

이동식 발전설비용 시동전동기 개발

김종수¹ · 김성환¹ · 오세진² · 김용근³ · 김현수[†]

(원고접수일 : 2011년 9월 19일, 원고수정일 : 2011년 11월 15일, 심사완료일 : 2011년 12월 1일)

A Development of the Starting Motor for Packaged Power Systems

Jong-Su Kim¹ · Seung-Hwan Kim¹ · Sae-Gin Oh² · Yong-Geun Kim³ · Hyun-Su Kim[†]

요 약 : 이동식 발전설비는 이송이나 설치의 편리성과 산간지역이나 도서지역 등의 전력 공급이 어려운 지역에서도 사용할 수 있는 장점을 갖고 있다. 하지만 기존의 이동식 발전설비는 공기식 시동시스템에 의해 기동 되므로 공기 압축기 및 탱크시스템 등이 필요하다. 이러한 장치의 추가로 공기시동시스템은 비용 및 용적률 측면에서 손실이 발생하고 에너지 효율이 감소하게 된다. 본 연구에서는 공기식 시동시스템의 단점을 개선하기 위해서 에너지 효율의 증가, 부피와 용적률 및 비용의 절감, 안전사고의 위험성 감소, 시동의 정확성 증가 및 시동시간의 감소 효과를 기대할 수 있는 전기시동전동기인 직류직권전동기를 개발하였다.

주제어 : 이동식발전설비, 공기식 시동시스템, 전기시동전동기, 직류직권전동기

Abstract: 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 mountain areas and the back of beyond. 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, starting systems which have only batteries and series DC motors as whole automobiles have been applied due to their simplicity and economy. In this paper, developed new starting motor for the P.P.S. And we achieved the better results from performance tests.: Output power, torque and speed.

Key words: Packaged power systems, Compressed air, starting systems, Series DC motors

1. 서 론

현재 육상의 산업현장이나 선박에서 주로 사용되는 발전설비는 전력이 출력되는 제너레이터(Generator)와 제너레이터 회전부에 회전력을 전달하는 원동기(Prime Mover) 부분으로 구성 되어있다. 특히, 원동기로는 디젤발전기의 명칭에서도 알 수 있듯이 디젤엔진(Diesel Engine)이 사용된다. 디젤발전기의 원동기 기동은 주로 공기시동시스템을 사용하고 있으며 공기시동시스템의 구

성에는 공기 압축기 및 탱크시스템 등이 필요하다. 이러한 장치의 추가로 공기시동시스템은 비용 및 용적률 측면에서 손실이 발생하고 에너지 효율이 감소하게 된다. 또한, 공기압축기, 배관소재 제작, 조립 및 설치 등에 과다한 비용과 생산 시간 및 인력이 투입될 뿐만 아니라 고압 압축 공기에 의한 안전사고의 위험성을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 공기시동시스템의 문제점 및 단점을 개선하기 위해서 공기시동시스템과 달

[†] 교신저자(목포해양대학교 기관시스템공학부, E-mail:blue@mmu.ac.kr, Tel:061-240-7222)

1 한국해양대학교 기관시스템공학부

2 한국해양대학교 운항훈련원

3 신홍정공(주)

리, 전기에너지를 직접 기계에너지로 변환함으로써 에너지 효율의 증가, 부피와 용적률 및 비용의 절감, 안전사고의 위험성 감소, 시동의 정확성 증가 및 시동시간의 감소 효과를 기대할 수 있는 전기시동전동기를 개발하고자 하였다[1-3]. 이동식 발전설비 내 발전기의 원동기 시동용 전동기는 기동 시 큰 토크와 순간적으로 대전류가 공급되는 특수 전동기이며 제어가 용이해야 하므로 직류전동기가 적합하다.^{[1][5]} 또한, 디젤엔진 기동을 위한 전기시동전동기 개발에 있어서 핵심 기술은 시동전동기의 피니언 기어와 엔진 플라이휠이 접속되어 회전할 수 있도록 하는 시프팅 기능, 시동전동기의 기동 시 인가되는 과도한 기동전류를 제한시키고 스위치에 발생하는 아크 손상(Arc Damage)을 방지할 수 있는 기동 접점과 직권과 분권을 혼용한 제어시스템 등이다. 연구 개발한 전기시동전동기는 기존의 육상 및 선박의 디젤발전기 원동기 기동용 뿐만 아니라 1차 전원 공급이 어려운 도서지역이나 오지 등의 지역적 제한이 없는 컨테이너형 이동식 발전설비에 설치를 목적으로 하였다.

