



## 저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

# 발전기용 전기시동전동기의 전자식 제어장치 개발에 관한 연구

A Study on the development of the electronic control device  
for the electrical starting motor of generator



2011年 8月

韓國海洋大學校 大學院

메카트로닉스工學科

梁 正 圭

本 論文을 梁正圭의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

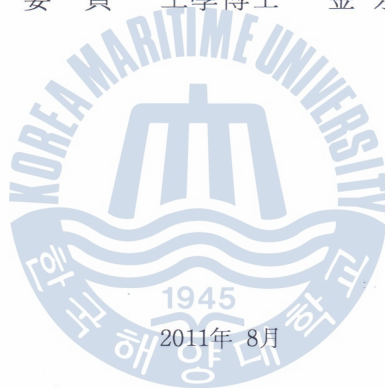
委員長 工學博士 李 成 根



委 員 工學博士 金 成 煥



委 員 工學博士 金 宗 洙



韓國海洋大學校 大學院

# 목 차

목 차 .....	i
그림 목차 .....	iii
표 목차 .....	iv
Abstract .....	v
제 1 장 서 론 .....	1
1.1 연구배경 및 동향 .....	1
1.2 연구 목적과 논문의 구성 .....	3
제 2 장 직류전동기 및 이동식 발전설비 .....	5
2.1 직류전동기 .....	5
2.1.1 직류전동기의 개념 .....	5
2.1.2 직류전동기 회전원리 .....	5
2.1.3 직류전동기의 분류 .....	6
2.1.4 직류전동기의 용도 .....	7
2.1.5 본 논문에서 사용한 직류전동기 .....	8
2.2 이동식 발전설비 .....	11
2.2.1 이동식 발전설비의 특성 .....	11
2.2.2 이동식 발전설비 주요 구성 .....	12
제 3 장 이동식 발전설비의 시동장치 .....	14
3.1 이동식 발전설비 시동장치의 특성 .....	14
3.2 이동식 발전설비의 시동장치 .....	14
3.2.1 압축공기식 시동장치 .....	14
3.2.2 전기식 시동장치 .....	15
제 4 장 전자식 기동제어장치 .....	18

4.1 피니언 기어 쉬프팅 제어장치 .....	18
4.2 기동 안전장치 .....	20
4.3 접점 및 정류자편 보호장치 .....	22
 제 5 장 실험 및 검토 .....	 25
5.1 실험장치의 구성 .....	25
5.2 실험 결과 .....	28
5.2.1 전자식 기동제어장치 동작 실험 .....	28
5.2.2 전자식 기동제어장치에 의한 성능특성 .....	30
 제 6 장 결 론 .....	 39
 참고문헌 .....	 41
감사의 글 .....	42



## 그림 목차

그림. 2.1 직류전동기의 회전원리	6
그림. 2.2 전기시동전동기 구조	8
그림. 2.3 전기시동전동기 조립도	9
그림. 2.4 전기시동전동기 설계도	10
그림. 2.5 전기시동전동기 제작품	10
그림. 2.6 이동식 발전설비 단지	11
그림. 2.7 국내기업에서 제작된 이동식 발전설비	12
그림. 2.8 이동식 발전설비의 구조도	13
그림. 3.1 압축공기식 시동장치 구성도	15
그림. 3.2 전기식 시동장치 구성도	16
그림. 4.1 기존의 기동제어장치 회로도	18
그림. 4.2 제안된 기어 쉬프팅 장치의 시퀀스도	19
그림. 4.3 피니언 기어 쉬프팅 장치	19
그림. 4.4 사이리스터를 사용한 기동안전장치	20
그림. 4.5 본 시스템의 기동 안전장치	22
그림. 4.6 사이리스터 턴온 및 지연회로의 부품구성도	22
그림. 4.7 접점 및 정류자편 보호회로	23
그림. 4.8 프리휠링 다이오드가 장착된 기동제어장치	23
그림. 5.1 전기시동시스템 실험장치의 계통도	25
그림. 5.2 부하인가장치, 전동기 및 설치대의 외양	25
그림. 5.3 실험대와 데이터 측정시스템 외양	27
그림. 5.4 데이터 출력 디스플레이 패널	27
그림. 5.5 기어 쉬프팅 장치 동작 실험	29
그림. 5.6 기존의 기동제어장치에 발생한 아크 손상	30
그림. 5.7 기존의 기동제어장치에 의한 특성곡선	33
그림. 5.8 전자식 기동제어장치에 의한 특성곡선	36
그림. 5.9 부하에 따른 온도 변화	37
그림. 5.10 부하에 따른 전류 특성 곡선	38

## 표 목차

표 1. 전기시동전동기 사양 .....	9
표 2. 이동식 발전설비의 구성품 .....	13
표 3. 본 시스템에 장착한 사이리스터의 주요사항 .....	21
표 4. 부하인가장치(Dynamometer)와 측정시스템의 사양 .....	26



# A Study on the Development of the Electronic Control Device for the Electrical Starting Motor of Generator

Jung-Kyu, Yang

Department of Mechatronics Engineering, Graduate School,  
Korea Maritime University

## Abstract

P.P.S(Packaged Power Systems)are very convenient for transferring and installing, and can supply electric power steadily for the areas which have a great difficulty in drawing power line from the outside. Then, the equipments have been widely used in such Central and Middle American and the Middle East countries as Cuba, Brasil, Chile and Iraq.

Generally, compressed air has been employed to start the dynamo-engines for P.P.S. However, these systems necessitate air compressors, air tanks, air starting motors and pipe lines for transferring compressed air etc.

Recently, electrical starting systems which have only batteries and series DC motors as whole automobiles have been applied due to their simplicity and economy.

But conventional control apparatus for the electrical starting systems have such many faults as direct connection of gear-shifting



devices and main contactor, sudden motor starting and burnout of main contactor etc.

In this paper, developed new electronic control apparatus for the electrical starting systems by the aid of semi-conductors.

The results of experiments and performance analyses show the effectiveness and the superiority of the proposed systems.



# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구배경 및 동향

일반적으로 전력은 발전기를 통하여 공급되며 발전기 시스템은 전력을 생산하는 제너레이터(Generator)와 제너레이터 회전자의 회전력을 발생시키는 원동기(Prime Mover)로 구성된다.

원동기로는 주로 중속디젤엔진(Medium-Speed Diesel Engine)이 사용되며 이것은 소형 선박의 주기관(Main Engine), 육상용 발전기 및 이동식 발전설비의 원동기로도 사용된다. 중속디젤엔진을 운전하기 위해서는 시동장치가 필수적인데 일반적으로 공기시동모터가 적용되어 왔다.

특히, 이동식 발전설비(P.P.S ; Packaged Power System)인 컨테이너 발전기의 시동을 위해 공기시동모터(Air Starting Motor)를 사용할 경우에는 공기압축기(Air Compressor) 및 탱크 시스템(Tank System) 등이 추가되어 비용 및 용적률 측면에서 손실이 발생하고 공기압축기에 의해 전기에너지를 압력에너지로 변환한 후 다시 공기시동모터에서 기계에너지로 변환하므로 에너지 효율이 감소한다. 또한, 7~10[kg/cm<sup>2</sup>] 압력으로 압축시킨 공기로 터빈 블레이드의 회전력을 얻어 공기시동모터를 회전시키는 방식이므로 공기압축기나 공기시동장치의 고장으로 인해 엔진 시동이 되지 않아 발전기 운전이 중단되는 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 그리고 공기압축기, 배관자재 제작, 조립 및 설치 등에 과다한 비용 및 인력이 투입될 뿐만 아니라 고압 압축 공기에 의한 안전사고의 위험성을 가지고 있다.

본 논문에서 다루고자 하는 전기시동전동기를 디젤엔진의 시동시스템으로

사용할 경우에는 공기시동모터 기동제어시스템과는 달리, 전기에너지를 직접 기계에너지로 변환함으로써 에너지 효율의 증가 효과를 얻을 수 있다. 추가로 부피와 용적률 및 비용 면에서 43[%] 이상의 절감이 가능하고 안전사고의 위험이 적어지며, 작업의 효율성이 높아 공기시동모터에 비해 선호도가 증가할 것으로 예상된다.

또한 이동식 발전설비에 전기시동전동기를 설치함으로써 기존의 공기시동모터 시스템의 공기압축기에 공급되어야 하는 전력이 필요하지 않으므로 설치에 있어서도 1차 전원 공급이 어려운 도서지역이나 오지 등의 지역적 제한이 없어지는 효과를 얻을 수 있다.

현재 국내에서 건조되고 있는 이동식 발전설비의 전기시동시스템은 국외 업체의 OEM 방식으로 유통되고 있거나 유럽에서 제작된 장치를 직접 수입하여 사용하고 있는 등 전량 수입에 의존하고 있는 실정으로 국내에서는 개발 및 생산이 전혀 되지 않고 있다.

이동식 발전설비를 직접 생산, 수출을 하고 있는 국내 기업에서는 전기시동 전동기 및 제어시스템을 전량 수입에 의존하고 있으며 이동식 발전설비의 수출 증가에 따라 손실액은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

고도의 설계 기술과 제작 기술이 요구되는 이동식 발전설비 전기시동시스템의 개발 및 제작업체는 국내에는 전혀 없으며, 유사 기술인 승용 및 상용자동차에 사용되고 있는 전기시동전동기도 일본, 유럽, 미국 등에서 원천 기술을 보유 중이며 국내에서는 수입에 의존하고 있다.

엔진 시동을 위한 전기시동시스템의 국산화 개발에 있어서 핵심 기술은 시동 전동기의 피니언 기어와 엔진 플라이휠의 링 기어가 맞물릴 수 있도록 축을

이동시키는 쉬프팅 장치, 축 이동 확인 후 주접점이 닫혀 전동기에 전원이 인가되는 과정으로서 순조로운 전이(轉移) 및 시동이 완료된 후 전기자권선 및 계자권선에 저장된 자기에너지의 발산에 의한 아크로부터 접점과 정류자편을 보호하는 장치이다.

## 1.2 연구목적과 논문의 구성

본 논문에서는 기 개발된 전기시동시스템 기동제어장치의 단점과 요구되는 핵심기술을 감안하여 새로운 기동제어장치의 개발에 주력하였다. 대 전류의 투입 및 차단을 담당하는 주접점이 축 이동장치와 일체로 되어있는 기존제품의 단점을 제거하기 위해 서로 분리시켰다. 또한 전원공급접점이 단힘과 동시에 큰 기동전류가 인가되는 점을 보완하기 위해 무접점 스위치인 사이리스터와 사이리스터 지연회로를 사용하여 부드러운 시동을 구현시켰다. 시동완료 후 전기자권선과 계자권선에 저장된 에너지가 접점과 정류자편에서 아크상태로 소멸됨으로 인해 해당부품의 손상을 초래하는 점을 개선하기 위해 고속 윙링 다이오드를 역병렬로 연결하여 부품손상피해를 감소시켰다. 기술적 측면의 비교 분석을 위해 기존제품을 사용하였으며, 개발 시제품과의 기술 특성 비교를 위하여 시동 시험을 통해 취득한 데이터를 비교 분석하면서 개발 제품의 기술 개선에 초점을 맞추었다.

본 연구에 사용된 이동식 발전설비용 전기시동시스템은 원가 절감, 에너지 효율 증가, 유지보수 비용 감소, 용적률 감소 등의 효과가 기대된다.

