

# 초고속 회전기(전동기/발전기) 설계 기술

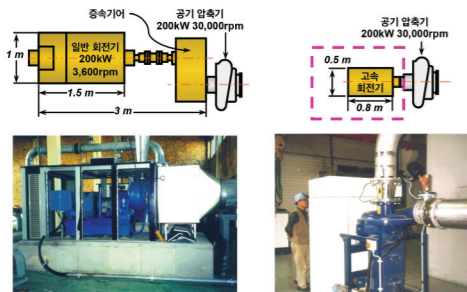
전동력연구센터 | 정연호

○ 본 기술은 고속구동이 요구되는 전기구동 시스템 또는 발전 시스템에 기계적인 속도변환장치(증/감속기어)를 제거하고 직접 구동이 가능한 고속 또는 초고속 회전기(전동기/발전기)를 응용함으로써 시스템의 소형화, 경량화, 고효율화, 유지보수성 증대, 환경친화적인 특성을 얻을 수 있는 기술임. 본 기술에 직접 관련되는 요소기술로는 고속(초고속) 회전기의 전자기적, 기계적 설계와 시험기술을 포함함.

## 기술개념 및 구성

### 기술개념

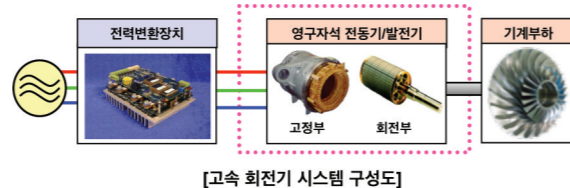
▶ 기존 고속 구동시스템으로부터 증/감속기어를 제거하고 직접 고속회전이 가능한 전동기/발전기를 이용함으로써 구동시스템의 소형(출력밀도 증대), 경량화, 고효율, 저소음, 유지보수성 및 환경성 개선 등의 특성을 얻을 수 있는 고속 회전기 기술임.



[공기압축기 시스템 비교: (좌)기존시스템, (우)고속전동기시스템]

### 기술의 구성도

▶ 직접 고속회전을 발생시키는 전동기/발전기의 고속 기술로서 전자계 최적화, 고속 회전체의 진동/강도/소음 분석, 고강도/경량 소재 분석 및 응용, 고속베어링 응용기술을 포함.



[고속 회전기 시스템 구성도]

## 1. 기술 개요

### 기술개발의 필요성

- ▶ 에너지의 합리적인 이용과 청정 에너지원 기술개발을 위해 추진/구동 시스템 및 발전 시스템의 고속화 기술 개발이 대두됨
- ▶ 고속회전이 요구되는 기존의 고속 구동시스템은 증/감속기어를 이용하여 고속회전을 얻는데, 이로 인해 구조의 복잡성, 유지보수성 결여, 시스템 효율 및 환경성 저하 등의 단점이 있음
- ▶ 기존 고속 구동시스템 또는 발전시스템의 단점을 극복하기 위해 직접 고속회전을 이용함으로써 구동시스템의 소형(출력밀도 증대), 경량화, 고효율, 저소음, 유지보수성 및 환경성 개선 등의 특성을 얻을 수 있는 전동기/발전기의 고속화 기술이 필요함
- ▶ 고속(초고속) 회전기 기술은 기존 구동시스템의 효율을 10%이상, 출력밀도 2배 이상의 향상이 가능하여 에너지절약기술 및 신기술 창출, 산업분야 및 에너지 분야에 요구되는 기술임

## 2. 기술 내용

### 기술의 특징

#### 기술의 특징점

- 증속기어 없이 직접 고속구동이 가능하여 구동시스템의 고출력/고효율을 얻을 수 있음
- 고속 구동시스템의 소형/경량화로 설치공간이 감소하고, 시스템의 단순화로 유지보수성 향상, 환경성 향상
- 고속 회전기 요소기술로는 고속 회전자 설계, 전자계 시스템 최적화 설계, 냉각설계, 구조/진동설계, 고주파수 전력변환 및 제어기 설계 등의 다분야 복합 기술이 요구됨

### 기술의 상세 규격

- 최대 출력 300kW, 최대 속도 40만rpm의 터보기용 영구자석 동기 전동기/발전기 설계 기술 보유
- 마이크로 가스터빈발전용 200kW, 6만rpm급 동기 발전기
- 터보과급기용 3kW, 10만rpm급 동기 전동기 및 제어기
- 연료전지 과급기용 12kW, 12만rpm급 동기 전동기
- 포터블 전원용 800W, 40만rpm급 동기 발전기 및 컨버터
- 60kW(2.5만rpm)급, 30kW(1.5만rpm)급, 기타 저용량 고속 유도전동기

### 경쟁기술과 차별성

#### 국내외 유사·경쟁 기술 현황

- 일반 전동기/발전기와 증/감속기를 채용하는 고속 구동시스템

구분	기술명	기술 내용
국내	기술명	터보 공기 압축기 / 터보 공기 블로워
	기술 내용	3600rpm 또는 1800rpm 속도의 전동기에 증속기어를 연결하여 고속 구동을 하는 공기압축기 또는 공기블로워 시스템
국내	기술명	터빈 발전 시스템
	기술 내용	고속 회전하는 터빈 축-감속기어-일반 속도의 발전기로 구성되는 터빈 발전시스템
국외	기술명	터보 공기 압축기 / 터보 공기 블로워
	기술 내용	3600rpm 또는 1800rpm 속도의 전동기에 증속기어를 연결하여 고속 구동을 하는 공기압축기 또는 공기블로워 시스템