2. 이동식 발전설비

2.1 발전설비의 개요

이동식 발전설비는 컨테이너 내부에 제너레이터, 디젤엔진 및 발전기 운전에 필요한 각종 설비를 담은 소규모 패키지형 발전기로서 이동과 설치가 용이하며 가격이 저렴한 중유를 연료로 사용할 수 있어 경제적인 특징을 가진다. 또한 외부 전원의 공급이 필요하지 않으므로 산간오지, 도서지역, 전시지역 및 재난이 발생한 지역 등에

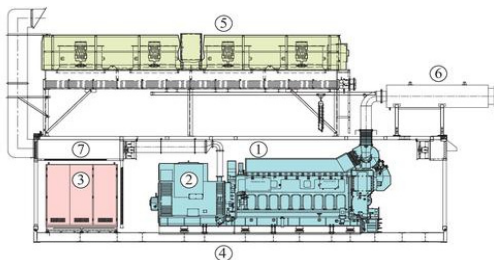


Figure 1: Configuration of a P.P.S

서 제한없이 사용할 수 있는 설치의 편리성과 컨테이너 내부에 모든 설비를 설치하여 운용하므로 안정성도 확보할 수 있다. Figure 1과 Table 1은 이동식 발전설비의 구조도와 구성품을 보여준다.

Table 1: Components of P.P.S

구분	내 용
①	· Engine
②	· Generator
③	· Control Panel
④	· Encloser
⑤	· Radiator
⑥	· Exhaust gas silencer
⑦	· Ventilation air exhaust fan

2.1 기존의 이동식 발전설비

현재 주로 사용되고 있는 기존의 이동식 발전설비는 컨테이너 내부에 발전기의 원동기 기동용으로 공기식시동시스템을 사용하고 있으며, 공기압축기, 배관시스템 및 공기탱크시스템이 설치되어 있다. Figure 2는 공기식시동시스템을 사용하는 발전설비의 계통도를 나타낸다.

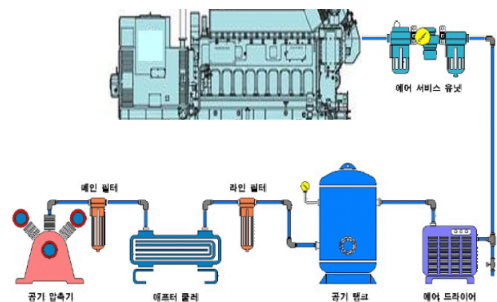


Figure 2: Conventional Packaged Power System

Figure 2와 같은 기존의 이동식 발전설비의 경우는 공기압축설비, 공기 저장설비 및 배관계통의 설치로 인해 부피가 커지며 많은 장치로 인해 고장 및 안전성의 문제점을 가지게 된다.

3. 전기시동전동기를 이용한 이동식 발전설비

3.1 전기시동전동기를 이용한 발전기 구성

소형으로 분류가 되는 승용 및 상용 자동차용 시동전동기에 관한 연구는 2000년대 들어서 꾸준히 진행되어 왔으나 이동식 발전설비용 전기시동전동기의 개발 및 제작은 국내에서는 시도된 경우가 없다.

그러나 최근에 국내기업에서 생산하는 이동식 발전설비의 해외 판로가 개척되고 그 수요가 급격히 증가되고 있는 현 시점에서 이동식 발전설비의 핵심장비인 발전기 엔진의 새로운 시동장비의 개발이 시급한 실정이다. 컨테이너 발전설비의 특성상 부피와 시동의 신뢰성 및 안전성이 무엇보다 중요한 사항이므로 전기시동전동기를 이동식 발전설비의 시동장치로 사용하는 것이 적절하다. Figure 3은 전기시동전동기를 이용한 이동식 발전설비의 외형도이다.