전기시동시스템의 국산화 기술을 개발함으로써 국외로부터의 전량 수입에 따른 손실 감소, 핵심 기술의 확보에 따른 중소기업 육성, 지역경제 발전과 고용 증대로 취업률 향상을 기대할 수 있다. 또한 우리나라와 조선 및 조선기자재산업 분야에서 경쟁하고 있는 중국 및 일본에 대해 기술적 우위를 확보할

수 있다. 수입제품 대비 85[%] 가격을 목표로 하여 가격 경쟁력 확보로 인한 수입 대체 효과가 기대되며 독자적 기술 적용 생산에 따른 원가 절감 및 기술 의존도가 축소될 것이다. 뿐만 아니라, 국내 조선기자재산업 부품 시장의 활성화를 기대할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

- 1장 서론에서는 연구배경, 동향, 연구목적 및 논문 구성에 대해 기술하고,
- 2장에서는 직류전동기의 구동원리, 분류 및 용도와 이동식 발전설비에 대하여 서술하였다.
- 3장에서는 이동식 발전설비의 시동장치인 압축공기식 시동장치와, 전기식 시동장치의 구조와 특징에 대해 기술하였으며,
- 4장에서는 본 논문에서 제안하는 전기 시동장치의 전자식 기동제어장치에 대하여 기술하였다.
- 5장에서는 제안한 전자식 기동제어장치의 유효성을 검증하기 위한 실험과정 및 기존제품과의 성능 비교분석 결과를 제시하였고,
- 6장에서는 결론으로서 제안된 기동제어장치에 대하여 연구결과를 요약하고 평가하였으며 향후 과제에 대하여 언급하였다.

## 제 2 장 직류전동기 및 이동식 발전설비

### 2.1 직류전동기

#### 2.1.1 직류전동기의 개념

직류전동기의 계자권선은 직류를 흐르게 하여 여자시킨 전자석이며, 이것을 자극이라고 한다. 회전자 부분은 철심과 철심의 홈(slot)에 삽입된 코일 및 전원에서 공급하는 직류를 교류로 변환하여 코일에 보내는 정류자 등으로 구성되어 있다. 직류전동기는 계자권선의 여자 방식에 의해서 타여,분권,복권,직권으로 나누어진다. 이것은 각각 성질이 다르며 용도에 따라 사용되는데 다양한 방식으로 속도가 조절될 수 있다. 타여자 전동기는 전기자전압을 변화시켜서 속도를 바꿀 수 있지만, 이 경우는 여자용 전원과 전기자의 전원이 별개로 필요하다. 사용되는 예가 가장 많은 것은 분권식인데 전원이 하나만 있으면 되므로 간편한 구조를 지닌다. 복권식은 계자권선이 둘로 나누어져 있으므로 부하의 경중에 따라서는 속도의 변화가 거의 일어나지 않게 할 수 있다. 직권식은 전기철도용 전동기로서 널리 사용된다. 그 이유는 기동초기에 흐르는 전류의 크기에 비해 큰 토크를 낼 수 있기 때문이다. 속도변화는 전기자전압이나 전기자저항을 변화시킴으로써 가능하다. 직류전동기에는 정류자나 브러시가 있으며 교류전동기에 비해 구조도 복잡하고 값도 비싸지만 속도 제어가 매우 자유로운 장점이 있다.

#### 2.1.2 직류전동기의 회전원리

직류전동기의 기본구조는 외측에 정지되어 있는 계자와 내측에서 회전하는 전기자로 크게 나눌 수 있다. 계자는 자속을 발생시키기 위한 것으로 전자석을

이용하고 있으며, 최근에는 영구자석을 계자로 이용하는 영구자석(Permanent-magnet) 직류전동기가 소용량용으로 이용되고 있다. 그림 2.1은 자기장 중에 놓인 도체에 직류전류를 흘리면 플레밍의 왼손법칙에 의해 도체에 전자기력이 발생하여 회전되는 직류전동기의 회전원리를 보여주고 있다.

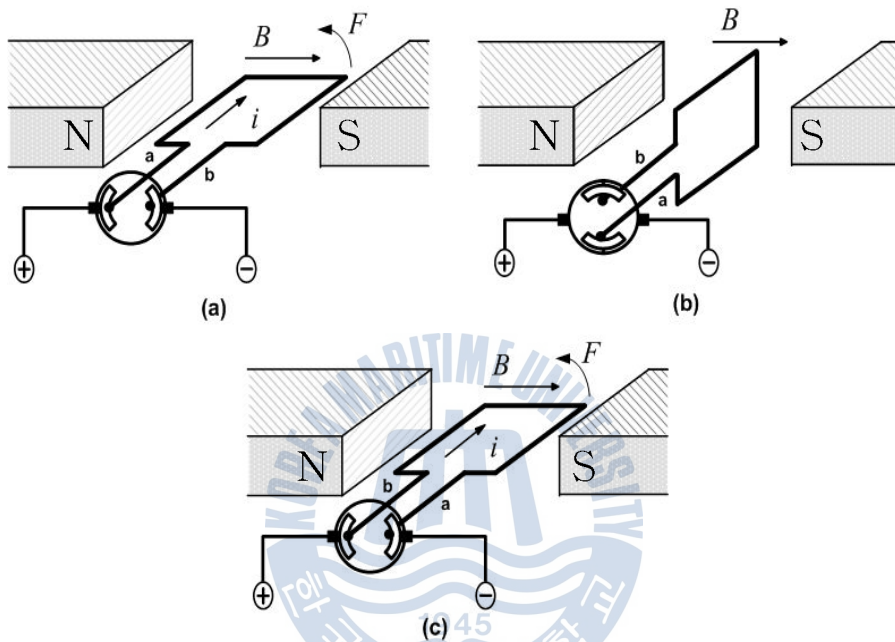


그림 2.1 직류전동기의 회전원리

직류전동기는 속도제어가 용이하기 때문에 전철, 엘리베이터, 압연기 등과 같이 속도 조정이 필요한 경우에 널리 이용된다.

### 2.1.3 직류전동기의 분류

직류전동기는 타여자 전동기(Separately Excited Motor)와 자여자 전동기(Self Excited Motor)가 있다. 타여자 전동기는 전기자 전류의 전원과 별개의 전원에서 계자전류가 공급되며 이 계자권선은 가는 도선으로서 권수가 많다.

자여자전동기는 계자전류가 전기자전원과 동일 전원으로 부터 공급되는 전동기로서 그 종류에는 분권전동기(Shunt Motor), 직권전동기(Series Motor), 복권전동기(Compound Motor)가 있다. 분권전동기는 계자권선이 전기자와 병렬로 연결되어 있으며 분권계자권선도 타여자전동기와 같이 도선이 가늘고 권수가 많다. 반면에, 직권전동기는 계자권선이 전기자와 직렬로 연결되어 있으며 도선이 굵고 권수가 적다. 복권전동기는 분권계자권선과 직권계자권선을 모두 가지고 있으며 이들 계자권선의 자속방향이 같은 방향인지 또는 반대방향인지에 따라 화동복권전동기(Cumulative Compound motor)와 차동복권전동(Differential-Compound Motor)로 나누어진다.

각종 직류전동기에 있어서 계자권선의 결선방식은 각 전동기에 대응하는 직류발전기 계자권선의 결선방식과 동일하다. 그러므로 발전기를 전동기로도 사용할 수도 있고 또 전동기를 발전기로 사용할 수도 있다. 그러나 복권직류전동기의 경우에는 화동복권 발전기를 그대로 전동기로 사용하면 직권계자권선의 전류방향이 반대로 되므로 차동복권 전동기가 된다.

#### 2.1.4 직류전동기의 용도

분권전동기는 전류에 비례하는 토크를 발생하고 또 가장 넓은 범위의 속도조정이 가능한 전동기이다. 그리고 조정된 속도에서는 부하변동에 대한 속도 추종 성능도 우수하다. 그러므로 송풍기, 펌프, 공작기계 등 큰 기동토크를 필요로 하지 않고 일정한 속도를 필요로 하는 경우에 주로 사용된다.

직권전동기는 전차, 크레인 등과 같이 큰 기동토크가 필수적인 반면 일정한 속도는 요구되지 않는 경우에 사용되며 전동기의 사용목적상 단속사용(intermittent service)이 많고 정격도 연속정격이 아닌 1시간 정격, 반시간 정격 등의 단시간 정격용에 사용된다.

차동복권전동기는 정속도 전동기인데 그 정속도 특성은 동기전동기에 비해 떨어지므로 중요한 정속도 운전에는 동기전동기를 사용하고 일반적인 정속도



용도에는 직류분권전동기가 사용되므로 차동복권전동기의 용도는 별로 넓지 않다.

화동복권전동기는 분권전동기로서 기동토크가 부족할 때 또는 부하변화로 인한 전류의 변화가 큰 경우에 사용된다.

직류전동기는 일반적으로 속도제어가 용이하고 각종 용도에 적응성이 넓고 양호한 전동기이지만 일반 송·배전이 교류를 사용하고 있기 때문에 직류전동기를 사용하려면 특별히 정류 장치를 필요로 하는 불리한 점이 있다. 그러므로 직류전원을 많이 사용하는 곳이나 또는 다른 사정에 의해서 직류전원을 용이하게 사용할 수 있는 경우를 제외하고는 교류전동기로 대체되는 경향이 있다.

## 2.1.5 본 논문에서 사용한 직류전동기

본 논문에서 시험 적용한 이동식 발전설비의 시동용 전기시동전동기의 구조는 그림 2.2와 같다. 전기시동전동기는 전자력을 발생시키는 전기자 코일 등을 포함한 회전부, 자계를 형성하는 계자 코일과 전류의 흐름 방향을 항상 일정하게 유지시켜 주는 브러시 등을 포함한 고정부, 오버러닝 클러치, 릴레이부 등으로 구성되어 있다. 그림 2.3은 전기시동전동기의 구조도이다.

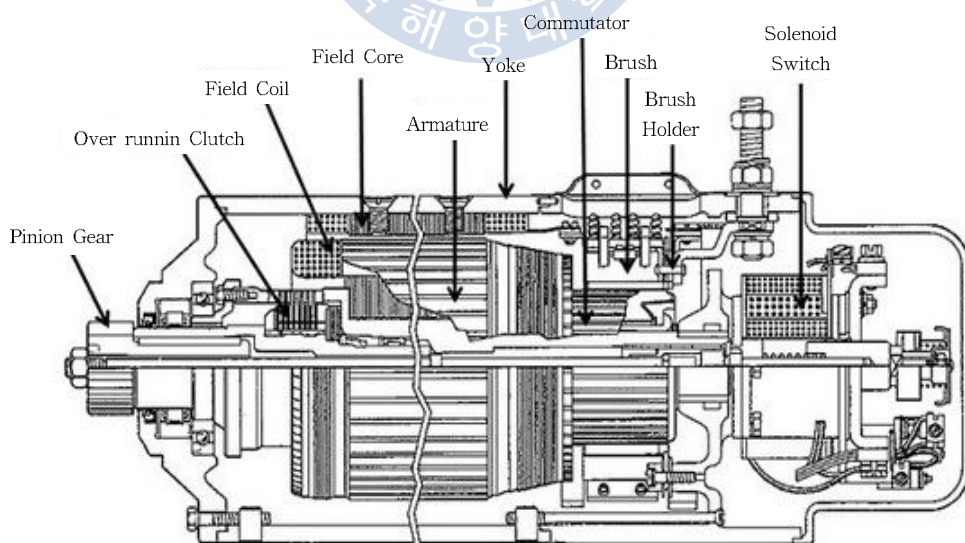


그림 2.2 전기시동전동기 구조

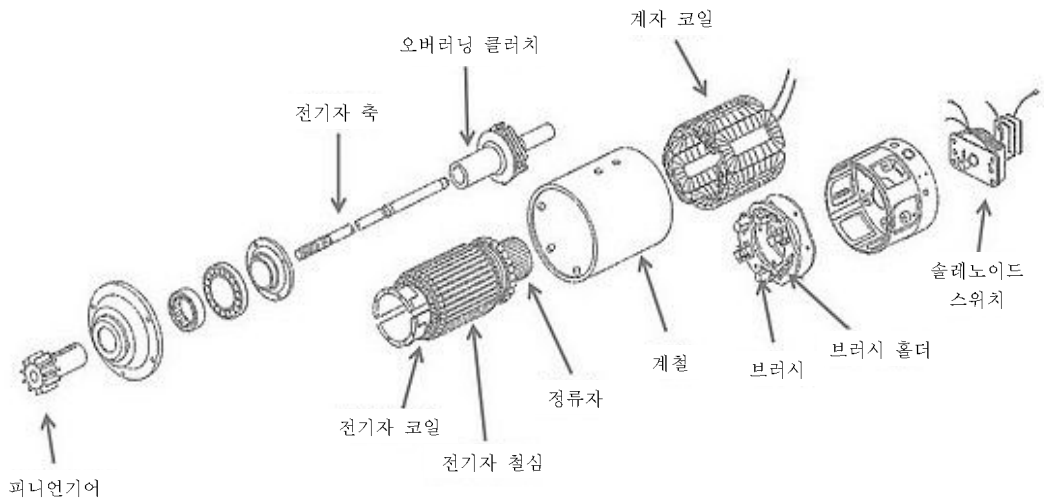


그림 2.3 전기시동전동기 조립도

표 1은 본 이동식 발전설비에 사용되는 전기시동전동기의 사양이다.

