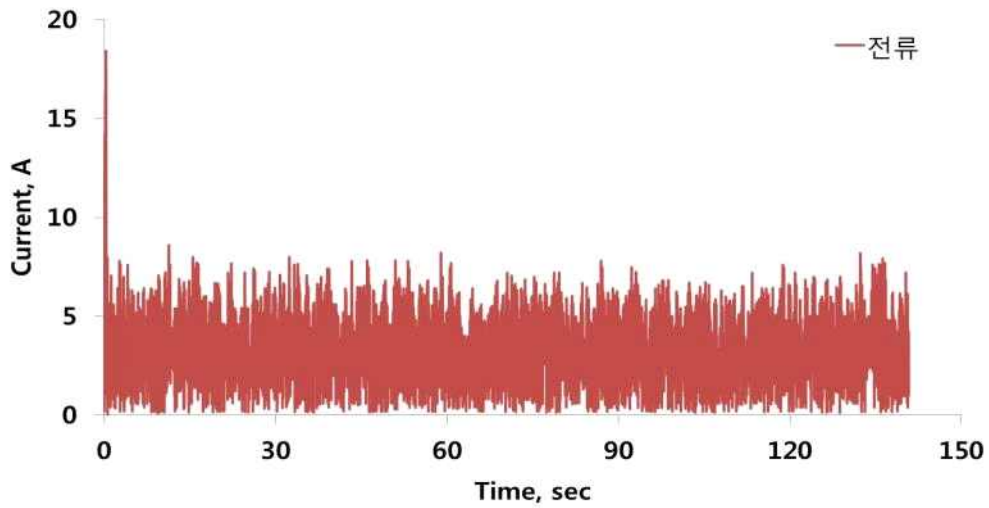


변속 단수 2단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(2).

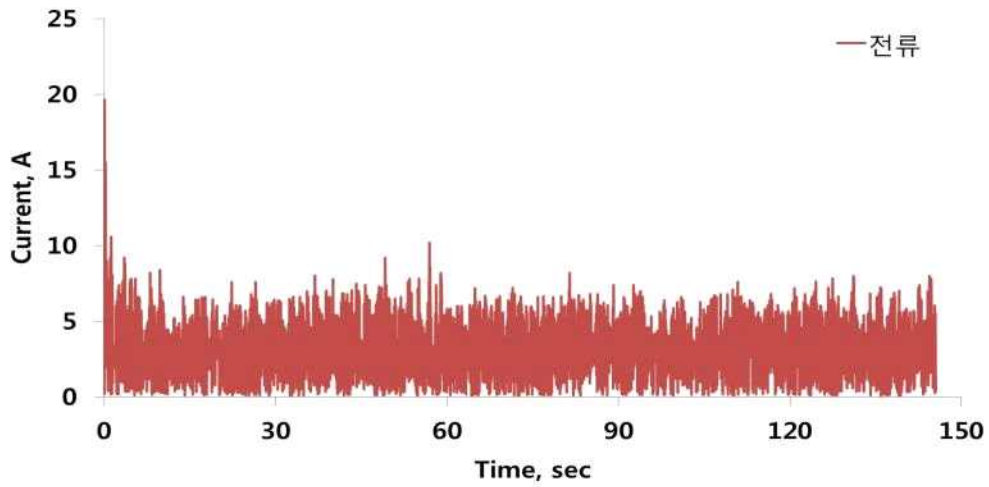


변속 단수 2단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(3).

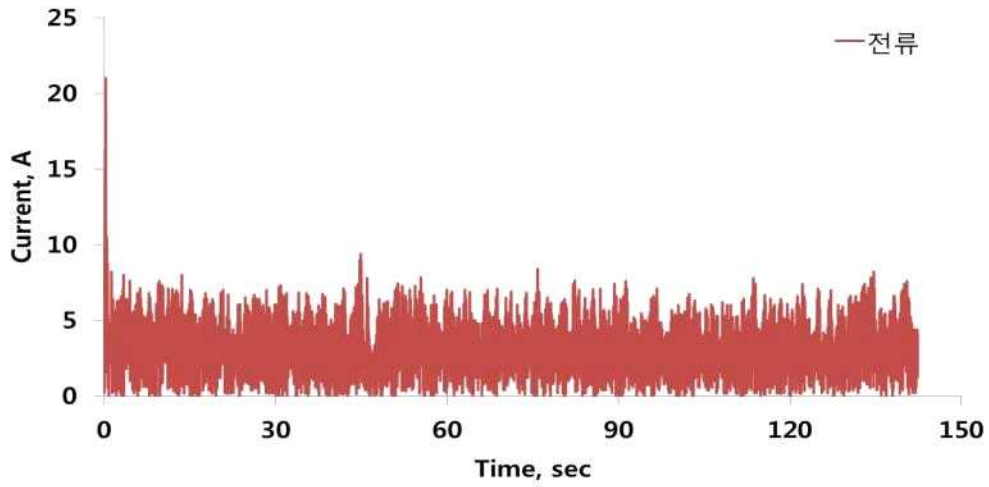
- 다음 실험은 변속단수 3단에서의 주행 단독 작업으로써, 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 총 실험 시간은 평균 143초 진행하였다. 이식기 주행 시 평균 DC 전류는 약 3.25 A로 나타났고, 이때 평균 모터 회전수는 약 1.913 rpm으로 나타났다.



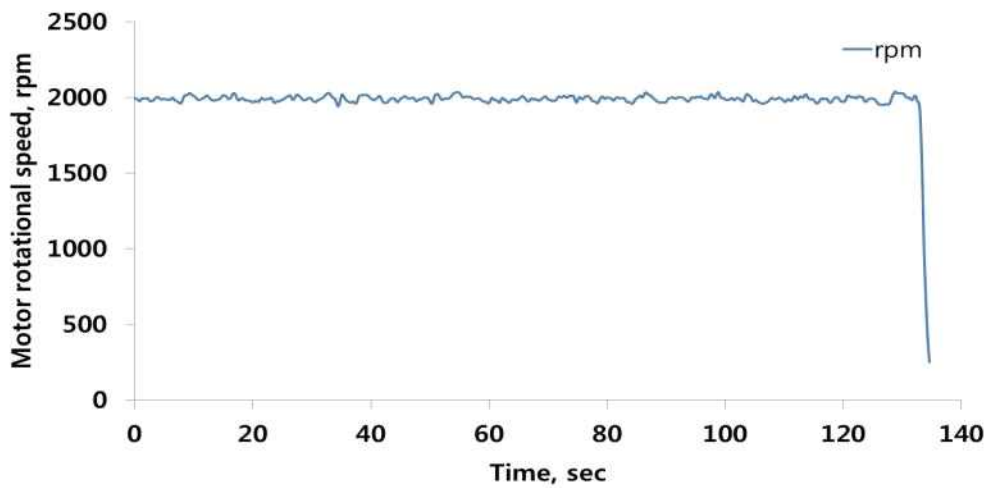
변속 단수 3단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(1).



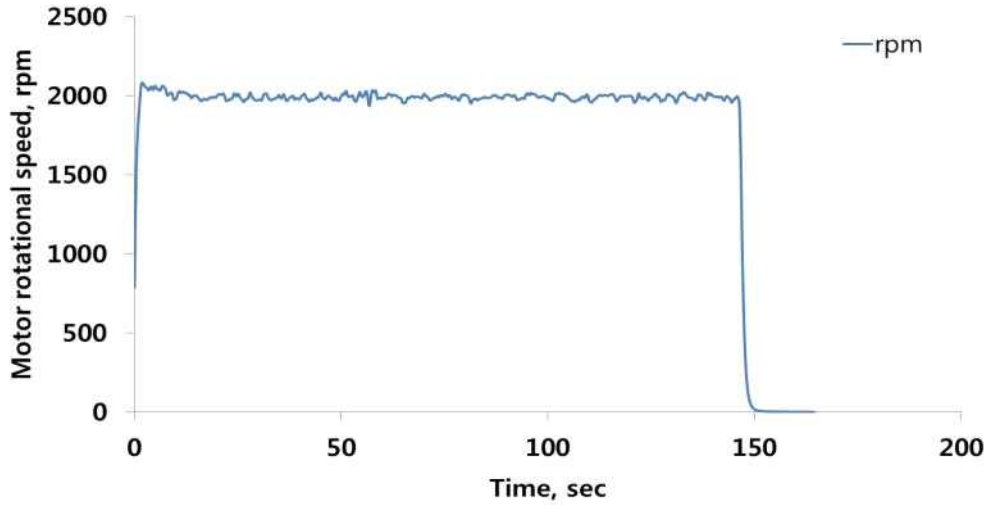
변속 단수 3단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(2).



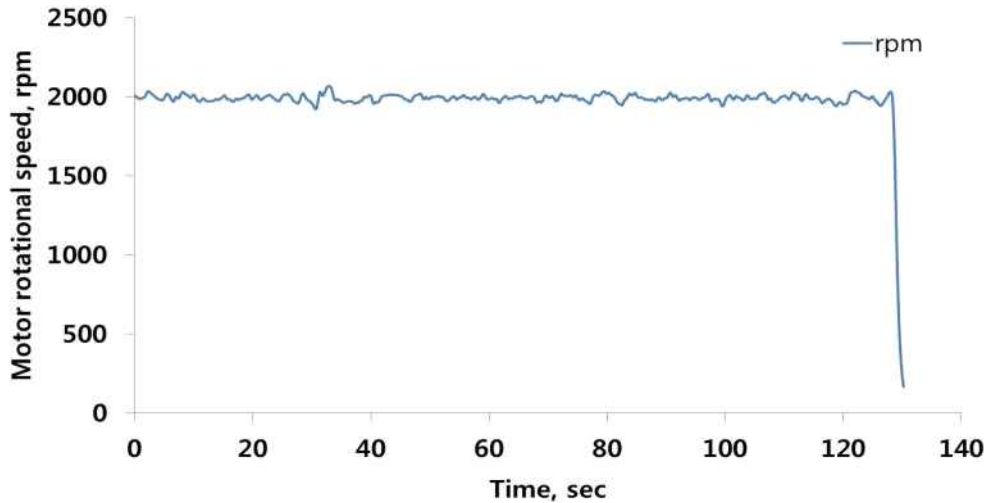
변속 단수 3단 시 주행부 단독 구동 전류 측정 결과(3).



변속 단수 3단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(1).



변속 단수 3단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(2).



변속 단수 3단 시 주행부 단독 구동 rpm 측정 결과(3).

- 주행 변속 단수가 1단에서의 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류는 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 954 ~ 979 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 872 ~ 892 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 17.60 ~ 22.40 A, 평균 범위는 3.98 ~ 4.22 A로 측정되었으며, 이때 작업 시간은 평균 약 317초로 나타났다.

변속 단수 1단 시 주행부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	작업시간(sec)
1	최대	972	22.40	314초
	평균	872	4.22	
	표준 편차	130	2.45	
2	최대	954	17.60	321초
	평균	888	3.98	
	표준 편차	67	2.40	
3	최대	979	18.80	315초
	평균	892	8.12	
	표준 편차	39	2.43	

- 주행 변속 단수가 2단에서의 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류는 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 1,559 ~ 1,569 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,459 ~ 1,487 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 11.60 ~ 17.60 A, 평균 범위는 2.97 ~ 3.25 A로 측정되었으며, 이때 작업 시간은 평균 약 194초로 나타났다.

변속 단수 2단 시 주행부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	작업시간(sec)
1	최대	1,559	13.40	197초
	평균	1,459	3.25	
	표준 편차	213	1.85	
2	최대	1,559	17.60	192초
	평균	1,474	3.23	
	표준 편차	150	1.88	
3	최대	1,569	11.60	194초
	평균	1,487	2.97	
	표준 편차	76	1.76	

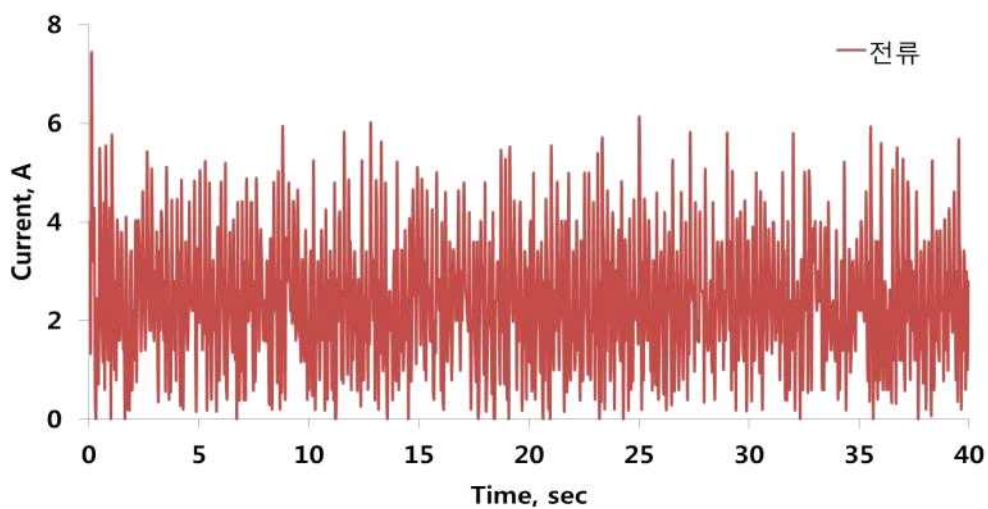
- 주행 변속 단수가 3단에서의 이식기의 주행 단독 실험 결과 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 반복에 따라 모터 회전 속도 및 전류는 다소 차이가 발생되었으며, 반복 중 최대 모터 속도는 2,037 ~ 2,083 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,782 ~ 1,979 rpm의 범위를 가졌다. 전류의 경우 최대 범위는 18.20 ~ 21.00 A, 평균 범위는 3.16 ~ 3.34 A로 측정되었으며, 이때 작업 시간은 평균 약 143초로 나타났다.

변속 단수 3단 시 주행부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

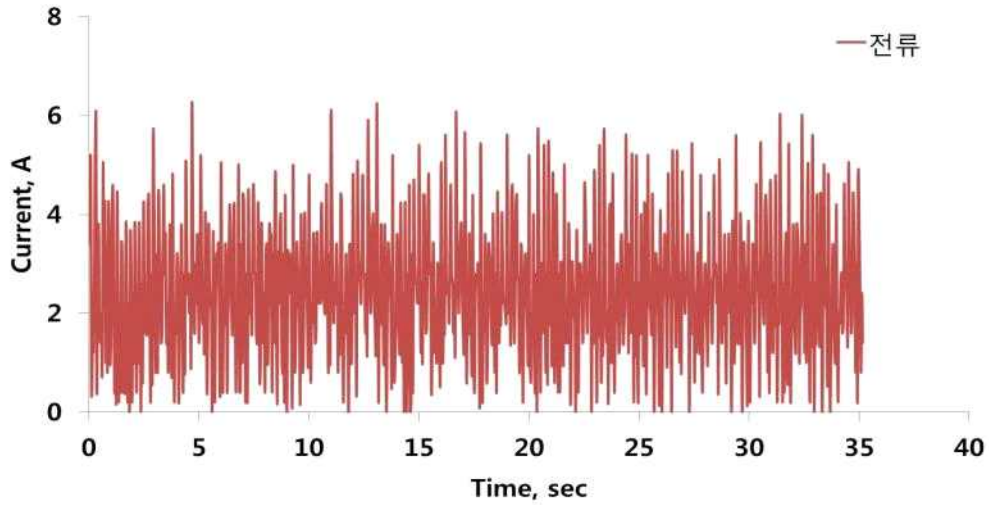
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	작업시간(sec)
1	최대	2,037	18.20	141초
	평균	1,979	3.34	
	표준 편차	128	1.91	
2	최대	2,083	19.60	145초
	평균	1,782	3.16	
	표준 편차	604	1.92	
3	최대	2,067	21.00	142초
	평균	1,977	3.25	
	표준 편차	149	1.91	

(나) 식부 장치 단독 작업

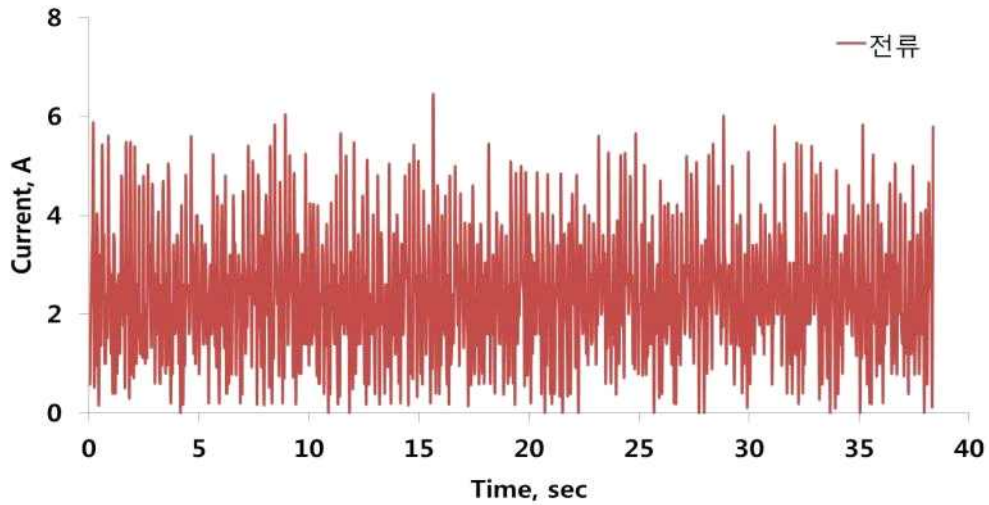
- 식부 장치 단독 작업 실험 시 주행 변속 단수는 중립으로 설정한 후 식부 장치는 26, 40, 60 cm 총 3수준으로 실험하였으며, 각 작업별 반복 횟수는 각각 3회씩 진행 하였다. 이때 모터 스톱들은 최대로 고정된 후 한 작업자가 계속 진행하였으며 식부 링크는 총 10회 반복한 후 실험 종료하였다. 먼저 식부 장치의 주간거리는 26 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 38초 동안 진행되었으며, 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 6.67 A로 나타났고, 이때 평균 모터 회전속도는 약 16 rpm으로 나타났다.



주간거리 26 cm 시 식부 장치 단독 작업(1).

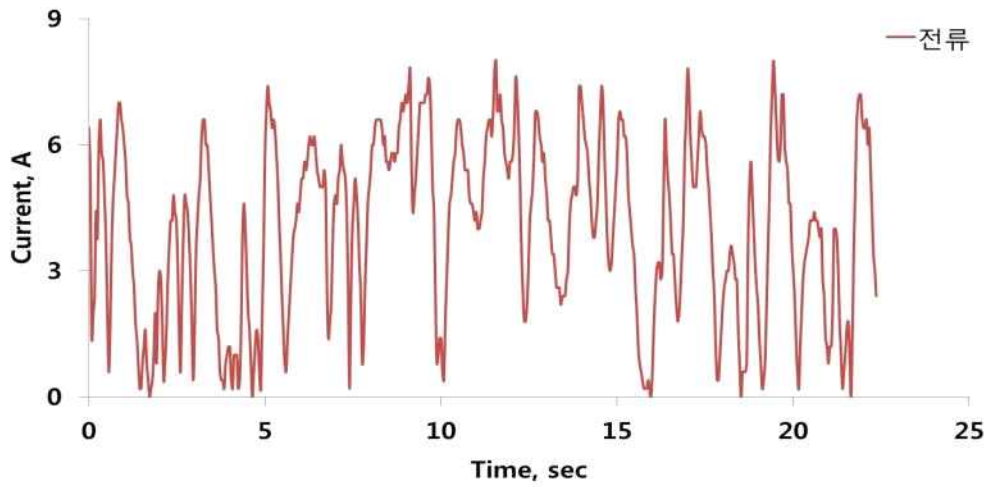


주간거리 26 cm 시 식부 장치 단독 작업(2).

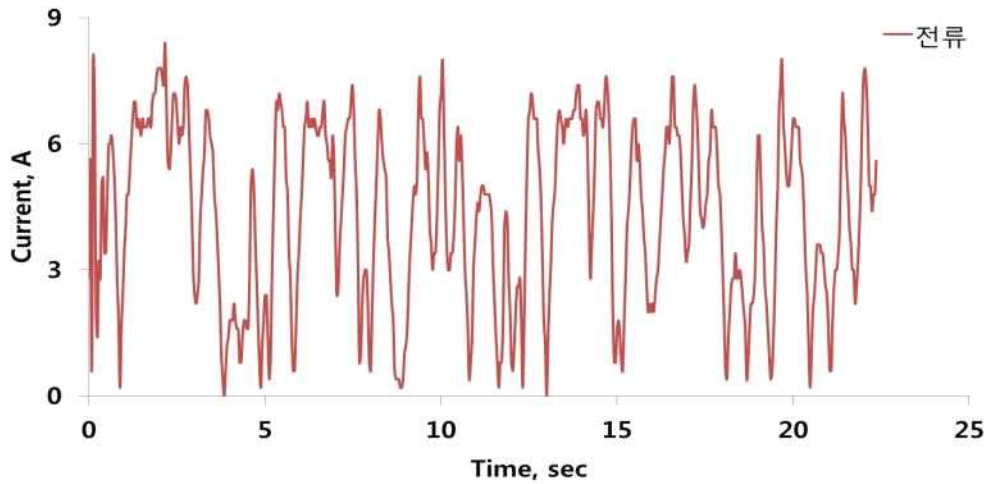


주간거리 26 cm 시 식부 장치 단독 작업(3).

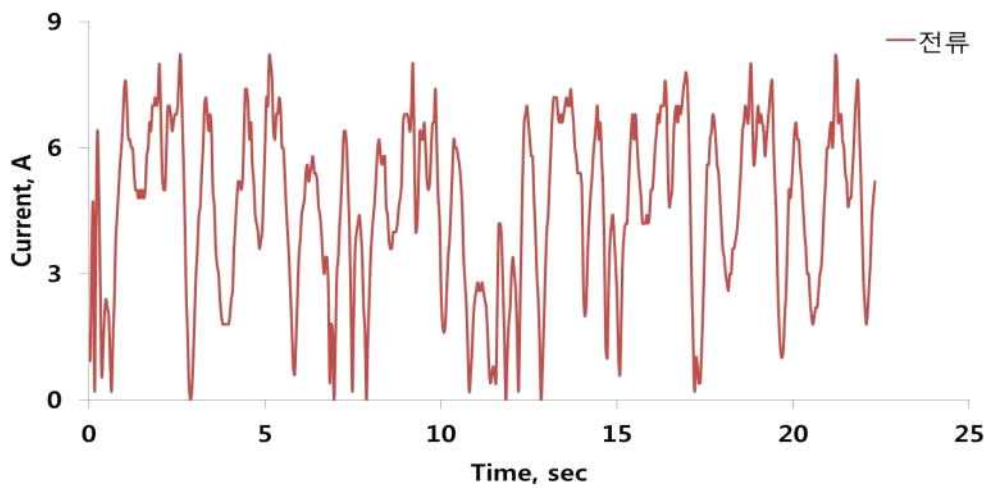
- 다음 실험은 동일한 방법으로 식부 장치의 주간거리 40 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 22초 동안 진행되었으며, 동일하게 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 이때 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 4.28 A로 나타났고, 이때 평균 모터 회전수는 약 26 rpm으로 나타났다.



주간거리 40 cm 시 식부 장치 단독 작업(1).

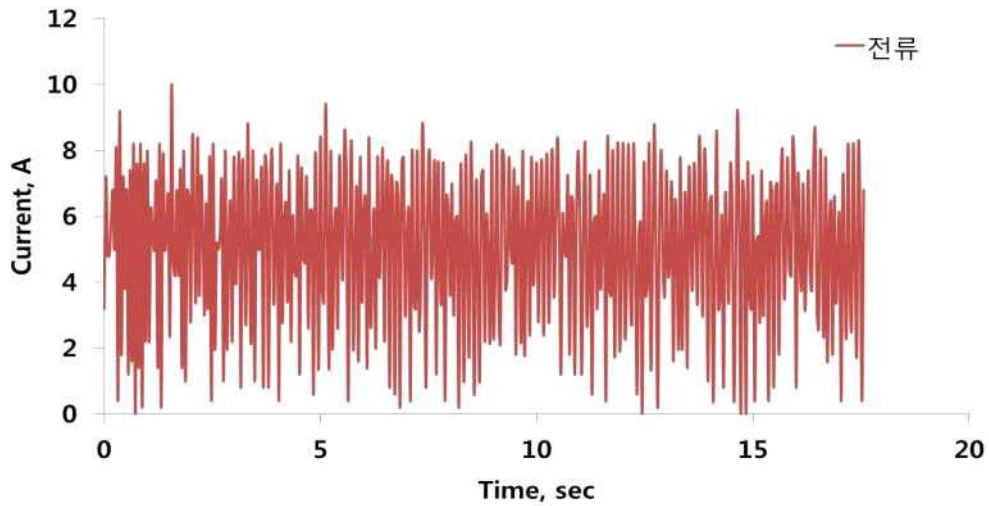


주간거리 40 cm 시 식부 장치 단독 작업(2).

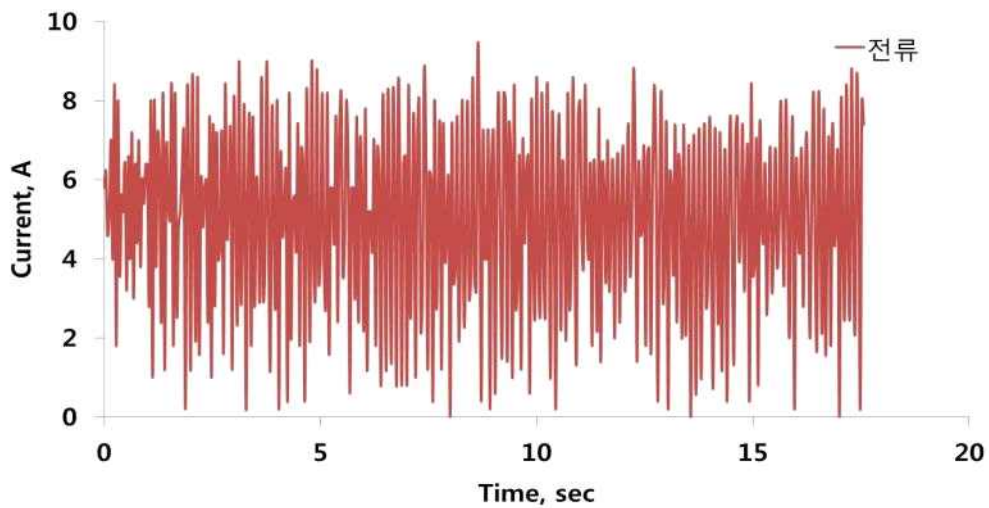


주간거리 40 cm 시 식부 장치 단독 작업(3).

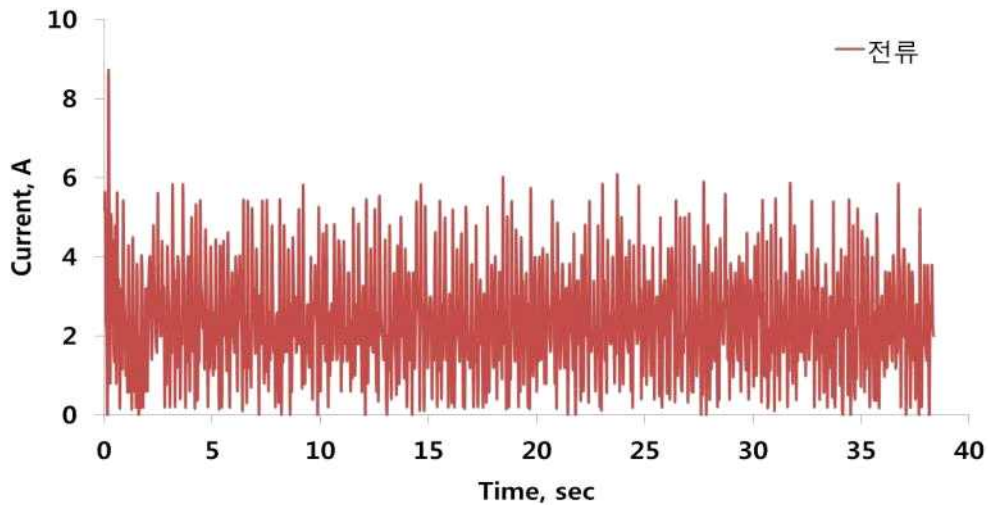
- 마지막 실험은 기존과 동일한 방법으로 식부 장치의 주간거리 60 cm로 3번 반복 진행 하였으며, 반복한 실험 측정값을 아래 그림과 같이 나타냈다. 총 실험 시간은 약 25초 동안 진행되었으며, 식부 장치 작동은 실험 시작과 동시에 작동하였다. 이때 식부 장치 단독 작업 시 구동 DC 전류는 이식기 작업 시 평균 DC 전류는 약 4.13 A로 나타났고, 이때 평균 모터 회전수는 약 34 rpm으로 나타났다.



주간거리 60 cm 시 식부 장치 단독 작업(1).



주간거리 60 cm 시 식부 장치 단독 작업(2).



주간거리 60 cm 시 식부 장치 단독 작업(3).

- 주간거리 26, 40, 60 cm 총 3수준으로 식부 단독 구동 시 전류, 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26 cm 일 때 평균 모터 속도는 16 rpm, 실험 반복 중 전류의 최대 범위는 6.20 ~ 7.40 A, 평균 범위는 2.42 ~ 2.45 A로 측정되었다. 또한 주간거리 40 cm 일 때 평균 모터 속도는 26 rpm, 실험 반복 중 전류의 최대 범위는 8.00 ~ 8.40 A, 평균 범위는 4.02 ~ 4.51 A로 측정되었다. 마지막으로 주간거리 60 cm 일 때 평균 모터 속도는 34 rpm 실험 반복 중 전류의 최대 범위는 8.60 ~ 10.00 A, 평균 범위는 2.43 ~ 4.99 A로 측정되었다.