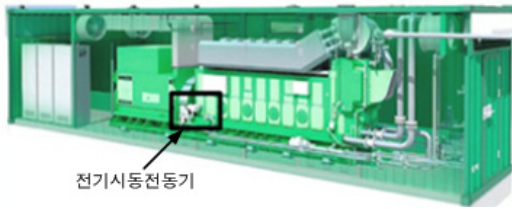


Figure 3: Packaged Power System using Electrical Starting Motor

3.2 전기시동전동기의 특성

이동식 발전설비의 원동기인 디젤엔진의 기동용으로 는 직류 직권전동기가 적합하다. 직권전동기는 전차, 크레인 등과 같이 큰 기동토크를 필요로 하고 일정한 속도를 요구하지 않는 경우에 주로 사용되고 있다. 전동기의 사용목적상 단속사용이 많고 정격도 연속정격이 아닌 1시간 정격, 반시간 정격 등의 단시간 정격이 많다. 직권전동기가 가장 많이 사용되는 곳은 전기철도이다. 전기시동전동기로 사용될 직권전동기는 전자력을 발생시키는 전기자 코일 등을 포함한 회전부, 자계를 형성하는 계자 코일과 전류의 흐름 방향을 항

상 일정하게 유지시켜 주는 브러시 등을 포함한 고정부, 오버러닝 클러치, 릴레이부로 구성되어 있다[1-5]. Figure 4는 전기시동전동기용으로 사용이 적합한 직권전동기의 구조도이다.

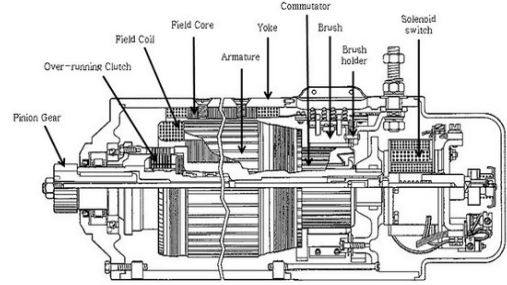


Figure 4: Electrical Starting Motor

4. 전기시동전동기 개발

4.1 전기시동전동기 개발 목표

본 연구에서 목표로 하는 전기시동전동기의 성능은 다음 표와 같다.

Table 2: Specification of Starting Motor

평가항목	단위	세계최고수준 (로베르토보쉬/독일)	연구개발 전 국내수준
최대 토크	N · m	150	-
최대 출력	kW	12	-
전류	A	1,740	-
작동전압	V	24	-
시동 회전수	RPM	1,365	-
시동시간	SEC	0.5	-
CCA	A	1,200	-
내구성	Cycle	1,500	-

4.2 전기시동전동기의 구성부

이동식 발전설비의 디젤엔진 기동을 위한 전기시동전동기는 엔진 링기어에 치합되는 피니언, 전기자 및 계자, 전동기의 오버러닝을 방지하는 클러치, 모터와 솔레노이드 스위치가 일직선으로 배열되도록 구성된다. 전기시동전동기의 세부 구성품은 Figure 5에 나타내었다.

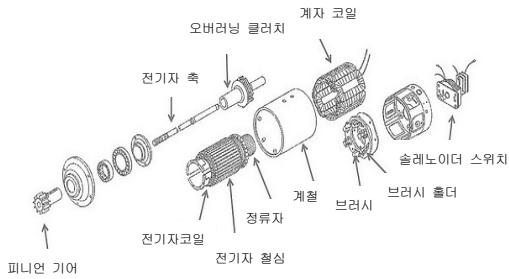
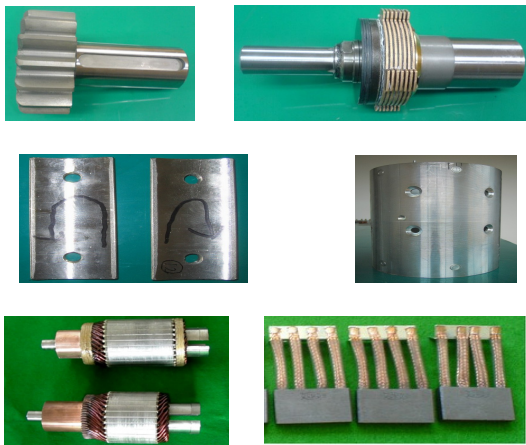