표 1. 전기시동전동기 사양

구 분	사 양
No. of Field Poles	6 Poles
Field Connection	Parallel
No. of Armature Slots	29
No. of Commutator Segments	58
No. of Conductor per 1 slot	4
Armature Winding Type	Lap Winding

그림 2.4는 이동식 발전설비에 사용되는 전기시동전동기의 설계도이며 그림 2.5는 제작품 사진이다.

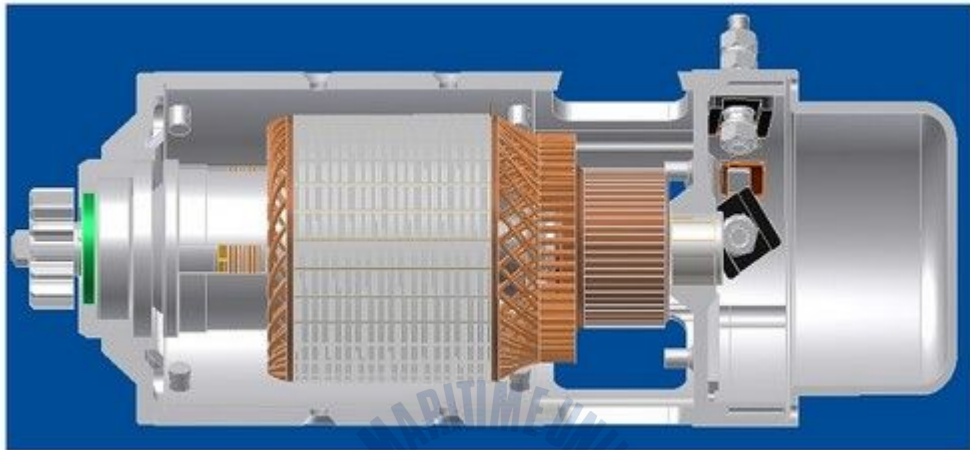


그림 2.4 전기시동전동기 설계도

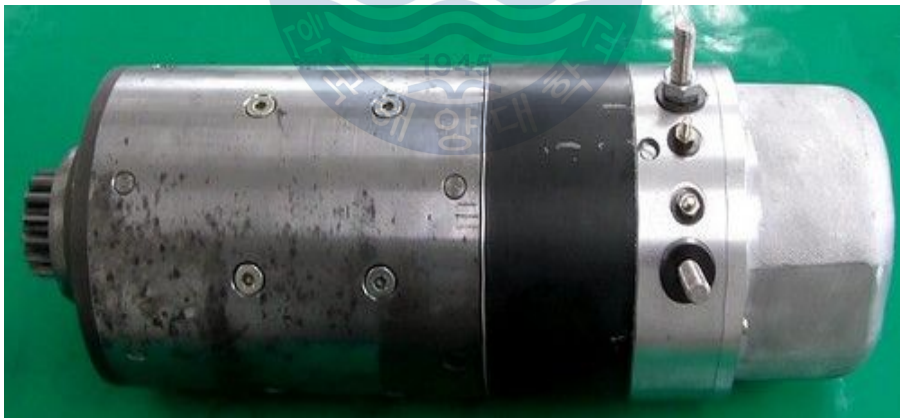


그림 2.5 전기시동전동기 제작품

## 2.2 이동식 발전설비

### 2.2.1 이동식 발전설비의 특성

이동식 발전설비는 컨테이너 내에 엔진 등 발전기 구동에 필요한 설비들을 갖춘 소규모 패키지형 발전기로서, 설치와 이동이 편리하며 가격이 저렴한 중유를 연료로 사용할 수 있어 경제적인 특징을 가진다. 또한 아이티, 칠레 등 강진 발생 지역에서도 피해 없이 전력을 공급하는 등 설치의 편의성 및 안전성에서도 강점을 가지고 있으며 쿠바, 브라질, 칠레, 이라크 등 중남미 및 중동 지역에서 큰 인기를 얻고 있다. 특히 대지진과 쓰나미로 심각한 전력난을 겪고 있는 일본의 피해 지역인 지바현 소재 아네가사키 화력발전소에 이동식 발전설비를 설치하는 등 기초 전력의 공급에 큰 역할을 하고 있다. 그림 2.6은 이동식 발전설비가 설치되어 외부 전력의 공급이 원활하지 않은 지역에서도 안정적으로 필요 전력을 공급하고 있는 모습을 보여준다.

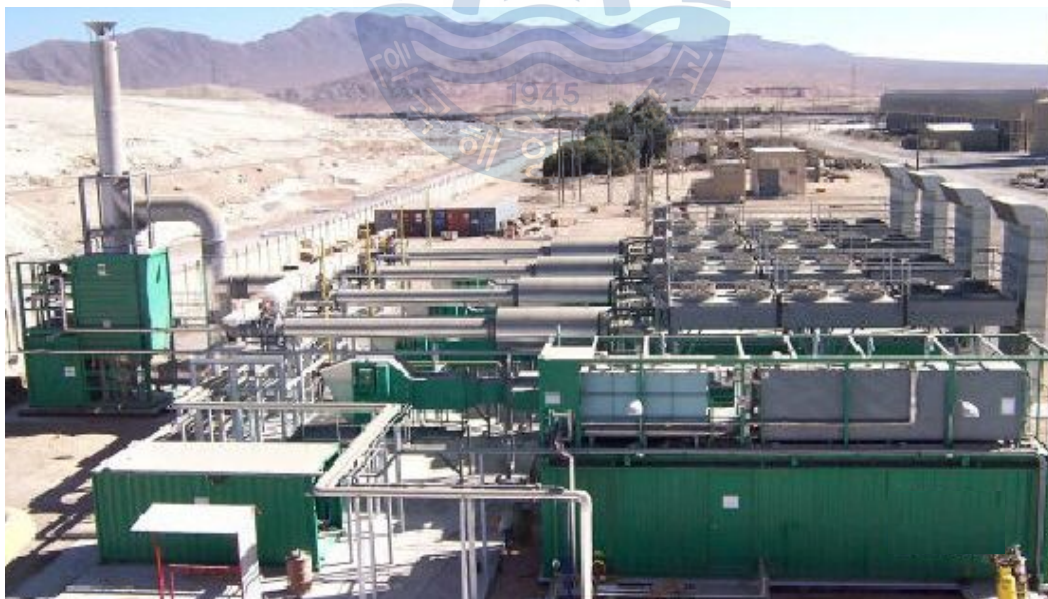


그림 2.6 이동식 발전설비 단지

### 2.2.2 이동식 발전설비 주요 구성

이동식 발전설비의 핵심은 발전 시스템을 컨테이너에 설치하여 운용하는 것이다. 서론에서 밝혔듯이 이동식 발전설비의 핵심인 발전기의 원동기 시동장치로 공기시동모터를 사용할 경우에는 공기압축기 및 압축공기 저장용 탱크 시스템 등이 추가로 요구되어 비용 및 용적률 측면에서 손실이 발생할 뿐만 아니라 공기압축기에 의해 전기에너지를 압력에너지로 변환한 후 다시 공기시동모터에서 기계에너지로 변환하므로 에너지 효율도 감소한다. 또한, 공기를  $7\sim 10[\text{kg}/\text{cm}^2]$ 의 압력으로 압축시켜야 하므로 공기압축기나 시동장치의 고장으로 인해 엔진 시동이 불가능한 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 따라서 이동식 발전설비의 핵심인 발전기의 원동기를 전기시동 방식으로 채택함으로써 에너지효율의 증대, 부피와 용적률에서의 절감 및 공기압축기용 1차 전원이 필요 없기 때문에 설치에 있어서도 도서지역이나 오지 등의 지역적 제한이 없어지는 효과도 얻을 수 있다.

현재 국내 기업에서는 그림 2.7과 같은 이동식 발전설비를 생산 중에 있다. 하지만 전기시동전동기 및 기동 제어시스템은 전량 수입에 의존하고 있으며 이동식 발전설비의 수출 증가에 따라 손실액은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

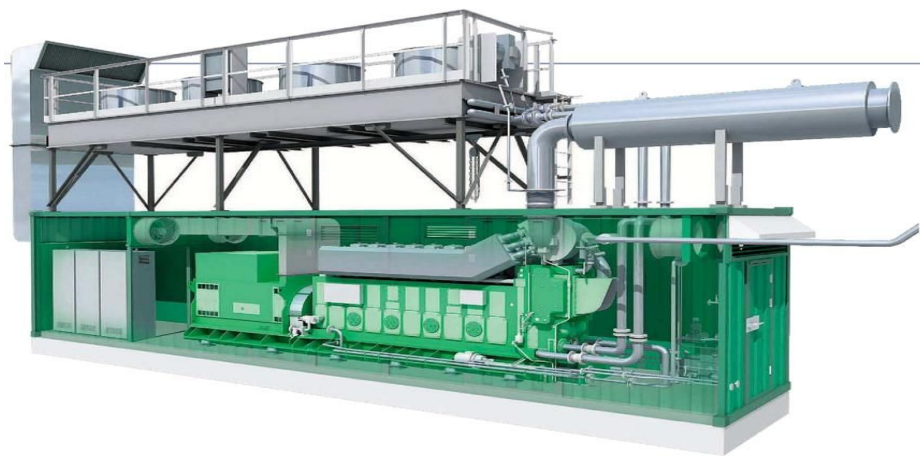


그림 2.7 국내기업에서 제작된 이동식 발전설비



그림 2.8은 이동식 발전설비의 구조도이며, 표 2는 구성품을 나타낸다.