주간거리 26 cm 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	작업시간(sec)
1	최대	16	7.40	40초
	평균	16	2.42	
	표준 편차	0	1.38	
2	최대	16	6.20	35초
	평균	16	2.45	
	표준 편차	0	1.39	
3	최대	16	6.40	38초
	평균	16	2.43	
	표준 편차	0	1.36	

주간거리 40 cm 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

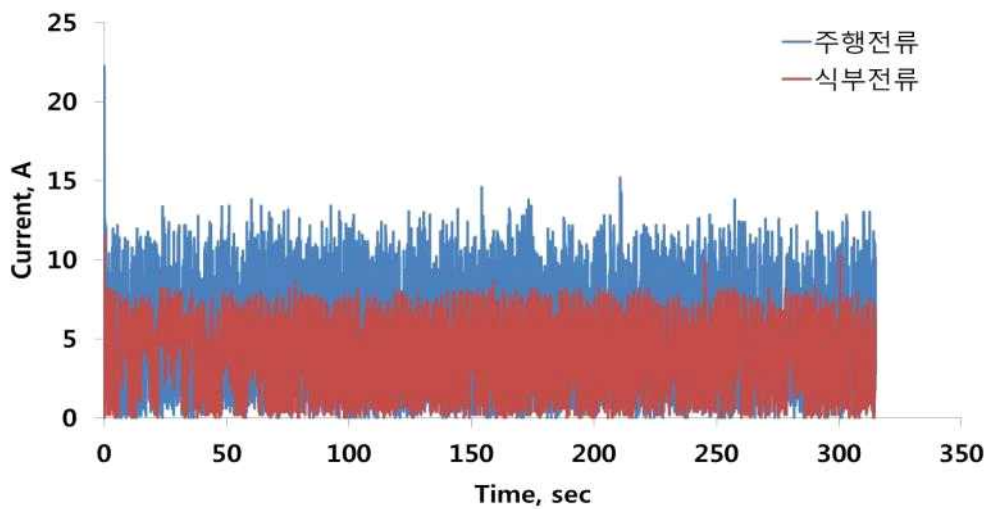
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	작업시간(sec)
1	최대	26	8.00	22초
	평균	26	4.02	
	표준 편차	0	2.12	
2	최대	26	5.40	22초
	평균	26	4.32	
	표준 편차	0	2.14	
3	최대	26	8.20	22초
	평균	26	4.51	
	표준 편차	0	2.03	

주간거리 60 cm 단수 시 식부 단독 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

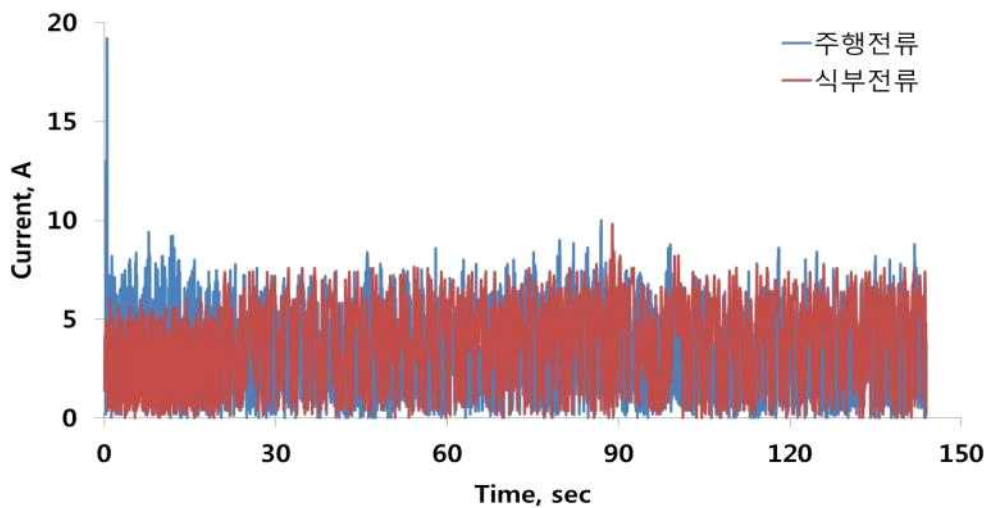
NO.	항목	모터 속도(rpm)	DC 전류(A)	작업시간(sec)
1	최대	34	10.00	18초
	평균	34	4.99	
	표준 편차	0	2.20	
2	최대	34	9.40	18초
	평균	34	4.96	
	표준 편차	0	2.45	
3	최대	34	8.60	38초
	평균	34	2.43	
	표준 편차	0	1.43	

(다) 주행과 식부 동시 작업

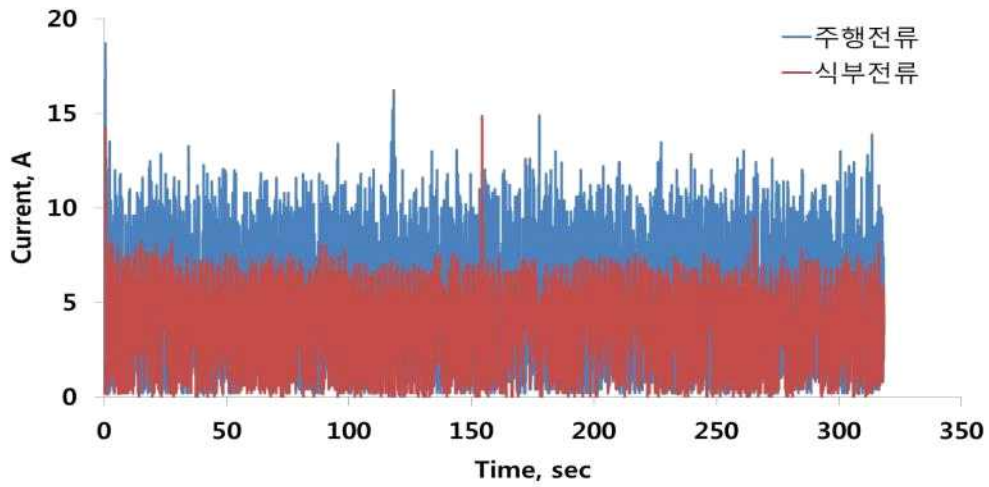
○ 주행과 식부 동시 작업 실험 시, 식부 장치는 주간거리 26, 40, 60 cm 총 3수준으로 실험 하였고 반복 횟수는 각각 3회씩 진행 하였다. 먼저 이식기의 식부 장치는 주간거리 26 cm 수준에서 실험 시작과 동시에 주행과 식부 동시 수행하는 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 259초로 나타났다. 이식기 주행 시 주행부 평균 DC 전류는 약 4.24 A, 식부 평균 DC 전류는 약 4.12 A로 나타났고, 이때 주행부 평균 모터 회전수는 약 992 rpm, 식부 평균 모터 회전수는 16 rpm으로 나타났다.



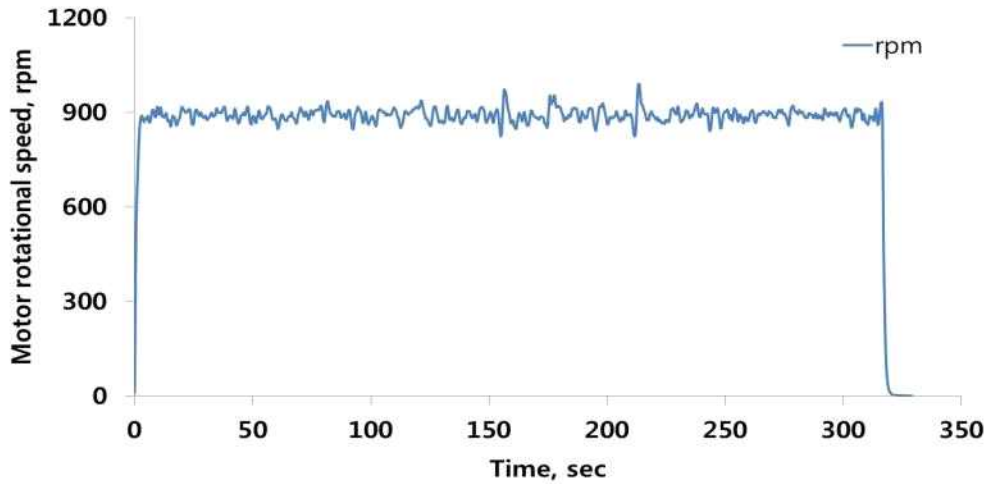
주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(1).



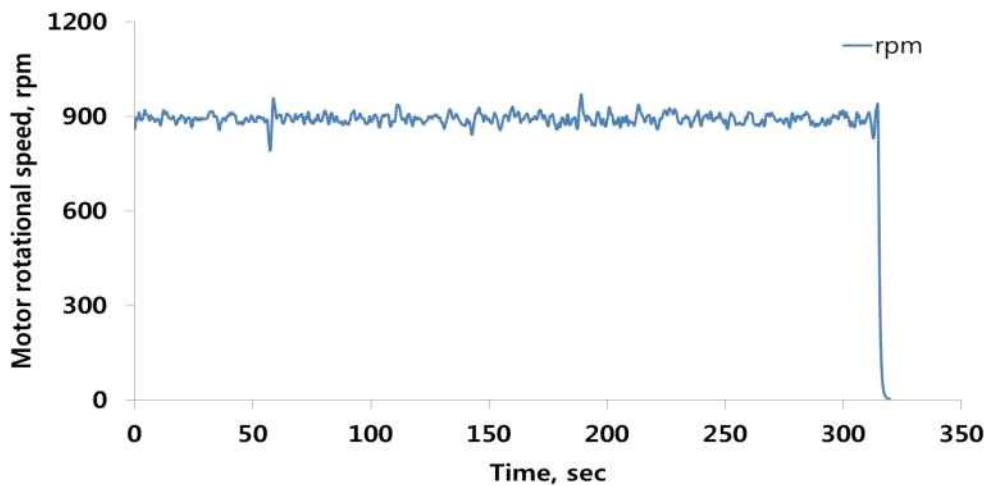
주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(2).



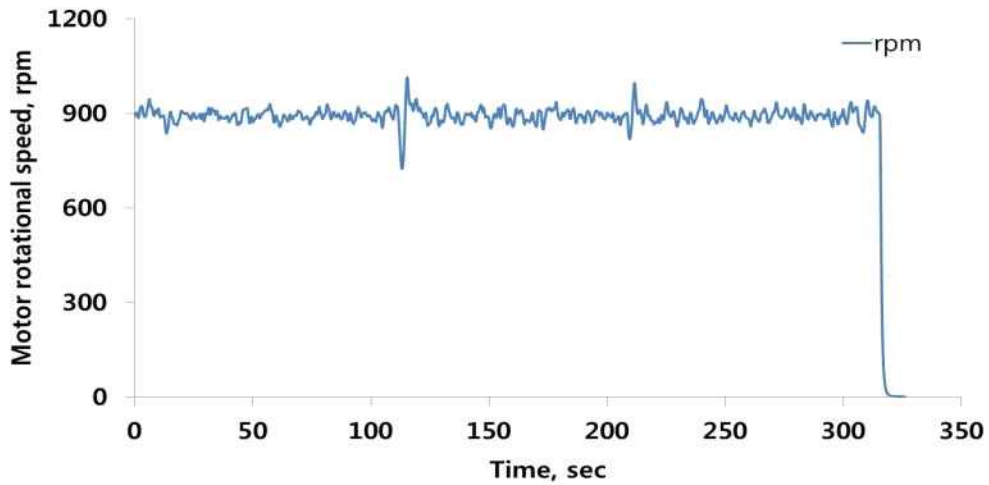
주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(3).



주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(1).

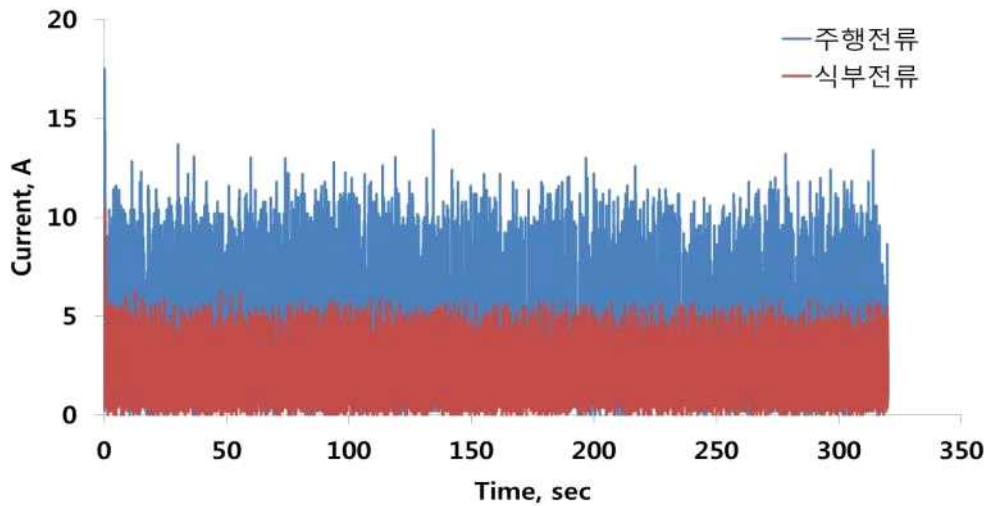


주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(2).

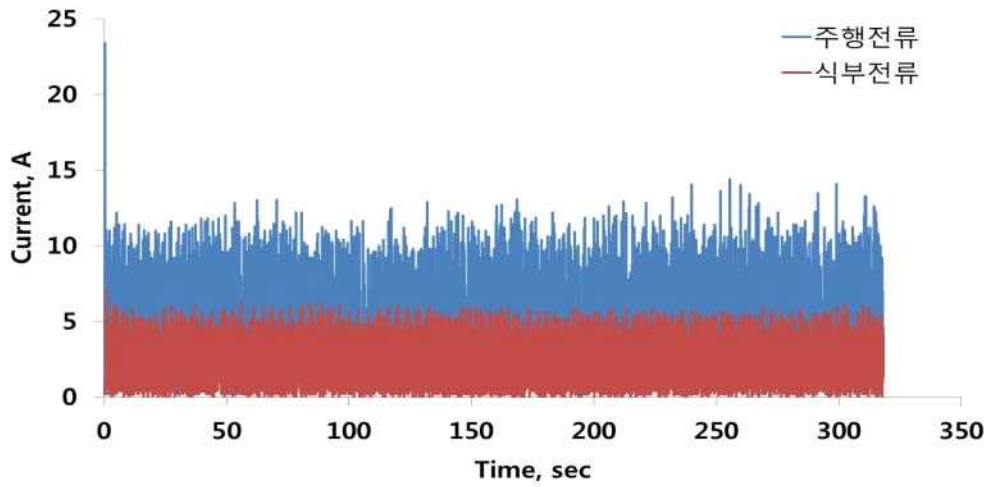


주간거리 26 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(3).

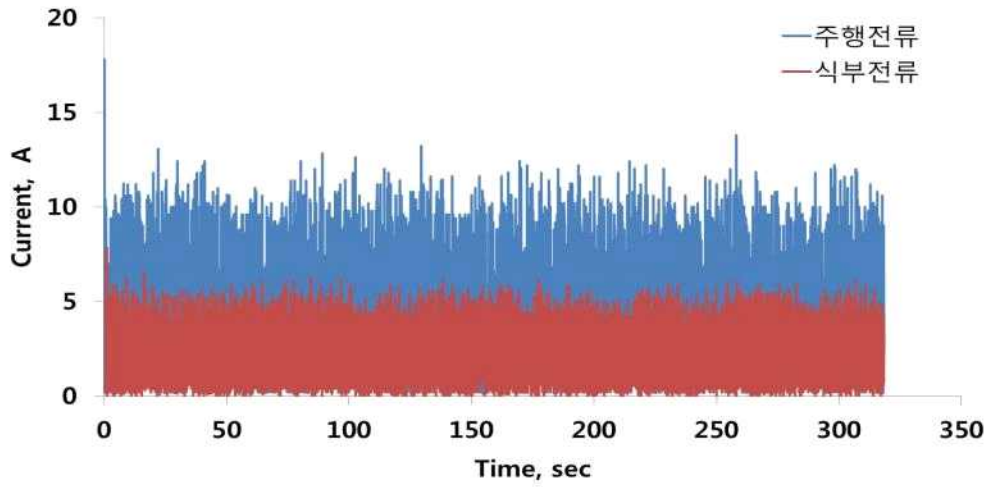
- 다음 실험은 이식기의 식부 장치는 주간거리 40 cm 수준에서 동일한 방법으로 총 3회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 319초 내외로 나타났다. 이식기 주행 시 주행부 평균 DC 전류는 약 4.17 A, 식부 평균 DC 전류는 약 2.28 A로 나타났고, 이때 주행부 평균 모터 회전수는 약 847 rpm, 식부 평균 모터 회전수는 26 rpm으로 나타났다.



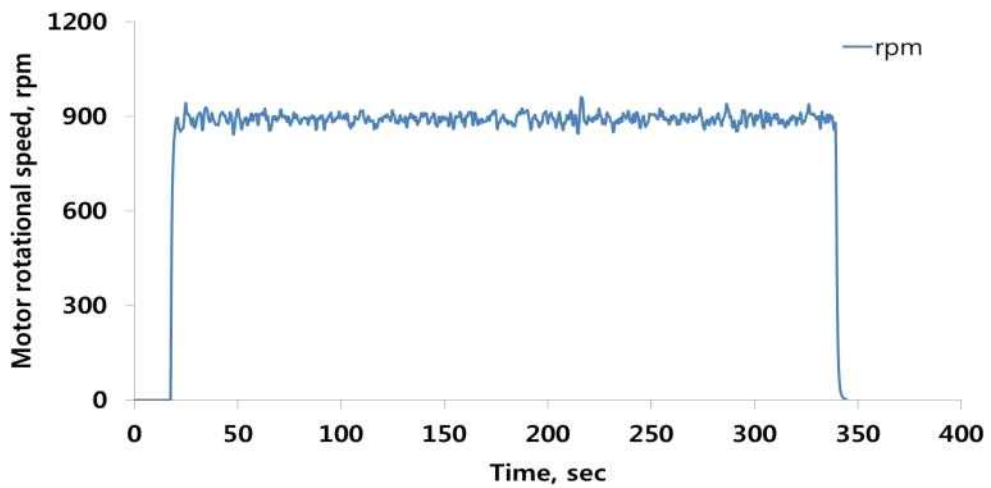
주간거리 40 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(1).



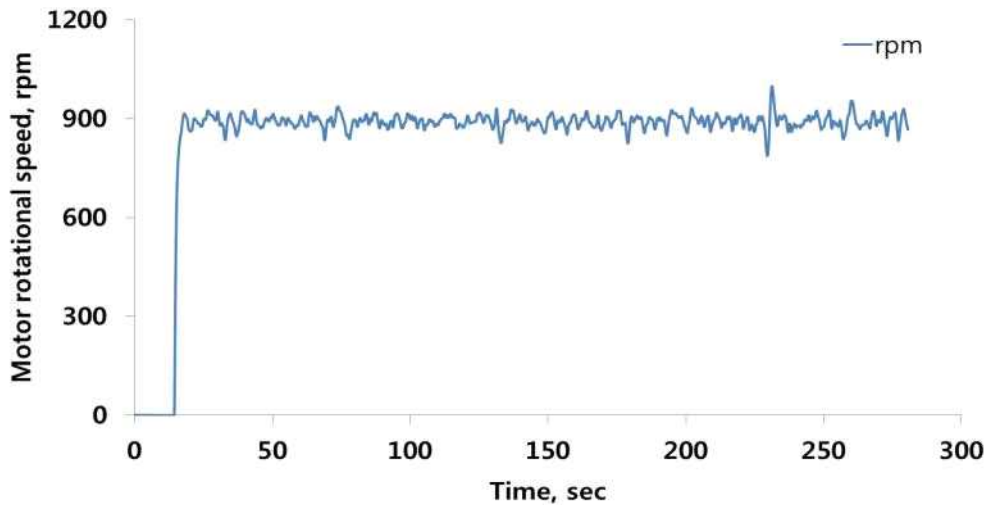
주간거리 40 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(2).



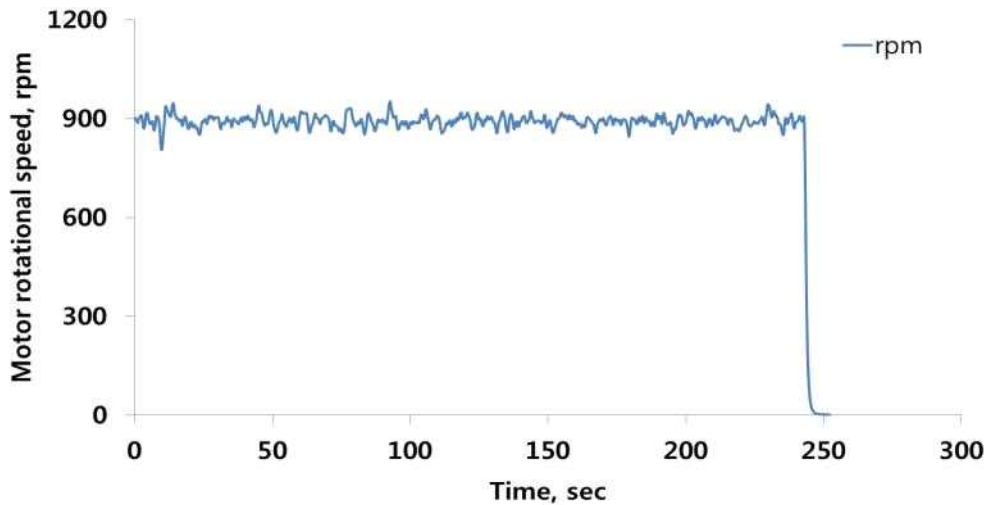
주간거리 40 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(3).



주간거리 40 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(1).

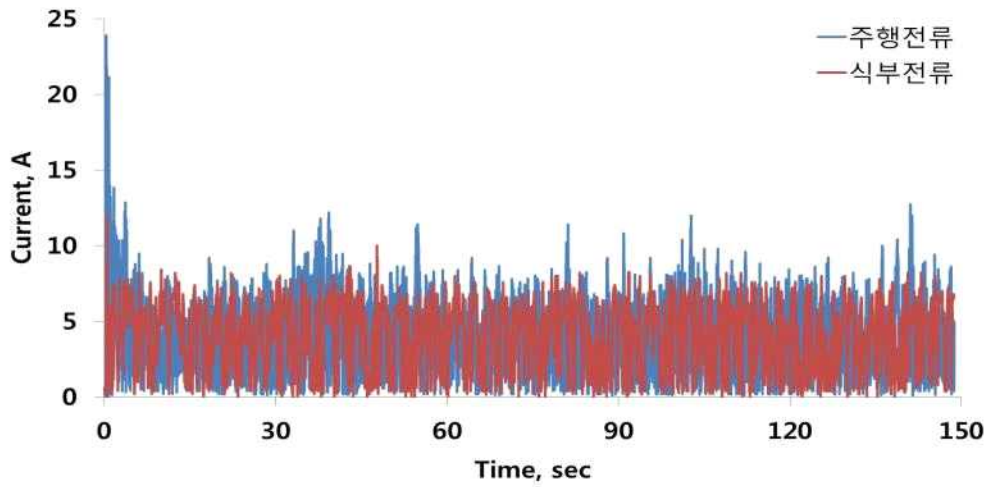


주간거리 40 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(2).

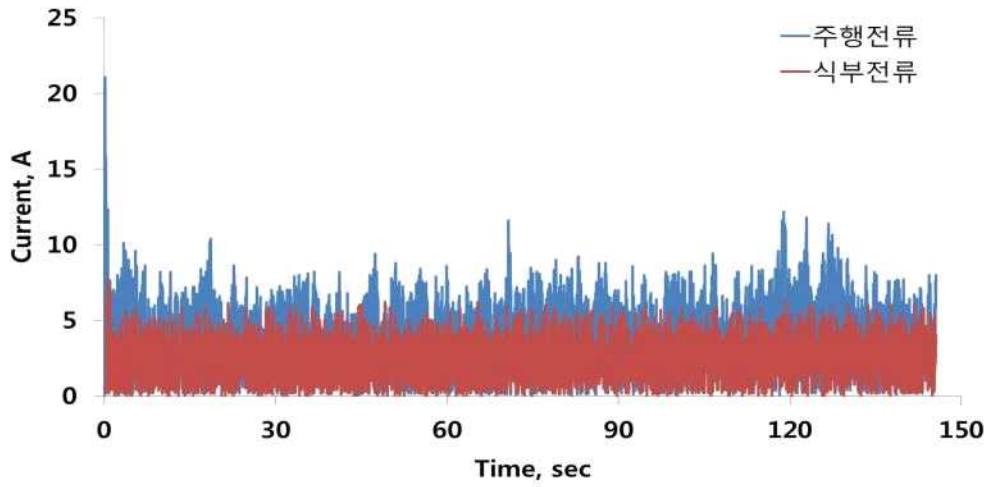


주간거리 40 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(3).

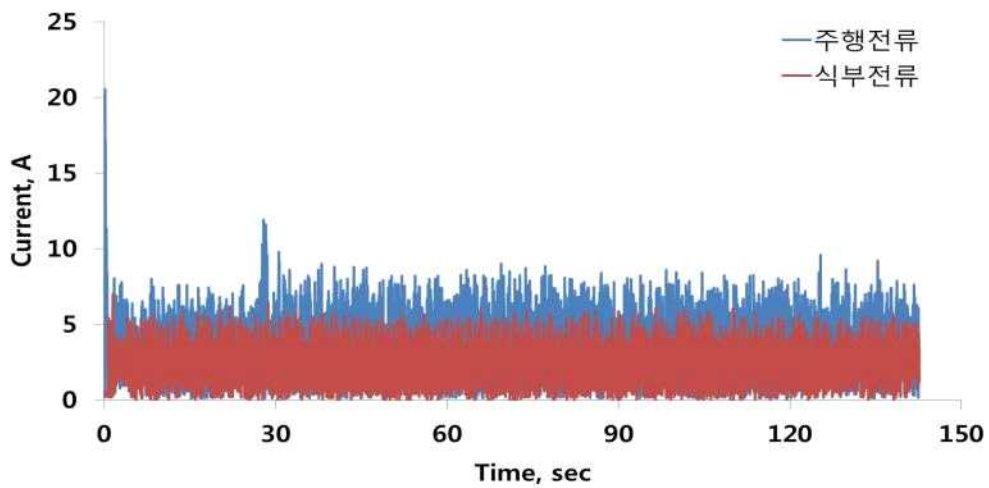
- 마지막 실험은 주간거리 60 cm 수준에서 두 실험과 동일한 방법으로 총 4회 반복 실시하였다. 이때 주행과 식부 동시 작업 실험 결과는 아래 그림과 같이 나타났다. 평균 실험 시간은 약 145초 내외로 나타났다. 이식기 주행 시 주행부 평균 DC 전류는 약 3.84 A, 식부 평균 DC 전류는 약 3.22 A로 나타났고, 이때 주행부 평균 모터 회전수는 약 1,953 rpm, 식부 평균 모터 회전수는 34 rpm으로 나타났다.



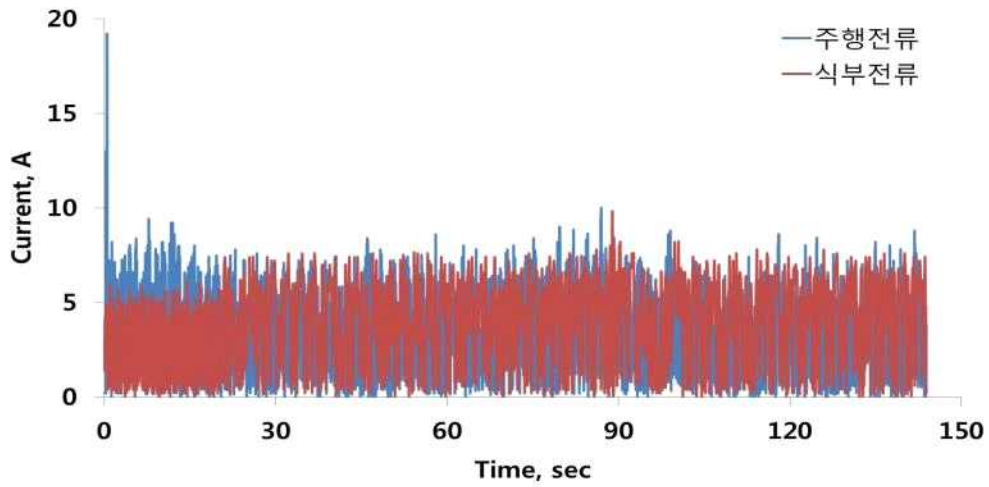
주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(1).



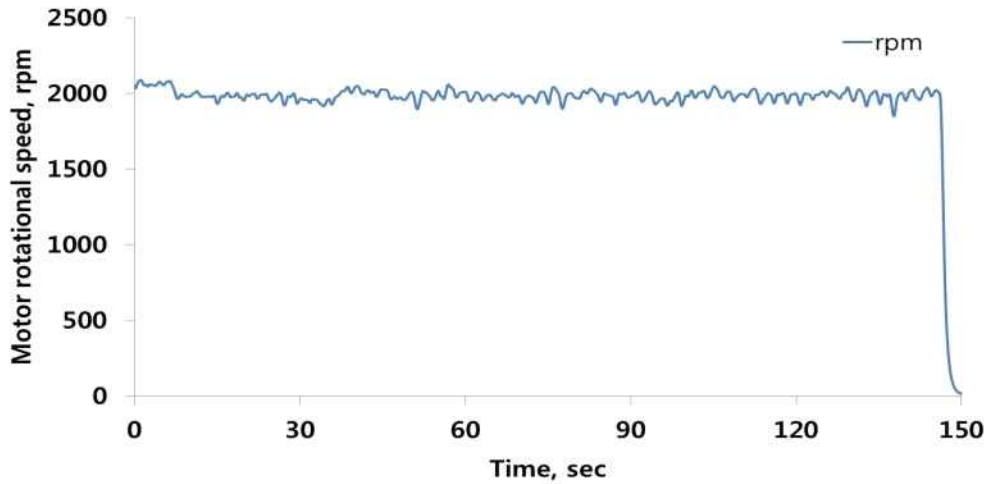
주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(2).



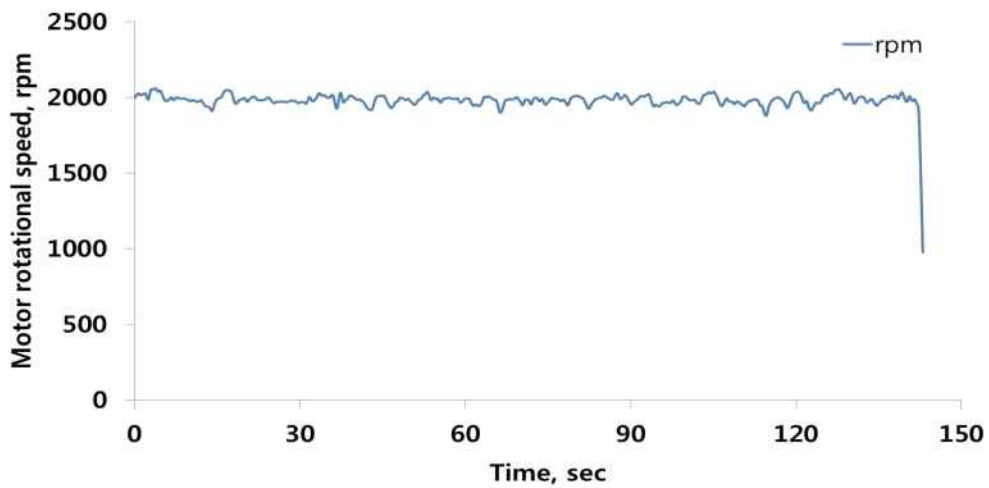
주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(3).



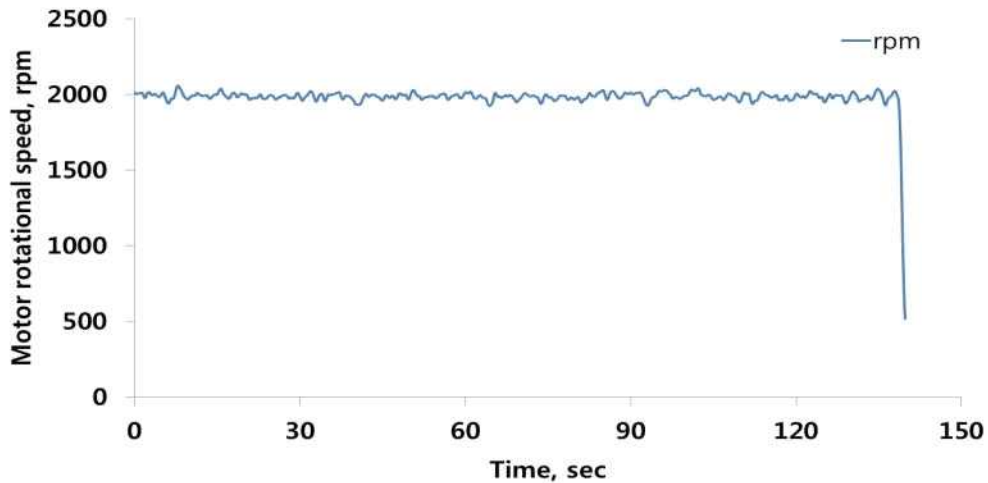
주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 전류 측정 결과(4).



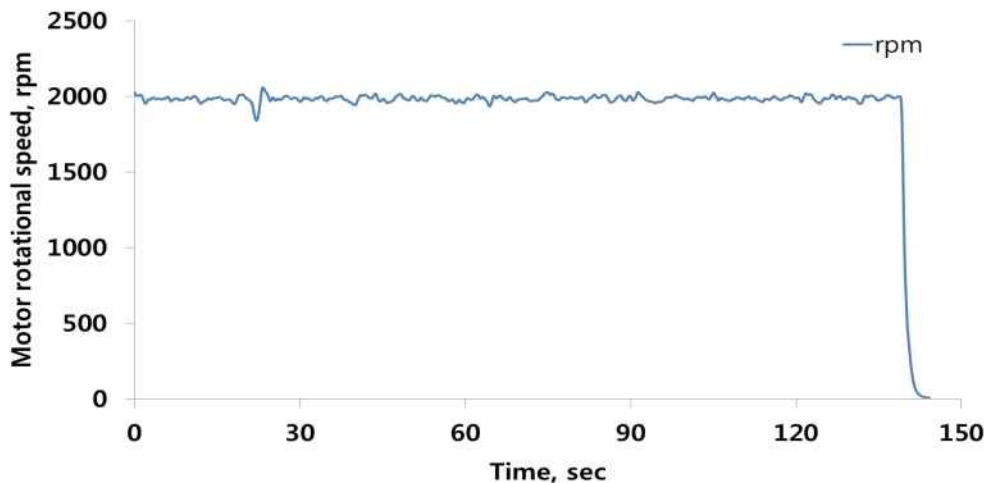
주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(1).



주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(2).



주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(3).



주간거리 60 cm에서 주행과 식부 동시 구동 rpm 측정 결과(4).