Figure 5: Assembly Diagram of Electrical Starting Motor

4.3 개발된 전기시동전동기 핵심 구성품

본 연구에서 개발된 전기시동전동기의 핵심 구성품인 피니언 기어, 오버러닝 클러치, 계자, 계철, 전기자 및 브러시를 Figure 6에 보여주고 있다.



(a)pinion gear (b)overrunning clutch (c)pole (d)yoke (e)armature (f)brush

Figure 6: Parts of Electrical Starting Motor

또한, Figure 7은 전기시동전동기의 외형도와 시제품이다.

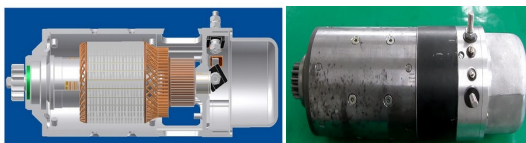


Figure 7: Prototype Starting Motor

5. 전기시동전동기의 기동제어장치

전기시동전동기 기동제어장치의 핵심은 전동기 축이 이동될 수 있도록 아마추어 축 끝단에 스플라인을 형성하여 피니언 축의 스플라인과 치합되게 하며, 솔레노이드 스위치에 의하여 작동되는 브레이크의 작용에 의해 피니언이 엔진 링기어에 치합되고 피니언의 회전 속도가 전동기의 회전 속도보다 빠른 경우에는 스플라인의 작용에 의해 피니언이 후퇴하여 엔진 링기어와의 결합이 해제되도록 하는 부분과 시동전동기의 기동시 인가되는 과도한 기동 전류를 제한하고 스위치에서 발생하는 아크 손상(Arc Damage)을 방지 할 수 있는 기동 접점과 제어시스템이다. 특히, 본 연구에서는 피니언이 엔진 링기어에 완전히 치합된 후 기동전원이 투입되도록 하는 기동 안전장치를 두었으며 Figure 8에서 볼 수 있듯이 정지시 신속한 접점의 이탈을 통해 스위치 손상을 방지하기 위해 직권 권선과 분권 권선을 혼용하였다.

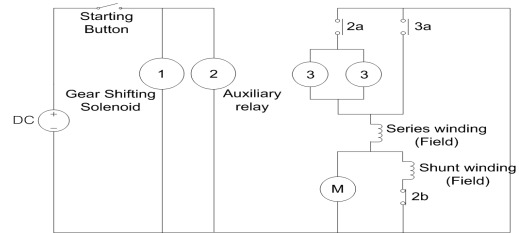


Figure 8: Prototype Starting Motor

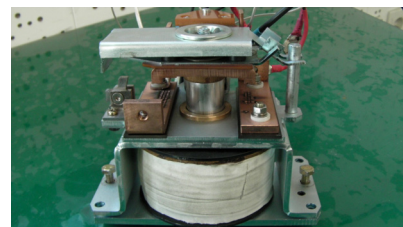


Figure 9: Product of Starting Controller

6. 개발된 전기시동전동기의 성능분석

6.1 개발된 전기시동전동기

기동제어장치를 취합한 전기시동전동기의 성능 분석을 행하였으며 Figure 10에서 개발된 전기시

동전동기의 시제품을 보여주고 있다.