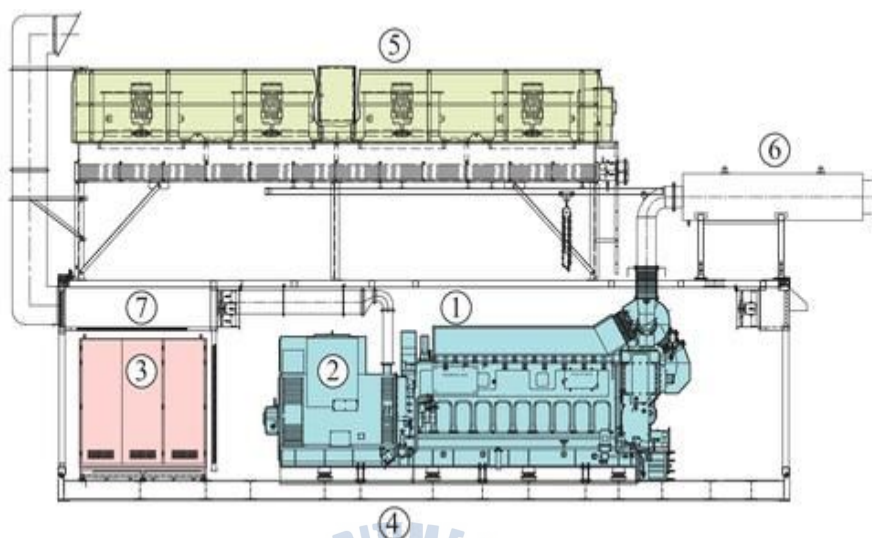


그림 2.8 이동식 발전설비의 구조도

표 2. 이동식 발전설비의 구성품

구 분	내 용
①	· Engine
②	· Generator
③	· Control Panel
④	· Encloser
⑤	· Radiator
⑥	· Exhaust Gas Silencer
⑦	· Ventilation Air Exhaust Fan

이동식 발전설비는 필요전력의 크기에 따라 엔진 모델과 발전기의 출력이 변경 가능하며 이에 따른 외부 컨테이너의 크기와 무게 또한 바뀌게 된다. 즉, 더 큰 용량의 전력을 내는 발전기의 개발과 컨테이너 내부에 들어가는 부속들이 용적이 더 작고 가벼울수록 효율적이고, 높은 경쟁력을 가지게 될 것이다.

## 제 3 장 이동식 발전설비의 시동장치

### 3.1 이동식 발전설비 시동장치의 특성

이동식 발전설비 시동장치의 특성은 어떠한 형태로든 컨테이너 내부에 장착되어야 하므로 물리적인 공간의 제약을 받는다는 점이다. 이러한 점을 극복하기 위해 이동식 발전설비의 시동장치는 여러 가지 형태로 발달되어 왔으며 앞으로도 시동장치의 개발은 끊임없이 계속 될 것이다. 본 논문에서도 이러한 연구개발의 한 형태로 볼 수 있으며 다음 절에서 자세히 설명하기로 한다.

### 3.2 이동식 발전설비 시동장치

이동식 발전설비의 시동장치는 크게 압축공기식과 전기시동전동기식 두 가지로 나눌 수 있으며 모두 약 12[m]의 컨테이너 내부에 장착되어 발전기의 기동을 제어한다. 부피와 비용의 절감 차원에서 볼 때 압축공기식 시동장치 보다 전기식 시동장치의 장점이 더 크다고 볼 수 있으며 각 시동장치의 특징은 다음과 같다.

#### 3.2.1 압축공기식 시동장치

압축공기식 시동장치는 공기시동모터를 사용하여 발전기의 원동기를 기동시키며 스타팅에 필요한 압축공기를 얻기 위해 공기압축기와 압축된 공기를 저장하는 압축공기 보관용 탱크 시스템이 필요하다. 그림 3.1은 컨테이너 내부에 압축공기식 시동장치를 사용하는 경우의 발전 시스템을 간략히 보여준다.

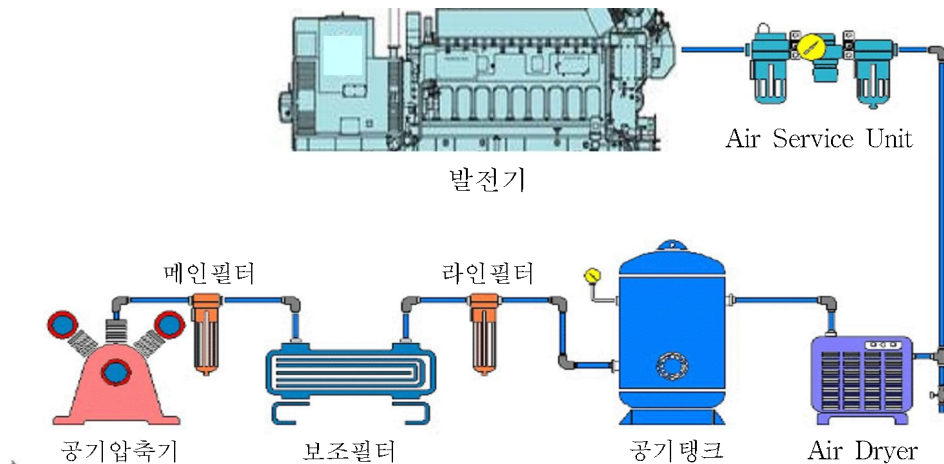


그림 3.1 압축공기식 시동장치 구성도

압축공기식 시동장치의 또 다른 단점은 공기압축기용 전동기를 사용함으로써 전기에너지를 압력에너지로 전환한 후 압축공기의 압력에너지를 다시 공기시동 모터에서 기계에너지로 변환하므로 에너지 효율이 감소한다는 점이다.

7~10[kg/cm<sup>2</sup>]의 압축공기를 이용하여 터빈 블레이드의 회전력을 얻어 공기시동모터를 회전시키므로 터빈 블레이드의 손상이나 공기압축기 또는 압축공기 보관용 탱크, 압축공기 라인 등의 외부적 결함에 의해 발전기의 시동이 불가능해질 수 있다. 또한 고압의 압축공기를 취급하기 위한 배관의 설치, 조립 등에 소요되는 비용에 따른 경제적 측면과 고압 압축공기로 인한 안전사고의 위험성, 관련계통의 유지, 보수 및 1차 전원의 공급이 어려운 도서지역이나 오지 등의 지역적 제한을 극복하기 위한 이동식 발전설비의 사용목적과도 상반된다는 점은 압축공기식 시동장치의 단점이라 말할 수 있으며 최근에는 전기시동전동기를 이용한 발전기의 탑재로 이러한 단점을 극복하고 있다.

### 3.2.2 전기식 시동장치

전기시동전동기를 이용한 전기식 시동장치는 압축공기식 시동장치 시스템과는



달리 전기에너지를 직접 기계에너지로 변환함으로써 에너지 효율의 증가를 얻을 수 있다. 추가로 부피와 용적률 및 공기압축기, 압축공기 보관 탱크 등의 부속품들에 대한 설치비용면에서 43[%] 이상의 절감이 가능하고 안전사고의 위험이 적어지며, 작업의 효율성이 높다. 그림 3.2는 압축공기식 시동장치에 비해 용적률이 크게 개선된 전기식 시동장치의 모습을 보여준다.

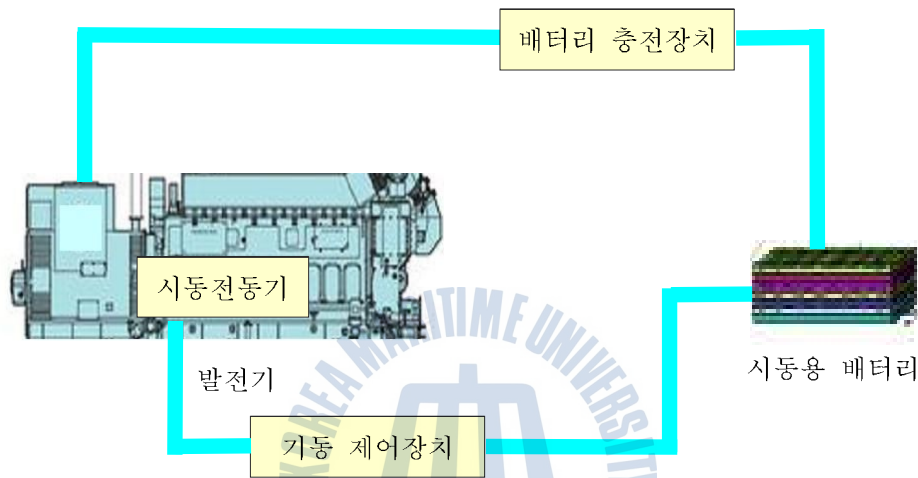


그림 3.2 전기식 시동장치 구성도

기존의 압축공기식 시동장치에 필요한 공기압축기, 압축공기 보관용 탱크, 압축공기 배관 내 수분을 제거하기 위한 에어 드라이어 등이 필요치 않으므로 용적률의 개선과 동시에 중량 또한 감소되는 효과를 가져온다. 상용 24[V] 배터리를 시동 전원으로 사용하는 전기시동전동기를 발전기 기동용으로 사용하고 발전기의 기동시 충전회로를 통해 배터리를 충전하는 시스템으로 1차 전원이 필요하지 않으므로 도서지역이나 오지 등의 지역적 제한에 구애받지 않는 큰 장점을 갖게 된다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 현재 국내기업에서 건조되고 있는 전기식 시동장치를 사용하는 이동식 발전설비에는 압축 공기식 시동장치가 사용되고 있으며 전기시동전동기를 이용한 전기식 시동시스템에 대한 연구개발은 이루어지지 않고 있는 실정이다. 향후 전기식 시동장치에 대한 시장

의 수요는 점차 증가할 것으로 판단되며 국가간 산업 경쟁에서 비교우위를 선점하기 위해서도 전기시동전동기와 시동제어장치에 관한 연구는 반드시 필요하다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 전기식 시동장치의 핵심 기술인 전기 시동전동기의 피니언 기어와 엔진 플라이휠의 링 기어를 연결시키는 축 쉬프팅 장치, 축 이동의 확인 후 주접점이 턴온되어 전동기에 전원이 인가됨으로서 순조로운 전이(轉移)과정 및 시동이 완료되는 기동 안전장치 및 기동 후 전기자권선 및 계자권선에 저장된 에너지의 발산에 의한 아크로부터의 접점과 정류자편을 보호하는 접점 및 정류자편 보호장치를 중심으로 연구하였으며 자세한 내용은 4장에서 기술하였다.



## 제 4 장 전자식 기동제어장치

### 4.1 피니언 기어 쉬프팅 제어장치

그림4.1은 기존의 기동제어장치의 회로도이고 그림 4.2는 본 논문에서 제안하는 기어 쉬프팅 장치의 시퀀스도이다.