- 식부 장치는 주간거리 26, 40, 60 cm 총 3수준으로 주행과 식부 동시 작업 실험 시 전류와 출력 분석 결과는 아래 표와 같이 나타났다. 주간거리 26 cm 일 때 실험 반복 중 주행부의 최대 모터 속도는 970 ~ 1,014 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 857 ~ 880 rpm의 범위를 가졌고, 식부의 평균 모터 속도는 16 rpm으로 측정되었다. 주행부 전류의 경우 최대 범위는 18.20 ~ 22.20 A, 평균 범위는 3.52 ~ 4.77 A로 측정되었고 식부 전류의 경우 최대 범위는 9.80 ~ 14.80 A, 평균 범위는 3.94 ~ 4.43 A로 측정되었다. 또한 주간거리 40 cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 952 ~ 999 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 834 ~ 863 rpm의 범위를 가졌고, 식부의 평균 모터 속도는 26 rpm으로 측정되었다. 주행부 전류의 경우 최대 범위는 17.40 ~ 23.40 A, 평균 범위는 4.00 ~ 4.33 A로 측정되었고 식부 전류의 경우 최대 범위는 7.00 ~ 10.40 A, 평균 범위는 2.25 ~ 2.31 A로 측정되었다. 마지막으로 주간거리 60 cm 일 때 실험 반복 중 최대 모터 속도는 2,057 ~ 2,088 rpm의 범위를 가졌으며, 평균 모터 속도는 1,922 ~ 1,982

rpm의 범위를 가졌고, 식부의 평균 모터 속도는 34 rpm으로 측정 되었다. 주행부 전류의 경우 최대 범위는 19.20 ~ 23.80 A, 평균 범위는 3.52 ~ 4.13 A로 측정되었고 식부 전류의 경우 최대 범위는 7.00 ~ 12.00 A, 평균 범위는 2.34 ~ 4.20 A로 측정되었다. 이를 통해 이식기 작업과 주행과 동시 작업 시 소요되는 동력이 다른 작업에 비해 가장 높음을 알 수 있다.

주간거리 26 cm 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	주행부 모터 속도 (rpm)	식부 모터 속도 (rpm)	주행부 DC 전류(A)	식부 DC 전류(A)	작업시간 (sec)
1	최대	991	-	22.20	11.40	315초
	평균	857	16	4.77	4.43	
	표준 편차	166	-	2.66	2.16	
2	최대	970	-	19.20	9.80	144초
	평균	880	16	3.52	3.94	
	표준 편차	98	-	2.06	2.04	
3	최대	1,014	-	18.20	14.80	318초
	평균	866	16	4.42	3.98	
	표준 편차	151	-	2.54	2.00	

주간거리 40 cm 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	주행부 모터 속도 (rpm)	식부 모터 속도 (rpm)	주행부 DC 전류(A)	식부 DC 전류(A)	작업시간 (sec)
1	최대	961	-	17.40	10.40	320초
	평균	834	26	4.17	2.25	
	표준 편차	217	-	2.51	1.32	
2	최대	999	-	23.40	7.00	318초
	평균	843	26	4.33	2.31	
	표준 편차	200	-	2.51	1.33	
3	최대	952	-	17.80	7.80	318초
	평균	863	26	4.00	2.29	
	표준 편차	157	-	2.39	1.33	

주간거리 60 cm 시 주행과 식부 동시 구동 모터 회전수, 전류 측정 결과

NO.	항목	주행부 모터 속도 (rpm)	식부 모터 속도 (rpm)	주행부 DC 전류(A)	식부 DC 전류(A)	작업시간 (sec)
1	최대	2,088	-	23.80	12.00	149초
	평균	1,922	34	4.13	4.20	
	표준 편차	342	-	2.48	2.08	
2	최대	2,060	-	21.00	7.60	145초
	평균	1,982	34	3.88	2.34	
	표준 편차	50	-	2.31	1.36	
3	최대	2,057	-	20.20	4.00	143초
	평균	1,981	34	3.82	2.39	
	표준 편차	83	-	2.17	1.37	
4	최대	2,059	-	19.20	9.80	144초
	평균	1,926	34	3.52	3.94	
	표준 편차	322	-	2.06	2.04	

제 4절 연구개발성과

1. 지적재산권

- 본 연구개발 과제는 개발 기술의 권리 확보 및 보호가 매우 중요하므로 국내/외 특허 출원을 우선적으로 실시하였다.
- 출원된 특허 중 일부는 현재 등록 진행 중이다.

구분	특허			
	출원		등록	
	국내	해외	국내	해외
목표	4		4	
실적	6	-	3	1

가. 국내 특허 출원

- 특허명 : 이식기 및 그의 동력전달 제어방법
- 출원인 : 김연수, 김완수, 이바울, 박수근, 이대현, 김용주
- 출원 번호 : 10-2015-0125806

관인생략
출원번호통지서

출원 일자 2015.09.04
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원 번호 10-2015-0125806 (접수번호 1-1-2015-0864254-21)
 출원인 명칭 충남대학교산학협력단(2-2004-008410-4)
 대리인 성명 이충한(9-2013-001988-2)
 발명자 성명 김연수 김완수 이바울 박수근 이대현 김용주
 발명의 명칭 이식기 및 그의 동력전달 제어방법

특 허 청 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 * 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 * 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 * 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허아당-PCT/마드리드
 * 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 * 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 * 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

이식기 및 그의 동력전달 제어방법(TRANSPANTER AND POWER TRANSMISSION CONTROL METHOD THEREOF)

【기술분야】

<0001> 본 발명은 이식기 및 그의 동력전달 제어방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이식 작업 시 하나의 두둑 이식 작업을 마치고 옆 두둑으로 이식기를 이동하는 경우 이동구간에서 작업 동력을 차단하는 이식기 및 그의 동력전달 제어방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

<0002> 제배 작물을 땅에다 심는 이식 작업은 작업자가 직접 손으로 이식하는 제배 방법이 주로 사용되었으나, 이는 인력과 시간 등이 많이 소요되어 개선의 여지가 많다. 그리하여 자동으로 이식하는 방법이 개발되었으며, 이러한 자동 이식기는 포인트를 이용하는 방법과 프리그(트레이)를 이용하는 방법 등이 있다.

<0003> 또한, 이식 작업은 심는 방식에 따라 디스크식과 호퍼식으로 구분될 수 있다.

<0004> 그 중에서, 프리그와 호퍼를 이용하는 방법은 모를 안정적으로 고르고 빠르게 심을 수 있어 자동화가 가능한 장점이 있다.

<0005> 즉, 프리그에 모를 심어 기른 후, 이식기에서 호퍼에 의해 땅에다 심는 방식이 작물 제배 시 생육발달이 가장 좋은 자동화 이식방법이다.



- 특허명 : 이식기 및 그의 주간거리 제어방법
- 출원인 : 김연수, 김완수, 이바울, 박수곤, 이대현, 김용주
- 출원 번호 : 10-2015-0127846

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2015.09.04
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2015-0125784 (접수번호 1-1-2015-0864168-03)
 출원인명칭 충남대학교산학협력단(2-2004-008410-4)
 대리인성명 이충한(9-2013-001988-2)
 발명자성명 김연수 김완수 이바울 박수곤 이대현 김용주
 발명의명칭 이식기 및 그의 주간거리 제어방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 * 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 * 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 * 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마달-PCT/마드리드
 * 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 * 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 * 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

이식기 및 그의 주간거리 제어방법(TRANSPLANTER AND SEEDLINGS DISTANCE CONTROL METHOD THEREOF)

【기술분야】

<0001> 본 발명은 이식기 및 그의 주간거리 제어방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 모터를 사용하여 식부장치의 동력을 자체적으로 부여하고 상기 모터를 엔진의 회전수와 비례 동작시켜 이식 주간거리를 제어하는 이식기 및 그의 주간거리 제어 방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

<0002> 재배 작물을 땅에다 심는 이식 작업은 작업자가 직접 손으로 이식하는 재래 방법이 주로 사용되었으나, 이는 인력과 시간 등이 많이 소요되어 개선의 여지가 많다. 그리하여 자동으로 이식하는 방법이 개발되었으며, 이러한 자동 이식기는 포인트를 이용하는 방법과 프리그(트레이)를 이용하는 방법 등이 있다.

<0003> 또한, 이식 작업은 심는 방식에 따라 디스크식과 호퍼식으로 구분될 수 있다.

<0004> 그 중에서, 프리그와 호퍼를 이용하는 방법은 모를 안정적으로 고르고 빠르게 심을 수 있어 자동화가 가능한 장점이 있다.

<0005> 즉, 프리그에 모를 심어 기른 후, 이식기에서 호퍼에 의해 땅에다 심는 방식이 작물 재배 시 생육발달이 가장 좋은 자동화 이식방법이다.



- 특허명 : 모터 구동형 이식기
- 출원인 : 강영선, 권행주
- 출원 번호 : 10-2016-0099300

관인생략 출원번호통지서

출원일자 2016.08.04
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P16047)
 출원번호 10-2016-0099300 (접수번호 1-1-2016-0757980-18)
 출원인명칭 동양물산기업 주식회사(1-1998-000924-2)
 대리인성명 김한열(9-1998-000081-9)
 발명자성명 강영선 권행주
 발명의명칭 모터 구동형 이식기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교원허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

모터 구동형 이식기(A transplanter using moters)

【기술분야】

【0001】 본 발명은 이식기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 일정한 크기로 트레이에서 키운 작물을 실제 재배지로 이식하는 것으로, 주행 및 이식 작업을 전기에 의하여 구동되는 모터를 이용하면서 정확한 이식 거리(주간 거리)를 조절할 수 있는 이식기에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 주로 밭에서 재배하는 작물을 이식하는 이식기는 엔진의 힘을 구동원으로 이용하는 것이 대부분이었다. 그러나 에너지 및 환경 차원에서 최근에는 배터리를 구동원으로 하는 다양한 형태의 이식기가 제안되고 있으며, 예를 들면 한국 특허 제10-1599198호를 들 수 있다. 이와 같이 배터리를 사용하는 경우에는, 배터리에서 공급되는 전기에 의하여 회전력을 발생하는 모터를 구동원으로 사용하게 된다.

【0003】 이식기의 경우, 모터에서 발생하는 동력을 필요로 하는 부분은 주행계와 작업계로 구분될 수 있다. 즉, 일반적으로 이식기의 경우 주행을 위하여 휠로 동력을 전달해야 함과 동시에, 이식컵의 이식 동작을 위해서 링크를 통하여 이식컵을 구동시켜야 한다. 배터리와 모터를 이용하여 이식기를 구동하는 경우에는 이와

- 특허명 : 배터리 구동형 이식기
- 출원인 : 강영선, 소진환, 남요상, 권행주, 임승진, 강민구
- 출원 번호 : 10-2015-0088856

관인생략 출원번호통지서

출원일자 2015.06.23
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 창조번호(GEN15084)
 출원번호 10-2015-0088856 (접수번호 1-1-2015-0605712-89)
 출원인명칭 동양물산기업 주식회사(1-1998-000924-2)
 대리인성명 김한얼(9-1998-000081-9)
 발명자성명 강영선 소진환 남요상 권행주 임승진 강민구
 발명의명칭 배터리 구동형 이식기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 * 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 * 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 * 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 * 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 * 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 * 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

배터리 구동형 이식기(Transplanting device driven by battery)

【기술분야】

【0001】 본 발명은 이식기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 배터리를 구동원으로 하여 주행 중에 이식을 수행할 수 있도록 구성되는 배터리 구동형 이식장치에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 예를 들면 배추와 작은 식물은, 트레이에서 싹을 틔어서 일정한 크기로 성장시킨 후, 재배지에 이를 다시 이식하는 것에 의하여 재배되는 것이 일반적이다. 그리고 이와 같은 묘종을 재배지에 이식하는 경우에는 이식컵을 이용하고 있다. 예를 들면 이러한 이식컵은 상하 운동 가능하도록 지지되고 있으며, 하단부가 예리한 원뿔 형상을 가지고 있다. 이러한 이식컵은, 이송된 묘종을 내부에 받은 후 하강하여 재배지의 지면을 일정 깊이 파고 들어가서 양파를 내려 놓고 상승하도록 구성되고 있다.

【0003】 이와 같은 이식기는 엔진을 구동원으로 사용하는 것이 일반적이다. 엔진에서의 출력은 주행미션으로 전달되고, 주행미션은 이식미션으로 동력을 분배함과 같이 휠을 포함하는 주행계로 동력을 전달한다. 따라서 주행하면서 이식컵이 상하 운동하면서 재배지에 대상 작물을 이식하게 된다.

- 특허명 : 이식 깊이 조절 및 조간 조절이 가능한 이식기
- 출원인 : 강영선, 권행주, 남요상, 임승진, 소진환, 김대천
- 출원 번호 : 10-2016-0100445

관인생략 출원번호통지서

출원일자 2016.08.08
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P16049)
 출원번호 10-2016-0100445 (접수번호 1-1-2016-0765065-99)
 출원인명칭 동양물산기업 주식회사(1-1998-000924-2)
 대리인성명 김한열(9-1998-000081-9)
 발명자성명 강영선 권행주 남요상 임승진 소진환 김대천
 발명의명칭 이식 깊이 조절 및 조간 조절이 가능한 이식기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경경), 경정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

이식 깊이 조절 및 조간 조절이 가능한 이식기{A transplanter capable of adjusting transplanting depth and distance between adjacent two plants}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 이식기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 트랙터 견인형이면서 재배지의 상태에 따라서 이식 깊이를 조절할 수 있음과 동시에 인접하는 작물 간의 거리인 조간 조절이 가능하도록 구성되는 이식 깊이 조절이 가능한 이식기에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 일반적으로 이식기는 양파와 같은 재배 작물을 두릅과 같은 재배지에 이식하기 위한 장치이다. 양파 등을 포함하는 다양한 작물은, 먼저 초기 환경이 좋은 분위기에서 트레이에서 일정한 크기로 재배된다. 이렇게 일정 크기로 재배된 작물은 이식기를 통하여 실제 두릅을 가지는 재배지로 이식되어서 수확할 때까지 재배되는 것이 일반적이다.

【0003】 이와 같은 이식기는 다양한 사양이 개발되어 현재 생산되고 있는데, 예를 들면 본 발명에서와 같은 트랙터 견인형 이식기와 사용자가 핸들을 잡고 주행시키는 주행식 이식기 등을 들 수 있다. 먼저 도 1에는 사용자가 잡고 주행 방향을 결정하는 주행식 이식기가 도시되어 있는데, 이를 참조하면서 일반적인 이식기의

- 특허명 : 이식 깊이 조절이 가능한 이식기
- 출원인 : 강영선, 권행주, 남요상, 임승진, 소진환, 김대천
- 출원 번호 : 10-2016-0100443

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2016.08.08
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P16048)
 출원번호 10-2016-0100443 (접수번호 1-1-2016-0765059-14)
 출원인명칭 동양물산기업 주식회사(1-1998-000924-2)
 대리인성명 김한얼(9-1998-000081-9)
 발명자성명 강영선 권행주 남요상 임승진 소진환 김대천
 발명의명칭 이식 깊이가 조절이 가능한 이식기

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자특허상표청에(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

이식 깊이 조절이 가능한 이식기{A transplanter capable of adjusting transplanting depth}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 이식기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 트랙터 견인형이면서 재배지의 상태에 따라서 이식 깊이를 조절할 수 있도록 구성되는 이식 깊이 조절이 가능한 이식기에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】


【0002】 일반적으로 이식기는 양파와 같은 재배 작물을 두릅과 같은 재배지에 이식하기 위한 장치이다. 양파 등을 포함하는 다양한 작물은, 먼저 초기 환경이 좋은 분위기에서 트레이에서 일정한 크기로 재배된다. 이렇게 일정 크기로 재배된 작물은 이식기를 통하여 실제 두릅을 가지는 재배지로 이식되어서 수확할 때까지 재배되는 것이 일반적이다.

【0003】 이와 같은 이식기는 다양한 사양이 개발되어 현재 생산되고 있는데, 예를 들면 본 발명에서와 같은 트랙터 견인형 이식기와 사용자가 핸들을 잡고 주행시키는 주행식 이식기 등을 들 수 있다. 먼저 도 1에는 사용자가 잡고 주행 방향을 결정하는 주행식 이식기가 도시되어 있는데, 이를 참조하면서 일반적인 이식기의 기본 구조에 대하여 먼저 살펴보기로 한다.

나. 국내 특허 등록

- 특허명 : 이식기 및 그의 동력전달 제어방법
- 출원인 : 김연수, 김완수, 이바울, 박수곤, 이대현, 김용주
- 출원 번호 : 10-1599198

등록특허 10-1599198

	(19) 대한민국특허청(KR)	(45) 공고일자	2016년03월03일
	(12) 등록특허공보(B1)	(11) 등록번호	10-1599198
		(24) 등록일자	2016년02월24일
(61) 국제특허분류(Int. Cl.)			
A01C 11/02 (2006.01) A01C 11/00 (2006.01)	(73) 특허권자		
(62) CPC특허분류	충남대학교산학협력단		
A01C 11/02 (2013.01)	대전광역시 유성구 대학로 99 (공동, 충남대학교)		
A01C 11/008 (2013.01)	(72) 발명자		
(21) 출원번호	10-2015-0126806	김연수	
(22) 출원일자	2015년09월04일		
심사청구일자	2015년09월04일	김완수	
(66) 선행기술조사문헌			
JP2012147692 A*	(74) 대리인		
JP2010226982 A	이승한		
JP2009261344 A	(75) 출원인		
JP2009005666 A	이승한		
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌			

전체 청구항 수 : 총 4 항

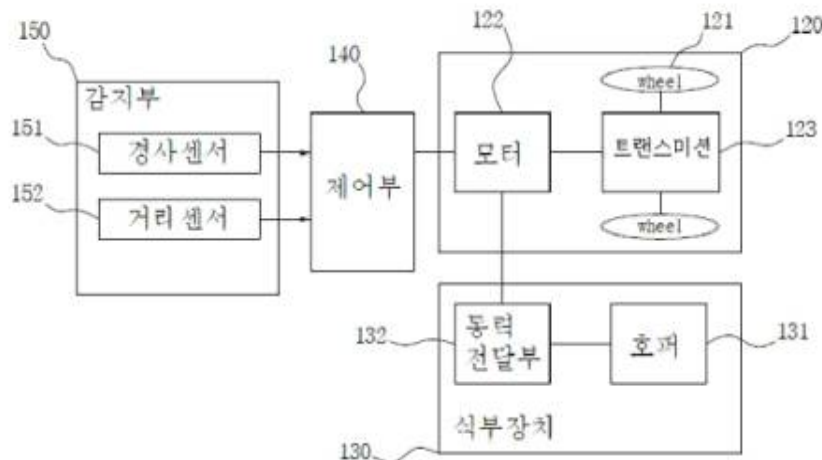
심사관 : 서장욱

(64) 발명의 명칭 이식기 및 그의 동력전달 제어방법

(57) 요약

이식기의 작업반경 선회 제어장치 및 제어방법에 관한 것으로, 각물 모를 탑재할 수 있는 모탑재대, 이식기를 이동시키는 엔진 및 구동바퀴를 포함하는 구동부, 호퍼를 이용하여 포장에 모종을 이식하는 식부장치 및 상기 식부장치를 구동하는 모터를 포함하는 이식기에 있어서, 상기 호퍼의 일단에 설치되어 호퍼와 두들 사이의 거리를 측정하는 거리센서와, 구동부의 구동바퀴 측부분에 장착되며, 이식기와 지면 사이의 피치각을 지속적으로 측정하는 자이로센서와, 상기 거리센서 및 자이로센서로부터 측정값을 전달받아 식부장치의 모터를 제어하는 제어부를 포함하는 구성을 마단하여, 이식기의 이식 동작시와 이동 동작시 변화되는 지면과의 경사각도 및 호퍼와 지면 사이의 거리를 이용해서 이식기의 이동 동작 여부를 판단하고, 이동 동작시에는 동력전달부의 동작을 제어해서 식부장치에 전달되는 동력을 차단함으로써, 작업 효율 및 에너지 효율을 향상시킬 수 있다는 효과가 얻어진다.

대표도 - 도2



- 특허명 : 양파이식기의 멀칭 비닐 유지장치
- 출원인 : 강영선, 신종필, 신익환, 윤석수, 임송수, 김상규, 조민영
- 출원 번호 : 10-1675650

등록특허 10-1675650



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월14일

(11) 등록번호 10-1675650

(24) 등록일자 2016년11월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 A01C 11/00 (2006.01) A01G 13/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0188278
 (22) 출원일자 2014년12월24일
 심사청구일자 2014년12월24일
 (65) 공개번호 10-2016-0077854
 (43) 공개일자 2016년07월04일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR2019970001143 Y1
 KR100231143 B1
 KR1020120126291 A
 JP08295505 A

(73) 특허권자
 동양물산기업 주식회사
 서울특별시 강남구 언주로133길 7, 대용빌딩 (논
 현동)
 (72) 발명자
 강영선
 신종필
 (첫면에 계속)
 (74) 대리인
 김한열

전체 청구항 수 : 총 5 항

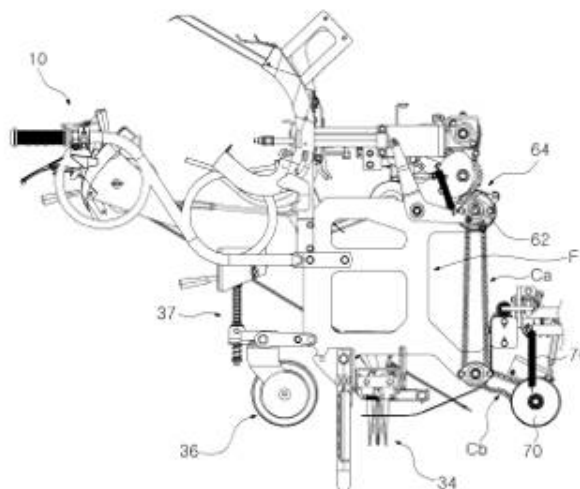
심사관 : 서광욱

(54) 발명의 명칭 양파이식기의 멀칭 비닐 유지장치

(57) 요약


본 발명은 양파이식기의 이식 작업 시, 두둑의 멀칭 비닐이 주행에 따라 밀리는 것을 방지하고자 한다. 본 발명의 양파이식기는, 프레임과, 상기 프레임에 지지되는 엔진, 상기 엔진에서의 출력을 변속하여 출력하는 트랜스미션(64), 그리고 상기 프레임(F)에 지지되고 엔진에서의 출력에 기초하여 상하 운동하면서 양파묘종을 지면에 이식하는 이식킵(34)을 구비한다. 그리고 상기 이식킵의 전방 위치에서 지면의 멀칭비닐에 접촉하는 상태로 상기 프레임에 지지되는 평단물러(70)와; 상기 이식킵의 후방 위치에서 상기 프레임에 지지되고, 지면의 멀칭비닐과 접촉하면서 회전하는 다수의 복토용물러(36); 그리고 상기 엔진 또는 트랜스미션의 회전동력을 상기 평단물러에 전달하는 동력전달수단을 포함한다. 이러한 동력전달수단은 체인기구(Ca,Cb)를 이용하는 것이 바람직하다.

대표도 - 도4



- 특허명 : 양과 이식기의 이식컵 개폐장치
- 출원인 : 강영선, 신종필, 신익환, 윤석수, 임송수, 김상규, 조민영
- 출원 번호 : 10-1675636

등록특허 10-1675636

	(19) 대한민국특허청(KR)	(45) 공고일자	2016년11월15일
	(12) 등록특허공보(B1)	(11) 등록번호	10-1675636
		(24) 등록일자	2016년11월07일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) A01C 11/04 (2006.01) A01C 11/00 (2006.01) A01C 14/00 (2006.01)		(73) 특허권자	동양물산기업 주식회사 서울특별시 강남구 언주로133길 7, 대웅빌딩 (논현동)
(21) 출원번호	10-2014-0132505	(72) 발명자	강영선
(22) 출원일자	2014년10월01일		
심사청구일자	2014년10월01일		
(65) 공개번호	10-2016-0039748		
(43) 공개일자	2016년04월12일		
(56) 선행기술조사문헌	JP3515927 B2* KR101174419 B1* KR1020010086420 A *는 심사관에 의하여 인용된 문헌	신종필	
			(뒷면에 계속)
		(74) 대리인	김한열
전체 청구항 수 : 총 2 항		심사관 : 서광욱	

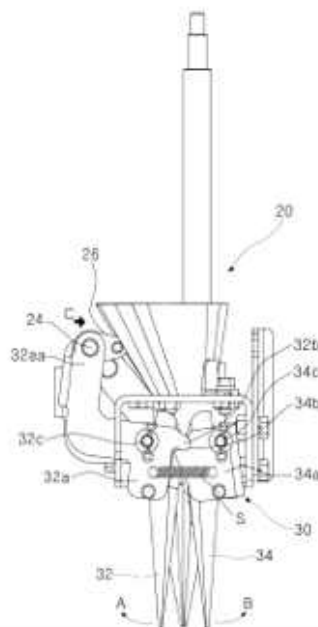
(54) 발명의 명칭 양과 이식기의 이식컵 개폐장치

(57) 요약

본 발명은 양과 이식기의 이식컵(30) 개폐장치를 제공한다. 본 발명은, 프레임(F)에 지지되는 엔진 및 트랜스미션을 구비하는 양과 이식기의 이식컵 개폐장치이고, 트랜스미션의 출력축에 의하여 회전하는 작동캠(10)과; 일측이 상기 작동캠(10)에 밀착되도록 단성지지되는 캠팔로워(12) 일단부가 상기 캠팔로워(12)의 타측에 연결되어,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



나. 해외 특허 등록

- 특허명 / 출원 국가 : 양파이식기 / 중국
- 출원인 : 강영선, 신종필, 신익환, 윤석수, 임송수, 김상규, 조민영
- 출원 번호 : 5286535



2. 논문

○ 투고된 비SCI 논문 한 건은 충남대학교 농업과학연구소에 투고 진행 중

구분	논문					
	SCI		비 SCI		학술대회	
	국내	해외	국내	해외	국내	해외
목표	1		4		-	
실적	1		3(1)*		9	

* 내년 3월 투고 후 제출 예정임.

가. SCI 논문

- 논문명 : Evaluation of operator visibility in three different cabins type Far-East combine harvesters
- 저 자 : 이대현, 김용주, 최창현, 정선옥, 남요상, 소진환
- 학술지 : International Journal of Agricultural and Biological Engineering

Evaluation of operator visibility in three different cabins type Far-East combine harvesters

Dae H. Lee¹, Yong J. Kim^{1*}, Chang H. Choi², Sun O. Chung¹, Yo S. Nam³, Jin H. So³

(1. Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Republic of Korea;

2. Department of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Republic of Korea;

3. TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan Co., Ltd., Gongju, 314-862, Republic of Korea)

Abstract: The purpose of this study was to develop and evaluate a visibility evaluation system for the cabin type Far-East combine harvester. The human field of view has been classified into five levels (perceptive, effective, stable gaze, induced, and auxiliary) depending on the rotation of the human head and eye. The divider, reaper lever, gearshift, dashboard, and conveying component were considered as major viewpoints of the cabin type Far-East combine harvester. The visibility of the cabin type Far-East combine harvester was evaluated quantitatively using viewpoints and human field of view levels. The visibility evaluation system for the cabin type Far-East combine harvester consisted of a laser pointer, stepping motors to control the directions of the view, gyro sensors to measure horizontal and vertical angles, and I/O interface to acquire the signals. The visibility evaluation tests were conducted at different postures ('sitting straight', 'sitting with a 15° tilt', 'standing straight', and 'standing with a 15° tilt') for three cabin type Far-East combine harvesters. The LSD (least significant difference) multiple comparison tests showed that the visibilities of viewpoints differed significantly as the operator's posture changed. The results showed that the posture while standing with a 15° tilt provided the best visibility. The average visibility scores at sitting postures were 22.3 (straight) and 24.4 (15° tilt), and the scores at standing postures were 18.7 (straight) and 29.5 (15° tilt). Also, the average visibility scores were observed in order from highest to lowest as reaper lever (44.6), divider (28.7), dashboard (23.1), conveying part (12.2), and gearshift lever (10.1). Most viewpoints of the cabin type Far-East combine harvester were out of the stable gaze field of the view level. Modifications of the cabin type Far-East combine harvester design will be required to enhance the visibility during harvesting operation and to improve safety and convenience of farmers.

Keywords: combine harvester, cabin, operator visibility, field of view, evaluation system, ergonomics, safety and comfort

DOI: 10.3965/ijabe.20160904.1850

Citation: Lee D H, Kim Y J, Choi C H, Chung S O. Evaluation of operator visibility in three different cabins type Far-East combine harvesters. *Int J Agric & Biol Eng*. 2016; 9(4): 33–44.

1 Introduction

An ergonomic design is about developing products reflecting the structure of the human body and

psychological characteristics, and there have been improvements in the development of safe and convenient products focusing on ergonomics. This is especially true for the development of agricultural machines where the comfort and safety of operators were most important since the working environments in the agricultural industry are poor^[1].

A combine harvester is an example of agricultural machines that barely keep out dust, noise, vibration, etc. during harvesting^[2]; therefore, there has been an increase in demand for cabin type combine harvesters that provide a comfortable and convenient working environment. However, for cabin type combine harvesters in Korea, each body part and cabin are constructed separately and assembled later; for this reason, most of the cabins lack

Received date: 2015-04-13 Accepted date: 2016-06-14

나. 비SCI 논문

- 논문명 : 농업용 트랙터 PTO 기어의 유한요소해석
- 저 자 : 소진환, 남요상, 최창현, 정연준
- 학술지 : (사)한국정밀농업학회



농업용 트랙터 PTO 기어의 유한요소해석

[Finite element analysis of tractor PTO gear]

소진환¹, 남요상¹, 최창현², 정연준³(¹(주)동양물산, ²성균관대학교 생명공학대학 바이오메카트로닉스학과, ³충남대학교 농업생명과학대학 바이오시스템기계공학과)

Jin-Hwan So¹, Yo-Sang Nam¹, Chang-Hyun Choi², Yeon-Jun Jung³

¹TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, 32530, Korea, ²Department of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi, 16419, Korea, ³Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

초록(Abstract)

A agricultural tractor PTO(Power Take-Off) gear optimization was conducted. The PTO 1st and 3rd gears were analyzed using ANSYS. The SCM 420H was used as the material of the shaft and the gear. The contact and boundary condition were input to the model of PTO gear. In this study, PTO 1st and 3rd gears of agricultural tractor were simulated with maximum power point torque and maximum torque point of engine. The simulation results show that the deformation amounts of the maximum power points of PTO 1st and 3rd gears were 0.16598, and 0.07517 mm, and the stresses were 3171.1, and 3114.6 N/mm², respectively. The maximum torque points were 0.22982, and 0.104080 mm, and the stresses were 4390.8, and 4312.6 N/mm². The deformation amount and the stress of the PTO 1st and 3rd gears of the maximum torque point were increased by about 38%. During farm operation, gear breakage may occur more than the maximum power point at the maximum torque point of the engine.

키워드(Keywords)

ANSYS, Finite element analysis, Simulation, Strain, Equivalent stress

서론

농업기계 분야는 다양한 토양조건에 따라 부하의 특성이 달라져 정확한 예측에 어려움이 있다. 국내 농기계 회사들은 경험적인 방법에 의존하여 설계 및 개발을 하고 있지만, 이러한 방법은 많은 시간과 비용이 요구된다. 최근 여러 분야에서 동력전달계의 최적설계와 신뢰성 향상 및 개발기간 단축 등을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 연구가 활발히 진행되고 있다. 농업기계 분야도 경험적인 설계 및 개발기간과 비용의 최소화 방법으로 컴퓨터 시뮬레이션 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 농업용 트랙터 PTO 최적설계를 위한 기초연구로써 ANSYS를 이용하여 PTO 1, 3단 기어 유한요소해석을 진행하였다.

- 논문명 : 시설하우스용 모터 구동형 전기 이식기 개발
- 저 자 : 소진환, 남요상, 정연준
- 학술지 : (사)한국정밀농업학회



시설하우스용 모터 구동형 전기 이식기 개발

[Development of motor driven electric transplanter in greenhouse]

소진환¹, 남요상¹, 이바울²((주)동양물산, ²충남대학교 농업생명과학대학 바이오시스템기계공학과)

Jin-Hwan So¹, Yo-Sang Nam¹, Pa-Ul Lee²

¹TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, 32530, Korea, ²Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Korea

초록(Abstract)

Recently, research on hybrid system and electric driven system have been actively studied in agriculture due to many problems such as environmental pollution and exhaustion of resource. The purpose of this study is to develop the motor driven electric transplanter by displacing the electric motor from the engine transplanter. The rated output and torque of the motor are 3kW and 15Nm at a rated speed of 2,000rpm, respectively. The electric transplanter consisted of planting, driving, control, hopper, and horizontal control part. The battery voltage was 48VDC to drive the motor. The rated power and torque of motor is 3kW, 15Nm at an motor rotational speed of 2,000rpm, respectively. The eco-friendly farming will be possible by applying the electric drive system to agricultural machinery.