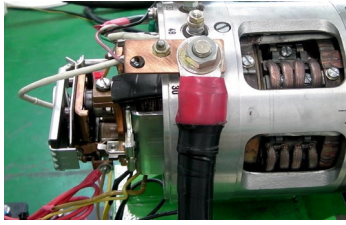


Figure 10: Prototype Starting Device

6.2 성능분석 시스템

개발 제품의 성능 분석을 위해 성능 시험장치 및 데이터 측정 시스템을 구축하였다. 표 3은 성능 시험장치 및 데이터 측정 시스템의 사양이며 Figure 11는 성능시험장치를 나타낸다.



Figure 11: Performance Test & Data Acquisition System

Table 3: Specification of Performance Test & Data Acquisition System

No.	Items	Standard
1	Dynamometer	
	1) Brake & Bed Frame	Size : 2000*800*800
		EC Type Dynamometer
		Max. Torque : 500Nm
		Max. RPM : 5,000
	2) Coupling	
	3) Motor mount bracket	
2	Control System	
	- Serial Interface	Serial Interface
	- LCD Display	LCD, 7-SEG LED
	- Absorber Control	Feedback Control
	- DC 0~10V remote	
	- 6Ch analog Input	
	- 8Ch DIO	
3	Program	
	Performance Report	

6.3 성능분석 결과

개발된 전기시동전동기의 성능 분석을 위해 전동기의 공급전류에 대한 전압, 토크, 출력 및 속도 값을 Figure 11의 성능시험장치를 사용하여 측정하였다. 본 연구개발에서 목표로 하였던 전기시동전동기의 출력은 12[kW] 였으나 개발 제품은 13[kW]로서 목표치를 상회하는 성과를 얻었다. 또한, 토크, 전류, 작동전압, 시동회전수, 시동시간 및 내구성에 있어서도 목표값을 달성하였다.

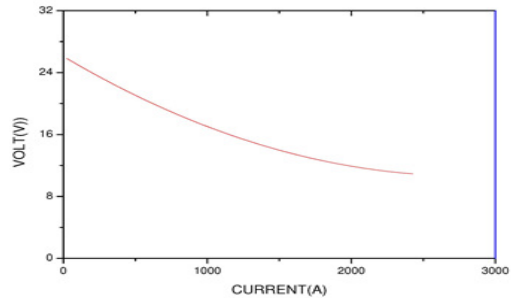


Figure 12: Input Voltage

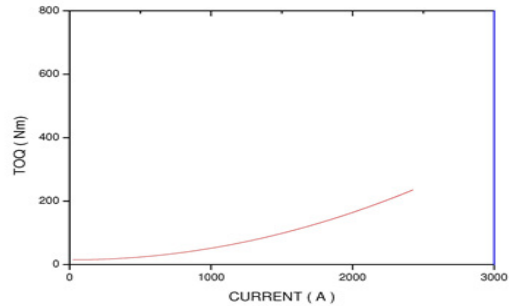


Figure 13: Motor Torque

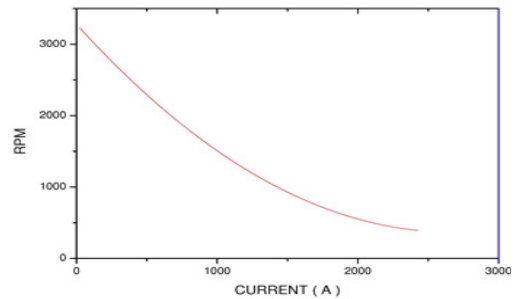


Figure 14: Motor Speed

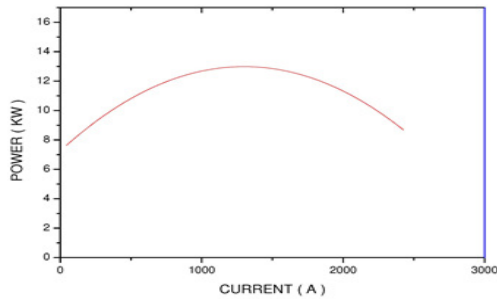


Figure 15: Output Power

Figure 16은 전기시동전동기의 데이터별 특성 곡선을 나타낸다.