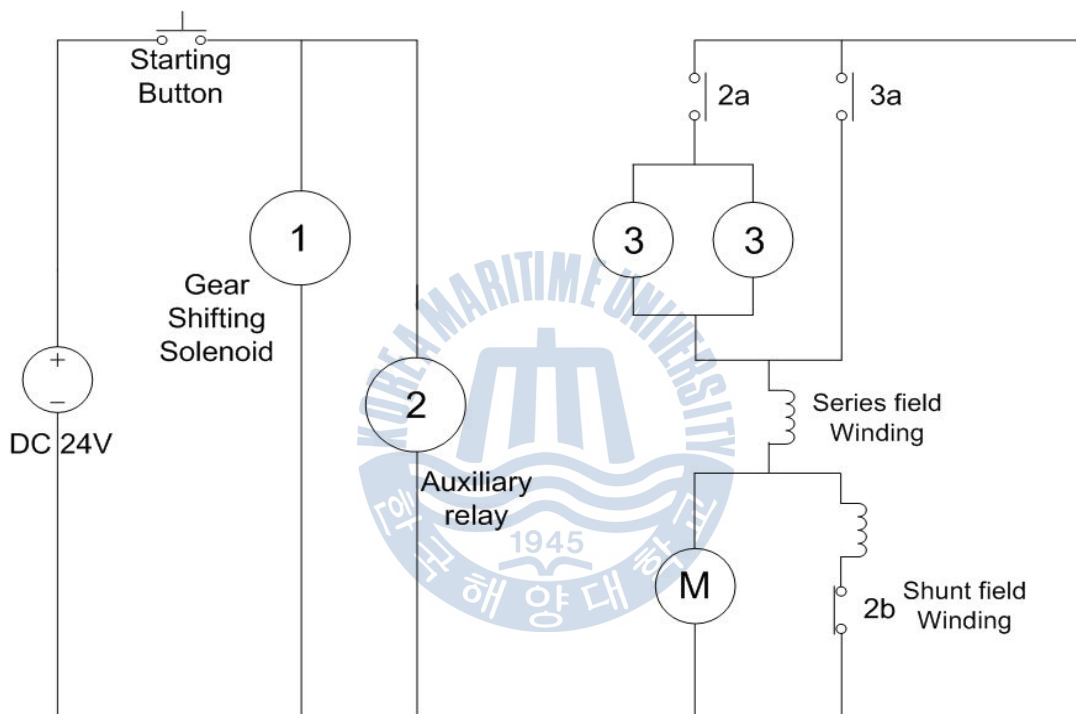


그림 4.1 기존의 기동제어장치 회로도

지금까지 사용되고 있는 기어 쉬프팅 장치는 릴레이들에 의해 피니언 기어가 플라이휠 링 기어와 맞물릴 경우 전동기의 전원을 공급하는 기계식 주접점이 닫히므로 즉시 전동기가 기동되는 구조이다. 이 시스템은 주접점이 기어 쉬프팅 장치 끝단에 설치되어 있으므로 기동중 주접점이 과전류에 의한 소손으로 고착될 경우 기어의 분리 및 전원공급차단이 지연되거나 불가능한 사고가 유발될 수 있다.

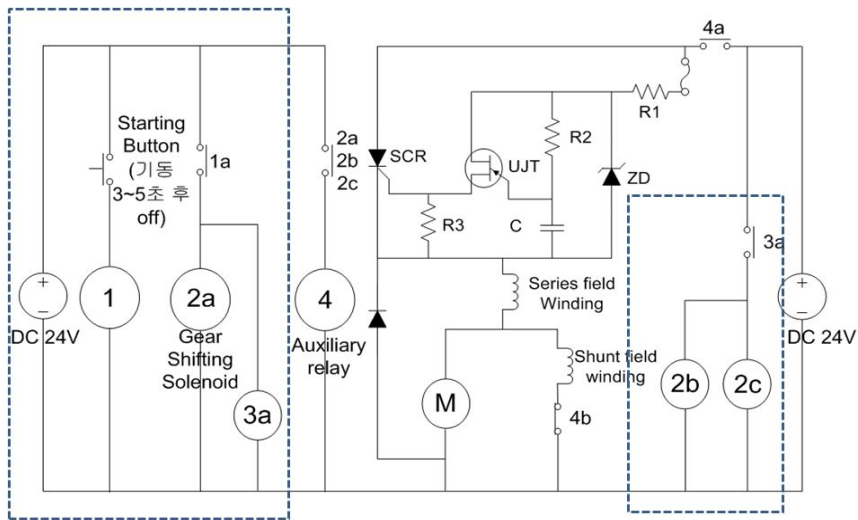


그림 4.2 제안된 기어 쉬프팅 장치의 시퀀스도

그러나 본 논문에 제안된 시스템에서는 그림4.2와 같이 기어 쉬프팅 릴레이에 의해 동작되는 기계접점(직렬 연결된 접점 2a, 2b, 2c)과 전동기 전원공급용 접점(4a)을 분리시켰다. 따라서 기어의 확실한 쉬프팅 상태를 확인하는 기계 접점에는 보조릴레이(4) 구동용의 비교적 적은 전류가 흐르므로 앞에서 기술한 사고의 가능성은 없다. 그림4.3은 기어 쉬프팅 장치의 일면을 보여준다.

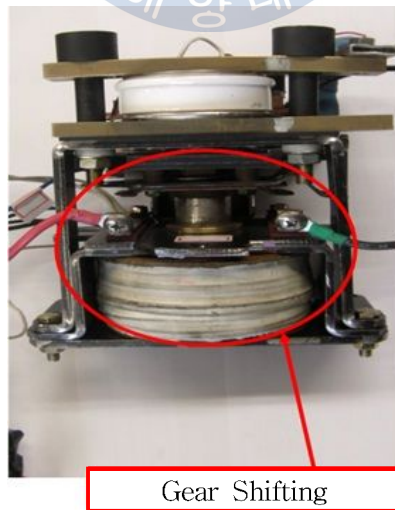


그림 4.3 피니언 기어 쉬프팅 장치

## 4.2 기동 안전장치

그림 4.4는 반도체 소자인 사이리스터를 사용한 기동 안전장치 회로도이다.

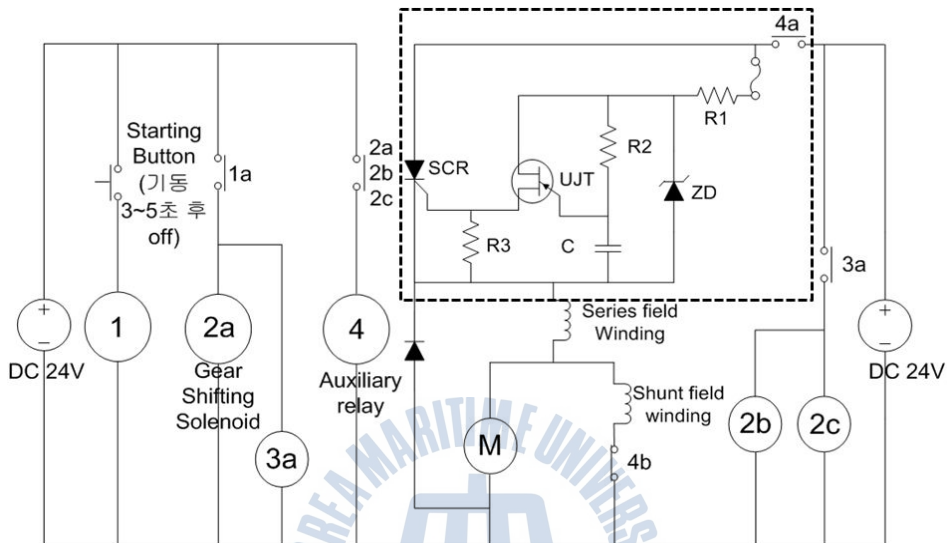


그림 4.4 사이리스터를 사용한 기동안전장치

표 3.에 본 시스템에 장착한 사이리스터의 사양을 나타내었다. 기존 기동 제어시스템의 경우는 주접점이 닫힘과 동시에 큰 돌입전류가 시동전동기에 인가된다. 또한, 전기시동시스템에 적용되는 전동기의 저항 및 유도성 리액턴스는 대단히 작으므로 주접점이 완전히 닫히기 직전부터 전류가 흘러 아크에 의한 접점손상을 초래할 수 있다. 본 논문에 제안된 시스템에서는 사이리스터 및 사이리스터 턴온 지연회로를 사용하여 전원공급접점(4a)이 닫히고 일정시간(0.3~0.5초)이 경과한 후 무접점 스위치인 사이리스터를 통해 기동전류가 흐르도록 함으로써 아크 발생 가능성을 배제하였고 부드럽고 점진적인 시동을 기대할 수 있다.

표 3. 본 시스템에 장착한 사이리스터의 주요사양

구 분	VOLTAGE RATINGS	MAXIMUM LIMITS	UNITS
$V_{CRM}$	·Repetitive peak off-slate voltage.(note 1)	1200-1600	V
$V_{CSM}$	·Non-repetitive peak off-slate voltage.(note 1)		V
$V_{RPM}$	·Repetitive peak reverse voltage.(note 1)		V
$V_{RSM}$	·Non-repetitive peak reverse voltage.(note 1)	1300-1700	V
$I_{T(AV)M}$	·Maximum average on-slate current, $T=55^{\circ}\text{C}$ .(note 2)	2046	A
$I_{T(AV)M}$	·Maximum average on-slate current. $T=85^{\circ}\text{C}$ .(note 2)	1338	A
$I_{T(AV)M}$	·Maximum average on-slate current. $T=85^{\circ}\text{C}$ .(note 3)	760	A
$I_{T(RMS)M}$	·Nominal RMS on slate current. $T=25^{\circ}\text{C}$ .(note 2)	4141	A
$I_{T(D.C)}$	·D.C. on-slate current. $T=25^{\circ}\text{C}$ .(note 4)	3340	A
$I_{TSM}$	·Peak non-repetitive surge $I_p=10\text{ms}$ , $V_m=0.6V_{RPM}$ .(note 5)	29.2	A
$I_{TSM}^2$	·Peak non-repetitive surge $I_p=10\text{ms}$ , $V_m \leq 10V$ .(note 5)	32.2	A
(dv/dt)	·Critical rate of rise of on-slate current(repetitive).(note 6)	150	A/ $\mu\text{s}$
	·Critical rate of rise of on-slate current(non-repetitive).(note 6)	300	A/ $\mu\text{s}$
$V_{RCM}$	·Peak reverse gate voltage	5	V
$P_{G(AV)}$	·Mean forward gate power	4	W
$P_{GM}$	·Peak forward gate power	30	W
T	·Operating temperature range	-40 to +125	$^{\circ}\text{C}$
T	·Storage temperature range	-40 to +125	$^{\circ}\text{C}$

Notes 1) De-rating factor of 0.13% per  $^{\circ}\text{C}$  is applicable for T below  $25^{\circ}\text{C}$

2) Double side cooled, single phase. 50Hz.  $180^{\circ}$  half-sinewave.

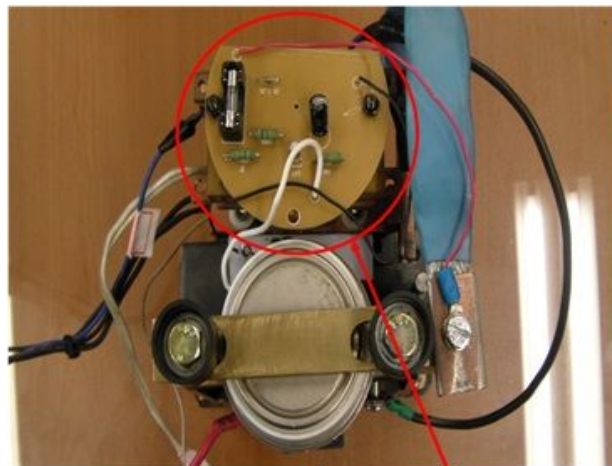
3) Single side cooled, single phase. 50Hz.  $180^{\circ}$  half-sinewave.

4) Double side cooled.

5) Half-sinewave.  $125^{\circ}\text{C}$  T initial.

6)  $V_p=67\%$ ,  $V_{DRM}$ ,  $IFG=2A$ ,  $t \leq 0.5\mu\text{s}$ .  $TCRM=125^{\circ}\text{C}$ .

그림 4.5는 본 시스템에 사용한 기동 안전장치를 보여주고 있고 그림 4.6은 사이리스터 턴온 및 지연회로도이다.