키워드(Keywords)

Electric transplanter, Electric motor, Eco-friendly farming

서론

최근 자동차, 건설 기계 등 다양한 산업에서 사용되는 화석 연료에 의해 발생하는 환경오염에 대한 사회적 관심이 지속적으로 높아지고 있다(Park, 2014). 따라서 다양한 산업 분야에서는 하이브리드(hybrid) 시스템, 전기 구동 시스템 등 관련 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다(Kim, 2015). 농업 기계 분야에서도 전기 에너지를 이용하는 기술을 적용하는 연구가 진행되고 있으며(Kim, 2012), 본 연구에서는 시설하우스에서 많이 사용되는 이식기를 대상으로 모터 구동형 전기 이식기를 개발하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 전기 구동 시스템을 엔진 구동 이식기에 적용하였다. 엔진 구동 이식기는 동양물산에서 생산된 TVP-1을 사용하였다. 이식기에 장착된 엔진을 대체하기 위하여 전기 모터를 설치하였으며 모

- 논문명 : 친환경 전기 구동 이식기 성능평가
- 저 자 : 소진환, 남요상, 정연준
- 학술지 : (사)한국정밀농업학회



21세기 새로운 농업전략, ICT 융복합 정밀농업

사단
법인
한국정밀농업학회
Korean Society of Precision Agriculture



논문게재예정증명서

제 17-11-01

print ISSN 2383-9880

논문제목 : 친환경 전기 구동 이식기 성능평가

저 자 : Jin-Hwan So¹, Yo-Sang Nam¹, Pa-UI Lee^{2*}

소 속 : ¹TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, 32530, Korea

^{2*}Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

위 논문을 한국정밀농업학회 논문 심사 규정에 따라 심사가 완료되어 다음과 같이 「Korean Society of Precision Agriculture」에 게재 될 예정임을 증명합니다.

발간예정 : Korean Society of Precision Agriculture

제 4권 2호 (2017년 11월 24일)

2017. 11. 16

한국정밀농업학회



- 논문명 : Power analysis of electric transplanter by planting distances
- 저 자 : 이바울, 소진환, 남요상, 최창현, 김용주
- 학술지 : 충남대학교 농업과학연구소 (투고 진행 중, 내년 3월 예정)

1 **Power analysis of electric transplanter by planting distances**

2

3 Pa-Ul Lee¹, Jin-Hwan So², Yo-Sang Nam², Chang-Hyun Choi³, Yong-Joo Kim^{1*}

4

5 ¹Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University,
6 Daejeon, 34134, Korea

7 ²TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, 32530, Korea

8 ³Department of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi,
9 16419, Korea

10

11

12

13 **Abstract**

14 Electric driving technology is advanced technology for improving fuel efficiency in
15 automobile industry. It could improve the fuel efficiency of automobile by 50%, and it
16 contributed to improving fuel efficiency of agricultural machinery. The purpose of this
17 study was analyzed power of an electric transplanter by planting distances. The electric
18 transplanter was constructed by mounting major components of a motor driving system
19 on a transplanter. The electric transplanter has 3 kW motor power and the major
20 components included an inverter, battery, and a battery management system (BMS). Field
21 tests were conducted by travelling speeds (0.3, 0.76 m/s) and planting distances (26, 42,
22 63 cm) with working speed (0.3 m/s) during travelling, transplanting, and travelling with
23 transplanting operations. The results showed that requirement power increased when
24 travelling speed was fast. In addition, the requirement power increased when planting
25 distances were short at every working condition. The results of this study might provide
26 useful information for development electric transplanter.

27 **Keywords:** electric transplanter, power analysis, motor, inverter, batteries, battery
28 management system (BMS)

Review Center

My Home / Logout

Review Progress Status



SEARCH

SEARCH

Total 3 items

No	Status	Manuscript Number	Type of Manuscript	Category	Title	Submission Date	Accepted Date	Revised Date	Final Decision
1	In Review	4338_21227	Research Article	Agricultural Engineering	Effect analysis of organic manure on soil by planting Arabidopsis	2017.08.15	2017.08.14	2017.08.14	
2	Review Completed - Accept	4338_20182	Research Article	Agricultural Engineering	Leaf capacity production of semi-dwarfed pear cultivar by carbon foot treatment	2017.07.20	2017.07.20	2017.07.20	2017.07.20
3	Review Completed - Accept	4338_20181	Research Article	Agricultural Engineering	Analysis of the effect of operating point of tractor engine on torque life of PTO gear using the simulation	2017.06.27	2017.06.26	2017.07.02	2017.07.02

Manuscript Review

Manuscript Submission

Review Progress Status

Journal Publication

Publication List

Publication List

Publication for Manuscript

Editorial Consideration

How to Use the System

다. 국내 학술대회

- 논문명 : 플라우 사이클을 이용한 하이브리드 트랙터 동력 제어 성능평가
- 발표자 : 이대현
- 학술지 : 정밀농업학회 2015 6월 논문집

01

(사)한국정밀농업학회

플라우 사이클을 이용한 하이브리드 트랙터 동력 제어 성능평가*

Performance Evaluation for Power Control of Hybrid Tractor using Plow Cycle

이대현¹ · 김용주^{1*} · 남요상² · 소진환²

¹충남대학교 바이오시스템 기계공학과

²동양물산기업 중앙연구소

Dae-Hyun Lee¹, Yong-Joo Kim¹, Yo-Sang Nam², Jin-Hwan So²

¹Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chung-Nam National University, Daejeon, 305-764, Korea

²TYM R&D Center, Tong Yang Moolsam Co.,Ltd., Gongju

서 언

국제유가는 2010년 이후 지속적으로 증가하고 있으며 기준유가는 배럴당 70.5달러 수준으로 2015년 이후 장기적인 유가 상승이 이어질 것이라 예측하고 있다. 국제 유가 상승 뿐만 아니라 석유 연료의 사용에 따른 환경오염에 대한 관심이 전 세계적으로 높아지고 있어 자동차, 건설기계뿐만 아니라 농업기계 분야에까지 고효율, 친환경 기술 개발의 요구가 증대되고 있다. 하이브리드 구동 기술은 대표적인 고효율, 친환경 기술로 자동차, 상용차에서는 이미 기술이 적용되어 판매, 출시되고 있지만 농업기계에서는 아직 미비한 실정이다. 본 연구에서는 국내 대표적인 농업기계로 농업기계 중 유류 사용 비율이 전체 48.5%(345,000 kL)를 차지하는 트랙터의 에너지 효율 향상을 위해 병렬형 하이브리드 트랙터 동력 제어 시스템을 구성하고 플라우 사이클 및 실내 시험장치를 이용하여 동력 제어 성능을 평가하였다.

재료 및 방법

본 연구의 병렬형 하이브리드 트랙터의 동력 제어 시스템은 71 kW급 트랙터 엔진과 7.4 kW 출력의 모터/발전기, 10 kW 제어 출력의 인버터, 리튬인산철 계열의 3 kWh 용량을 가지는 배터리-BMS, 제어기(HCU, hybrid control unit) 등의 하이브리드 핵심부품으로 구성되었으며, 포장 시험 대체를 위해 플라우 사이클 및 엔진 다이내모 등으로 구성된 실내 시험장치를 이용하여 성능을 평가하였다. 하이브리드 트랙터 동력 제어 성능평가 시 제어는 PID 제어를 이용하여(Guardiola, 2014) 그림 1과 같이 부하의 크기에 따라 모터 구동 혹은 방전을 실시하였으며, 하이브리드 트랙터 구동과 기존 트랙터 구동 시 연료 소비 효율, 엔진 회전수, SOC(state of charge) 성능을 비교 분석하였다.

* 교신저자

+ 본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

- 논문명 : 병렬형 하이브리드 시스템의 농업용 트랙터 적용 및 성능평가
- 발표자 : 이대현
- 학술지 : 한국농업기계학회 학술발표논문집

병렬형 하이브리드 시스템의 농업용 트랙터 적용 및 성능평가⁺

Performance Evaluation of Parallel Hybrid System for Agricultural Tractor

이대현¹ 김용주^{1*} 정선옥¹ 최창현²

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과, ²성균관대학교 생명공학부

Dae Hyun Lee¹ Yong Joo Kim^{1*} Sun Ok Chung¹ Chang Hyun Choi²

¹Dept. of Biosystems Machinery Engineering, ChungNam National University, Daejeon, 305-764, Korea

²Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi, 440-746, Korea

서론

다목적 농업기계인 트랙터는 높은 활용도로 인해 필요성 및 공급이 지속적으로 증가되고 있으며, 이러한 트랙터 공급 확대는 제품 성능에 대한 소비자의 구매 기준을 다양화시키고 있다. 특히, 최근 유가 상승 및 환경 문제에 따라 연비 성능이 중요시되고 있어 트랙터 에너지 효율 향상에 대한 관심은 꾸준히 높아지고 있는 실정이다. 트랙터 에너지 효율 향상을 위해 full power-shift 등 변속기 개발 중심의 다양한 연구가 수행되고 있지만, 현재까지 연비 개선의 효과가 미미한 실정이며(Bietresato, 2015), 이러한 트랙터 변속기의 연비 향상에 대한 한계를 극복하기 위하여 최근에는 자동차 분야의 다양한 연비 향상 기술이 적용되고 있다. 특히, 하이브리드 기술은 자동차의 연비를 최대 30%까지 향상시킨 기술로 자동차에 이어 작업을 위한 건설기계 등에도 적용되는 등 다양한 분야의 연비향상에 기여하고 있다. 그러므로 본 연구는 하이브리드 트랙터 개발을 위한 기초연구로 하이브리드 기술을 트랙터에 적용하여 연비 향상 가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

병렬형 하이브리드 트랙터는 그림 1과 같이 기존 트랙터의 엔진과 변속기 사이에 엔진 동력 보조 및 발전을 위한 모터/발전기, 모터/발전기 구동 제어를 위한 인버터, 전력 지원 및 관리를 위한 배터리-BMS (battery management system) 및 하이브리드 동력 제어시스템(HCU, hybrid control unit)을 추가하는 방식으로 구성되었다. 하이브리드 시스템의 구동은 그림 2와 같이 부하 조건(엔진 회전수 기준)을 피드백으로 하는 PID 제어를 이용하였으며 성능평가는 플라우 경운을 대상으로 작업속도(M2, M3, M4)에 따른 엔진 회전수, 엔진 토크, 연료 소모량 및 연비를 평가하였다. 이때 각각의 수준에 따른 성능은 다중비교방법인 Duncan 방법을 이용하였다.

결과 및 고찰

하이브리드 트랙터의 성능평가 결과 플라우 경운 작업속도에 따른 평균 엔진 회전수 및 토크는 표 1과 같이 나타났다. 평균 엔진 회전수는 기존 트랙터와 하이브리드 트랙터 모두 작업속도 증가에 따라 감소되었으며, 평균 토크는 기존 트랙터가 M4단에서 감소된 반면 하이브리드 트랙터는 작업속도 증가에 따라 지속적으로 상승되었다. 이를 통해 하이브리드 트랙터 작업이 M4단에서도 출력 저하 없이 경운 작업 수행이 가능함을 알 수 있었다. 연비 성능은 표 2와 같으며 연료 소모량의 경우 대부분 기존 트랙터에 비해 하이브리드 트랙터가 낮았으며 M3단에서 78%로 가장 차이가 크게 나타났다. 연비의 경우 작업 속도 증가에 따라 하이브리드 트랙터가 기존 트랙터에 비해 대부분 낮았으며 M4단에서 약 60% 수준으로 가장 높은 차이를 보였다. 따라서 본 연구를 통해 하이브리드 기술을 이용한 트랙터 작업 시 연비 향상이 가능함을 알 수 있으며, 실제 적용을 위해서는 제어 알고리즘 최적화 및 다양한 작업에 대한 평가가 필요할 것으로 판단된다.

* 교신저자 :

+ 본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업에 의해 이루어진 것임

- 논문명 : 기어 설계 프로그램을 이용한 PTO 기어 분석
- 발표자 : 이대현
- 학술지 : 한국농업기계학회 학술발표논문집

기어 설계 프로그램을 이용한 PTO 기어 분석+

Analysis of a PTO Gear Train by Gear Design Program

이대현¹ 이바울^{1*} 김용주¹ 소진환² 남요상² 최창현³

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과, ²동양물산기업(주), ³성균관대학교 바이오메카트로닉스학과

Dae Hyun Lee¹ Pa Ul Lee^{1*} Young Joo Kim¹ Jin Hwan So²

Yo Sang Nam² Chang Hyeon Choi³

¹Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea

²TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, Korea

³Dept. of Bio-Mechatronics Engineering, Sungkyunkwan National University, Seoul, Korea

서론

국내 트랙터의 수출은 2013년 835,285 천 달러로 전년대비 12% 증가하였으며, 수출 규모는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 그러므로 국내 트랙터의 수출 경쟁력을 향상시키기 위해서는 현지 토양 및 작업 조건에 따라 최적 설계가 필요하다(Lee, 2014). 현재 트랙터의 기어 설계는 정확한 부하 측정이 어려워 경험적인 방법으로 수행하고 있으며, 정확한 설계를 위해서는 많은 시간과 비용이 요구되는 포장시험이 필요하여 이를 대체할 수 있는 평가 방법이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 기어 설계 프로그램을 이용하여 트랙터 PTO 기어의 설계 가능성을 제시하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 71 kW (@2500 rpm) 출력을 갖는 트랙터에서 사용되는 PTO 기어를 모델링하였다. PTO 기어의 열처리는 침탄 담금질 처리하였으며, 그 사양은 표 1과 같다. 베일러 작업 시 PTO 기어 분석은 굽힘 강도 및 면압 강도, 허용 굽힘 강도 및 허용 면압 강도, 기어의 안전율로써 ISO 6336 국제규격을 사용하여 기어 설계 프로그램을 통해 시뮬레이션 하였다. 이때 작업 단수는 설문조사를 활용하여 베일러 작업 시 많이 사용하는 L2P3 (주행속도: 2.25 km/h, PTO 속도: 1000 rpm)으로 설정하였다. PTO 기어는 그림 1과 같이 실제 베일러 작업 시 측정된 데이터를 적용하였으며(김, 2011), 이 때 요구수명은 3,420시간으로 하였다(RDA, 2006).

결과 및 고찰

베일러 작업 시 포장 부하에 따른 PTO 기어를 시뮬레이션 한 결과는 표 2와 같이 나타났다. 굽힘 응력은 구동기어, 피동기어 각각 387.2, 173.5 N/mm² 이고, 접촉 응력은 각각 746.4, 759.5 N/mm² 으로 시뮬레이션 되었다. 허용 굽힘 응력은 구동기어, 피동기어 각각 853.9, 831.4 N/mm² 이고, 허용 접촉 응력은 각각 1379.7, 1412 N/mm² 으로 시뮬레이션 되었다. 요구수명에서의 안전율은 구동 기어의 굽힘 응력에 대해 약 3.61, 접촉 응력에 대해 약 2.28로 시뮬레이션 되었으며, 피동 기어는 각각 약 8.23, 약 2.43으로 시뮬레이션 되었다. 본 연구에서 해석한 PTO 기어 쌍의 안전율은 JGMA 401-01과 402-01 규격에서 스퍼기어의 굽힘 강도, 면압 강도 안전율인 각각 1.2, 1.15보다 큰 값으로 유지하고 있기 때문에 현재 설계된 PTO 기어의 강도 안전성은 충분히 만족하고 있다고 판단된다.

* 교신저자 :

+ 본 연구는 농림수산식품기술기획평가원의 농림기술개발사업의 지원으로 수행되었음

- 논문명 : ISO 규격 기반 트랙터 PTO 기어 수명 시뮬레이션
- 발표자 : 이바울
- 학술지 : 한국농업기계학회 2016 춘계학술대회 논문집

ISO 규격 기반 트랙터 PTO 기어 수명 시뮬레이션⁺

Simulation of the Life of PTO Gears of Tractor Using ISO Standards

이바울¹ 정선옥¹ 소진환² 남요상² 최창현¹ 김용주^{1*}

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과 ²동양물산, ³성균관대학교 바이오메카트로닉스학과

Pa Ul Lee¹ Sun Ok Chung¹ Jin Hwan So² Yo Sang Nam² Chang Hyun Choi¹ Yong Joo Kim^{1*}

¹Dept. of Biosystems Machinery Engineering, ChungNam National University, Daejeon, 34134, Korea

²TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, 32530, Korea

³Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi, 16419, Korea

서론

최근 다양한 분야에서 동력전달계의 최적 설계, 신뢰성 향상, 개발기간 단축에 의한 고부가가치화 등을 달성하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 연구가 활발히 진행되고 있다고 보고하였다(Han, 2004). 특히, 기어 분야에서는 ISO 규격 기반 컴퓨터 시뮬레이션을 적용하여 해석하는 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 하지만 농업기계 분야에서는 다양한 토양 조건에 따라 부하 특성이 달라져 정확한 부하 측정이 어려워 경험적인 방법으로 제품 설계 및 개발을 수행하고 있다. 경험적인 방법은 많은 시간과 비용이 요구되는 포장시험이 필요하여 이를 대체할 수 있는 평가 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 ISO 6336 국제규격으로 트랙터 PTO 기어 수명을 해석하였으며, 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 기어 설계 가능성을 제시하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 71 kW (@2150 rpm) 출력을 갖는 트랙터의 PTO 3단 기어 쌍을 모델링하였다. 기어 표면 열처리하는 침탄 담금질 처리하였으며, 그 사양은 표 1과 같다. 부하 조건은 그림 1과 같이 엔진 전부하 성능 곡선에 따라 부하 수준을 나누었으며, 이때 기어의 굽힘 응력, 면압 응력, 안전율을 이용하여 기어 설계 프로그램을 통해 기어 수명 예측하였다. 이때 엔진과 PTO는 중공축으로 1:1로 연결되어 있으므로 엔진과 동일한 토크 조건으로 가정하였다. 분석항목은 ISO 6336 : 2006 규격 기반으로 수행하였으며, 기어 수명 해석은 기어 재료의 S-N 선도에 따라 Miner의 선형 누적 손상 이론 기반으로 수행하였다. 또한 기어의 요구 수명은 국내 트랙터의 평균 수명시간인 3,420시간(RDA, 2006)으로 적용하였다.

결과 및 고찰

표 2는 부하 수준에 따른 PTO 기어의 수명으로써, 엔진 최대 출력일 때의 PTO 기어는 무한 수명을 갖고 나머지 부하 수준에서는 모두 PTO 구동 기어 이빨리에서 굽힘 응력에 의해 파손이 일어나는 것으로 나타났다. PTO 기어 쌍의 기어 수명 최소값은 80% 수준에서 19.61 시간으로 나타났다. 기어 수명 최대값은 100% 수준에서 무한 수명으로 나타났다. 따라서 트랙터 엔진이 최대 출력(57.3 kW)을 갖는 엔진 회전속도 2150 rpm일 때, PTO 3단 기어 쌍이 가장 낮은 부하(253.29Nm)를 받는 것으로 나타났다. 그러나 트랙터는 토양·작업 조건 등에 따라 부하 변화가 크므로 정확한 해석을 위해서는 다양한 부하 조건에 따른 분석이 필요하다.

참고문헌

Han, H. S., Lee, J. K, 2004, Development of a Web-based Powertrain Performance Simulation

* 교신저자 :

+ 본 연구는 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

라. 해외 학술대회

- 논문명 : Analysis of PTO Gears Using a Gear Design Program
- 발표자 : 이바울
- 학술지 : The sixth Asian Conferences on Precision Agriculture
- 개최장소 : Guangzhou, China

Analysis of PTO Gears using a Gear Design Program

Pa-Ul Lee¹, Dae-Hyun Lee¹, Yong-Joo Kim^{1*}, Jin-Hwan So², Yo-Sang Nam²,
Chang-Hyeon Choi³

(1. Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chung-Nam National University, Daejeon, 305-764, Republic of Korea

2. TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, Republic of Korea

3. Dept. of Bio-Mechatronics Engineering, Sanggyeongsan National University,
Seoul, 305-764, Republic of Korea) *

Abstract: Agricultural tractors are designed with empirical method because it is not easy to measure precise load cycle under various working conditions and soil types. Especially, PTO driving gears directly drive various tractor implements. Therefore, alternative design methods using a gear design program are needed for optimal design of tractors. The PTO driving gears are made with SCr415 alloy steel with the treatment of carburizing and quenching. The full load on PTO driving gears was used, and the load was measured during actual field works of plow and rotary tillage. Stress, safety factor, and fatigue life were simulated and analyzed under various load conditions. The simulation results showed that PTO driving gears were safely designed because safety factor was greater than 1.5 under various load conditions. Stress of PTO driving gears with full load condition was higher than one from the field load condition. In contrast, safety factor and fatigue life under full load condition were lower than the one from field load condition. This means that full load condition was severer than the field load condition to the tractor PTO. Therefore, designing PTO driving gears should consider the field load rather than full load.

Keywords: PTO gear, gear design program, safety factor, bending stress, contact stress

1. Introduction

The agricultural machinery industry in Korea has achieved rapid development, and agricultural machines have been widely distributed in the agricultural area from crop production to storage. Domestic use of agricultural machinery accounted for around 94.1% in the rice farming and 55.7% in the upland farming. The supply of agricultural machinery increased due to the various agricultural policies such as agricultural mechanization promotion law and agricultural

- 논문명 : Performance Evaluation of Parallel Hybrid System for Agricultural Tractor
- 발표자 : 이대현
- 학술지 : The sixth Asian Conferences on Precision Agriculture
- 개최장소 : Guangzhou, China

Performance Evaluation of Parallel Hybrid Driving System for Agricultural Tractor

Dae-Hyun Lee¹, Yong-Joo Kim^{1*}, Jin-Hwan So², Yo-Sang Nam²

(1. Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

2. TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan Co., Ltd., Gongju, 314-862, Republic of Korea)

Abstract: To improve performance of fuel efficiency and emission reduction for agricultural tractor, it is necessary to use electrical driving system, having eco-friendly and high energy efficiency for tractor operation. The purpose of this study was to develop parallel hybrid system for 71 kW tractor. The parallel hybrid system were composed of 7.4 kW motor/generator to drive the tractor with diesel engine, 10 kW inverter to control the motor/generator, LiFePO₄ battery to support electrical energy, battery management system (BMS) to manage the battery status, and hybrid control unit (HCU) to control power of the hybrid system. The motor/generator was installed between tractor engine and clutch and the inverter and the battery-BMS were installed on the right side of the tractor cabin. To control power of the hybrid tractor, motor torque control algorithm of HCU was designed based on PID control. PID gains were determined using Ziegler-Nichols open-loop method to found initial gains and the simulation program to optimize initial gains. To evaluate the performance of the parallel hybrid tractor, plowing was conducted at ground speed M2 (7.2 km/h), M3 (10.3 km/h), and M4 (14.7 km/h) under upland field sites with same soil condition. The field tests were conducted in hybrid tractor driving (engine + motor/generator) and conventional tractor driving (only engine driving) conditions and compared each conditions using field data. The field data consist of load on the transmission input shaft and fuel consumption. The results showed that the transmission input torque of the hybrid tractor driving were 216.2, 318.7, and 335.4 Nm and one of the conventional tractor driving were 232.9, 290.8, and 199.8 Nm at M2, M3, and M4, respectively. In case of the hybrid tractor driving, the transmission input torque was steadily increased by ground speed increasing, whereas one of the conventional tractor driving was decreased at M4. It showed that plowing using the hybrid tractor driving could be conducted faster than conventional tractor driving. The fuel efficiency of the hybrid tractor driving were 0.56, 0.43, and 0.49 L/kWh at ground speed M2, M3, and M4, respectively, and one of the conventional tractor driving were 0.53, 0.58, and 0.82 L/kWh at ground speed M2, M3, and M4, respectively. The results show that most of the fuel efficiency of the hybrid tractor driving is better than one of the conventional tractor driving except ground speed M2. Especially, the fuel efficiency of the hybrid tractor driving was about 60% of conventional tractor driving at ground speed M4. Therefore, results of the study indicated that performance of the hybrid tractor was better than the conventional tractor not only working speed but fuel saving.

Keywords: Cabin type combine harvester, Ergonomic, Field of view, Visibility evaluation system

1. Introduction

Oil prices climbed above \$100 a barrel recently. The prices have been rising on geopolitical concerns and are expected to rise further. High oil prices caused recession in most of the industries; as a result, the ways for improving fuel efficiency are needed especially in agricultural area.

- 논문명 : Automatic Clutch Control for Automated Manual Transmission of Agricultural Tractor
- 발표자 : 김완수
- 학술지 : International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering
- 개최장소 : TOKI MESSE Niigata Convention Center, Niigata, Japan

Technical Sessions: Oral Presentation

[Room 1 (302A)] Power and Machinery (PM) 1	
Date: May 23 14:30 - 16:00	
Chairperson: Prof. Chyung Ay, National Chiayi University, Taiwan	
Time No.	Title
14:30 1-1	<p>Current Issues and Prospects for Agricultural Machinery Industry of the Russian Federation</p> <p>Tsyden Sandakov¹, Hideo Hasegawa^{2*}, Daba Radnaev³, Nadezhda Sandakova⁴, Svetlana Sandakova⁵</p> <p>¹ Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Japan ² Institute of Science and Technology, Niigata University, Japan ³ Department of Engineering, Buryat State Academy of Agriculture, Russia ⁴ Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Japan ⁵ Nature Management Department, Far East State Agrarian University, Russia</p>
14:45 1-2	<p>Bump Shock Reduction of an Agricultural Front-end Loader Using a Hydraulic Circuit of Boom Suspension</p> <p>Bong Jin Cho¹, Hak Jin Kim^{1*}, Chang Joo Lee¹, Sung Wook Ahn², Young Hwan Yoon³</p> <p>¹ Department of Biosystems Engineering, Seoul National University, Korea ² Sejin IZB, Asan, Chungnam, Korea ³ J&F Solution Co., Ltd., Seocho gu, Seoul, Korea</p>
15:00 1-3	<p>An Electric Controller for Parallel Positioning of an Agricultural Front-end Loader</p> <p>Chang Joo Lee¹, Jong Woo Ha¹, Bong Jin Cho¹, Hak-Jin Kim^{1*}</p> <p>¹ Department of Biosystems Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, South Korea ² KSF Co., Ltd. Ik-San, Jeon-Buk, South Korea</p>
15:15 1-4	<p>Automatic Clutch Control for Automated Manual Transmission of Agricultural Tractor</p> <p>Yong-Joo Kim¹, Sun-Ok Chung¹, Dae-Hyun Lee², Chang-Hyun Choi³, Wan-Soo Kim^{1*}</p> <p>¹ Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Republic of Korea ² Dept. of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Republic of Korea ³ Dept. of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Republic of Korea</p>

1-4

Automatic Clutch Control for Automated Manual Transmission of Agricultural Tractor

Yong-Joo Kim¹, Sun-Ok Chung¹, Dae-Hyun Lee², Chang-Hyun Choi³, Wan-Soo Kim^{1*}

¹ Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Republic of Korea

² Dept. of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, Republic of Korea

³ Dept. of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Republic of Korea

Abstract : This study was conducted to develop automated clutch system of AMT for agricultural tractor. A clutch actuator was developed to control clutch engaging and disengaging. To evaluate performance of the automated clutch system, the experimental test-bed was used. The test-bed was consisted of a powertrain of the agricultural tractor, an electric motor instead of a tractor engine, a three-phase inverter to control the motor speed, shuttle shifting actuator, the clutch actuator, and I/O interface modules. The actuators were installed at the link of the shuttle gearbox and transmission of the powertrain, respectively. The potentiometer signals of the actuators and the rotational speed of the input shaft of the motor and the transmission axle were measured and used to control the actuators. A PID simulation program was developed to optimize position control of the actuators. The AMT control algorithm was developed and experimental tests were conducted to evaluate the performance of the AMT at speed levels. The results showed that the actuators were controlled properly to achieve the maximum overshoot of less than 5%, the settling time of less than 1.5 s, and the steady-state error of less than 1% at all speed levels. The averaged total duration of all speed levels was less than 2.5 s and the speed of driving shaft reached the target speed within 3 s. The results showed that the developed automated clutch system could be useful for the automated manual transmission (AMT) of agricultural tractors.

- 논문명 : Simulation of PTO Gears of Tractor Using ISO Standards
- 발표자 : 이바울
- 학술지 : The 7th Joint Symposium between SYAU and CNU
- 개최장소 : Shenyang, China

The 7th Joint Symposium between SYAU and CNU

Simulation of PTO Gear Train of Tractor Using ISO Standards

Pa-Ul Lee¹⁾, Sun-Ok Chung¹⁾, Chang-Hyun Choi²⁾, Yo-Sang Nam³⁾, Jin-Hwan So³⁾ and Yong-Joo Kim¹⁾*

¹⁾ Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea

²⁾ Dept. of Bio-mechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi, 440-746, Korea

³⁾ TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, Chungnam, Republic of Korea

ABSTRACT

Agricultural tractors are generally designed with empirical method, because it is not easy to measure precise load cycle under various working conditions and soil types. Especially, power transmission gear system which took large proportion of the tractor price is most important. Therefore, alternative design methods using a gear design program must be needed for optimal design of tractors. In this paper, PTO gear pair of tractor was analyzed by gear simulation program. The PTO gear pair is made with SCr415 alloy steel with the treatment of carburizing and quenching. PTO driving gear under various load conditions was used, and the load was measured during actual field works of rotary tillage. Stress, safety factor and fatigue life were simulated and analyzed under various load conditions of rotary tillage. The simulation results showed that PTO gear pair was safely designed because safety factor was greater than 1.0 under various load conditions. Stress of PTO gear pair was analyzed by ISO standards. As a result, the study suggested that the PTO gear pair should be optimally designed using gear design program.

Keywords: PTO gear train, Gear design program, Safety factor, Bending stress, Contact stress

Corresponding author* : Yong-Joo Kim

Address : Dept. of Biosystems Machinery Engineering College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University 220 Gung-Dong, Yusung-Gu, Daejeon, 305-764, Republic of Korea



Pa-Ul Lee
Chungnam National University

- 논문명 : Analysis of PTO Gear Pair using Gear Design Program
- 발표자 : 이바울
- 학술지 : 2016 ASABE Annual International Meeting Paper
- 개최장소 : Disney's Coronado Springs Resort, Orlando, Florida



2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA
269.429.0300 fax 269.429.3852 hq@asabe.org www.asabe.org

An ASABE Meeting Presentation

DOI: 10.13031/aim.20

Paper Number: 161051449

Analysis of PTO Gear Pair using Gear Design Program

Pa-UI Lee¹, Sun-Ok Chung¹, Jin-Hwan So²,
Yo-Sang Nam², Chang-Hyun Choi³, Yong-Joo Kim^{1*}

1. Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Republic of Korea

2. TYM R&D Center, Tong Yang Moolsan, Gongju, Republic of Korea

3. Dept. of Bio-Mechatronics Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, Republic of Korea

Written for presentation at the
2016 ASABE Annual International Meeting
Sponsored by ASABE
Orlando, Florida
July 17-20, 2016

Abstract. Agricultural tractors are generally designed with empirical method, because it is not easy to measure precise load cycle under various working conditions and soil types. Especially, power transmission gear system which took large proportion of the tractor price is most important. Therefore, alternative design methods using a gear design program must be needed for optimal design of tractors. In this paper, PTO gear pair of tractor was analyzed by gear simulation program. The PTO gear pair is made with SCr415 alloy steel with the treatment of carburizing and quenching. PTO driving gear under various load conditions was used, and the load was measured during actual field works of rotary tillage. Safety factor and fatigue life were simulated and analyzed under various load conditions of rotary tillage. The simulation results showed that PTO gear pair was safely designed because safety factor was greater than 1.0 under various load conditions. PTO gears were analyzed by ISO 6336 standards. As a result, the study suggested that the PTO gear pair should be optimally designed using gear design program.

Keywords. PTO gear pair, gear design program, safety factor, fatigue life, pitting.

The authors are solely responsible for the content of this meeting presentation. The presentation does not necessarily reflect the official position of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), and its printing and distribution does not constitute an endorsement of views which may be expressed. Meeting presentations are not subject to the formal peer review process by ASABE editorial committees; therefore, they are not to be presented as refereed publications. Citation of this work should state that it is from an ASABE meeting paper. EXAMPLE: Author's Last Name, Initials. 2016. Title of Presentation. ASABE Paper No. 161051449. St. Joseph, Mich.: ASABE. For information about securing permission to reprint or reproduce a meeting presentation, please contact ASABE at rutter@asabe.org or 269-932-7004 (2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA).

Introduction

3. 기술이전

- 현재 기술이전 2건은 충남대와 동양물산기업(주), (주)네스트아이앤씨 각각 진행 중.
- 기술이전 2건은 모두 올해 11월 중 기술실시계약서 작성 예정.