#### 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
고속(초고속) 회전기 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고속 구동시스템의 고출력/고효율화, 소형/경량화</li> <li>• 고속 전동기/발전기 효율 96%이상(전기손실 1.5~2%)</li> <li>• 구동시스템 효율 10% 향상으로 에너지 절감</li> <li>• 공간 효율성 향상: 설치공간 50% 이상 감소</li> <li>• 시스템의 단순화로 유지보수성, 환경성 개선</li> </ul>

## 3. 기술의 시장성

### 기술 응용분야 및 제품

- 일반산업분야 : △터보과급기(터보블로워/터보압축기) △ 터보펌프 (가스 펌프/진공펌프) △전동 터보차저 △공작기계용 스피널 고속전동기 △ 고속연마기
- 에너지분야 : △가스터빈발전기/스타터 △항공/선박용 고속발전기 △ 플라이휠 에너지저장장치 △ 연료전지용 과급기
- 의료기기 : △고속 원심분리기 △치아가공기

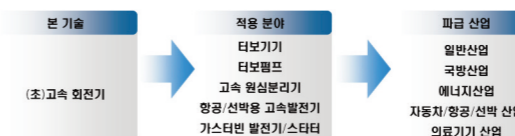


### 시장이슈

- 온실가스 감축을 위한 친환경 기기들이 꾸준히 주목받고 가운데 전동기 효율향상, 풍력발전, 전기추진 선박, 전기자동차 등 회전기기가 적용되는 새로운 산업 분야에서 스마트화, IoT, 자동화 등 고효율 기술의 적용도 활발히 이뤄지고 있음
- 초고속 회전기는 일반 회전기에 비해 소형화와 경량화가 가능하고 출력밀도와 역률이 좋기 때문에 증/감속기를 사용하는 고속 동력장치에 적용 시 에너지 효율을 높일 수 있어 시장 수요가 늘어가는 추세임

### Supply chain

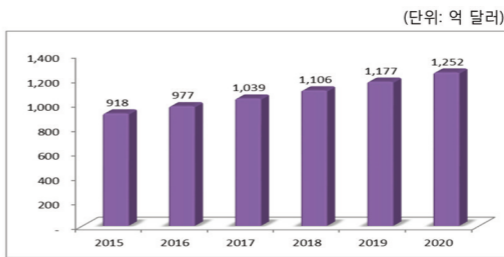
- 초고속 회전기는 터보기기(블로워/압축기), 터보펌프(진공/가스), 항공기/전기선박용 고속발전기, 고속 원심분리기, 고속터빈 발전기/스타터 등에 적용되어 산업 전반에 활용됨



### 수요전망

- 전기자동차 및 산업용 전동기를 고효율(고속) 전동기로 교체하는 수요가 성장할 것으로 전망
- 세계 초고속 회전기가 포함되는 전동기 시장은 2015년 918억 달러 규모였으며, 연평균 6.4% 성장률로 2020년에는 1,250억 달러 규모에 이를 것으로 전망됨

[세계 전동기 시장규모]



자료: Marketsandmarkets, 2017

## 4. 주요 연구성과

### 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	스프링-댐퍼 시스템을 구비한 터치다운 볼베어링	한국	10-2008-0113090	2008
등록	회전체 진동해석 프로그램	한국	2007-01-129-007256	2007
등록	고속 영구자석 전동기의 회전자 설계 프로그램	한국	2007-01-129-006145	2007
등록	영구자석 동기 전동기/발전기 설계 프로그램	한국	2003-01-15-1869	2003

### 기술의 완성도

- ▶ TRL 7수준의 기술완성도 단계: Full-Scale시제품개발
- ▶ 개발 기술 범위 : 고속 회전기(전동기/발전기) 및 관련 기기 설계 기술
  - 고속 영구자석 동기 전동기/발전기 개발 기술 (고속용 베어링 적용범위 내에서 상업화 가능)
  - 100HP 이내의 고속 유도전동기 개발 기술
  - 터보기기(블로워/압축기), 터보차저, 터보펌프(공기/가스), 항공기 및 고속터빈 발전시스템 등에 응용가능한 고속회전기
- ▶ 기술개발 완료 시기
  - 2015년에 고속 영구자석 동기 전동기/발전기 설계기술 완료

## 5. 기대 효과

### 기술 도입 효과

#### 경제적인 효과

- 직접 고속회전 구동시스템은 기존 구동시스템의 효율을 10%이상, 출력밀도 2배 이상의 향상으로 설치공간의 축소 등이 가능하여 에너지절약기술 및 신기술 창출, 산업분야 및 에너지 분야에 파급 효과가 기대됨.
- 2020년 신기술의 세계시장 200위중 고속회전기 관련 기술은 14개 제품에 세계시장 약 816조원으로 예측되며, 세계시장 1% 점유시 8조원의 시장 확보가 가능함.

### 기술·산업적 파급 효과

#### 기술적 파급 효과

- 고속회전기 시스템의 산업분야(터보 블로워/압축기, 진공펌프, 가스펌프, 터보차저 등), 에너지분야(고속터빈발전기, 플라이휠 에너지저장장치 등), 항공분야, 국방분야 등 응용분야가 다양함.
- 국내 고속회전기 이용기술의 활성화로 고속회전기 관련 국내시장 보호 및 수입대체/수출증진 효과.
- 기술 종속성이 강한 고부가가치의 고속 회전기 관련 핵심기술을 확보함으로써 산업/국방용, 에너지용 응용시스템 기술을 선도 할 수 있음.