Soft Starting Device

그림 4.5 본 시스템의 기동 안전장치

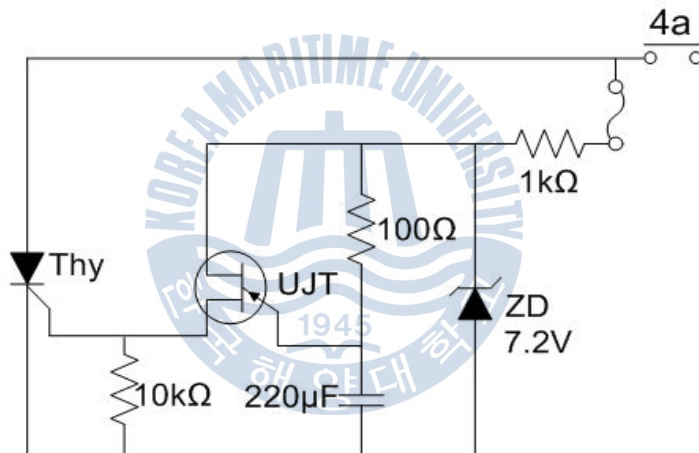


그림 4.6 사이리스터 턴온 및 지연회로의 부품구성도

### 4.3 접점 및 정류자편 보호장치

본 시스템에 적용되는 직권전동기는 인덕턴스가 대단히 작지만 시동말기에도 대전류(약 1500[A])가 흐르므로 전원 차단시 전원공급접점사이와 정류자편과 브러시사이에 심한 아크가 발생한다. 이로 인해 접점과 정류자편이 소손되어 표면이 거칠어지고 접촉저항이 증가함으로써 보다 심한 손상을 초래하는 악순

7. 접점 및 정류자편 보호회로

7. 접점 및 정류자편 보호회로

이오드가 장착된 기동제어장



리휠링 다이오드가 장착된 기



점점개방 시 자기에너지 형태로 직권계자권선 및 전기자권선에 저장된 에너지는 접점단자 사이와 정류자편과 브러시사이에서 순간적으로 소멸되지 않고 직권계자권선, 전기자권선 및 분권계자권선의 저항을 통해 서서히 소모됨으로써 접점과 정류자편의 손상을 감소시킬 수 있다.



## 제 5 장 실험 및 검토

### 5.1 실험장치의 구성

본 논문에서 제안된 전자식 기동제어장치의 성능을 확인하기 위해 실험장치를 구성하였다. 그림 5.1은 전자식 기동제어장치 시스템의 성능을 시험하기 위한 장치의 계통도이다.

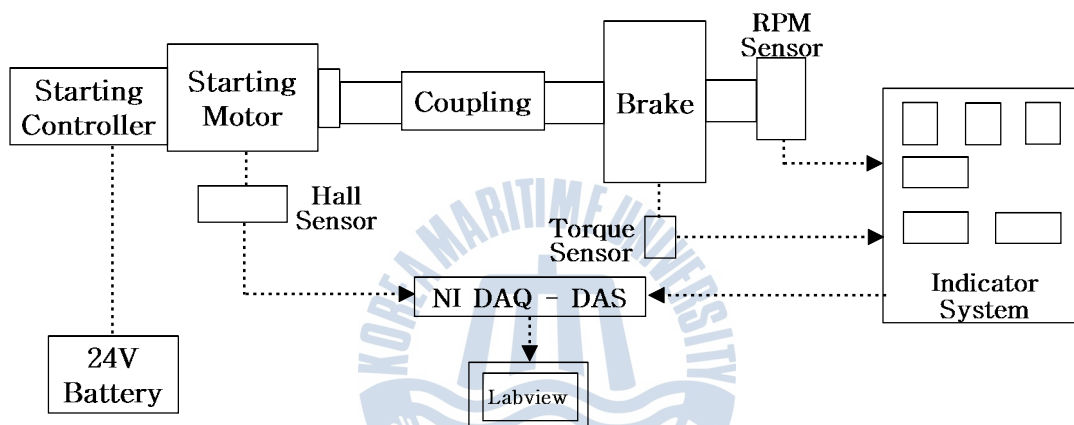


그림 5.1 전기시동시스템 실험장치의 계통도

그림 5.2는 실제 엔진부하의 역할을 담당하는 부하인가장치(Dynamometer)와 전동기 및 설치대의 외양을 도시하고 있다.

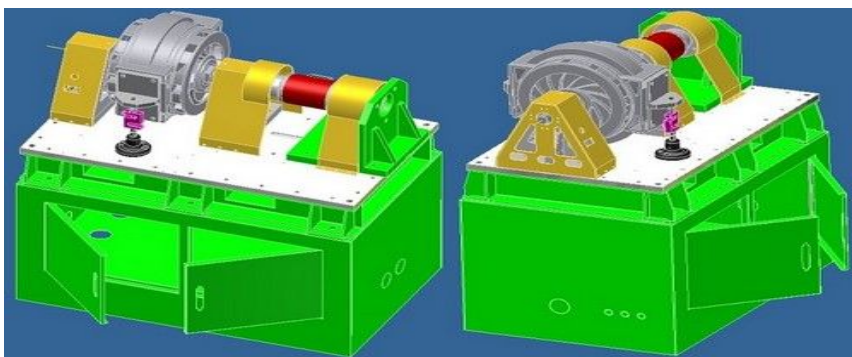


그림 5.2 부하인가장치, 전동기 및 설치대의 외양

표 4는 실험에 사용된 부하인가장치와 측정시스템의 사양을 보여준다.

표 4. 부하인가장치 측정시스템의 사양

No.	품 목	규 격
1	Dynamometer	
	1) Brake & Bed Frame	- Size : 2000x800x800
	- Torque Transmitter	- EC Type Dynamometer
	- RPM Transducer	- Max. Torque : 500[Nm]
		- Max. RPM : 5,000[rpm]
		- 1000[Nm]
		- Optical
	2) Coupling	
	3) Motor Mount Bracket	
2	Control System	
	- Serial Interface	- Serial Interface
	- LCD Display	- LCD, 7-SEG LED
	- Absorber Control	- Feedback Control
	- Test Mode Control	
	- DC 0~10[V] Remote	
	- 6Ch Analog Input	
	- 8Ch DIO	
3	Program	
	Motor Performance Report	

그림 5.3은 본 실험에 사용된 실험대와 데이터 측정시스템의 외양이다.



그림 5.3 실험대와 데이터 측정시스템 외양

성능시험 시 측정된 전압, 전류, 속도 및 토크 데이터의 출력은 상용프로그램인 Labview를 사용하였다. 그림 5.4는 측정된 데이터를 저장하고 화면에 출력하는 디스플레이 패널을 보여준다.



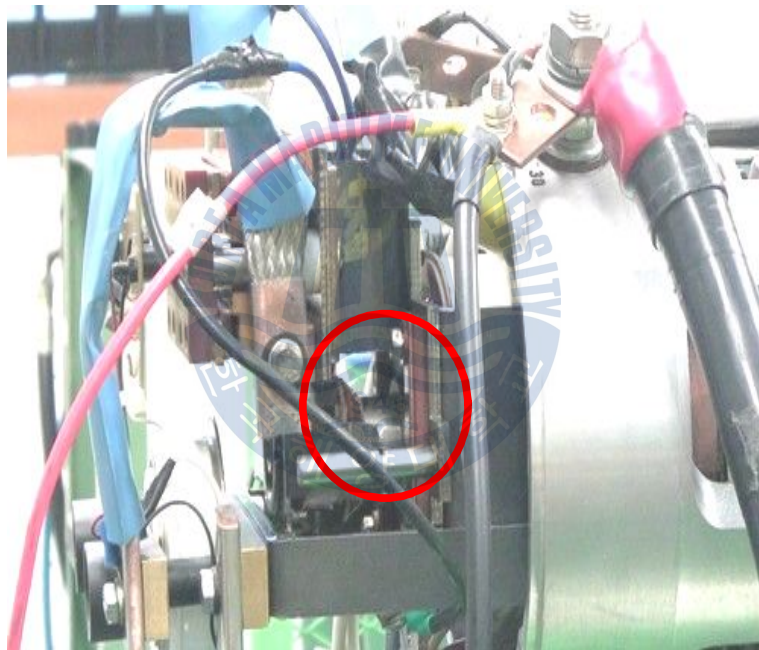
그림 5.4 데이터 출력 디스플레이 패널

## 5.2 실험 결과

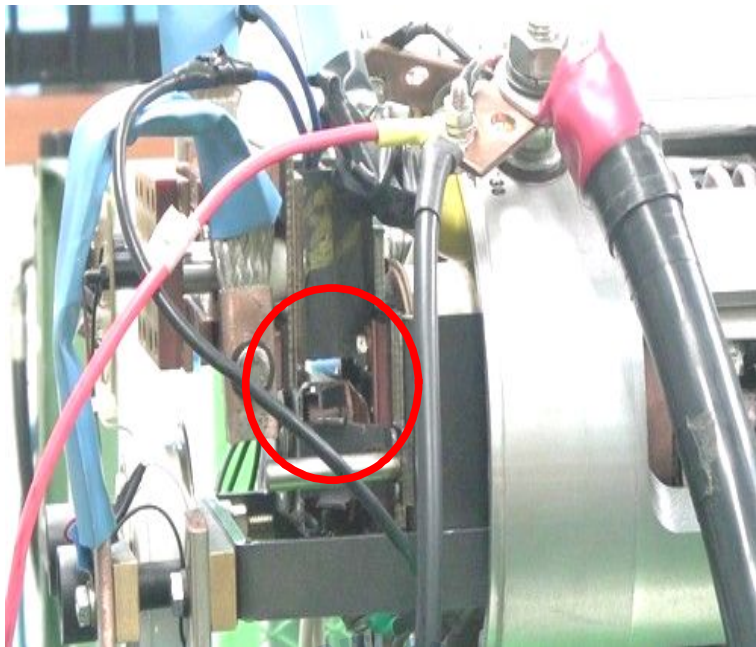
### 5.2.1 전자식 기동제어장치 동작 실험

#### 1) 기어 쉬프팅 장치 동작실험

본 논문에서 제안한 기동제어시스템의 기어 쉬프팅 장치 동작실험을 실시하였다. 그림 5.5는 기어 쉬프팅 장치가 원활하게 동작하고 있음을 보여준다.



(a) 기어 쉬프팅 전



(b) 기어 쉬프팅 후  
그림 5.5 기어 쉬프팅 장치 동작 실험

## 2) 기동 안전장치 실험

피니언 기어의 완전한 이동 및 전원공급접점의 확실한 접촉 후 전동기의 기동이 이루어지도록 안전장치를 설계, 제작하여 실험한 결과 부드럽고 아크발생이 없는 동작 성능을 보여 주었다.  $R_1(1[k\Omega])$ ,  $R_2(100[\Omega])$ ,  $R_3(10[k\Omega])$ ,  $C(220[\mu F])$  및 UJT 소자를 통해 사이리스터의 Turn-on 시간이  $0.2 \sim 0.3[sec]$  정도 지연됨을 확인할 수 있었다.

## 3) 점접 및 정류자편 보호장치 실험

점접 및 정류자편 보호장치가 설치되어 있지 않은 기존의 기동제어장치를 사용하여 단시간에 수 백회 시동실험을 실시한 결과 그림 5.6과 같이 주접점이 아크에 의해 심하게 손상됨을 볼 수 있었다. 그러나 본 연구에서 제안한 기동



제어장치는 전원공급접점을 기어 쉬프팅 장치와 분리하였고, 횡령 다이오드를 사용하여 보호장치를 설치하였으므로 기어 쉬프팅 끝단부의 마모는 전혀 발생하지 않았고 전원공급접점과 정류자판도 비교적 깨끗한 상태로 보존됨으로써 아크손상이 많이 발생하지 않음을 알 수 있었다.