구분	사업화지표	
	기술이전	
	건수	기술료
목표	1	-
실적	2	-

○ 기술 대상 기관 : 동양물산기업(주)

○ 기술 실시명 : 전기 이식기의 동력전달장치 해석 기술

기술이전 신청서

(기업채용)

신청자	회사명	동양물산기업(주)	법인 등록번호	110111-0032899	사업자 등록번호	135-85-05875
	대표자 성 명	김희용	전화 팩스			
	회사주소	충남 공주시 우성면 차동로 476-30		E-mail		
대상기관 현황	사업종목 주생산품	농기계, 양식기 농업용 트랙터, 콤바인 이앙기		종업원수	관리직 : 294 연구직 : 87 생산직 : 306	총 687명
	총 매출액	2014년	2015년	2016년		
		326,017,294,274	357,166,575,400	367,972,437,312		
	자본 총계	2014년	2015년	2016년		
		130,634,072,717	134,310,239,501	135,492,219,022		
	부채 총계	2014년	2015년	2016년		
		217,899,001,922	206,988,951,607	218,146,943,332		
부설연구소	보유					
실무자 연락처	성명	소속/직위	긴급연락처	E-mail		
	권행주	RD7/주임연구원				
주요 연구시설 및 장비	Creo 2.0, 피로시험기, 4축 다이내모, PTO 다이내모 등					
이전 희망 기술의 명칭	<input type="checkbox"/> 특허권, <input type="checkbox"/> 실용신안권, <input type="checkbox"/> 디자인권, <input type="checkbox"/> 상표권, <input type="checkbox"/> 컴퓨터프로그램 <input checked="" type="checkbox"/> 노하우기술 <input type="checkbox"/> 기타 기술 ()					
	기술(특허)의 명칭(출원번호) 전기 이식기의 동력전달장치 해석 기술					
이전희망 기술 내용요약		전기 이식기의 동력전달장치 해석 기술				
<p>상기의 충남대학교 산학협력단 보유기술에 대한 기술이전절차를 밟고자 위와 같이 신청합니다.</p> <p>구비서류 : 1. 법인등기부등본 1부. 2. 법인인감증명서 1부. 3. 사업자등록증사본 1부. 관.</p> <p>2017년 11월 03일 작성자 : 김희용 </p>						
충남대학교산학협력단장 귀하						

기술이전 신청서

(발명자용)

발명자	소 속	바이오시스템 기계공학과	연락처	내 선	휴대폰			
	성 명	김 용 주		이 메 일				
기술의 설 명	구 분·영 역	<input type="checkbox"/> 특허권, <input type="checkbox"/> 실용신안권, <input type="checkbox"/> 디자인권, <input type="checkbox"/> 상표권, <input type="checkbox"/> 컴퓨터프로그램 <input checked="" type="checkbox"/> 노하우기술 <input type="checkbox"/> 기타 기술()						
	출원번호 (출원일자)	-			기술분야 (6T)	BT(), CT(), ET(), IT(), NT(), ST(), 기타(✓)		
	기술(특허)의 명 칭	전기 이식기의 동력전달장치 해석 기술						
	기술 권리화 진 행 사 항	<input type="checkbox"/> 출원 전, <input type="checkbox"/> 출원·심사 중, <input type="checkbox"/> 등록완료, <input type="checkbox"/> 기타 ()						
발명자 현 황	구 분	성 명	소 속	직 위 (직급)	지분율 (%)	주민(법인) 등록번호	비고	
	발명자 1	김용주	충남대학교	조교수	100			
자체연구 개발성과	연구기간	. . . ~ . . .			연구개발비	천원		
	상기 발명은 발명자가 개인비용으로 자체개발한 기술임, 즉 국가R&D과제 결과로 개발된 기술이 아님을 확인함 (인)							
국가 R&D 과 제 연구 성과	연구개발비 지원기관	농림수산식품 기술기획평가원	연구비 관리기관	농림수산식품 기술기획평가원	참여 기업	동양물산기업 네스트아이앤씨	협동 기관	동양물산기업 네스트아이앤씨
	연구과제 번호	114051-3		연구과제명	친환경 시설하우스용 전기구도 이식기 개발			
	연 구 사 업 명	형단생산기술개발사업				연구책임자 (발명자본인)	김용주	
	총개발연구비	정부출연금	660,000 천원		기업부담금	450,000 천원		
	연구개발기간	2014.09.25. ~ 2017. 09. 24 (3년)						
기술이전 대상 기업		동양물산기업(주)						
희망 기술료	기술이전유형	i) 소유권 양도() ii) 실시권 설정 - 통상(✓) - 전용()		정액(선금) 기술료	5,000 천원	경상 기술료	-	
기술이전 기간		2017. 11. 15. ~ 2021. 11. 14 (5년)						
위 사실이 틀림없음을 확인합니다. <div style="text-align: right; margin-right: 100px;"> 2017 년 11 월 03 일 작성자(대표자) : 김 용 주  </div>								
충남대학교산학협력단장 귀하								

기술이전 신청서

(발명자용)

발명자	소 속	바이오시스템 기계공학과	연락처	내 선	휴대폰			
	성 명	김 용 주		이 메 일				
기술의 선 명	구 분·영 역	<input type="checkbox"/> 특허권, <input type="checkbox"/> 실용신안권, <input type="checkbox"/> 디자인권, <input type="checkbox"/> 상표권, <input type="checkbox"/> 컴퓨터프로그램 <input checked="" type="checkbox"/> 노하우기술 <input type="checkbox"/> 기타 기술()						
	출원번호 (출원일자)	-			기술분야 (6T)	BT(), CT(), ET(), IT(), NT(), ST(), 기타(✓)		
	기술(특허)의 명 칭	전기 이식기의 부하 측정 및 분석 방법						
	기술 권리화 진 행 사 황	<input type="checkbox"/> 출원 전, <input type="checkbox"/> 출원·심사 중, <input type="checkbox"/> 등록완료, <input type="checkbox"/> 기타 ()						
발명자 현 황	구 분	성 명	소 속	직 위 (직급)	지분율 (%)	주민(법인) 등록번호	비고	
	발명자 1	김용주	충남대학교	조교수	100		(인)	
자체연구 개발성과	연구기간	. . . ~ . . .			연구개발비	천원		
	상기 발명은 발명자가 개인비용으로 자체개발한 기술임, 즉 국가R&D과제 결과로 개발된 기술이 아님을 확인함 (인)							
국가 R&D 과 제 연구 성과	연구개발비 지원기관	농림수산식품 기술기획평가원	연구비 관리기관	농림수산식품 기술기획평가 원	참여 기업	동양물산기업 네스트아이앤씨	협동 기관	동양물산기업 네스트아이앤씨
	연구과제 번호	114051-3		연구과제명	친환경 시설하우스용 전기구도 이식기 개발			
	연구 사업 명	첨단생산기술개발사업			연구책임자 (발명자본인)	김용주		
	총개발연구비	정부출연금	660,000 천원		기업부담금	450,000 천원		
	연구개발기간	2014.09.25. ~ 2017. 09. 24 (3년)						
기술이전 대상 기업		네스트아이앤씨(주)						
희망 기술료	기술이전유형	i) 소유권 양도() ii) 실시권 설정 - 통상(✓) - 전용()		정액(선금) 기술료	1,280 천원	경상 기술료	-	
기술이전 기간		2017. 11. 15. ~ 2021. 11. 14 (5년)						
위 사실이 틀림없음을 확인합니다.								
2017 년 11 월 03 일 작성자(대표자) : 김 용 주 (인)								
충남대학교산학협력단장 귀하								

4. 교육지도

- 교육명 : 소형 및 전기구동 농기계 관련 실습 및 교육
- 참석 대상 : 충남대학교 학부과정 4명
- 교육기간 : 2017-06-21 ~ 2017-08-16

현장 교육 확인서

교육자 (인적사항)	회사명	부서	성명
	충남대학교	바이오시스템기계공학과	이남규
	연락처	E-mail	교육 기간
			17.06.21. ~ 17.08.16.

교육기관 (인적사항)	기관명	부서	업종	연락처
	동양물산기업	중앙연구소	트랙터, 콤바인 등	
	교육책임자	직위	E-mail	연락처
	윤기동	팀장		

교육 이수내용	교육과정
	<ul style="list-style-type: none"> * 이식기 등 소형 농기계 구조에 대한 교육 * 이식기 식부 장치에 대한 구동 원리에 대한 교육 * 이식기 작동 방법 및 이식 작업 실습 * 전기구동 농기계의 사례에 대한 교육 * 전기구동 이식기 작동에 대한 실습 * 전기구동 이식기 핵심 부품에 대한 교육 및 실습
<p>위와 같이 교육 과정을 이수하였음을 확인합니다.</p> <p style="margin-top: 20px;">2017년 09월 11일</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"> 동 양 물 산 중앙 기술 연구 소 중앙 연구 소장 강 영 선 (인) </p>	

본 교육은 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제번호 : 114051-3)에 의해 수행되었습니다.

현장 교육 확인서

교육자 (인적사항)	회사명	부서	성명
	충남대학교	바이오시스템기계공학과	백승민
	연락처	E-mail	교육 기간
			17.06.21. ~ 17.08.16.

교육기관 (인적사항)	기관명	부서	업종	연락처
	동양물산기업	중앙연구소	트랙터, 콤바인 등	
	교육책임자	직위	E-mail	연락처
	윤기동	팀장		

교육 이수내용	교육과정
	<ul style="list-style-type: none"> * 이식기 등 소형 농기계 구조에 대한 교육 * 이식기 식부 장치에 대한 구동 원리에 대한 교육 * 이식기 작동 방법 및 이식 작업 실습 * 전기구동 농기계의 사례에 대한 교육 * 전기구동 이식기 작동에 대한 실습 * 전기구동 이식기 핵심 부품에 대한 교육 및 실습

위와 같이 교육 과정을 이수하였음을 확인합니다.

2017년 09월 11일

동양물산 중앙기술연구소
중앙연구소장 강영선 (인)

본 교육은 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제번호 : 114051-3)에 의해 수행되었습니다.

현장 교육 확인서

교육자 (인적사항)	회사명	부서	성명
	충남대학교	바이오시스템기계공학과	백승윤
	연락처	E-mail	교육 기간
			17.06.21. ~ 17.08.16.

교육기관 (인적사항)	기관명	부서	업종	연락처
	동양물산기업	중앙연구소	트랙터, 콤바인 등	
	교육책임자	직위	E-mail	연락처
	윤기동	팀장		

교육 이수내용	교육과정
	<ul style="list-style-type: none"> * 이식기 등 소형 농기계 구조에 대한 교육 * 이식기 식부 장치에 대한 구동 원리에 대한 교육 * 이식기 작동 방법 및 이식 작업 실습 * 전기구동 농기계의 사례에 대한 교육 * 전기구동 이식기 작동에 대한 실습 * 전기구동 이식기 핵심 부품에 대한 교육 및 실습
<p>위와 같이 교육 과정을 이수하였음을 확인합니다.</p> <p style="margin-top: 20px;">2017년 09월 11일</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;"> 동 양 물 산 중 앙 기 술 연 구 소 중앙연구소장 강 영 선 (인) </p>	

본 교육은 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제번호 : 114051-3)에 의해 수행되었습니다.

현장 교육 확인서

교육자 (인적사항)	회사명	부서	성명
	충남대학교	바이오시스템기계공학과	문석표
	연락처	E-mail	교육 기간
			17.06.21. ~ 17.08.16.

교육기관 (인적사항)	기관명	부서	업종	연락처
	동양물산기업	중앙연구소	트랙터, 콤바인 등	
	교육책임자	직위	E-mail	연락처
	윤기동	팀장		

교육 이수내용	교육과정
	<ul style="list-style-type: none"> * 이식기 등 소형 농기계 구조에 대한 교육 * 이식기 식부 장치에 대한 구동 원리에 대한 교육 * 이식기 작동 방법 및 이식 작업 실습 * 전기구동 농기계의 사례에 대한 교육 * 전기구동 이식기 작동에 대한 실습 * 전기구동 이식기 핵심 부품에 대한 교육 및 실습

위와 같이 교육 과정을 이수하였음을 확인합니다.

2017년 09월 11일

동양물산 중앙기술연구소
중앙연구소장 강영선 (인)

본 교육은 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제번호 : 114051-3)에 의해 수행되었습니다.

5. 인력양성

○ 학 사 : 이바울, 김연수 (2명)

○ 박 사 : 이대현 (1명)

제132401호



학 위 증

이 바 울

위 사람은 농업생명과학대학 소정의 전과정(바이오시스
템기계공학과 전공)을 이수하고 공학사의 자격을 얻었으므
로 이를 증명함.

2015년 08월 25일

충남대학교 농업생명과학대학장 농학박사 유 용 만



위 증명에 의하여 이 증서를 수여함.



2015년 08월 25일

충남대학교총장 경영학박사 정 상



학위등록번호 : _____

제132349호



학 위 증

김 연 수

위 사람은 농업생명과학대학 소정의 전과정(생물산업기
계 전공)을 이수하고 공학사의 자격을 얻었으므로 이를 증
명함.

2015년 08월 25일

충남대학교 농업생명과학대학장 농학박사 유 용 만



위 증명에 의하여 이 증서를 수여함.



2015년 08월 25일

충남대학교총장 경영학박사 정 상 활



학위등록번호: _____



학 위 수 여 증 명 서

성 명 : 이 대 현

생 년 월 일 :

학 과 : 생명공학과

전 공 : 메카트로닉시스템전공

학 위 명 : 공학박사

수 여 년 월 일 : 2015 . 2 . 25 .

위의 사실을 증명함

2015 . 8 . 25 .

성 균 관 대 학 교 교 무 처 장



6. 정책 활용

- 정책 활용 상태 : 정책 건의
- 시책명 : 전기구동 이식기 시험관련 평가 방법 의견 제출
- 주관부처명 : 농업기술실용화재단



"세계로 도약하는 대한민국 대표대학"
 '경쟁력 있는 대학', '동반성장을 통한 '강한 대학', '자랑스러운 대학'
충남대학교 농업생명과학대학



수신자 농업기술실용화재단 농기계 인증 담당자

제목 전기구동 이식기 시험관련 평가 방법 의견 제출

농림식품기술기획평가원(과제번호 : 114051-3) R&D로 수행된 친환경 시설하우스용 전기구동 이식기의 시험 평가 방법에 대한 의견을 아래와 같이 제출하오니 관련 기종의 인증 및 성능평가에 활용 부탁드립니다.

- 아 래 -

- 가. 기종명 : 전기구동 이식기
- 나. 제안자 : 충남대학교 바이오시스템기계공학과 김용주
- 다. 성능평가 항목 (유형 참조)
 - 1) 작업능력 시험 : 사용묘 종류, 두둑폭 및 높이, 묘의 분리방법, 묘의 길이, 포장작업능력, 배터리사용량, 작업속도, 전갈주율, 주간 및 조간 편차율, 식부상태, 차륜의 슬립률
 - 2) 연속운전시험 : 연속 작업 시간, 배터리 사용량
 - 3) 충전소요시간시험 : 충전 소요 시간

**충남대학교 농업생명과학대학
 바이오시스템기계공학과장**

기안 **현 승 연** 담당 **김 용 주** 학과장 **이 용 희**

시험 바이오시스템기계공학과 - 013 (2017. 10. 16) 접수
 우 306-764 대전광역시 유성구 대학로 99 충남대학교 바이오시스템기계공학과 2호관 / www.cnu.ac.kr
 2207

[유첨]전기 구동 이식기의 평가 기준

1. 전기 구동 이식기

- 기존 엔진 동력이 아닌 모터 동력을 이용하여 이식 작업을 하는 기계로써, 속도 트레이에 실어져 있는 플러그 묘를 파지(把持), 취출(取出), 이송, 심음, 놓음 등 일련의 동작으로 반작물 이식 작업에 사용되는 기계

2. 성능 시험

2.1. 작업능률시험

2.1.1. 시험 목적

- 본 시험은 이식기의 포장 작업 능률 및 작업 경도를 확인을 목적으로 한다.

2.1.2. 시험조건

- (1) 이식기의 작업 속도, 주간 거리, 조간 거리, 식부 깊이와 모터의 정격회전수는 농가에서 가장 많이 사용하는 조건으로 수행한다.
- (2) 예비묘 탑재대 및 묘 공급대에는 묘를 모두 탑재한 후 수행한다.
- (3) 공시 포장은 10 a (50×20 m)로 한다.

2.1.3. 측정 항목

- (1) 사용묘의 종류
 - 시험 이식기로 시험할 작물 조사 (고추, 양파 등)
- (2) 두둑폭 및 높이
 - 최소, 최대 폭 및 두둑 높이 조사
- (3) 묘의 분리방법
 - 자동 분리식, 반자동식 등 조사
- (4) 묘의 길이 (mm)
 - 상토 상면으로부터의 묘의 수직 길이 측정
- (5) 포장작업능률 (min/10a)
 - 공시 포장에 이식 작업이 모두 완료한 후 다음 식에 의해 산출한다.

$$\text{포장작업능률} = \frac{\text{이식시간} + \text{회행시간} + \text{묘공급시간}}{\text{식부면적}}$$

- (6) 배터리 사용량 (mAh)
 - 공시 포장에 작업을 완료하는 데 소요된 시간과 배터리 잔량을 측정하여 단위 시간당 배터리 사용량으로 환산한다.
- (7) 작업속도 (m/s)
 - 작업능률 시험 시 5개의 장변을 임의 선정하여 작업속도를 측정한다.
- (8) 전결주율 (%)
 - 작업능률 시험을 완료 후 전 구간을 조사하여 이식 위치에 누락주수 및 정상적으로 이식되지 않은 주수(기계에 의한 결주, 포트묘의 흙 부스러짐에 의한 결주)를 조사하여 기계에 의한 결주율 및 전결주율을 산출한다.

7. 기타

- 활용명칭 : 한국정밀농업학회 정밀농업기술지 9월호 최근 R&D 연구 동향
- 제 목 : 친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발

2.2 연구 과제

친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발

- 지원기관 : 농림식품기술기획평가원
- 주관기관 : 충남대학교

화석 연료의 사용에 따른 지구 온난화, 대기 오염 등 환경오염에 대한 사회적 관심이 전 세계적으로 높아지고 있다. 선진국들은 새로운 무역규제 방안의 하나로 그린라운드(Green round)를 채택하고 있으며, 미국은 TIER, 유럽 연합은 STAGE의 배기가스 규제를 지속적으로 확대 및 강화하고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 최근 자동차, 건설 기계 등 다양한 분야에서는 하이브리드(Hybrid) 시스템, 전기 구동 시스템 등 관련 연구를 활발히 진행하고 있다. 이러한 추세에 따라, 농업기계 분야에서도 하이브리드 시스템, 전기 구동 시스템 등의 기술을 적용하는 연구가 진행되고 있다. 특히, 시설하우스에서 사용되는 농업기계의 경우에는 주로 밀폐된 공간에서 작업을 수행하므로 작업자가 매연에 노출되기 쉬우며, 작물의 2차 오염으로 인체에 유해하므로 전기 구동 시스템 관련 연구가 필요하다.

이러한 연구 필요성에 따라, 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발 사업에서는 “친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발” 과제(과제번호 : 114051-03)를 충남대학교, 동양물산기업, 네스트아이앤씨 공동으로 수행하고 있다. 본 과제에서 개발한 전기 구동 이식기는 기존 내연기관 이식기의 엔진을 모터로 대체하여 전기 구동 이식기를 개발하였다. 현재 개발 중인 전기 구동 이식기는 기존의 내연기관을 전기 모터로 대체하여 내연기관 이식기와 동일한 수준의 이식 작업을 수행하여 향후 시설하우스 작업의 친환경 농작업을 이끌 것으로 기대 된다.



친환경 전기 구동형 이식기

- 활용명칭 : 한국정밀농업학회 정밀농업기술지 11월호 최근 R&D 연구 동향
- 제 목 : 전기 구동 이식기의 성능 평가

[전기 농업기계 연구 동향]

연구주제 : 전기 구동 이식기의 성능 평가

지원기관 : 농림식품기술기획평가원

참여기관 : 충남대학교, 동양물산기업(주), (주)네스트아이앤씨

최근 환경 규제 강화에 따라 자동차, 건설 등 다양한 산업에서는 친환경, 고효율 차량에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 미래에 내연기관 차량에서 점차 하이브리드, 전기/연료 전지 차량 순으로 개발 될 전망이다. 미국, 유럽 등 선진국에서는 EV/HEV 자동차 판매를 의무화 할 계획으로 친환경적인 생산 시스템 구축을 위해 환경 규제 강화, 친환경차 세금 혜택 등 다양한 방법으로 지원하고 있다. 이러한 시장 변화에 따라 농업기계 분야에도 확대 적용되고 있으며, 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발 사업에서는 “친환경 시설하우스용 전기구동 이식기 개발” 과제(과제번호: 114051-03)를 충남대학교, 동양물산기업(주), (주)네스트아이앤씨 공동으로 수행하였다.

본 과제에서 개발된 전기 구동 이식기는 기존 내연기관 이식기의 엔진을 전기 모터로 대체하였을 뿐만 아니라 식부 장치도 전기 모터로 구성하여, 완전한 전동 이식기를 개발하였다. 2017년 9월, 전기 구동 이식기의 성능 평가를 위하여 농업기술실용화재단 입회하여 전기 이식기 성능 검정을 수행하였다. 본 이식기의 주행 변속과 주간 거리 조절은 전류량을 조절하여 조절이 가능하며, 변속 단수는 무단이다. 본 성능 시험은 옥수수 묘를 사용하였으며 포장면적은 10a에서 수행하였다. 식부 깊이, 주간거리, 작업속도는 각각 7.5 cm, 56.2 cm, 0.26 m/s로 수행하였다. 성능 시험 결과, 포장 작업 능률은 67.9 분/ 10a로 나타났으며 전결주율과 주간거리 편차율은 각각 0.24, 0.36%로 나타났다. 엔진 구동 이식기의 작업 능률 보다 약 6% 높게 나왔으며, 오염과 소음이 없는 친환경 농업기계로서 시설하우스와 같은 밀폐된 공간에서의 작업에서 큰 장점을 가질 것으로 판단된다.



< 전기 모터 구동 이식기 >

8. 사업화

- 사업화명 : 전기 동력 이식기 제품화
- 제 품 명 : 전기 동력 이식기(ETP-1)
- 사업화여부 : 사업화 예정 / 시제품

제 FACT17-0574 호

농업기계 기술지도검정 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김희용
- 나. 사업자등록번호 : 609-85-00876
- 다. 주소 : 전라북도 익산시 왕궁면 왕궁농공단지길 7-40
- 라. 상호 : 동양물산기업(주)

2. 검정 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력이식기
- 나. 형식명 : ETP-1
- 다. 형식 및 규격 : 보행형 전파식, 1조

3. 검정번호 : 17-MT-031

4. 검정성적 : 불임

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 기술지도검정 성적입니다.

2017년 09월 28일

농업기술실용화재단 이사장



제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1절 연차별 연구목표 및 달성도

1. 정량적 목표 대비 달성도

가. 정량적 목표

- 본 연구의 정량적 성능평가 항목 및 방법은 다음과 같이 출력, 전동기 효율, 인버터 효율, 연비 향상률, 생산성 향상률로 구성하였다. 또한 기존에 평가 기준이 없는 항목에 대해서는 자체시험으로 진행하되 전문기관과 지속적인 협의를 통해 공인 시험 성적서를 획득할 예정이다.

성능평가 항목 및 방법

항목	단위	세계 최고수준 (구보다)	국내 수준	개발 목표 (년도)			기준/규격/인증
				1차	2차	3차	
1. 출력	HP	4	-	-	-	-	전기전자부품 연구원 (주행, 호머, 이식 모터 사용)
2. 전동기 효율	%	85	80	80 (다이내모)	85 (다이내모)	85 (실차)	전기전자부품 연구원
3. 인버터 효율	%	88	80	80 (다이내모)	88 (다이내모)	88 (실차)	전기전자부품 연구원
4. 연속작업시간	hr	-	-	-	-	2 (1pack) 4 (2pack)	자체
5. 생산성 향상률*	%	-	-	-	-	5%	자체
6. 고온(내열성)	도/시간	85/24	-	-	60/24	85/24	전기전자부품 연구원
7. 저온(내한성)	도/시간	-20/24	-	-	-10/24	-20/24	전기전자부품 연구원
8. 내습성	%RH/시간	90~95/48	-	-	80/48	90~95/48	전기전자부품 연구원

생산성 향상률 = 기존 엔진구동방식 대비 초과 작업량

나. 정량적 목표 대비 달성도

- 본 연구의 정량적 성능평가 항목은 총 7가지(전동기 효율, 인버터 효율, 연속작업시간, 생산성 향상률, 내열성, 내한성, 내습성)로써, 1차년도 ~ 3차년도의 연구개발을 통하여 모두 만족하였다.
- 아래 표는 본 연구에서 개발한 전기 이식기 시작품의 각 정량적 성능평가 항목 대비 달성도를 나타내었다.

정량적 성능평가 항목 대비 달성도


항목	단위	세계 최고수준 (구보다)	국내 수준	개발 목표	개발 결과	달성도 (%)	비고
전동기 효율	%	85	80	85	85.17	100.2	입회 시험
인버터 효율	%	88	80	88	89.83	102.1	입회 시험
연속작업시간	hr	-		2 (1pack) 4 (2pack)	6 (2pack)	150	자체평가
생산성 향상률	%	-		5	6.2	124	농업기술 실용화재단
고온(내열성)	도/시간	85/24		85/24	85/24	100	입회 시험
저온(내한성)	도/시간	-20/24		-20/24	-20/24	100	입회 시험
내습성	%RH/시간	90~95/48		90~95/48	93/48	100	입회 시험

다. 증빙자료

(1) 전동기 및 인버터 효율

- 본 연구의 정량적 성능평가 항목 및 방법 중 전동기 및 인버터 효율은 각각 85%, 88% 이상이어야 하며, 전기 구동 이식기의 전동기와 인버터 효율 측정 결과는 각각 85.17%, 89.83%로 나타났다.

시험 성적서

<p>주식회사 큐랩스</p> <p>경기도 부천시 오정구 석현로 345,303동 907호 (상정동, 부천 테크노파크)</p> <p>우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-1709141 페이지(1) / (총 6)</p>	
---	---	---

1. 의뢰자

- 기관명 : ㈜네스트아이앤씨
- 주소 : 경기도 성남시 중원구 갈마치로 302, A-1305 (우림 5 차)

2. 시험대상품목

- 제품명 : 전기이식기용 모터 및 인버터 드라이브
- 모델명 : 모터 및 인버터 드라이브
- 제조자명 : ㈜네스트아이앤씨
- 제조번호 : -



3. 시험기간 : 2017.09.12.

4. 시험방법 : 업체 제시 조건

5. 시험환경 :

- 온도 : (25 ± 3) ℃ , 습도 : (35 ± 5) % R.H.

6. 시험결과 : 페이지 3 참조

확 인	작성자	기술책임자
	성명: 윤진호 	성명: 윤성복 

- * 이 시험 결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
- * 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없습니다.

발급일자 : 2017년 9월 14일

주식회사 큐랩스 대표이사 (인)



1. 개요

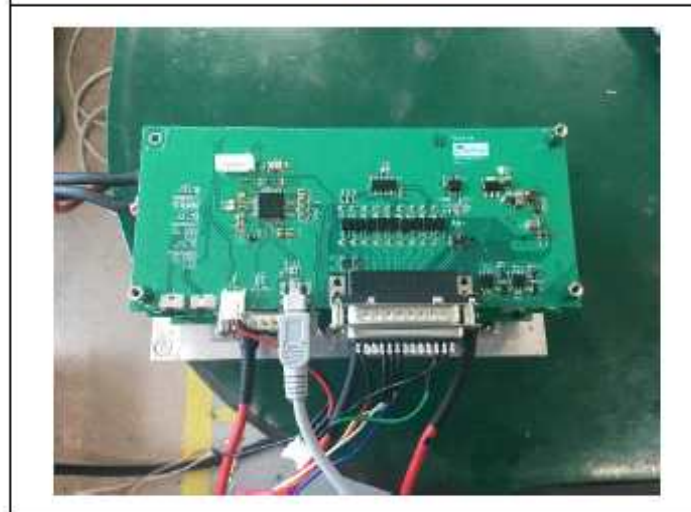
- ㈜네스트아이앤씨에서 의뢰한 전기이식기용 모터 및 인버터 드라이브에 대한 참관시험 성적서임.
- 시료 수: 각 1 EA
- 참관 일자 및 내용

참관 일자	내용
2017.09.12.	모터 및 인버터 효율측정


- 시료 사진



모터 시료 사진



인버터 시료 사진


<p style="text-align: center;">주식회사 큐랩스</p> <p style="text-align: center;">경기도 부천시 오정구 석천로 345,303 동 907 호 (삼정동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-1709141 페이지(3) / (총 6)</p>	
---	---	---

2. 시험 항목

시험 항목	시험 조건	판정 기준
효율 측정	<ul style="list-style-type: none"> • 모터 및 인버터 효율 측정 • 모터 효율 = $\frac{\text{모터 출력 전력}}{\text{인버터 출력 전력}}$ (%) • 인버터 효율 = $\frac{\text{인버터 출력 전력}}{\text{입력 전력}}$ (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 모터 효율이 85 % 이상일 것. • 인버터 효율이 89 % 이상일 것.

3. 시험 결과

시험 항목	시료명	시험 결과	판정
효율 측정	모터	<ul style="list-style-type: none"> • 모터 효율 측정 시, 85.17 % 로 판정기준을 만족 함. 	PASS
	인버터	<ul style="list-style-type: none"> • 인버터 효율 측정 시, 89.83 % 로 판정기준을 만족 함. 	PASS

주식회사 큐랩스 경기도 부천시 오정구 석천로 345,303 동 907 호 (삼정동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214	성적서번호: QR-T-1709141 페이지(4) / (총 6)	
--	--	---

4-1. 효율 측정


시험 No.	01	Model	모터 및 인버터 드라이브	규 격	업체 제시 조건
작 성 자	윤진호	시험 일자	2017.09.12.	구 분	측정 시험
시 험 자	윤진호	참고 사항	시료 수: 각 1 EA		

1) 시험 방법

시험 방법	판정 기준
<ul style="list-style-type: none"> • 모터 및 인버터 효율 측정 • 모터 효율 = $\frac{\text{모터 출력 전력}}{\text{인버터 출력 전력}}$ (%) • 인버터 효율 = $\frac{\text{인버터 출력 전력}}{\text{입력 전력}}$ (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 모터 효율이 85 % 이상일 것. • 인버터 효율이 89 % 이상일 것.

2) 사용장비 및 구성

장비 명	형명 (제조사)	사양	차기 교정 일자
DC Power Supply	SGA 330/61 (SORENSEN)	<ul style="list-style-type: none"> • DC Voltage Range: ~ 330 V • DC Current Range: ~ 60 A 	2018.03.06.
Power Analyzer	D6000 (NORMA)	<ul style="list-style-type: none"> • AC Voltage Range: ~ 1300 Vp-p • AC Current Range: ~ 134 Ap-p • 2-Channel 	2018.03.29.
Dynamo Meter	2PB65 (MAGTROL)	<ul style="list-style-type: none"> • Torque: 30 N·m 	2018.04.19.

<p style="text-align: center;">주식회사 큐랩스</p> <p style="text-align: center;">경기도 부천시 오정구 석천로 345,303 동 907 호 (삼정동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-1709141 페이지(5) / (총 6)</p>	
---	---	---

3) 시험 Data


(1) 모터 효율

구분	모터 출력 전력 (W)	인버터 출력 전력 (W)	효율 (%)	판정
모터 효율	220.37	258.72	85.18	PASS

(2) 인버터 효율

구분	입력 전력 (W)	인버터 출력 전력 (W)	효율 (%)	판정
인버터 효율	288.00	258.72	89.83	PASS



<p style="text-align: center;">주식회사 큐랩스</p> <p style="text-align: center;">경기도 부천시 오정구 석천로 345,303 동 907 호 (상경동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-1709141 페이지(6) / (총 6)</p>	
---	---	---

4) 시험사진

	
<p style="text-align: center;">시험 장비 (DC Power Supply)</p>	<p style="text-align: center;">시험 장비 (Power Analyzer)</p>
	
<p style="text-align: center;">시험 장비 (Dynamo Meter)</p>	<p style="text-align: center;">시험 사진</p>
	
<p style="text-align: center;">입력 전력 측정 사진</p>	<p style="text-align: center;">인버터 출력 전력 측정 사진</p>

(2) 전동기 및 인버터 내환경성

- 본 연구의 정량적 성능평가 항목 및 방법 중 전동기 및 인버터의 내환경성 평가 기준은 고온(내열성) 85℃/24시간, 저온(내한성) -20℃/24시간, 내습성 90~95%/48시간을 만족해야 하며, 전기 구동 이식기의 전동기와 인버터의 내환경성 평가 결과는 고온(내열성) 85℃/24시간, 저온(내한성) -20℃/24시간, 내습성 93%/48시간을 만족하였다.