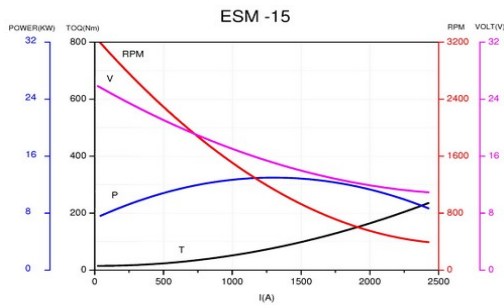


Figure 16: Output Characteristic Curve of Electrical Starting Motor

Table 4는 개발된 전기시동전동기의 성능분석 결과를 요약한 표이다.

Table 4: Results of Technical Development

평가항목	단위	국내수준	결과치	평가방법
최대 토크	N·m	- 수입	150	KSR1038
최대 출력	kW	- 수입	13	KSR1038
전류	A	- 수입	1,740	KSR1038
작동전압	V	- 수입	24	KSR1038
시동 회전수	RPM	- 수입	1,365	KSR1038
시동 시간	SEC	- 수입	0.5	자체시험
CCA	A	- 수입	1,500	자체시험
내구성	Cycle	- 수입	1,500	자체시험

7. 결 론

중·소형 엔진의 시동을 위한 전기시동전동기에 대한 국내 연구개발이 전무한 상황에서 국내의 이동식발전설비 생산업체가 사용하고 있는 공기식시동시스템은 패키지형 발전설비의 부피 및 생산가격이 증가되고 부속장치의 특성상 고장의 위험이 높은 단점을 가지고 있었다. 이러한 단점을 개선하기 위해서 새로운 시동방식인 시동전동기를 이용한 방식을 제안하였으며 이에 적합한 기동 토크가 크고 시동제어가 용이한 직류직권전동기와 시동제어장치를 개발하게 되었다. 개발된 전동기의 성능분석 결과, 현재 세계최고 수준의 세계 타사 제품과 비교하여 출력 및 기동특성에서 우수한 결과를 얻을 수 있었으며 최대 출력면에서는 비교우위의 성능을 보임을 알 수 있었다. 또한 부드러운 시동을 위한 시동제어장치를 설치한 결과 시동 및 정지 시 양호한 결과를 보였다.

참고문헌

- [1] A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, and Jr. Sthphen D. Umans Electric Machinery McGraw-Hill Book Company, 2010.
- [2] 김성환 · 김종수 · 오세진 · 김현수 실용전기기 기 상학당, 2011.
- [3] P. C. Krause, Analysis of Electrical Machinery, McGraw-Hill Book Company, 1987.
- [4] B. K. Bose, Power Electronics and AC Drives, Prentice-Hall, 1987.
- [5] Stephen J. Chapman, Electric Machinery and Power System, McGraw-Hill Book Company, 2002.

저 자 소 개



김종수 (金宗洙)

1970년 6월생, 1994년 한국해양대학교 기관공학과 졸업, 1998, 2002년 동 대학원 졸업(석사, 박사) 현재 한국해양대학교 해사대학 기관시스템공학부 부교수
※ 관심분야: 전동기 속도제어, 전력전자, 인버터



김성환(金成煥)

1979년 한국해양대학교 기관공학과 졸업, 1990년 부경대학교 대학원 졸업(석사), 1998년 부산대학교 대학원 졸업(박사), 현재 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수



오세진(吳世眞)

1972년 5월생, 1996년 한국해양대학교 기관공학과 졸업, 2000, 2003년 동 대학원 졸업(석사, 박사), 2월 현재 한국해양대학교 운항훈련원 실습전담교원
※관심분야:전동기속도제어, 인버터 및 컨버터



김용근(金龍根)

1971. 인하공과대학 졸업
1971-1999. 현대중공업. 상무
현재 신흥정공(주) 대표이사



김현수(金炫秀)

1970년 11월생, 1993년 한국해양대학교 기관공학과 졸업, 1999년 목포해양대학교 대학원 졸업(석사), 2002년 한국해양대학교 대학원 졸업(박사), 현재 목포해양대학교 기관시스템공학부 부교수
※관심분야 : 전동기속도제어, 마이크로 프로세서