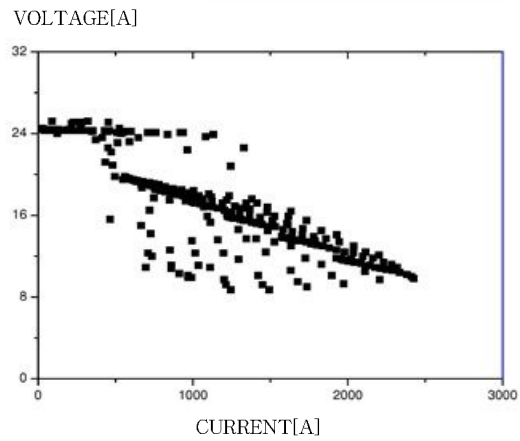


그림 5.6 기존의 기동제어장치에 발생된 아크 손상

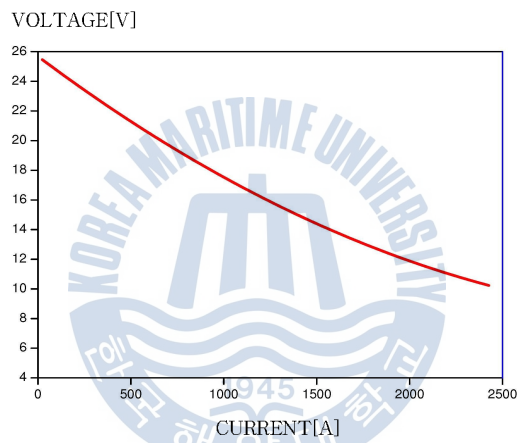
## 5.2.2 전자식 기동제어장치에 의한 성능특성

전자식 기동 제어장치의 개발 제품에 대한 출력 특성을 기존의 기동제어장치를 사용하는 경우의 출력과 상호 비교 분석하였다. 성능 분석을 위한 데이터는 전동기의 전류에 대한 전압, 토크, 출력 및 속도를 실험을 통해 측정하였다.