시 험 성 적 서

<p style="text-align: center;">주식회사 큐랩스</p> <p style="font-size: small;">경기도 부천시 오정구 석천로 346,308 동 907 호 (상경동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-17-027 페이지(1) / (총 10)</p>				
<p>1. 의뢰자</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기관명 : ㈜네스트아이앤씨 • 주소 : 경기도 성남시 중원구 갈마치로 302, A-1305(우림 5 차) <p>2. 시험대상품목</p> <ul style="list-style-type: none"> • 제품명 : 전기이식기용 모터 및 인버터 드라이브 • 모델명 : 모터 및 인버터 드라이브 • 제조자명 : ㈜네스트아이앤씨 • 제조번호 : - <p>3. 시험기간 : 2017.09.04. ~ 2017.09.09.</p> <p>4. 시험방법 : 업체 제시 조건</p> <p>5. 시험환경 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 온도 : (23 ± 2) ℃ , 습도 : (43 ± 5) % R.H. <p>6. 시험결과 : 페이지 3 참조</p>					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 5px;">확 인</td> <td style="width: 40%; padding: 5px;"> 작성자 성명: 김 인 호  </td> <td style="width: 45%; padding: 5px;"> 기술책임자 성명: 윤 성 록  </td> </tr> </table>			확 인	작성자 성명: 김 인 호 	기술책임자 성명: 윤 성 록 
확 인	작성자 성명: 김 인 호 	기술책임자 성명: 윤 성 록 			
<ul style="list-style-type: none"> • 이 시험 결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다. • 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없습니다. 					
<p>발급일자 : 2017년 09월 14일</p> <p style="font-size: large; font-weight: bold;">주식회사 큐랩스 대표이사</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">   </div>					

주식회사 큐랩스

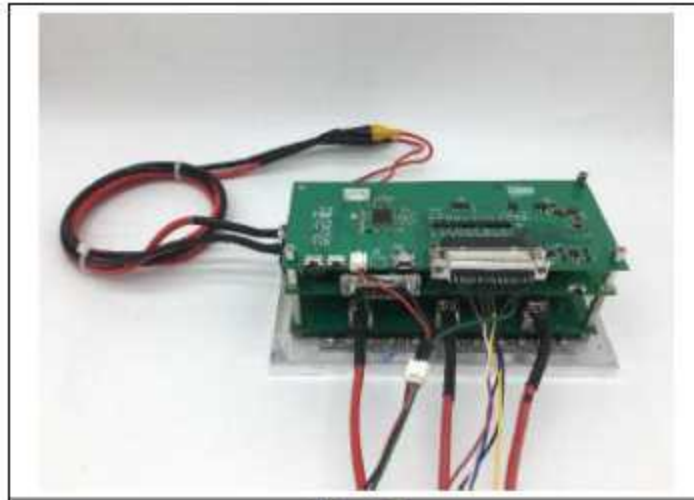
경기도 부천시 오정구 석현로 345,303 동 907 호
(삼정동, 부천 테크노파크)
우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214

성적서번호:
QR-T-17-027
페이지(2) / (총 10)

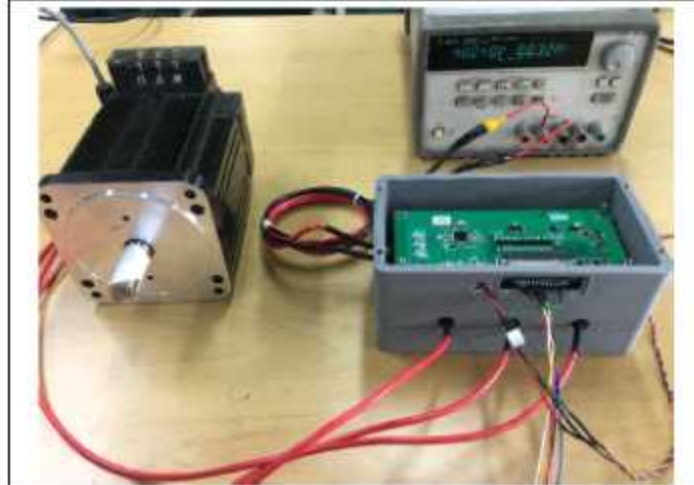


1. 개요


- ㈜네스트아이엔씨에서 시험 의뢰한 전기이식기용 모터 및 인버터 드라이브에 대한 시험 성적서임.
- 전원사양: DC 48 V
- 시료 수: 1 SET
- 시료 사진



시료 사진



모터 및 인버터 연결 사진


<p style="text-align: center;">주식회사 큐랩스</p> <p style="text-align: center;">경기도 부천시 오정구 석현로 345,303 동 907 호 (삼정동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-17-027 페이지(3) / (총 10)</p>	
---	---	---

2. 시험 항목

No.	시험 항목	시험 조건	비고
1	고온 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 온도: 85 °C 방치 • 시험 시간: 24 h • 시험 후 전원 인가 시 정상 작동 할 것. 	비동작
2	저온 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 온도: -20 °C 방치 • 시험 시간: 24 h • 시험 후 전원 인가 시 정상 작동 할 것. 	비동작
3	내습성 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 온도 및 습도: 30 °C, 93 % R.H. 방치 • 시험 시간: 48 h • 시험 후 전원 인가 시 정상 작동 할 것. 	비동작

3. 시험 결과

No.	시험 항목	시험 결과	판정
1	고온 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 후 전원 인가 시 모터 및 인버터 드라이브 정상 작동 함. 	PASS
2	저온 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 후 전원 인가 시 모터 및 인버터 드라이브 정상 작동 함. 	PASS
3	내습성 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 후 전원 인가 시 모터 및 인버터 드라이브 정상 작동 함. 	PASS

주식회사 큐랩스 경기도 부천시 오정구 석천로 346, 303 동 907 호 (삼정동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214	성적서번호: QR-T-17-027 페이지(5) / (총 10)	
---	---	---

4-1. 고온 시험

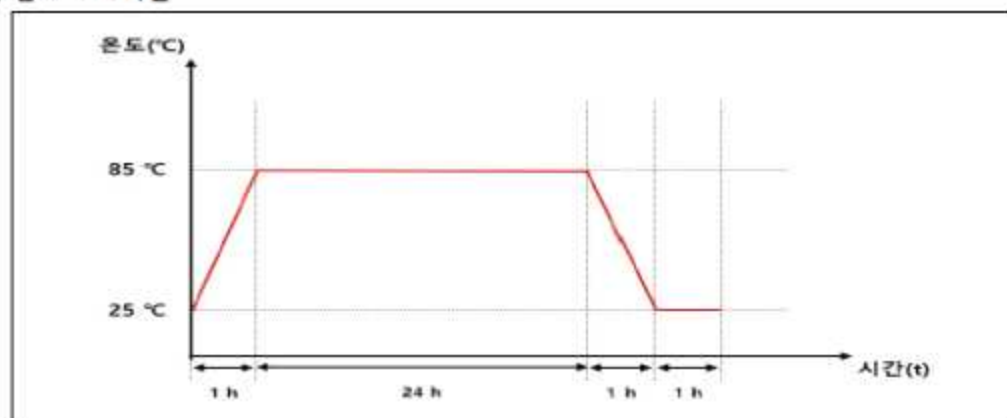
시험 No.	01	Model	모터 및 인버터 드라이브	규격	업체 제시 조건
작성 자	김인호	시험 일자	2017.09.04. ~ 2017.09.05.	구분	환경 시험
시험 자	김인호	참고 사항	시료 수: 1 SET		

1) 시험 방법 및 기준

(1) 시험 조건

시험 조건	판정 조건
<ul style="list-style-type: none"> • 시험 온도: 85 °C 방치 • 시험 시간: 24 h • 비동작 상태 	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 후 전원 인가 시 정상 작동 할 것.

(2) 온도 프로파일



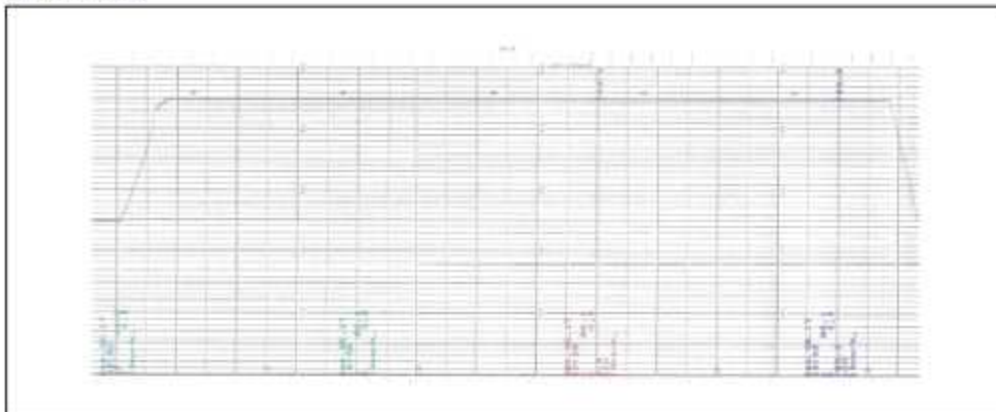
2) 사용 장비 및 구성


장비 명	형명(제조사)	사양	자기 교정일
항온 항습기	DS-43MHP (DIMOS)	• 온도: (-40 ~ 100) °C	2017.12.14.

3) 시험 사진

	
시험 장비	시험 사진
	
시험 후 작동 사진	

4) 시험 온도 data



<p style="text-align: center;">주식회사 큐랩스</p> <p style="text-align: center;">경기도 부천시 오정구 석현로 545,303동 907호 (삼정동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-17-027 페이지 (7) / (총 10)</p>	
---	--	---

4-2. 저온 시험

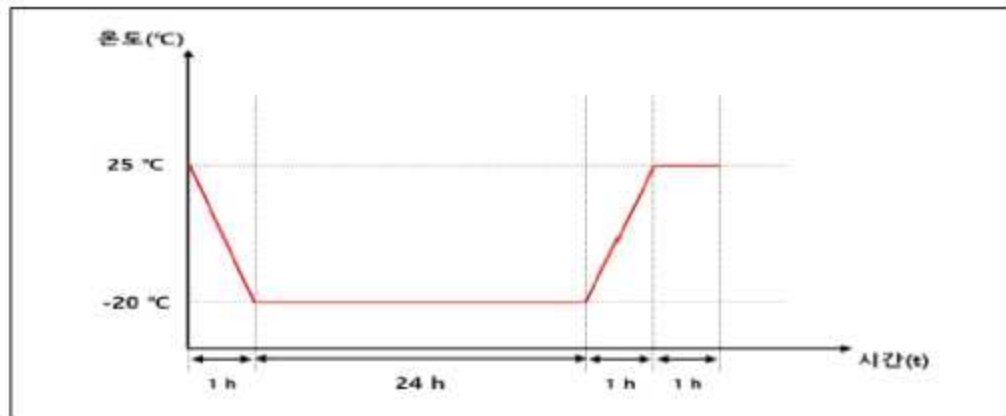
시험 No.	02	Model	모터 및 인버터 드라이브	규격	업체 제시 조건
작성 자	김인호	시험 일자	2017.09.06. ~ 2017.09.07.	구분	환경 시험
시험 자	김인호	참고 사항	시료 수: 1 SET		

1) 시험 방법 및 기준

(1) 시험 조건

시험 조건	판정 조건
<ul style="list-style-type: none"> 시험 온도: -20 °C 방지 시험 시간: 24 h 비동작 상태 	<ul style="list-style-type: none"> 시험 후 전원 인가 시 정상 작동 할 것.

(2) 온도 프로파일



2) 사용 장비 및 구성

장비 명	형명(제조사)	사양	차기 교정일
항온 항습기	DS-43MHP (DIMOS)	• 온도: (-40 ~ 100) °C	2017.12.14.

주식회사 큐랩스

경기도 부천시 오정구 석천로 845,303 동 907 호
(삼정동, 부천 테크노파크)
우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214

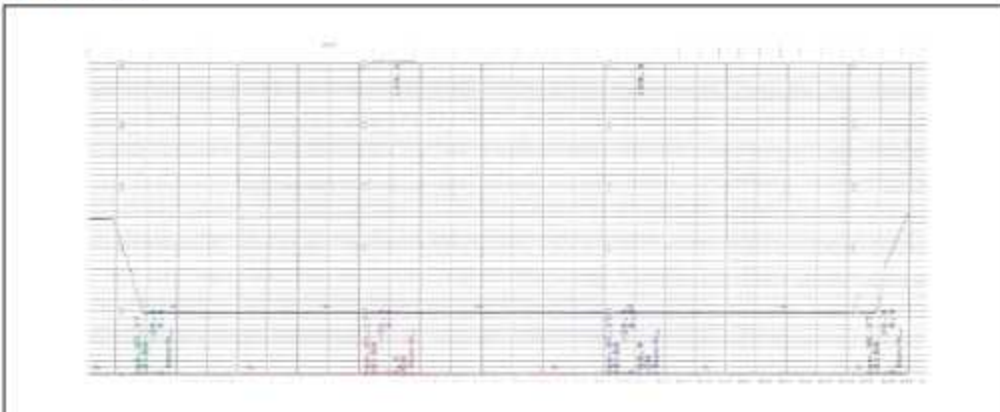
성적서번호:
QR-T-17-027
페이지(8) / (총 10)



3) 시험 사진

시험 장비	시험 사진
시험 후 작동 사진	

4) 시험 온도 data



4-3. 내습성 시험

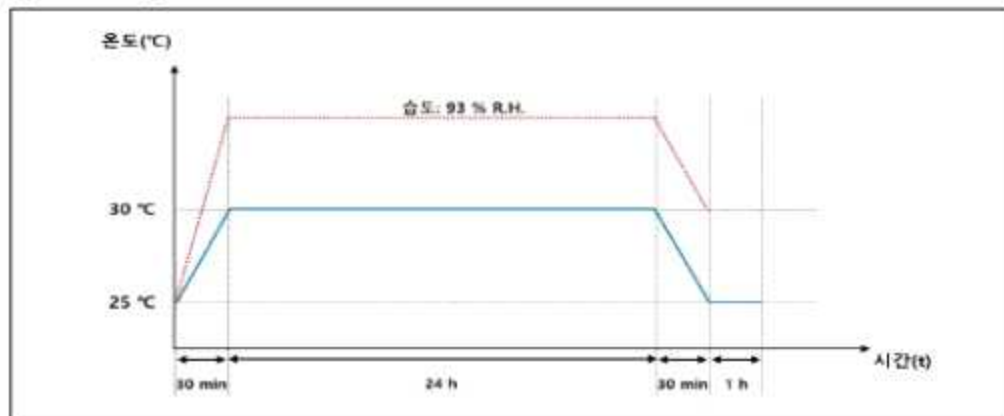
시험 No.	03	Model	모터 및 인버터 드라이브	규격	업체 제시 조건
작성 자	김인호	시험 일자	2017.09.07. ~ 2017.09.09.	구분	환경 시험
시험 자	김인호	참고 사항	시료 수: 1 SET		

1) 시험 방법 및 기준

(1) 시험 조건


시험 조건	판정 조건
<ul style="list-style-type: none"> • 시험 온도 및 습도: 30 °C, 93 % R.H. 방치 • 시험 시간: 48 h • 비동작 상태 	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 후 전원 인가 시 정상 작동 할 것.

(2) 온도 프로파일






2) 사용 장비 및 구성

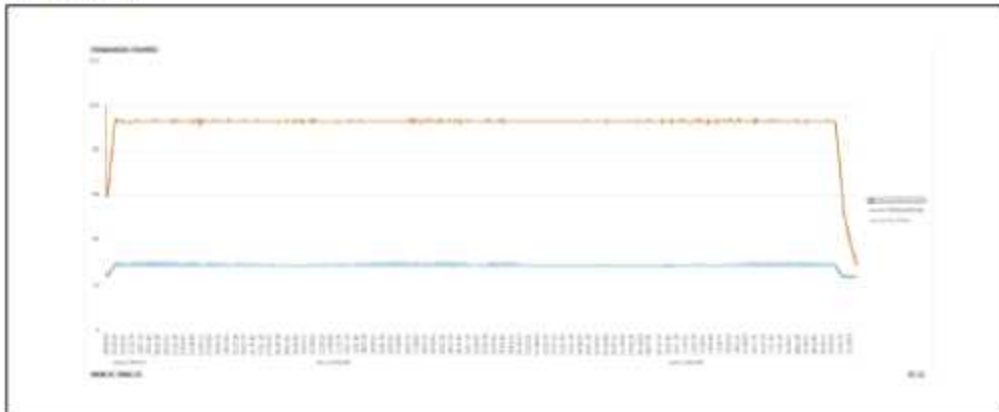
장비 명	형명(제조사)	사양	자기 교정일
항온 항습기	PR-3KP (ESPEC)	<ul style="list-style-type: none"> • 온도: (-20 ~ 100) °C • 습도: (10 ~ 98) % R.H. 	2018.08.21.

<p style="text-align: center;">주식회사 큐랩스</p> <p style="text-align: center;">경기도 부천시 오정구 석천로 345, 303 동 907 호 (삼정동, 부천 테크노파크) 우 : 14501 TEL : 032-326-0213 FAX : 032-326-0214</p>	<p>성적서번호: QR-T-17-027 페이지(10) / (총 10)</p>	
--	--	---

3) 시험 사진

	
<p style="text-align: center;">시험 장비</p>	<p style="text-align: center;">시험 사진</p>
	
<p style="text-align: center;">시험 후 작동 사진</p>	

4) 시험 온도 data



(3) 연속작업시간

- 본 연구의 정량적 성능평가 항목 및 방법 중 전기 구동 이식기의 연속 작업 시간이 1 pack에 2시간, 2 pack에 4시간 이상이어야 한다. 개발된 전기 구동 이식기는 주행부와 이식부 각각 모터 1개씩 구성되어 있으며 각 모터에 1개의 배터리가 직렬로 연결되어 있어 총 2 pack으로 구성되어 있다.
- 연속 작업 시간 인증은 공인기관 및 시험 규격이 없으므로, 자체적으로 평가 수행하였다. 평가 시험 시 배터리 2개 모두 완전히 충전 시킨 후 수행하였다. 수행 결과 1시간 작업 후 배터리의 잔량은 약 15% 소모하였으며, 완전 충전 된 배터리 2개가 완전 소모 되는 시간은 약 6시간 후에 방전되었다.
- 따라서, 본 연구에서 개발된 전기 이식기는 배터리 2 pack에 약 6시간 이상 작업이 가능하므로 정량적 성능평가 항목에 만족하는 것을 알 수 있다.



배터리 연속 작업 시간 자체 평가 사진.

(4) 생산성 향상률

- 본 연구의 정량적 성능평가 항목 및 방법 중 엔진 구동 방식 이식기 대비 전기 이식기의 생산성 향상률은 5% 이상이어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 전기 구동 이식기 성능평가를 수행하였으며, 평가 결과를 엔진 구동 이식기의 성능평가 결과와 비교하였다.
- 전기 이식기(ETP-1)와 엔진 구동 이식기(TVP-1)의 포장작업능력 평가 결과 각각 67.9분/10 a, 72.1분/10 a로 나타났으며, 전기 이식기가 엔진 구동 이식기에 비하여 포장작업 능률이 약 6% 높은 것을 알 수 있다.

(가) 전기 이식기 성능 평가 결과

제 FACT17-0574 호

농업기계 기술지도검정 성적서

1. 신청인
가. 성명 : 김희용
나. 사업자등록번호 : 609-85-00876
다. 주소 : 전라북도 익산시 왕궁면 왕궁농공단지길 7-40
라. 상호 : 동양물산기업(주)


2. 검정 용도의 제품
가. 기종명 : 동력이식기
나. 형식명 : ETP-1
다. 형식 및 규격 : 보행형 김파식, 1조

3. 검정번호 : 17-MT-031

4. 검정성적 : 불합

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 기술지도검정 성적입니다.

2017년 09월 28일

농업기술실용화재단 이사장 

· 포장작업능률	67.9 분/10a
· 전걸주율	0.24 %
· 주간거리 편차율	0.36 %

6.3 조작의 난이도

6.3.1 조작의 난이도

- 조작의 난이도 시험결과

변속장치, 주클러치 조작장치, 식부깊이 조절장치, 주간 조절장치, 식부클러치 조작장치, 차륜폭 조절장치 및 조향장치의 조작의 난이도 시험과 안정성시험을 실시하였으며 특이사항 없었음

7. 검정제품 개요

- 가. 본 기대는 보행형 점파식 동력이식기로 규격은 1조임
- 나. 전원은 축전지이고 주클러치 형식은 벨트장력식이며 변속방식은 전류량조절식으로 변속단수는 무단임
- 다. 모공급방식은 운전자가 수작업으로 주입하는 방식이고 주간거리 조절방식은 벨트 풀리 유효직경 조절식임

8. 검정결과

본 검정성적은 「농업기계 검정 및 안전관리 세부실시요령」 제4조의 규정에 따라 실시한 기술지도검정 성적으로 동력이식기 검정방법 중 해당항목을 준용하여 실시한 성적임

책임연구원

이익봉

이익봉

선임연구원

박진근

박진근

연구원보

정진우

정진우

(나) 엔진 동력 이식기 성능 평가 결과

제 FACT13-0179 호

농업기계 종합검정 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김희용
- 나. 사업자등록번호 : 609-85-00876
- 다. 주소 : 전라북도 익산시 왕궁면 왕궁농공단지길 7-40
- 라. 상호 : 동양물산기업(주)

2. 검정 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력이식기
- 나. 형식명 : TVP-1
- 다. 형식 및 규격 : 보행형수공급식, 1조

3. 검정번호 : 13-MG-019

4. 검정성적 : 붙임

5. 검정 결과 판정 : 종합검정 기준에 적합

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 종합검정 성적입니다.

2013년 03월 18일

농업기술실용화재단 이사장



· 식부깊이	26 cm ± 0.1 cm
· 작업속도	0.31 m/s
· 작업단수	저속
· 주간거리	51 cm
· 차륜의 슬립률	2.8 %

시험성적

· 포장작업능력	72.1 min/10a
· 전결주율	0 %
· 주간거리 편차율	최대 3.9 %

6.1.2.2 연속운전시험

· 시험성적

아이들플러에 정치시켜 예비모 탑재대에 10 kg의 중량물을 적재한 상태에서 탑재엔진의 정격회전속도로 16시간(8시간×2회) 동안 연속운전한 결과 이상 없었음

6.1.3 조작의 난이도

6.1.3.1 조작의 난이도

· 시험성적

주클러치 및 정지레버, 전·후진선택레버, 조속장치, 좌·우 조향클러치, 스윙레버 식부클러치, 식부깊이 조절장치, 시동장치 주간거리 조절장치 및 정비·주유의 난이도 시험과 안전성시험을 실시하였으며 특이사항 없었음

6.1.4 안전성시험

6.1.4.1 가동부의 방호

· 커버

동력전달축, 벨트, 링크작동부

6.1.4.2 안전장치

· 원동기정지장치

정지스위치

· 승강부 강하방지장치

핸들나사식 높이조절

6.1.4.3 고온부의 방호

· 커버

배기관

6.1.4.4 안정성

· 차륜 축하중

(전륜) 21 kg, (후륜) 184 kg



2. 연차별 연구목표 및 달성도

가. 1차년도

(1). 연구개발 목표 및 연구개발 수행내용

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2014)	동력 이식기의 모터 구동 시스템 개발	기술자료 수집 및 분석을 통한 이식기의 효율적인 동력전달 시스템 설계 방안 수립	100%	자료조사를 통한 선진사 벤치마킹 및 적용 방향 설정
		전기구동 핵심부품 장착을 위한 시스템 레이아웃 설계	100%	최적 레이아웃 설계 및 사양 선정
		모터, 인버터, 배터리 시스템 등 전기구동 핵심부품의 상세 설계	100%	모터 시스템 사양 분석 및 선정
	동력이식기 구조 개선을 통한 경량화 및 상세설계	전기구동 핵심부품 장착을 위한 시스템 레이아웃 설계	100%	layout 설계
		장착부 및 외장 구조 분석을 통한 개선점 도출	100%	장착성 분석, 부품 설계 및 제작
		핵심부품 장착에 따른 구조 분석	100%	환경 및 구조 분석
	전기구동 이식기 시작품 제작	주요 부품 제작	100%	설계 변경 부품의 제작 수행
		전기구동 이식기 시작품 조립	100%	전기구동 이식기의 시작품 조립 수행
	전기구동형 이식기 통합 제어기 개발 및 신뢰성 평가	고효율 인버터/컨버터 설계 및 성능 시뮬레이션	100%	사양 선정, 기본 성능 및 포장시험 수행
		배터리 제어를 위한 BMS 설계 및 진단 시뮬레이션	100%	BMS 사양분석 및 선정
		CAN 인터페이스 설계 및 통신 시뮬레이션	100%	제어 시스템 설계

(2). 연구범위 및 연구수행 방법

연구 범위	연구수행방법	구체적인 내용
기술자료 수집 및 분석을 통한 이식기의 효율적인 동력전달 시스템 설계 방안 수립	상용차량의 전기구동, 하이브리드화 layout 비교 및 주요 전략 분석	- 하이브리드/전기구동 차량의 구조 및 시스템 적용 방향 분석, 농업기계 전기구동 기술 적용 조사, 전동화 기술 분석
전기구동 동력전달 시스템 레이아웃 설계	이식기 구조 분석 및 벤치마킹을 통한 전기구동 동력 시스템 layout 설계	- 이식기 동력 전달 구조 분석, 이식기 주요 부품 구성 및 도면 분석, 전기구동 적용 방향 및 레이아웃 설계안 도출
모터, 인버터, 배터리 시스템 등 전기구동 핵심부품의 상세 설계	주요 핵심부품 사양 선정 및 사양을 고려한 내부 구조, 형상 설계	- 이식기 작업에 적합한 모터 타입 및 사양 선정, 인버터/컨버터 및 배터리 시스템 적용안 도출
전기구동 핵심부품 장착을 위한 시스템 레이아웃 설계	이식기 환경 분석 및 설계 변경 최소화를 위한 시스템 설계	- 전기구동 이식기 플랫폼 구축, 핵심부품 장착부의 최적화 설계, 전력 및 통신 관련 전장부 설계
장착부 및 외장 구조 분석을 통한 개선점 도출	전기구동 시스템 장착 최적화를 위한 기존 시스템 개선안 도출	- 모터 및 배터리 장착을 위한 외장 디자인 설계, 장착을 위한 요소부품 설계
핵심부품 장착에 따른 구조 분석	구조, 거동 해석 등 핵심부품 장착성 및 환경 분석	- 핵심부품의 효율적인 장착을 위하여 온도, 습도 등의 환경 조건 및 동적 거동 분석, 최적화 설계
고효율 인버터/컨버터 설계 및 성능 시뮬레이션	전기제어 장치의 안정성과 호환성 확보를 위하여 시뮬레이션을 통한 검증 및 최적화	- 전기구동 이식기의 동력원으로 추가되는 구동모터의 제어를 위한 인버터 설계, 시뮬레이션을 통한 성능 평가
배터리 제어를 위한 BMS 설계 및 진단 시뮬레이션	배터리 충/방전 효율 향상 및 안전성 확보를 위한 기능 평가	- 배터리의 효율적인 동작 및 안전성 확보를 위한 BMS 설계, 작업환경을 고려한 방열구조 개발, 시뮬레이션을 통한 성능 평가
CAN 인터페이스 설계 및 통신 시뮬레이션	통신 신뢰성 확보를 위한 시뮬레이션 및 최적화	- CAN 기반 제어 시스템 구성, CAN 통신 프로토콜 구성 및 시뮬레이션을 통한 성능 평가
전기구동 이식기 시작품 제작	각 부품 제작 및 선정을 통해 전기구동 이식기 조립	- 설계 변경 부품의 제작 수행 - 전기구동 이식기의 시작품 조립 수행
전기구동 이식기 성능시험 수행	이식기의 포장시험을 통한 성능평가	- 기본 성능 시험 평가 및 포장시험 수행을 통하여 성능 평가 실시
장착부 및 외장 구조 분석을 통한 개선점 도출을 통한 전기구동 이식기 상세설계	주요 부품의 강도 해석(CAE) 주요 부품의 상세설계(CAD)	- 선정 부품의 장착성 분석 및 관련 부품의 설계변경 부품 선정 - 선정된 변경부품의 상세 설계 수행

나. 2차년도

(1). 연구개발 목표 및 연구개발 수행내용

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2015)	핵심부품 및 제어기술 개발	전기구동 이식기 핵심부품 개발	100%	시작품 동력 전달 시스템 핵심 부품 개발
		동력전달 제어 알고리즘 개발	100%	시작품의 모터 사양 재선정 후 2차 시작품 포장시험을 통한 동력 전달 성능평가
	전기구동 시스템 통합기술 개발	전기구동 핵심부품 장착 및 외장 부품 개발	100%	시작품에 핵심부품 장착 및 외장부품 설계 및 개발
		전기구동 이식기 시스템 통합 기술 개발	100%	재선정된 모터 및 시스템 통합 기술 시작품에 적용
		전기 구동을 조작을 위한 사용자 인터페이스 개발	100%	선진사 및 국내 사용자 Needs에 맞추어 인터페이스 설계 및 개발
	통합 제어기의 이식기 적용	고효율 인버터/컨버터, BMS 시작품 개발	100%	기존 시작품 BMS 시작품 문제점 파악 후 고효율 인버터/컨버터 BMS 시작품 개발 및 최적화
		배터리 제어를 위한 BMS 시작품 개발 및 단품 신뢰성 평가	100%	BMS 사양 선정 후 시작품에 적용 및 신뢰성 평가
		단품 성능평가를 통한 제어기 보완	100%	각각 단품 성능평가를 통해 제어기 보완 및 최적화

(2). 연구범위 및 연구수행 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
전기구동 이식기 핵심부품 개발	시작품 포장시험 데이터 시뮬레이션 분석 후 핵심부품 사양 선정 및 개발	1차 시작품의 성능평가 후 전기구동 이식기의 핵심부품 사양 분석 및 선정을 통해 효율성과 정확성을 높임
동력전달 제어 알고리즘 개발	시작품 포장시험 데이터 분석 후 제어 알고리즘 개발	1차 시작품 포장시험 후 핵심부품 시뮬레이션 모델 개발을 통해 제어 알고리즘의 다양한 조건에서 지속적인 성능평가를 통해 전기구동 이식기 시스템 최적화
전기구동 핵심부품 장착 및 외장 부품 개발	구조, 거동 해석 등 핵심부품 장착성 및 작업 환경 분석 후 핵심 부품 장착 및 외장 부품 설계 및 개발	시작품의 각각 요소에 대한 layout 설계 결과를 토대로 시뮬레이션 모델을 개발하고, 실제 설계에 앞서 동작 가능성 및 성능을 예측하여 제품의 정확성, 연구의 효율성 확보
전기구동 이식기 시스템 통합 기술 개발	Layout 설계 결과를 통하여 시뮬레이션 모델 개발 후 통합 기술 개발	
전기 구동을 조작을 위한 사용자 인터페이스 개발	선진사 자료 및 사용자 Needs 조사 수행 후 인터페이스 설계 및 개발	전기 구동 농작업기계 개발 중인 Yanmar, 구보다 등 선진사 인터페이스 자료 조사 및 분석
고효율 인버터/컨버터, BMS 시작품 개발	전기제어 장치의 안정성과 호환성 확보를 위하여 시뮬레이션을 통한 검증 및 최적화 배터리 충/방전 효율 향상 및 안전성 확보를 위한 기능 평가	전기구동 이식기의 전체 시스템 레이아웃과 시뮬레이션 결과를 기준으로 모터, 배터리, 인버터/ 컨버터 등의 핵심부품을 개발
배터리 제어를 위한 BMS 시작품 개발 및 단품 신뢰성 평가	BMS 시작품 개발 후 단품으로 성능 평가를 통하여 단품 신뢰성 확보	배터리의 효율적인 동작 및 안전성 확보를 위한 BMS 개발, 시뮬레이션을 통한 성능 단품 신뢰성 평가
단품 성능평가를 통한 제어기 보완	인버터, 컨버터, BMS, 모터 등 단품 성능평가를 통하여 제어기 보완 및 최적화	시뮬레이션을 통한 단품 성능평가를 통하여 제어기 보완 및 최적화