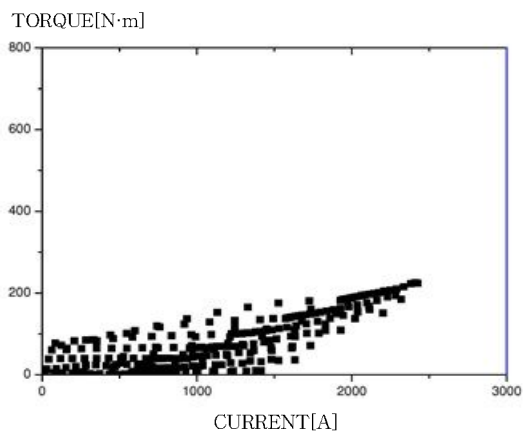
### 1) 기존의 기동제어장치에 의한 성능특성



(1) 전압분포도

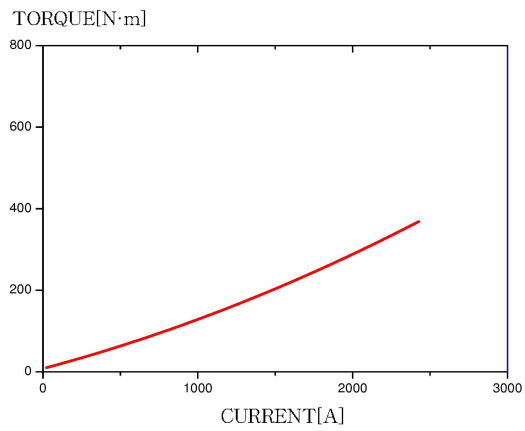


(2) 입력전압

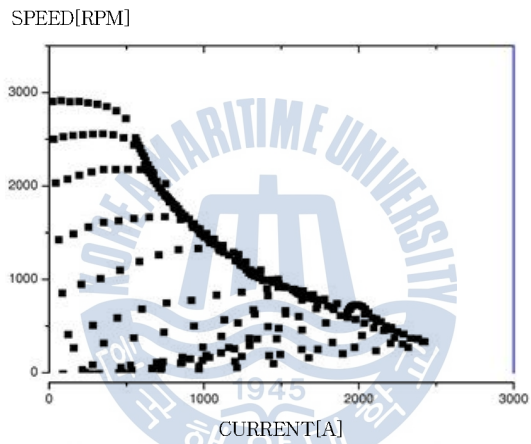


(3) 토크 분포도

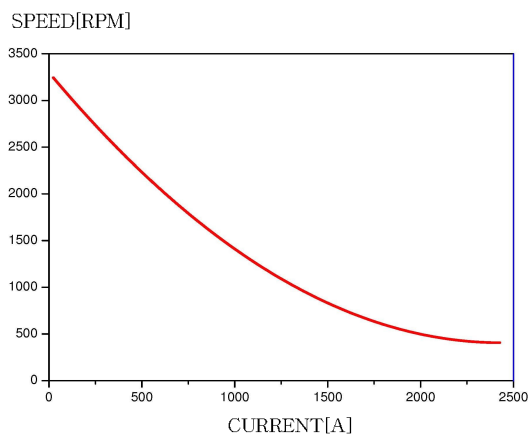




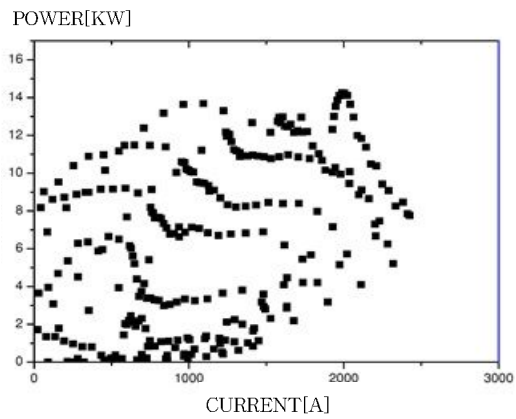
(4) 출력토크



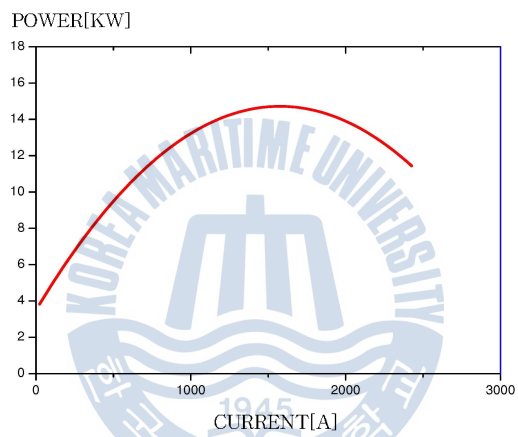
(5) 속도 분포도



(6) 속도



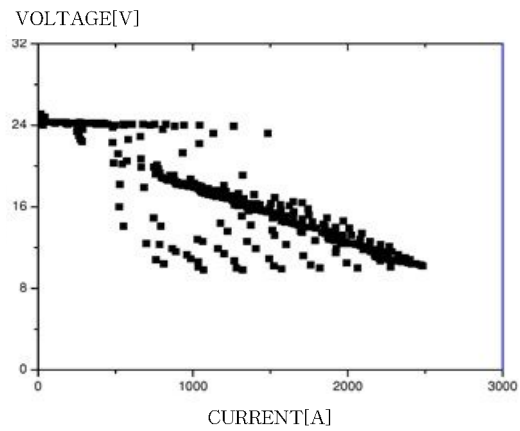
(7) 출력 분포도



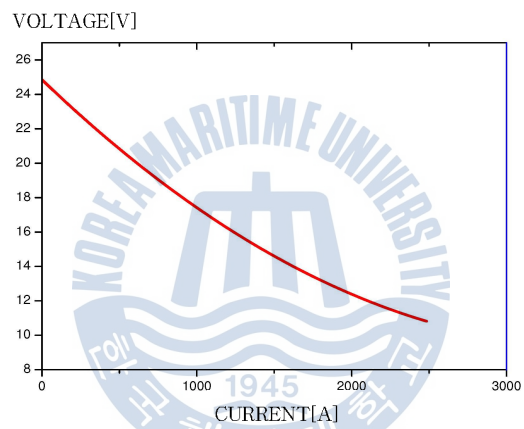
(8) 출력

그림 5.7 기존의 기동제어장치에 의한 특성곡선

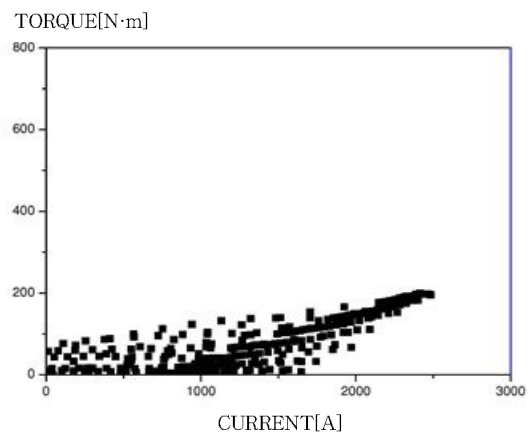
## 2) 전자식 기동제어장치에 의한 성능 특성



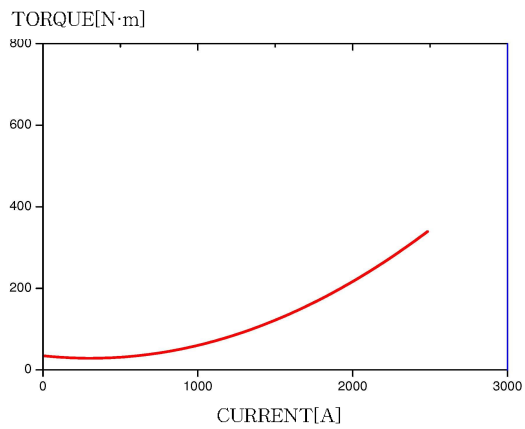
(1) 전압 분포도



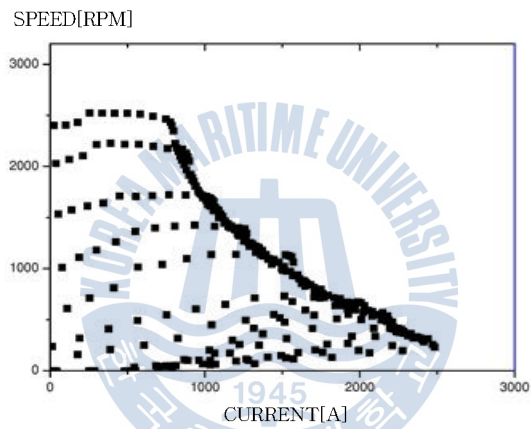
(2) 입력전압



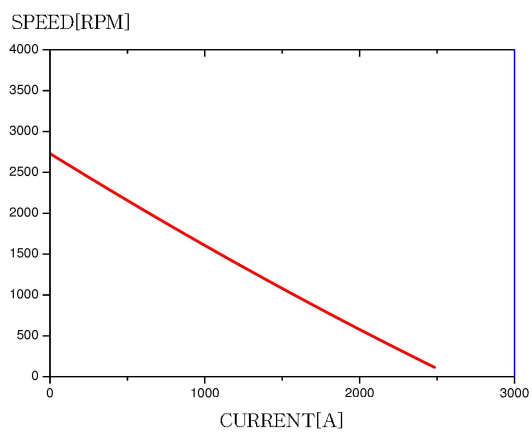
(3) 토크 분포도



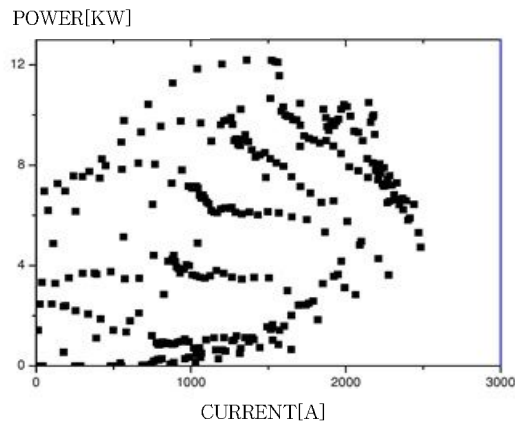
(4) 출력토크



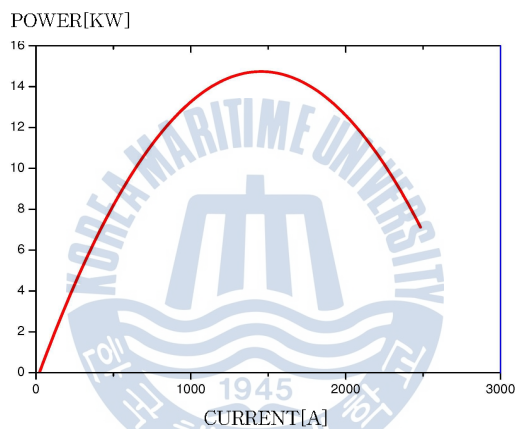
(5) 속도 분포도



(6) 속도



(7) 출력 분포도



(8) 출력

그림 5.8 전자식 기동제어장치에 의한 특성 곡선

그림 5.7 및 그림 5.8의 특성 곡선을 상호 비교 분석한 결과, 기존의 기동 제어장치 및 전자식 기동제어장치를 사용하였을 경우 최대 출력은 12[kW]로 동일함을 알 수 있었으며, 또한 출력 토크, 전동기 속도 및 입력 전압 특성 곡선도 유사한 특성을 보임을 알 수 있었다.

### 3) 부하에 따른 온도 변화

시동 전동기의 기동 시 기존의 기동제어장치와 전자식 기동제어장치의 발열 정도를 부하에 따른 기동제어장치 주변의 온도 측정 결과로써 분석하였다.

시험 환경은 실내온도 15[℃], 1회 동작시간 3[sec], 1회 실시 후 10분 냉각으로 설정하였다. 그림 5.9와 같이 전자식 기동제어장치를 사용하였을 경우가 기존의 기동제어장치 사용 시보다 온도분포가 낮음을 볼 수 있었으며, 이는 전자식 기동제어장치의 안전성 및 신뢰성이 우수함을 간접적으로 보여주는 것이라 할 수 있다.

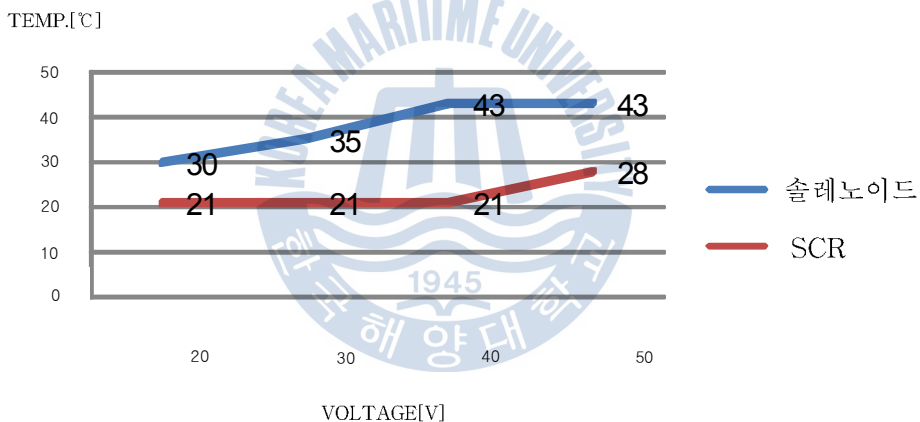


그림 5.9 부하에 따른 온도 변화

### 4) 부하전류 분석

시동 전동기 기동 시 부하를 점차 증가시키면서 전자식 기동제어장치 및 전동기에 공급되는 전류를 측정한 결과를 그림 5.10에 보여주고 있으며, 사이리스터의 정격 보다 적은 전류가 짧은 시간 동안 인가되므로 전자식 기동제어장치의 안전성 및 신뢰성을 확인할 수 있었다.

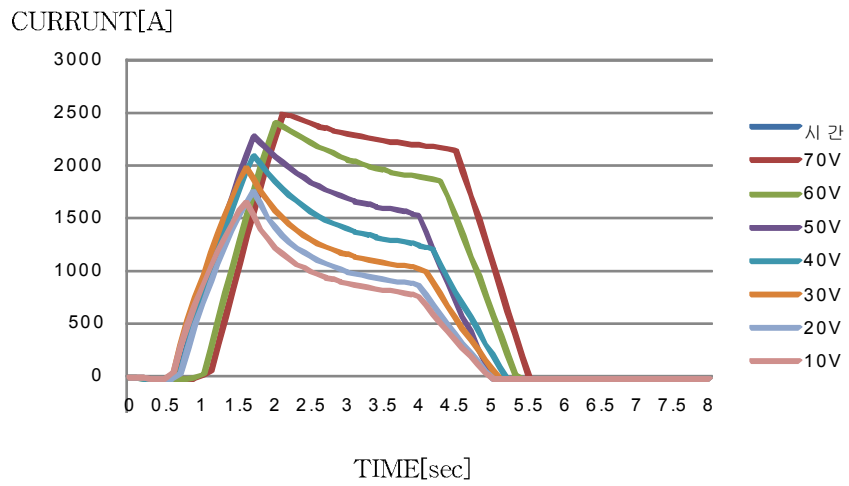


그림 5.10 부하에 따른 전류 특성 곡선



## 제 6 장 결 론

이동식 발전설비에 공기시동모터를 대신하여 전기시동전동기를 장착할 경우에는 원가 절감, 에너지 효율 증가, 유지보수 비용 감소, 용적률 감소 등의 효과를 기대할 수 있다.

그러나 기존의 기동제어장치를 사용하는 전기시동전동기는 기계적 주접점 및 정류자편에 발생하는 아크 손상 및 과열에 의한 사고 발생 위험성을 내포하고 있으므로 특수한 환경에서 사용되는 이동식 발전설비에 있어서는 반드시 개선해야 할 과제이다.

이러한 사고의 가능성을 제거하고자 연구를 시작하였으며, 먼저 기계식 주접점을 사이리스터로 대체하여 대 전류의 온-오프가 사이리스터에 의해 이루어지므로 기계적 손상이 없고 장시간 사용하더라도 성능이 저하되지 않으며 점검 및 보수의 필요가 없는 이점을 얻을 수 있었다.

또한, 기어 쉬프팅 릴레이에 의한 기계적 접점과 전동기 전원공급용 접점을 분리시킴으로써, 기동중 주접점이 과전류에 의한 소손으로 고착될 경우 기어의 분리 및 전원공급차단이 지연되거나 불가능한 사고의 가능성을 배제하였다.

기동시 큰 전류에 의해 손상을 입을 수 있는 스위치의 보호를 위해 사이리스터의 턴온 지연회로를 설치하여 주접점이 닫힌 후 전동기에 전류가 공급되는 시점을 지연시킬 수 있으므로 부드러운 시동이 가능하게 되었다.

엔진 시동 후 전동기 기동 전원 차단 시 전원공급접점 과 정류자편에 인가되는 대 전류에 의한 접점과 정류자편의 손상을 방지하기 위해서 휠링 다이오드를 장착하여 브러시, 정류자편 및 접점 단자의 내구성을 증가시켰다.

본 논문에서는 전자식 기동제어장치의 성능 분석을 위한 기동 실험을 행하였으며 기어의 확실한 쉬프팅, 쉬프팅 릴레이에 의한 기계적 접점과 전동기 전원공급용 접점 분리에 의한 아크 손상 방지, 휠링 다이오드를 이용한 보호 장치에 의해 브러시, 정류자편 및 접점 단자의 내구성 증가 등의 결과를 확인할 수



있었다. 또한, 기존의 기동제어장치와 전자식 기동제어장치를 사용하였을 경우의 시동전동기 출력 특성을 비교 분석한 결과, 최대 출력이 12[kW]로 동일하며 출력 토크 또한 유사한 특성 결과를 얻을 수 있었다.

향후 이동식 발전설비의 운전 환경을 고려하여 전자식 기동제어장치에 사용되는 사이리스터의 설치에 대한 견고성 및 안전성에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.



## 참고문헌

- [1] A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr. Sthphen D. Umans *Electric Machinery* McGraw-Hill Book Company, 2010.
- [2] 김성환·김종수·오세진·김현수 *실용전기기기* 상학당 , 2011.
- [3] 백수현·김용·김철진 *전력전자공학* 회중당, 2009.
- [4] 백수현·김희준·김영석·홍순찬 *전력전자공학* 교보문고, 2009.
- [5] P. C. Krause, *Analysis of Electrical Machinery*, McGraw-Hill Book Company, 1987.
- [6] B. K. Bose, *Power Electronics and AC Drives*, Prentice-Hall, 1987.
- [7] Peter Vas, *Sensorless Vector and Direct Torque Control*, New York, Oxford Science Pub., 1998.



## 감사의 글

본 논문이 완성되기까지 학문적 지도와 자상한 관심을 베풀어 주신 김성환 지도교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 심사과정에서 면밀한 검토와 지도로 논문의 깊이를 더해주신 이성근 교수님, 김종수 교수님께도 깊은 감사를 드립니다. 수업시간 뿐만 아니라 어려울 때 마다 많은 도움을 주셨던 메카트로닉스공학부와 기관시스템공학부 교수님들께도 깊은 감사를 드립니다.

해군 생활 중 학위과정을 시작할 수 있도록 많은 격려를 해 주신 부경대학교 해군 학군단장 박갑제 대령님과 황운학 대령님, 현시학함 인수기관장으로 근무 중 논문이 완성되기까지 시간적 편의와 격려의 말씀을 아끼지 않으신 현시학함 인수합장 김동래 소령님과 인수부합장 이원희 대위님, 인수전투체계관 김병관 대위님, 그리고 믿음직스럽고 용맹한 우리 현시학함 대원 총원에게도 고마움을 전합니다.

석사과정을 시작하면서부터 논문이 완성될 때까지 항상 옆에서 함께하며 많은 도움을 준 연구실의 김현철 지도관과 언제나 관심과 성원을 보내주신 박동혁함 인수합장 방제태 소령님, 정궁모함 인수합장 최효진 소령님, 지덕칠함 인수합장 임찬재 소령님, 같이 PKG 인수기관장으로 근무하며 큰 힘이 된 박동혁함 인수기관장 염윤섭 대위, 정궁모함 인수기관장 나구한 대위님, 지덕칠함 전도흙 대위님, 그리고 유일한 동기이자 많은 힘이 된 박동혁함 인수전투체계관 최정은 대위에게도 감사의 인사를 드립니다.

그리고 막내아들이 항상 건강하고 남에게 도움이 될 수 있는 사람이 되기를 기원하며 많은 기도로 오늘의 저를 있게 해 주신 사랑하는 부모님과 가족, 따뜻한 배려와 성원을 보내주신 수양 부모님, 마지막으로 나의 삶에 있어 나를 믿어주시고 길을 안내해주시는 나의 하나님께 그 동안의 은혜에 조금이나마 보답하고자 모든 영광과 이 논문을 바칩니다.

2011년 6월

대한민국 해군 대위 양정규 드림