다. 3차년도

(1). 연구개발 목표 및 연구개발 수행내용

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2016)	전기 구동 기술의 이식기 적용 및 성능평가를 통한 최적화	전기구동에 따른 동력전달장치 해석	100%	주행부 및 이식부 모터 장착 된 시작품의 포장시험을 통한 동력전달 성능평가
		작업 성능평가를 통한 전기구동 핵심부품의 보완	100%	개선된 2차 시작품의 성능평가를 통한 작업능률 평가 수행
		전기구동 이식기의 제어 알고리즘 최적화	100%	포장시험을 통한 주행부 및 이식부 모터의 동기화 최적화
	성능평가를 통한 전기구동 동력전달 시스템의 양산화 기술 개발	동력전달 장치 구동, 이식부 구동을 위한 모터-인버터 장착 기술 개발	100%	기존 전기 이식기 시작품에 이식부 모터 및 인버터 장착 기술, 외장 부품 설계 및 개발
		전기구동 이식기의 포장 성능평가를 통한 전체 시스템 성능 평가	100%	공인기관 입회하에 전기 이식기의 성능 평가를 통한 전체 시스템 성능 평가 수행
		전기구동 시스템의 고장진단 기술 개발	100%	이식부 및 주행부 모터와 배터리의 정비 용이성을 위해 쉬운 탈부착 기술 개발
	통합 제어기의 신뢰성 평가를 통한 최적화	단품 내환경성 시험을 통한 성능 보완	100%	모터 및 인버터의 내환경성 평가를 통해 내열성, 내한성, 내습성 성능 보완
		전기 모터를 이용한 식부 깊이 및 이식부 제어 기술 개발	100%	이식 작업 시 구동하는 주행부 및 이식부 모터의 동기화 및 튜닝을 통한 제어 기술 개발
		이식 작업에 따른 제어기 성능검증 및 이상 유무 분석	100%	포장시험을 통한 전기 이식기의 성능 검증 후, 각 모터 동기화 및 튜닝 수행

(2). 연구범위 및 연구수행 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
전기구동에 따른 동력전달장치 해석	포장시험 데이터를 이용하여 동력전달 시뮬레이션 분석 후 주행부 및 이식부 모터 사양 선정 및 개발	2차 시작품의 성능 평가 후 주행부 및 이식부 모터 사양 선정 및 개선된 2차 시작품의 동력전달장치 해석 및 최적화
작업 성능평가를 통한 전기구동 핵심부품의 보완	개선된 2차 시작품의 포장시험을 통해 얻은 데이터를 이용하여 모터 사양 분석	개선된 2차 시작품의 포장시험 후 데이터를 이용하여 모터 사양 분석 및 동력분배 분석을 통한 핵심부품 사양 분석
전기구동 이식기의 제어 알고리즘 최적화	개발된 전기 이식기의 포장시험을 통한 주행부 및 이식부 모터의 알고리즘 개발	다양한 시험 조건에 따라 전기 이식기의 포장시험을 통해 얻은 데이터를 이용하여 주행부 및 이식부 모터의 제어 알고리즘 최적화 수행
동력전달 장치 구동, 이식부 구동을 위한 모터-인버터 장착 기술 개발	2차 시작품의 이식부를 전동화하기 위하여, 이식부 모터 및 인버터, 배터리 장착 공간 설계 및 장착 기술 개발	2차 시작품과 다르게 주행부와 이식부 각각 모터 2개가 설치되는 개선된 2차 시작품의 전체 레이아웃 설계 및 장착 기술 개발
전기구동 이식기의 포장 성능평가를 통한 전체 시스템 성능 평가	다양한 조건에 따라 개선된 2차 시작품의 포장시험을 통해 전체 전기 구동 시스템 성능 평가	주행 속도, 주간 거리 등 다양한 조건에 따라 이식 작업을 수행을 통해 개선된 2차 시작품의 전기 구동 시스템 성능 평가
전기구동 시스템의 고장진단 기술 개발	2개의 모터 및 인버터, 배터리, 감속기 등 전기 구동 시스템의 고장 진단을 위하여 정비성이 용이하도록 전체 레이아웃 개선 설계 수행	각 모터 및 인버터, 배터리, 감속기뿐만 아니라 보네트 등 외장 부품을 고장 발생 시 정비 용이성을 위하여 개선된 2차 시작품의 레이아웃 개선 설계
단품 내환경성 시험을 통한 성능 보완	주행부 및 이식부의 모터 및 인버터의 내환경성 시험을 통하여 단품 신뢰성 확보	2개의 모터 및 인버터의 고온, 저온 등 내환경성 시험을 통해 각 단품의 신뢰성 평가 수행

<p>전기 모터를 이용한 식부 깊이 및 이식부 제어 기술 개발</p>	<p>주행부와 이식부 모터의 동기화 및 튜닝을 통하여 주간거리, 이식 깊이 등 이식부 모터 제어 기술 개발</p>	<p>주행부와 이식부 모터의 동기화 및 튜닝을 위하여, 여러 번의 시험 및 평가를 통한 이식부 모터 제어 기술 개발</p>
<p>이식 작업에 따른 제어기 성능검증 및 이상 유무 분석</p>	<p>주행부와 이식부 모터의 구동 시험과 포장시험을 통한 이식 작업 시 각 모터의 성능 검증</p>	<p>주행부와 이식부 모터의 동기화 및 튜닝을 위하여 여러 번의 시험과 실제 이식 작업 시 각 모터의 성능 검증을 통한 제어 알고리즘 최적화</p>

제 2절 관련 분야 기여도

1. 전기 구동 이식기의 핵심부품 및 제어 기술

- 전기 구동 이식기는 전기 모터의 동력원을 이용하여 보행형 이식 작업을 수행하는 소형 농업기계로써, 기존 엔진 이식기에 비해 높은 포장작업능률이 높은 장점이 있다. 또한 이식기는 대부분 시설하우스에서 사용하는데, 이 때 발생하는 매연과 소음으로 인하여 2차 피해가 컸으나, 본 연구를 통해 개발된 전기 이식기는 2차 피해를 해결할 수 있다. 국내 연도별 시설하우스 면적은 1990년에 44,613ha에 불과 하였으나 웰빙과 신선채소에 대한 수요가 증가함으로써 2013년에는 86,725ha로 약 2배 증가하였으며, 이에 따라 이식기의 수요도 지속적으로 증가하고 있다. 따라서, 전기 이식기는 시설하우스에서 재배하는 먹거리 수요 충족, 환경 규제에서의 자유로움, 매연에 의한 작업자 및 식물의 2차 피해 해결 등 다양한 측면에서 상당히 높은 효과를 가져다 줄 것으로 판단된다.
- 전기 이식기는 크게 주행부 모터, 배터리, 인버터, BMS 등과 이식부 모터, 배터리, 인버터, BMS 등으로 구성되어 있다. 주행부와 이식부 각각 동력원이 직접적으로 연결되어 동력 손실이 적은 고효율 제품이며, 주행부와 이식부 모터의 동기화를 통하여 이식 작업이 원활하게 수행되었다. 또한, 전기 이식기는 기존 엔진 이식기의 변속 레버 대신 버튼으로 모든 조작이 가능하며, 고효율뿐만 아니라 고평의성 확보가 가능하다. 본 연구를 통해 개발된 핵심 부품 및 제어 기술은 다양한 소형농기계에도 비교적 쉽게 개발 및 적용이 가능하다. 특히, 이식기, 관리기 등 일부 소형 농기계는 적용되는 기술이 매우 유사하므로 개발 기간과 소요되는 비용의 감축이 가능하다. 향후 다양한 종류의 전기 농업기계의 기반 기술로써, 원천 기술 확보를 통한 국내 전기 구동 농업기계 자체 기술 개발의 활성화 도모가 가능하다.
- 전기 구동 이식기의 핵심 부품에 사용되는 설계 기술, 제어 기술, 통합 기술 등의 핵심 요소기술은 농업기계뿐만 아니라 건설기계, 자동차 분야 등 다양한 산업 분야의 기술력 확보에도 크게 이바지 할 수 있다.

2. 기대효과

가. 기술적 측면

- 기존의 엔진 구동방식의 소형 농작업기계를 모터 구동방식으로 개선하여 향후 개발될 모터 구동 방식의 소형 농작업기계 개발의 기초 자료로 활용이 가능.
- 전기 에너지 동력을 이용하여 이식 작업을 수행하는 전기 구동 이식 시스템 기술 확보를 통해 유사기술 개발의 기반 기술로 사용이 가능.
- 향후 개발될 다양한 종류의 전기 구동 농작업기의 기반 기술로써의 역할이 가능하며, 원천 기술 확보를 통한 이식기 관련 국내 자체기술 개발의 활성화 도모 가능.

- 전기 에너지 구동에 관한 원천 기술 확보를 통한 이식기의 출력 향상, 고효율 구동 모터, 전기 에너지 활용 기술 개발로 인한 유관기술 개발의 활성화 도모.
- 본 전기구동 기술은 다양한 농작업기에 적용이 가능하여 전기구동 농업기계 기술의 파급효과는 지속적으로 증가할 것으로 판단됨.

나. 경제적·산업적 측면

- 친환경 동력이식기의 개발로 에너지 절감 효과를 가져와 면세유 가격 상승에 대한 농민의 경제적 부담을 절감.
- 발작물 기계화를 통해 파종/수확작업의 기계화율을 향상.
- 농기계 임대 사업에 포함되어 농민의 생산성을 향상.
- 전기 구동 이식기 개발로 차세대 농업기계 개발에 대한 기대를 고취시켜 농업기계 산업 기술 발전에 이바지함.
- 이식기 수출 경쟁국과 차별화된 기술 확보로 해외 시장에서 국내 이식기의 국가 경쟁력을 향상시킴.
- 에너지 효율뿐만 아니라 친환경 제품에 대한 이점을 특화시켜 해외 시장 개척 및 외화 획득에 기여.
- 이식 작업 효율을 높여 농업인의 작업환경을 개선하고 농가의 수익을 증대시킬 수 있음.
- 전기 구동 이식 기술의 확보로 다양한 농업기계 제품에 대해 적용이 가능함. 즉 개발기간 및 시행착오를 단축하게 되므로, 개발 비용 절감과 함께 조기 제품 출시에 의한 시장 선점이 가능함.

다. 사회적 측면

- 관련 기술의 특허 출원과 국내외 전문 학술지에 게재하여 홍보효과를 누릴 수 있음.
- 매스컴 홍보를 이용하여 국내 농작업기계의 우수성을 전파하고 이를 통해 농업 이미지 향상 및 인식 전환 가능.
- 이식 작업에 따른 통령 분배 기술에 관련된 연구에 활용 가능.
- 관련기술의 특허출원과 홍보를 위한 국내외 전문 학술지에 게재.
- 매스컴 홍보를 통하여 국내 농업기계 기술의 우수성을 두각시킴.

- 전기 구동 이식기의 개발로 전반적인 친환경에 대한 장점 및 필요성에 대한 인식을 고취시키며 기업 이미지 상승을 가져옴.

제 5장 연구결과의 활용 계획 등

제 1절 산업화 추진 및 기술 확산 방안

1. 양산화 기술 개발

가. 전기 이식기의 기술지도검증

- 농업기계 제품화를 위해서는 농업기술실용화재단으로부터 판매 할 농업기계의 기술지도 검정을 수행하여야 하므로, 본 과제에서는 제품 개발 후 사업화를 위하여 기술지도검정을 수행하였다. 검정 기종은 전기 동력 이식기로서, 형식명은 ETP-1이다.
- 이식기의 성능 평가 및 기술지도검정을 위하여 국내 공인인증기관인 농업기술실용화재단에서 구조조사, 성능시험, 조작의 난이도 시험 및 안정성 시험 등의 기술지도검정을 진행하였다.

(1) 시험포장

- 아래 그림은 충남 논산시에 위치한 동양물산 연구소 시험포장지로 밭 면적 1000m²에 해당되며, 시험 전 경운작업 및 둥근 두둑 성형 작업을 시행하여 두둑을 형성해 하였다.



기술지도검정을 수행할 시험 포장지.

(2) 시험 방법

- (가) 작업속도단수, 주간거리, 식부깊이와 주행 모터 회전수 및 식부모터회전수를 표준 식부 상태로 작업자가 설정한다.
- (나) 예비묘 탑재대 및 묘공급대에 묘를 모두 탑재하고 시험을 진행 한다.
- (다) 작업자가 이식 작업을 실시하고 기록관이 하기 사항을 기록한다.

조사 항목	측정 항목
<ul style="list-style-type: none"> ■ 사용묘의 종류 ■ 파종방식 ■ 엽령 ■ 두둑 폭 및 높이 ■ 묘의 분리방법 ■ 묘의 길이 (mm) ■ 포장작업능률 (min/10a) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 차륜의 슬립률 ■ 작업속도 (m/s) ■ 전결주율 (%) ■ 기계로 인한 손상을 (%) ■ 주간 및 조간편차율 (%) ■ 식부상태

(3) 시험 결과

○ 농업기술실용화재단의 검정연구원의 입회하에 진행하였으며 아래 그림은 시험평가중 이식작업 모습과 이식 후 이식된 작물의 모습이다. 시험평가 항목의 기록은 검정연구원이 기록하여 성적서를 발급하였으며 성적 시험의 결과는 아래 표와 같다.



전기 이식기의 기술지도검정

사용묘의 종류	옥수수
엽령	4.3 령
두둑폭 및 높이	(상단폭) 29.7 cm (높이) 27.3 cm
식부깊이	7.5 cm
주간거리	56.2 cm
작업속도	0.26 m/s
차륜의 슬립률	3.9 %
포장작업능률	67.9 min/10 a
전결주율	0.24 %
주간거리 편차율	0.36 %

(4) 성능평가 성적서

온버는 농업, 잘사는 농촌



농업기술실용화재단

수신 동양물산기업 주식회사 대표이사 김희용 귀하
(경유)

제목 동력이식기 기술지도검정 결과 알림

'17. 9. 5.자로 귀사에서 기술지도검정 신청한 다음 농업기계의 검정결과를 불임과 같이 알려드립니다.

다 음

기종명	형식명	형 식	규 격	검정번호
동력이식기	ETP-1	보행형 점파식	1 조	17-MT-031

불임 농업기계 기술지도검정 성적서 1부. 끝.

농업기술실용화재단이사장



연구원보 정진우 선임연구원 유재철 책임연구원 이익봉 농기계검정팀 전경 2017. 9. 28.
장 김기택

협조자

시행 농기계검정팀-1993 (2017. 9. 28.) 접수

우 16429 경기도 수원시 권선구 수인로 126, (서동동)

/ <http://www.efact.or.kr>

농업기계 기술지도검정 성적서

1. 신청인

- 가. 성명 : 김희용
- 나. 사업자등록번호 : 609-85-00876
- 다. 주소 : 전라북도 익산시 왕궁면 왕궁농공단지길 7-40
- 라. 상호 : 동양물산기업(주)

2. 검정 용도의 제품

- 가. 기종명 : 동력이식기
- 나. 형식명 : ETP-1
- 다. 형식 및 규격 : 보행형 전과식, 1조

3. 검정번호 : 17-MT-031

4. 검정성적 : 불임

「농업기계화 촉진법」 제9조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따라 검정 신청한 농업기계에 대한 기술지도검정 성적입니다.

2017년 09월 28일

농업기술실용화재단 이사장



검정 성적

- 1. 기종명 : 동력이식기
- 2. 검정번호 : 17-MT-031
- 3. 형식명 : ETP-1
- 4. 형식 : 보행형 집파식
- 5. 규격 : 1조
- 6. 시험 성적



6.1 구조

6.1.1 기체의 크기

- 길이 : 2 155 mm
- 폭 : 1 200 mm
- 높이 : 1 170 mm

6.1.2 동력전달장치

- 주클러치 형식 : 벨트장력식
- 변속방식 : 전류량조절식
- 변속단수 : (전·후진)무단

6.2 성능시험

6.2.1 포장작업능률

시험조건

- 사용모의 종류 : 옥수수
- 열령 : 4.3 열
- 포장면적 : 10 a(50 m×20 m)
- 작업단수 : 무단
- 두둑폭 및 높이 : (상단폭)29.7 cm, (높이)27.3 cm
- 식부깊이 : 7.5 cm
- 주간거리 : 56.2 cm
- 작업속도 : 0.26 m/s
- 차륜의 슬립률 : 3.9 %

시험성적



· 포장작업능률	67.9 분/10a
· 전결주율	0.24 %
· 주간거리 편차율	0.36 %

6.3 조작의 난이도

6.3.1 조작의 난이도

- 조작의 난이도 시험결과
변속장치, 주클러치 조작장치, 식부깊이 조절장치, 주간 조절장치, 식부클러치 조작장치, 차륜폭 조절장치 및 조향장치의 조작의 난이도 시험과 안정성시험을 실시하였으며 특이사항 없었음

7. 검정제품 개요

- 본 기대는 보행형 점과식 동력이식기로 규격은 1조임
- 전원은 축전지이고 주클러치 형식은 벨트장력식이며 변속방식은 전류량조절식으로 변속단수는 무단임
- 모공급방식은 운전자가 수작업으로 주입하는 방식이고 주간거리 조절방식은 벨트 풀리 유효직경 조절식임

8. 검정결과

본 검정성적은 「농업기계 검정 및 안전관리 세부실시요령」 제4조의 규정에 따라 실시한 기술지도검정 성적으로 동력이식기 검정방법 중 해당항목을 준용하여 실시한 성적임

책임연구원

이익봉

이익봉

선임연구원

박진근

박진근

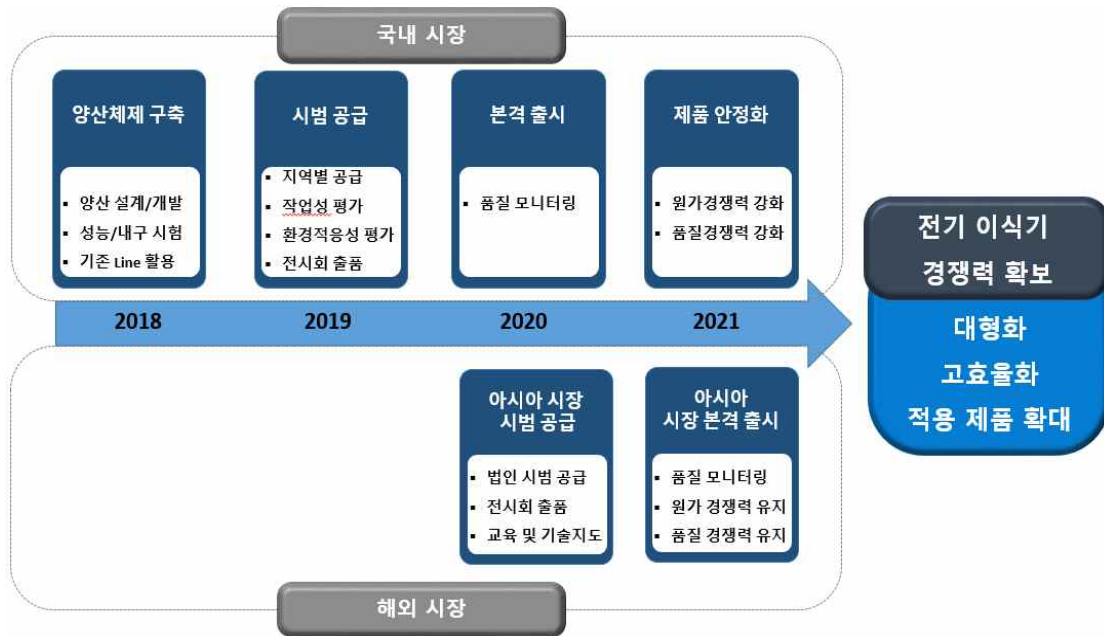
연구원보

정진우

정진우
O.L.T

나. 사업화 전략

- 2017년 : 국내 시장 출시를 위한 내구 시험 및 양산 설계 완료
- 2018년 : 국내 시범 공급 및 모니터링을 통한 출시
- 2019년 : 국내 본격 출시 및 해외 시범 공급
- 2020년 : 원가 및 품질 경쟁력 강화, 전기구동 기술 line-up 확대



전기구동 이식기 사업화 전략.

- 친환경 및 수출화 전략에 맞추어 시설하우스용 모터 구동 동력 이식기 개발을 통한 제품화뿐만 아니라 여러 종자 적용으로 인한 시장 경쟁력 증대.
- 기존의 엔진 구동식 이식기를 모터 구동식으로 대체함에 따라 시설하우스에서 작업 시 발생하는 소음 및 매연 문제 해결 가능.
- 이식 작업 시 결주량에 대한 감지 기술을 개발하고 이식기 외장의 개선을 통해 이식기 전체의 무게를 줄여 제품 경쟁력을 높이고 수출로 인한 국가 경쟁력 상승 기대.
- 전기구동 이식기는 2017년 국내에서 양산체제를 구축하고 2018년부터는 시범 공급하여 품질의 신뢰성을 높힐 계획임. 또한 지속적인 품질 모니터링 및 원가 경쟁력 강화를 통하여 해외 시장에서의 경쟁력을 높이며, 나아가 신기능 등을 추가할 계획임

다. 경제성 분석

- 투입 자원 : 인건비 7명 기준, 설비투자 4.5억 예상 (감가상각 5년)
- 분석 결과 : 수익률(IRR) 94%, 사업가치(NPV) 24억, 회수 기간 2년 3개월로 투자 가능성 우수

- 재료비 : 판가의 50%, 제조비 : 재료비의 15%, 판관비 : 제조비의 15%
- 법인세 : 20%, 할인을 13%로 계상

평가 : 1,320만원

항목	연구개발 종료 후				
	1년	2년	3년	4년	5년
시장규모(대)	3,850	4,042	4,244	4,456	4,679
매출(M/S)	3%	5%	9%	11%	13%
금액(억원)	15	26	47	59	71

· 인건비 7명 기준
 · 설비투자 4.5억원 (감가상각5년)
 - 제어기/배터리/외장 금형

↓ 선정기준 ↓

· 재료비 : 판가의 50%
 · 제조비 : 재료비의 15%
 · 판관비 : 제조비의 15%

항목	연구개발 종료 후				
	1년	2년	3년	4년	5년
영업이익(억원)	0.2	3.8	11	16	21
Cash flow(억원)	-3.4	0.45	10.0	23.5	40.9

법인세 : 20%, 할인을 : 13%

전기구동 이식기 경제성 분석.

라. 전기 이식기의 제품화 전략

- 무단 변속을 통한 다양한 작목 적용 가능 등 수입 제품 대비 편의성 확보
- 연간 약 20만원 연비 절감 가능할 것으로 기대 (배터리 2 Pack 기준)
- 지속적인 모니터링을 통한 생산 단가, 제품 사양, 내구성 관련 개선 진행
 - 이식기 연간 작업 시간 : 봄철 10일 × 6 시간/일 (4, 5, 6월 : 감자, 고추, 배추 등)
가을철 5일 × 6 시간/일 (9, 10월 : 배추)
 - 연료소모량 700 g/hr (엔진 구동) * 0.001357 L/g (가솔린) × 800 원/L (휘발유 면세유 가격) × 240 h (연간 작업 시간)

분류	항목	재료비 (만원)	비고
삭제 부품	엔진	75	모터 구동으로 대체
	변속기	80	주행부, 식부부
	프레임	50	경량화 설계
	합계	- 205	-
추가 부품	모터 2종	60	주행부, 식부부
	배터리	220	110만원 : 1 pack, 3시간 사용 기준 (180 \$/kWh × 2 kW × 3 hr)
	인버터	40	20 만원/개
	컨버터	15	배터리 충전용
	제어장치	20	-
	합계	+ 355	-

- 기존 엔진 이식기에 비하여 전기 이식기의 무게 13.8 kg 가볍게 나타나 작업 시 선회할 때 작업자들의 작업 피로 감소 및 수입 제품 대비 편의성 확보 가능

분류	항목	무게 (kg)	비교
삭제 부품	가솔린 엔진	16	-
	연료	3.1	풀 탱크 시 무게
	주행 변속기	11.7	변속기 오일 포함 무게
	식부 변속기	10.6	
	합계	41.4	-
추가 부품	주행 모터	3.8	-
	식부 모터	3.8	-
	주행부 배터리	10	-
	식부부 배터리	10	-
	합계	27.6	-

마. 전기 이식기의 상품화 계획

- 신제품(NEP), 신기술(NET) 인증을 통한 정부 용자 100% 지원
- 기술지도검정, 신제품 인증 등을 통한 농업기계 가격집 등록
- 우선 상용화 추진 후 지속적인 모니터링을 통한 상품 개선

일정(완료)	절차	내용	비교
'18년 5월	품질 모니터링	양산화 모델 개발 -3차 시작품을 양산화 모델로 개발	사용자 필드 모니터링
'18년 6월	기술지도검정	성능평가 -엔진 구동 이식기와 성능 비교	농업실용화재단
'18년 8월	신제품(NEP) 인증	농기계 가격집 등록 -판가100% 용자 지원 - 본격 판매 시작	국립농업과학원
'19년 2월	신기술(NET) 인증	신기술 인증 -양산 지원 등	농림식품기술기획평가원
'20년 2월	전기구동 이식기 인증	형식 검사 방안 수립 -인증 체계 확보	농업실용화재단
'21년 2월	정부 보조금 확보	농협 임대 사업 적용 -구매 보조금 지원 : 일본의 경우 친환경 농기계 판가의 15% 보조	환경부

2.홍보 및 전시회

- 가. 스마트팜 전기농기계 실증 시연회

○ 세종시가 주최하고 세종창조경제혁신센터가 주관하는 세종시 스마트 팜 전기농기계 실증 시연회는 2017년 5월 30일 세종두레농업타운에서 열렸다. 노지형 테스트 베드에서 전기구동 이식기와 함께 고추를 이식하였으며, 세종시장 및 유관 단체와 농민들이 시연회에 참석하였다. 이번 테스트 베드는 스마트 팜 전기농기계 실증단지를 구축하여 데이터 분석 및 실증시험이 계속 될 예정이다. 아래 그림은 스마트 팜 전기농기계 실증 시연회 리플릿이다.



스마트팜 전기농기계 실증 시연회 리플릿.



스마트팜 전기농기계 실증 시연회 모습.

나. 자동차 · 뿌리기술 융복합 협업 페어

○ 전라북도가 주최하고 자동차융합기술원이 주관하는 행사로 미래 성장 동력을 선도하는 기술 융합과 일자리라는 주제로 2017.09.14 ~ 09.15 양일간 군산새만금컨벤션센터에서 진

행되었으며 동양물산기업은 본 과제의 전기 구동형 이식기를 전시하였다. 아래 그림은 2017 자동차 뿌리기술 융복합 협업 페어 포스터 이다.



2017 자동차·뿌리기술 융복합 협업페어 포스터.



2017 자동차·뿌리기술 융복합 협업페어 전시 준비 모습.

다. 전국 FFK(Future Farmers of Korea) 전진대회

- 창의적이고 스마트농업, 함께하는 6차 산업이라는 주제로 열린 전국 농업계 고등학교 학생들이 참가하는 대회이다. 한국의 농업과 농업교육에 대한 발전적인 모델을 제시하고 농업계고에 재학 중인 학생의 진로를 개발해 농업분야 인재양성을 공헌하기 위해 실시하는 대회로 잠재적 수요자들인 학생들의 관심도를 높이고 학생과 지도교사 및 방문객, 해외 농업교육 대표 등 1700여명이 참여한 자리에 전기구동형 이식기를 전시하였다. 전기구동형 이식기는 전진대회 일정인 2017년 9월 26일부터 9월 28일까지 유성생명 과학 고등학교에서 전시 되었다. 아래 그림은 제 46년차 전국 FFK 전진대회 포스터이다.



제46년차 전국 FFK 전진대회 포스터.



제46년차 전국 FFK 전진대회 전시 준비 모습.

라. 미래농업을 디자인하다 진화하는 스마트 농기계

- 본 과제를 통하여 개발된 전기 이식기는 2016-04-20일 케이블 방송 YTN 사이언스 TV의 연구소 365 프로그램에서 출연하였으며, 방송 제목은 “미래농업을 디자인하다 진화하는 스마트 농기계”이다.

미래농업을 디자인하다 진화하는 스마트 농기계
- 한국생산기술연구원 전북지역본부 융복합농기계그룹

[2016-04-20 10:00:00]

목록 | 프인



세계 농업 시장의 신 트렌드 '자동화'!

그 흐름에 발맞춰 한국형 첨단 농기계를 개발하고 국내 농기계 성능의 안정성을 평가하며 차세대 녹색 기술을 구축하고 있는 한국생산기술연구원 전북지역본부 융복합농기계 그룹!

세계로 뻗어 나가는 그들을 만나본다.

- Copyright © YTN Science, 무단 전재 및 재배포 금지 -



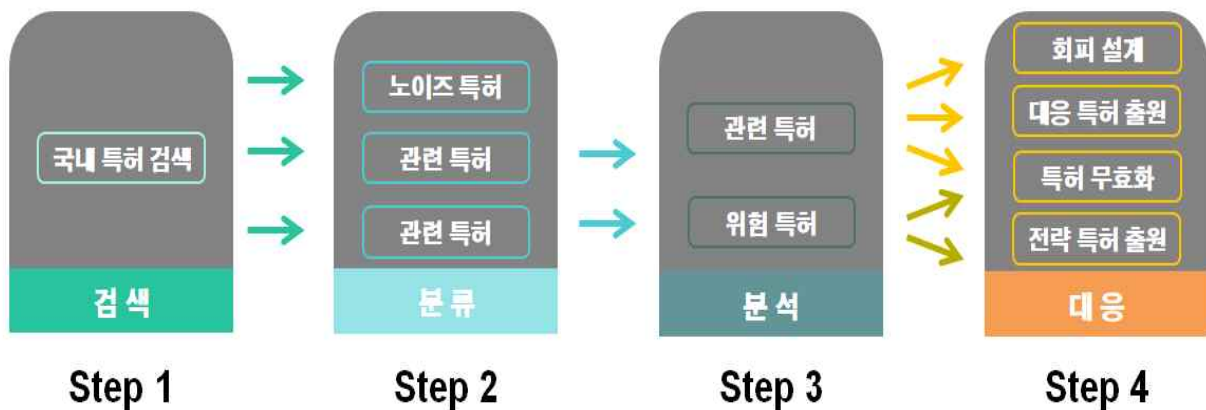
전자동 모종 이식기
 모종을 원통에 넣으면 기계가 자동으로
 땅에 옮겨 심는 기계

YTN 사이언스 TV의 연구소 365 프로그램에서 출연 모습.

제 2절 지적재산권 확보 계획

1. 전기 이식기에 대한 지적 재산권 확보 방법

- 모터 구동식 이식기와 관련된 핵심기술에 관한 특허는 1990년부터 2014년까지 총 227건이 검색되었으며, 이 중 모터 구동 동력이식기에 직접적인 연관이 있는 특허는 21건이 검색되었다. 그 결과, 이식기와 관련된 특허는 일본이 가장 많았으며 모터 구동방식의 이식기와 관련된 특허는 아그리테크노에서 개발한 모터 구동 파종기가 있다.
- 국내 특허분석 결과 주로 농업용 전동 자동차에 관한 특허가 많았으며 모터 구동 이식기에 관한 특허는 없으므로 본 연구를 통해 모터 구동형 이식기의 개발 및 지식재산권을 획득하고자 한다.
- 이식기 모터 제어기 개발 관련 기술특허는 716건이 나타났으며 이 중 24건이 직접적인 연관이 있었다. 제어기 개발 관련 가장 많은 특허를 가지고 있는 국가는 미국이나, 미국의 경우 농업용 운반차나 소형 트랙터에 관한 특허가 주를 이루었다. 국내의 경우 전기 구동 농용 자동차의 변속 제어 관련 특허가 많이 나타났다.
- 아래 프로세서는 특허 출원 프로세서로 먼저 국내의 특허를 검색 후, 관련 없는 특허인 ‘노이즈 특허’와 관련은 있으나 회피 가능성이 있는 ‘관련 특허’, 핵심적인 기술을 청구범위로 등록하여 회피하기 어려운 ‘위험특허’로 분류하고, ‘관련 특허’와 ‘위험 특허’는 특허의 청구항을 중심으로 분석하여 회피 설계, 대응 특허 출원, 특허 무효화, 전략 특허 출원 등의 방법으로 대응할 것이다.



본 과제의 특허 출원 프로세서.

- 아래 그림은 회피설계와 대응 특허 출원 방법으로 회피설계는 대표 청구항의 구성 요소를 대체 혹은 제거하거나 새로운 설계를 함으로 대응하는 방식이고 대응특허는 원천기술이 없는 경우 개발된 기술을 특허화 하여 자사의 지적 재산을 보호하는 대응 방식이다.

- 회피할 수 없는 경우, 선행 기술에 대한 진보성과 다른 특허의 침해여부를 조사하여 문제 특허의 일부 혹은 전체를 무효화하거나 전략적으로 특허를 Making하여 특허 분쟁 시 경쟁사의 취약한 부분을 공격함으로써 유리한 위치를 선점하고 자사의 특허를 침해한 경우 로열티를 요구하는 대응할 계획이다.

특허 대응 전략

회피설계

- 필수 구성 요소 대체
- 새로운 방식 도입

전략 특허 출원

- 특허 분쟁 시 유리한 위치 선점
- 자사 특허 침해 시 로열티 요구 가능



대응 특허 출원

- 기존 청구 범위 회피
- 원천 기술 특허화
- 지적 재산 보호

특허 무효화

- 선행 기술 및 제품을 통한 무효화
- 청구 권리 범위 축소

본 과제의 특허 대응 전략.

제 3절 타분야 활용 및 추가연구 필요성

- 미국, 유럽 등 선진국에서는 배기 및 연비 규제가 지속적으로 엄격해지고 있으며, 이를 극복하기 위한 대안으로 전기 시스템과의 조화가 이루어진 하이브리드 시스템, 완전한 전기 구동 시스템인 플러그인 시스템 등에 대한 연구 및 제품 개발이 이루어지고 있다. 자동차 시장에서는 이미 하이브리드 자동차, 플러그인 자동차 등 양산화 되었을 뿐만 아니라 제품 최적화 등 상당 부분 연구가 이루어졌다. 하지만 농업기계 분야에서는 하이브리드 시스템에 관한 연구가 일부 수행되었으나, 전기 구동 시스템에 대한 연구가 매우 미비한 실정이다. 따라서, 본 과제를 통해 개발된 전기 구동 이식기를 이용하여 다양한 농업기계에 적용이 가능할 것으로 판단되며, 이후 배기 및 연비 규제에 자유로워질 것으로 판단된다.
- 전기 구동 이식기는 크게 주행부 모터, 이식부 모터, 배터리 2개, 인버터, 등으로 구성되어 있다. 개발된 전기 이식기는 기존 엔진 동력 이식기를 이용하여 개발하였으며, 두 개의 모터를 사용하여 주행부와 이식부 제어가 각각 제어가 용이하게 하였다. 또한, 이후 양산 후 판매될 때 작업자에 따라 다양한 작업 시간 및 충전 시간에 따른 제약을 해결할 수 있도록 배터리를 모듈형 방식으로 개발하였다. 이러한 전기 구동 시스템은 관리기, 정식기, 이앙기, UTV 등 다양한 소형 농업기계에 적용이 쉬울 것으로 판단되며, 적용 기술의 경우 유사성이 매우 높아 개발 기간과 소요되는 비용의 감축이 가능할 것으로 판단된다.
- 전기 구동 이식기의 모터, 배터리 등을 다양한 사양의 제품으로 교체하거나 커버, 묘탑재대 등의 간단한 설계 변경을 통하여 다양한 모델에 적용이 가능한 장점이 있다. 또한 본 과제 전기 구동 시스템을 이식기 이외의 소형 농업기계의 전기 구동 시스템으로 활용이 가능하며, 자동차, 오토바이, 선박, 건설기계 등 다양한 산업 분야에서도 활용이 가능하다.
- 현재 전세계적으로 전기 농업기계 개발과 필요성은 지속적으로 높아지고 있으며, 이에 따라 전기 구동 이식기 외에도 다양한 농업기계 및 모델을 적용을 위한 모터 사양 설계 및 시스템 구성에 대한 개선 설계, 기술 개발 등에 대한 연구를 지속적으로 진행하여 개발 기술의 완성도를 높일 예정이다.
- 전기 이식기가 추후에 제품화를 통하여 판매가 되면, 작업자 및 국내 작업 조건에 따라 이식기의 불편 사항, 개선 사항 등의 설문 조사를 통하여, 본 과제를 통해 개발된 시제품을 점차 개선하여 전기 구동 농업기계의 국내 적용, 해외 수출, 국가 경쟁력 제고 등에 이바지 할 예정이다.
- 본 과제를 통해 개발된 전기 구동 이식기는 다양한 정부 지원을 통하여 국내 농민들에게 진입 장벽이 낮을 것으로 판단되며, 이를 통하여 벼농사 기계화율보다 현저히 낮은

밭작물 농업기계화율을 높이는 데 기여가 가능할 것으로 판단된다.

- 전기 이식기 제품화 및 홍보를 통하여 친환경 농업기계 개발을 활성화 하고 국내 농업 기계 수준 및 해외에서의 국내 농업기계에 대한 인지도 향상 효과를 발생시킬 수 있으며, 해외 시장에서 국내 농업기계의 경쟁력 확보, 수출 규모 확대, 농기계 산업의 고부가가치화 구현이 가능하다.

- 본 전기 구동 이식기는 엔진 동력을 전혀 사용하지 않고, 완전히 전기 에너지의 동력을 이용하여 작업을 수행하므로 CO₂ 배출 절감, 대기 환경 부하 저감 등 효과를 얻을 수 있다. 또한 시설하우스 내 2차 작물 피해, 매연으로 인한 작업자 피해 등의 이점을 통하여 국내 친환경 농업기계에 대한 인식 제고가 가능하다.

제 6장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1절 관련 논문

- A. Buning. 2010. Electric drives in agricultural machinery - approach from the tractor side. Bologna, EIMA international.
 - 농업 장비의 복잡성과 효율성면을 위해 전기 드라이브 시스템을 제안함. John Deere의 E premium을 대상으로 수행하였음. 전기 드라이브 시스템의 이점으로 전력흐름의 제어 가능성이 향상되어 입력 비용의 절감, 최적화 된 전력 분배에 걸쳐 구조를 구현 하는 것을 확인함.

- 龜井雅浩. 2006. Electric Semi-Automatic Transplanter for Green-house Cultivation. 農業機械學會誌68(6):22~23.
 - 이식 작업 시, 노동 부담의 경감 방법으로 전동 다줄 이식 기계의 사용을 제안함. 다줄 이식 파트를 동시에 상하로 움직이는 동력을 모터 구동 실시함. 사람이 직접 이식 작업 실시할 때 보다 작업효율이 높고, 생산량 또한 느는 것을 확인함.

- C. Yanni, X. Bin, M. Enrong. 2016. Electric Tractor Motor Drive Control Vased on FPGA. IFAC-PapersOnline 49-16 (2016) 271-276.
 - 화석 연료의 사용, 환경오염 등을 고려하였을 때 농업기계의 전기 구동을 제안함. General Electric Company, Elec-Trak과, Electric Tractor Company, Electric 0x series electric tractor을 대상으로 수행하였음. FPGA(field-programmable gate array)방식으로 모터의 전류가 모터 이론을 충족하고, 모터 컨트롤러는 고효율 및 안전한 범위내에서 전류를 제한하는 것을 확인함.

- H. Mousazadeh, A. Keyhani, A. Java, H. Mobli, K. Abrinia, A. sharifi. 2010. Evaluation of alternative battery technologies for a solar assist plug-in hybrid electric tractor. Transportation Research Part D 15 507-512
 - 하이브리드 동력시스템이 대기 질을 향상시키는 것임을 제안함. VRLA, Ni-Cd, Ni-Mh 및 Li 이온 등의 배터리팩으로 대기오염 실험 실시함. 대기오염의 오염도의 수준이 낮아짐을 실험으로 확인함.

- H. Prankl, M. Nadlinger, F. Demmelmayr, M. Schrod, T. Colle, G. Kalteis. 2011. Multi-Functional PTO Generator for Mobile Electric Power Supply of Agricultural Machinery. VDI-Berichte Nr. 2124,
 - 저속 및 정지 상태에서도 기계 위치를 엔코더 없이 검출하고 위치를 고속으로 검출하는 EMK 방법을 위한 INFORM 방법을 제안함. John Deere Premium 7000er 시리즈, Rauch Axis-EDR 비료 살포기 등을 대상으로 수행하였음. 영구 자석 동기식으로 매우 높은 효율과 좋은 성능을 확인함

- M. Gonzalez-de-Soto, L. Emmi, C. Venavides, I. Garcia, P. Gonzalez-de-Santos. 2016. Reducing air pollution with hybrid-powered robotic tractors for precision agriculture. BIOSYSTEM ENGINEERING 143 : 79-94
 - 로봇 트랙터 및 무인 자율주행 장치의 하이브리드 에너지 개발 및 구현을 제안함. 동일한 EES, HES 시스템을 기반으로 실험 실시함. EES 시스템을 사용하면 배터리의 필요한 양만을 사용하여 에너지를 관리할 수 있고, HES 시스템은 대기 오염 물질 배출을 현저하게 감소시킴을 확인함.

- T. FUJIWARA, M. KAMEI, K. NAITO, H. KUMAKURA, K. TAKATA, Y. YOSHIDA J, KUBOTA. 2006. Reduction of Stressful Manual Labor During Transplanting of Spinach Plug Seedlings by the Introduction of an Electric Semi-Automatic Transplanter. 農作業研究(Japanese Journal of Farm Work Research) 41 (1): 12~20,
 - 시금치 및 여러 종류의 모종 이식 작업 시 노동 부담의 경감 방법의 하나로서 이식 기계를 제안함. 이식 동력을 모터구동으로 실시(DC12V- 60W)하여 여러 남녀 대상으로 이식 시험 실시. 심박수 등을 확인 하여 이식 작업 시 노동 부담경감을 확인함.

- やまだゆういち. 2014. Simplification of Mechanical Power Transmission by Electric Planting Device for Rice Transplanter. 農業食料工學會誌 76 (4) : 300~302
 - 기존 이앙기의 어려운 제어가 아닌 모터를 이용한 낮은 비용 및 직접제어를 할 수 있는 모터를 제안. 동기 모터, 감속기, 모터제어를 갖춘 식부 유닛을 탑재함. 기존의 식부 유닛보다 저렴하고 직접제어가 가능함을 확인함.

- L. Bodria, M. Fiala 1995. Design and Testing of an electric-Powered Walking Tractor. J. agric. Engng Res. 60, 57-62
 - 실내 작업 시 소음과 진동으로 작업자에게 해롭지 않은 전기 관리기를 제안함. 220-380V, 3 kW, 3000 rev/min 의 AC모터를 채택하여 이를 대상으로 실험 수행함. 관리기로서의 동력을 충분히 수행 및 소음과 진동도 줄어듦을 확인함.

- W. ARJHARN, M. KOIKE, T. TAKIGAWA, A. YODA, H. HASEGAWA, B. BAHALAYODHIN. 2001. Preliminary Study on the Applicability of an Electric Tractor (Part 1) - Energy Consumption and Drawbar Pull Performance. Journal of JSAM 63(3) : 130~137.
 - 농업인구의 고령, 여성화, 대기오염을 줄이기 위한 방안으로 전기트랙터를 제안함. 20kW, 4WD의 디젤트랙터를 배터리로 작동되는 트랙터로 변환함. 고령 및 여성농업 인구들이 쓸 수 있을 만큼 충분한 힘이 나왔음을 확인함.

- Y. UEKA, J. YAMASHITA, K. SATO, Y. DOI. 2013. Study on the Development of the Electric Tractor - Specifications and Traveling and Tilling Performance of a Prototype Electric Tractor. EAEF6(4) : 160-164
 - Tier 4 규정에 맞춘 AC 모터를 갖춘 트랙터를 제안함. 배터리(3.3V 30셀 총 99V), 컨트롤러,

모터 및 12 V 액세서리 배터리가 장착된 전동 트랙터를 대상으로 수행하였음. 디젤 및 휘발유 동력 트랙터에 비해 소비전력 및 능률이 우수함을 확인.

- 徐立友, 劉孟楠, 周志立. 2014. Design of drive system for series hybrid electric tractor. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering Vol.30 No.9
- 친환경 농업 기술을 위한 하이브리드 전기 트랙터의 디자인 및 구동장치를 제안함. 엔진, 발전기, 배터리, 전기 커플링 장치, 트랙션 모터, 모터 컨트롤러, 트랜스미션 및 리어 액슬 등이 들어간 트랙터 구동 시스템을 대상으로 수행함. 약간의 견인효율 향상 및 연료소비량 감소 등을 확인함.

제 2절 관련 특허

- Moore Norman Bruce. 2011. Electrically powered tractor. US-08028766
 - 전기적으로 동력이 공급되고 제어되는 트랙터 시스템이며, 구분형 배터리로 움직이는 전기 트랙터는 실질적으로 연직 방향축에 대하여 이동을 위해 피벗식으로 연결되는 전방 및 후방 프레임 부재를 포함.

- Tang qiang. 2016. Small electric tractor. CN-106080182
 - 소형 전기 트랙터는 구조가 간단하고, 제조가 용이하고, 소비전력이 작고, 차량 탑재 배터리의 지속 시간이 길고, 전력 변환 효율이 높으며, 사용 비용이 낮다는 이점이 있음.

- CNH Italia S.p.A. Hybrid farm tractor power train. 2013 EP-01317050
 - 농업용 트랙터를 위한 혼성 전력 트레인에 있어서, 전기적 기계장치의 수행을 이끌어가는 장치이다. 트랙터는 트랙터 프레임을 포함하며, 트랙터 프레임은 정면 단부와 후단부로 구성되어 있음.. 도구는 프레임에 연결되고, 가동부를 가진다. 센서는 가동부의 동작 관련 특성을 모니터링하기 위해 적응하며, 신호 발생기는 센서와 연결됨.

- Agco SA. 2014. Tractor with hybrid power system EP-02566716
 - 트랙터는 토크를 전달하는 내연기관, 지상에 추진력을 부여하기 위한 동력 인출 축을 포함하며, 동력 인출 축은 엔진에 대한 기계식 드라이브 연결에 의해 구동됨. 전기모터가 엔진에 구동 가능하게 연결되고, 적어도 하나의 전기 모터가 휠 또는 트랙에 추진력을 전달하도록 배열.

- Troy W. Harris, III. Hybrid farm tractor power train. 2013 US-09192096
 - 정상 모드 셋팅과 전원 관리 모드 셋팅을 가지는 전력 관리 스위치를 포함하는 전기적 잔디밭 트랙터 전력 관리 체계와 방법.

- Komatsu. Electric lawn tractor power management system and method. 2015. US-09192096
 - 회전하는 모터의 드라이브를 위한 오퍼레이션을 수력 시험 압력에 의해 원격 제어를 수행하기 위한 레볼루션 오퍼레이팅 레버가 사용한 레버를 작동시키는 레볼루션의 오퍼레이션과 관련된 신호에 대하여 중복을 개선하는 것에 의한 회전하는 모터를 방제하는 혼성 구성 기계장치를 제공하는 시스템.

- Hitachi Construction Machinery Co., Ltd. 2017. Hybrid construction machiner. US-09574327.
 - 적절한 범위 내에 전기적인 저장 장치를 잔류량을 가두어 두는 동안 적절한 작동 상태에서 엔진을 작동시키는 장치이다. 빨리 전기적인 보존 장치를 워밍업할 수 있고, 전기적인 보존 장치의 내용년수를 개량할 수 있는 하이브리드형 건설기계를 제공.

- Toshiba corp. 2017. Battery pack and electric automobile. JP-26060875.
 - 배터리 팩은 다수의 배터리 셀의 각각의 배터리뱅크 BT와 온도를 통해서 흐르는 감지 전류를 위한 BMU 제공하며, 전기 자동차의 짧은 이용 시간을 배터리 팩을 제공해 문제를 해결.

- Suzhou Eagle Electric Vehicle Manufacturing Co., Ltd. 2014. Electrical system assembly of electric automobile and energy system and actuating device thereof. US-08823295
 - 에너지 시스템은 배터리 모듈을 다루기 위한 배터리 관리 모듈을 포함하며, 전기 자동차의 전기 시스템 조립체는 에너지 시스템, 전력 시스템 및 계측 시스템을 포함.

- Volvo construction equipment holding sweden AB. 2015. System and method for controlling engine revolutions for hybrid construction machine . US-09222488
 - 방전된 작동유를 가진 유압식 액츄에이터, 전기를 생성하고 엔진을 보충하는 모터로서 수압 펌프를 구동시키기 위한 엔진에 의해 구동되는 전동 발전기, 전동 발전기에 의해 생성된 전기 에너지로 충전되는 그리고 전동 발전기의 모터 작동에 대해 전기 에너지를 공급한 에너지 저장 장치, 유압식 액츄에이터를 구동시키도록 요구되는 수압 펌프의 출력 토크를 탐지하기 위한 토크 검출 장치, 그리고 수압 펌프의 출력 토크의 변화가 소정의 레벨을 초과하고 엔진 회전 강하가 발생할 것을 알아내면, 엔진 출력을 보충하기 위해 전동 발전기의 모터 작동을 방지하기 위해서 하이브리드 제어 유닛을 구동시키기 위한 엔진, 수압 펌프를 포함하는 하이브리드형 건설기계를 위한 엔진 회전을 방지하기 위한 시스템과 방법

- Hitachi Construction Machinery Co., Ltd. 2017. Electric Construction Machine. US-20150231974.
 - 동력 전달 계가 합류하는 접합부를 통해 유입 된 후, 외부 전원이 접속되지 않은 적어도 하나의 커넥터로 흐르는 전류를 방지하도록 구성된 전기 건설 기계가 제공.

- Honda motor Co., Ltd. 2014. Electric car. US-20140238765.
 - 전기적 디바이스를 고정되게 하고, 전기적 디바이스를 가진 열 교환을 행하는 히트 싱크와 전기적 디바이스가 고정된 히트 싱크의 표면에 부착되는 비축 탱크, 전기적 디바이스를 덮는 케이스로 구성된다. 자동차에서 사용가능한 휴대 전화를 위한 전기적 배터리 충전기는 트랜스포머, 자동차 충전용 플러그, 캡과 쉘드를 포함.

제 7장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	Evaluation of operator visibility in three different cabins type Far-East combine harvesters	INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING	1.007	2016.07.01	단독사사	SCI
2		농업용 트랙터 PTO 기어의 유한요소해석	정밀농업기술 : 21세기 새로운 농업전략	-	2017.08.25	단독사사	비SCI
3		시설하우스용 모터 구동형 전기 이식기 개발	정밀농업기술 : 21세기 새로운 농업전략	-	2017.08.25	단독사사	
4		Power analysis of electric transplanter by planting distances	충남대학교 농업과학연구소	-	2018.03 예정	단독사사	
5		친환경 전기 구동 이식기 성능평가	정밀농업기술 : 21세기 새로운 농업전략	-	2017.11.24	단독사사	
1	특허 출원	이식기 및 그의 동력전달 제어방법	대한민국	-	2015.09.04	단독사사	출원
2		이식기 및 그의 주간거리 제어방법	대한민국	-	2015.09.04	단독사사	
3		배터리 구동형 이식기	대한민국	-	2015.06.23	미표기	
4		모터 구동형 이식기	대한민국	-	2016.08.04	미표기	
5		이식 깊이 조절이 가능한 이식기	대한민국	-	2016.08.08	미표기	
6		이식 깊이 조절 및 조건 조절이 가능한 이식기	대한민국	-	2016.08.08	미표기	
1	특허 등록	이식기 및 그의 동력전달 제어방법	대한민국	-	2016.02.24	단독사사	등록
2		양파이식기	중국	-	2016.06.15	미표기	
3		양파 이식기의 이식컵 개폐장치	대한민국	-	2016.11.07	미표기	
4		양파이식기의 멀칭 비닐 유지장치	대한민국	-	2016.11.07	미표기	

제 8장 참고문헌

1. 강형목, 정대봉, 김민재, 민경덕, 2013, 플러그인 하이브리드 전기 트랙터에서 다양한 작업 환경을 고려한 주행전략에 대한 연구, 대한기계학회 논문집 B, Vol.37 No.2, 181-186.
2. 권순오, 홍정표, 2006, 하이브리드 전기자동차 구동용 전동기의 개발 동향, 오토저널, Vol.28 No.3, 46-53.
3. 김기찬, 2017, 전기자동차 구동용 모터의 기술현황 및 이슈, 오토저널, Vol.39 No.2, 40-44.
4. 김낙인, 박철규, 2013, 건설 중장비 하이브리드 기술 개발, 한국소음진동공학회 학술대회, Vol.2013 No.4, 857-858.
5. 김병주, 2010, 주행 성능 향상을 위한 E-4WD 하이브리드 차량의 모터 제어 연구.
6. 김상훈, 2007, DC 및 AC 모터 제어, 북두출판사.
7. 김성규, 이제환, 강건수, 2016, 친환경차량용 인버터시스템 기술 동향, 오토저널, Vol.38 No.10, 30-34.
8. 김정수, 2007, 하이브리드 액추에이터를 이용한 부하 시뮬레이터에 관한 연구.
9. 김정윤, 박영일, 2012, 전기구동 파워트레인의 감속기어비 설계를 위한 농업 트랙터의 작업 부하 분석, 한국자동차공학회 논문집, Vol.20 No.5, 138-144.
10. 김종혁, 2015, 가변용적형 사판식 피스톤 펌프의 하이브리드 제어.
11. 김진성, 박영일, 2015, 하이브리드 농업용 트랙터의 제어 전략 개발을 위한 작업 부하 분석, 한국 자동차공학회논문집, Vol.23 No.2, 239-245.
12. 김진성, 조주희, 박성철, 김병택, 김대경, 2010, 농업 전기자동차 구동용 매입형 영구자석 동기모터 설계, 대한전기학회 학술대회 논문집, Vol.2010 No.4, 30-32.
13. 데이코산업연구소, 2010, 글로벌 전기자동차 하이브리드차 개발동향과 시장전망, 서울 : 데이코산업연구소.
14. 데이코산업연구소, 2011, 전기차 응용시장 실태와 개발 동향, 서울 : 데이코산업연구소.

15. 박명일, 김용주, 2014, 하이브리드 농업용 트랙터 기술, 오토저널, Vol.36 No.5, 30-34.
16. 박민제, 민경덕, 2016, 하이브리드 굴삭기용 엔진의 효율 향상 방안에 관한 연구, 한국자동차공학회논문집, Vol.24 No.4, 392-400.
17. 박철규, 김낙인, 2014, 건설중장비 하이브리드 동력기술, 오토저널, Vol.36 No.5, 22-29.
18. 박형수, 박상영, 2014, 2013년 농업면적통계 - 시설작물 재배면적, 통계청.
19. 백민용, 2003, AC Motor Drive의 유럽 신기술 동향, 대한설비공학회 강연회 및 기타간행물, Vol.2003, 261-267.
20. 손영옥, 허건수, 2017, 국내외 전기자동차 기술 개발 동향 및 국내 전기자동차 핵심 부품 기술 개발 전략, 전력전자학회 논문지, Vol.22 No.5, 373-381.
21. 신덕식, 이상택, 이호진, 정승현, 2015, 농업용 전기 궤도 운반차의 운전 제어기 개발, 대한전기학회 학술대회 논문집, Vol.2015 No.10, 269-270.
22. 안경관, 2010, 하이브리드 유압 건설 중장비 개발 동향, 드라이브·컨트롤, Vol.7 No.2, 2-11.
23. 여명길, 2015, 전기자동차용 변속기 개발 동향, 오토저널, Vol.37, No.5, 35-39.
24. 오경철, 류완식, 김정민, 김현수, 2005, 소프트 하이브리드 차량 동력전달 시스템 특성 해석, 한국자동차공학회 Symposium, Vol.2005, 39-48.
25. 원충연, 2003, 영구자석형 교류 서보모터 종류 및 동향, 조명·전기 설비, Vol.17 No.1, 41-51.
26. 윤홍수, 2009, 전기-유압 액추에이터를 이용한 하이브리드 굴삭기에 관한 연구.
27. 이광원, 1985, 제어용 교류 전동기의 기술동향, 전기의 세계, Vol.34 No.4, 28-32.
28. 이대현, 김용주, 정선옥, 최창현, 2015, 병렬형 하이브리드 시스템의 농업용 트랙터 적용 및 성능평가, 한국농업기계학회 학술발표논문집, Vol.20 No.2, 90-91.
29. 이상택, 조주희, 김대경, 2011, 전기자동차 구동 시스템의 개발동향, 전력전자학회지, Vol. 16 No.2, 32-37.
30. 이성욱, 2004, 일본의 하이브리드 자동차 기술동향, 자동차공학회지. Vol.26 No.2, 41-44.

31. 이슈퀘스트 편집부, 2012, 국내외 전기차 개발 동향과 전망, 서울 : 이슈퀘스트.
32. 이은용, 1996, 소형 정밀 전동기의 기술동향과 해석기법, 전기학회지, Vol.45 No.2, 11-16.
33. 이종환, 2011, 국내 서보모터의 기술현황과 발전방안.
34. 임태빈, 2000, 소형 정밀모터의 기술동향, 전기저널, Vol.281, 27-33.
35. 정광우, 1999, 유도형 AC 모터 제어기술 및 구동장치에 관한 연구, Vol.15, 167-201
36. 정인성, 2009, 국내 정밀모터 산업의 시장 및 기술동향, 한국자기학회지, Vol.2009, 42-46.
37. 조만, 인창환, 2012, 배터리전기자동차의 기술동향 및 특허출원동향, 에너지 공학, Vol.21 No.1, 86-108.
38. 조주희, 박성철, 김병택, 권병일, 장정철, 김대경, 2010, 농업 전기자동차용 고효율 구동모터 개발, 대한전기학회 학술대회 논문집, Vol.2010 No.7, 810-811.
39. 최상천, 송봉섭, 2013, 베일러 작업 시 농업용 하이브리드 트랙터의 규칙 기반 토크 어시스트 전략에 대한 시뮬레이션, 대한기계학회 춘추학술대회, Vol.2013 No.6, 127-128.
40. 최상천, 송봉섭, 김용주, 2014, 농작업을 고려한 농업용 하이브리드 트랙터의 토크 지원 전략 개발, 대한기계학회논문집A, Vol.38 No.6, 593-600.
41. 최철, 2010, 산업용 서보모터의 기술동향 및 설계 요소, 한국공작기계학회지, Vol.19 No.2, 147-156.
42. 하인중, 1993, FA용 AC서보 모터의 고성능 제어에 관한 최근 기술경향, 전자공학회지, Vol.20 No.3, 260-267.
43. 한창수, 2016, 전기자동차용 모터 시스템 표준 개발 현황 및 향후 전망, 오토저널, Vol.38 No. 11, 39-43.
44. A&D 컨설턴트, 2009, 글로벌 전기자동차 개발경쟁 1-2, 서울 : A&D컨설턴트.
45. Alarico. M, Alberto. B, Antonio. R, Zeno. B, 2017, Study and Simulation of a Hydraulic Hybrid Powertrain, Energy Procedia, Vol.126, 1131-1138.

46. Campbell. S, 1987, Solid-State AC Motor Controls : Selection and Application, MARCEL DEKKER. INC.
47. Cantemir. C. G, Hubert. C, Rizzoni. G, Wilson. C, 2004, HYBRID ELECTRIC TRACTOR TRAILER FOR NORTH AMERICA, CONAT INTERNATIONAL AUTOMOTIVE CONGRESS – BOOK OF ABSTRACTS, Vol.10, 112–112.
48. Cursino. B. J, Nady. R, Gergory. C, Euzeli. C, 2014, IEEE Transactions on Industry Application, Vol.51 No.1, 259–270.
49. Energy Information Administrator, 2011, Annual Energy Outlook 2011, With projections to 2035.
50. F. Gomez-bravo, F. Cuesta, A. Ollero, 2003, A new sequential hybrid control structure for car and tractor-trailer parallel parking Original research article, IFAC Proceedings Volumes, Vol.36 No.17, 509–514.
51. Florentsev. S, Izosimov. D, 2011, Traction Electric Equipment Sets of Electric Drivetrains for Tractors and Hybrid buses, PCIM POWER ELECTRONICS CONFERENCE, Vol.2, 872–877.
52. Fratta. A, Guglielmi, P. Pellegrino, G. M, Villata. F, 2000, DC-AC Conversion Strategy Optimized for battery or Fuel-Cell-Supplied AC Motor Drives, Vol.1, 230–235.
53. Giri. F, 2013, AC Electric Motors Control, WILEY.
54. H. Mousazadeh, A. Keyhani, A. Javadi, H. Mobli, A. Sharifi, 2010, Evaluation of alternative battery technologies for a solar assist plug-in hybrid electric tractor, Transportation Research Part D : Transport and Environment, Vol.15 No.8, 507–512.
55. H. Mousazadeh, A. Keyhani, A. Javadi, H. Mobli, A. Sharifi, 2011, Life-cycle assessment of a Solar Assist Plug-in Hybrid electric Tractor in comparison with a conventional tractor, Energy conversion and management, Vol.52 No.3, 1700–1710.
56. H. Prankl, M. Nadlinger, F. Demmelmayr, M. schrodl, T. Colle, G. Kalteis, 2010, Mobile Electric Power Supply for Agricultural Machinery and Implemnets.
57. Hahn. K, 2008, Electric Tractor Implement Interface, VDI Berichte, Vol.2046, 69–76.
58. Hughes. A, Drury. W, 2013, Electric Motors and Drives 4th, newnes.
59. Imanishi. H, Takada. Y, Wakisaka. T, 2006, Traction Control for an Agricultural Electric Vehicle, JAPANESE SOCIETY OF AGRICULTURAL MACHINERY, Vol. 68 No.2, 69–76.

60. Kang. D. K, 2016, New torque-speed balance method to determine road load of electric two-wheeler and development of hardware-in-the-loop simulator for its driving performance testing on motor dynamometer.
61. Keljik. J, 2009, Electricity 4 : AC/DC Motors controls, and maintenance 9th, CENGAGE Learning.
62. K. Ogata, 2001, Modern control Engineering 4th Edition.
63. Kim. Y. J, Choi. C. H, Lee. D. H, 2012, Development of Automated Manual Transmission of Agricultural Tractor Using Electric Actuators, PAPER AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, Vol.2012 No.5, 4066-4074.
64. Kim. Y. J, Chol. C. H, Lee. D. H, 2010, Development of Automated Manual Transmission of Agricultural Tractor Using Electric Actuators, America Society of Agricultural and Biological Engineers, 1-1.
65. Konstantinos. M. A, Paul. T, 2015, Solar Charged Electric Farming Tractors.
66. Latif. N, Christianson. L, 1993, Electric Tractor : Controls and Displays in the Electric Choremaster 1, Applied engineering in agriculture, Vol.9, No.1, 1259-1266.
67. Li. H, Song. Z. H, Xie. B, 2013, Plowing Performance Simulation and Analysis for Hybrid Electric Tractor, Applied Mechanics and Materials, Vol.365-366 No.1, 1660-9336.
68. Liqing. S, 2001, Research and Development of Electric Tow Tractor for Railway Station, INTERNATIONAL ELECTRIC VEHICLE SYMPOSIUM, Vol.18, 25-25.
69. Mercer. M, 1998, New Kubota Tractors feature Electric Assist Steering, Hydrostatic Drive, DIESEL PROGRESS-NORTH AMERICAN EDITION, Vol.64 No.7, 8-8.
70. Moser. F. X, 2009, Hybrid in a Tractor, Automobiltechnische Zeitschrift, Vol.111 No.10, 4-5.
71. Mungenast. J, 1976, Design and Application of a Solid State AC motor Starter, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.12 No.1, 39-42.
72. Nam. K. H, 2010, AC motor control and electric vehicle applications.
73. Oida. A, Miyajima. J, Ohdoi. K, Yamazaki. M, 1996, Study on Development of an Electric Tractor, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE-INTERNATIONAL SOCIETY FOR TERRAIN VEHICLE SYSTEM, Vol.12, 699-706.

74. Prankl. H, Nadlinger. M, Demmelmatr. F, SchrodL. M, Colle. T, Kalteis. G, 2011, Multi-Functional PTO Generator for Mobile Electric Power Supply of Agricultural Machinery, VDI Berichte, Vol.2124, 7-14.
75. Schmitz. M, Henneberger. G, 1996, Electric-Thermal Calculations of a Water Cooled Induction Motor for Varying Loads In Electric Vehicles, INTERNATIONAL ELECTRIC VEHICLE SYMPOSIUM, 1996, Vol.2, 397-402.
76. Shishkov. A. N, Sychev. D. A, Bychkov. A. E, Sidorenko. N. Y, 2014, The DET-400 tractor traction electric drive, Russian Electrical Engineering, Vol.85 No.10, 610-612.
77. Stanislav. F, 2015, Electromechanical Drivetrain in Agricultural Tractors, International conference on industrial Technology and Management science.
78. Shepherd. W, Hulley. L. N, Liang. D. T. W, 1995, Power Electronics and Motor Control 2nd, Cambridge University Press.
79. Stephen. H, 2014, Electric Motor Control, Cengage Learning.
80. Suga. H, Kawabata. Y, 1996, Improvement of Testing Technology for a Motor of an Electric Vehicle, INTERNATIONAL ELECTRIC VEHICLE SYMPOSIUM, Vol.1, 142-148.
81. Sun. K, Teng. J, Zhang. X, Fang. Q, 2003, System and application of Ac servo-motor controlled by single-chip computer.
82. Tianliang. L, Lang. W, Weiping. H, Haoling. R, 2017, Performance analysis of an automatic idle speed control system with a hydraulic accumulator for pure electric construction machinery, Automation in Construction. Vol.84, 184-194.
83. Y. Chen, B. Xie, E. Mao, 2016, Electric Tractor Motor Drive Control Based on FPGA, Vol.49 No.16, 271-276.
84. Y. Ueka, J, Yamashita, K. Sato, Y. Doi, 2013, Study on the Development of the Electric tractor : specifications and Traveling and Tilling performance of a prototype Electric Tractor, Engineering in agriculture Environment and food, Vol.6 No.4, 160-164.