

2015
August
vol.02Technology | Industry | Policy
융합 Weekly TIP

발행일_ 2015.08.17 | 발행처_ 융합연구정책센터

Technology

Industry

Policy

플라이휠 기술의 시장 전망

류성한 | 융합정책연구센터

기술설명
및
세부분야

- 플라이휠(Flywheel)은 기관(엔진 등)의 회전 출력을 고르게 하고 회전운동의 효율을 높이기 위하여 회전축에 추가하는, 높은 관성 모멘텀을 지닌 바퀴(wheel) 형태의 부품

- 엔진의 회전 속도를 고르게 하는 것이 주요 목적으로 피스톤 운동시 발생하는 힘을 비축했다가 힘이 생기지 않을 때 사용, 엔진 회전을 고르게 하여 엔진이 안정적으로 작동할 수 있도록 하며, 최근 에너지 저장 용도로 활용 범위가 확대 중

- (세부 분야) 하이브리드 엔진 플라이휠, 섬유 소재를 활용한 플라이휠, 탄소 섬유 소재의 초고속 플라이휠, 연료 절감 플라이휠 등

※ 출처 : Energy & Power Systems Technology Alert (Technical Insights), March 2015, Frost & Sullivan

- (시장 규모) 플라이휠을 포함한 전세계 전력 저장 시장은 2020년 약 47.4조 원에 이를 것으로 전망됨.

(국내 시장 규모는 약 8,600억 원 수준)

※ 출처: 에너지기술정보서비스(www.etic.kr)

- (기대 효과) 에너지 절약 효과와 함께 높은 에너지 밀도, 짧은 충전 시간, 반영구적 수명, 환경 친화성 등의 기대 효과가 있음

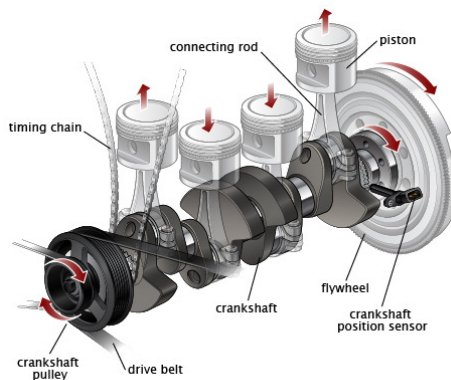
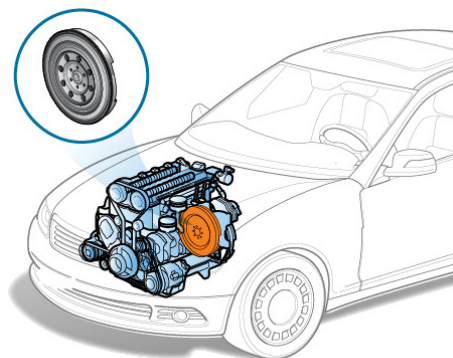


Image courtesy of ClearMechanic.com

플라이휠 구조

(출처: ClearMechanic.com)

국내·외 R&D 현황

● 해외 주요국 현황

- 미국에서는 플라이휠 연구에 다양한 연구팀들이 참여하여 우주산업부문부터 공공 이동수단 까지 폭넓게 적용되고 있음
 - ※ 미항공우주국(NASA)에서 인공위성의 에너지 저장 및 자세 제어 등의 용도로 플라이휠 에너지 저장 장치를 개발('13년)
- 일본의 ISTEK과 중부전력은 대용량 에너지 저장을 위한 플라이휠 개발
 - ※ 10kWh급 초전도 플라이휠 시스템 시작품을 제작하여 직경 1m에 무게 400kg인 플라이휠 로터를 12,000rpm까지 성공적으로 회전시킴
- 중국의 잉리그룹은 플라이휠 에너지 저장 기술을 응용한 에너지 저장 제품들을 양산할 계획(국가 '12차 5개년 계획', '11년~)
 - ※ 잉리그룹이 개발하고 있는 '플라이휠 에너지 저장' 방식에서 자국 부품 비율은 100% 수준으로 모든 생산을 독자적으로 처리 가능

● 국내 현황

- 한국기계연구원은 플라이휠에너지저장장치에 사용할 수 있는 '자기베어링 기술' 개발 ('12년)
 - ※ 전력소비량을 최소화하며 회전체의 안정된 위치제어 제공 효과가 있는 기술
- 한국전력연구원은 '100kWh 초전도 플라이휠 에너지 저장 시스템의 회전체 안정화 기술 개발'을 목표로 초전도 베어링과 복합재 플라이휠 개발 ('13년)
- 한양대 하성교 교수 연구팀은 미국 에너지저장장치 분야 선두기업 비컨파워(Beacon Power)에 '플라이휠 에너지저장장치 핵심기술' 이전 ('14년)
 - ※ 지름 1M, 무게 1톤, 회전수 20,000 RPM의 로터를 지지하는 허브를 개발 전력량 50kWh를 넘는 저장 장치 상용화 성공 (기존 한계 전력량은 35kWh 수준)
- 국내의 대표적인 청정개발체제(CDM, Clean Development Mechanism) 개발업체 씨피이셀(CPE Cell)은 '잉여전력을 이용한 플라이휠 저장 장치' 개발('15년)
 - ※ 기후에너지 및 청정에너지 등의 1차 전력 저장을 위해 영구 희토 자석을 활용하여 마찰이 거의 없는 플라이휠 시스템 제작(76,000 RPM 이상)

분야별 주력기업 및 시장

● (하이브리드 엔진을 위한 플라이휠 기술) 세계적인 자동차 레이싱 대회인 Formuler1에서 활용되는 Kinetic Energy Recovery Syetem(KERS) 적용

- * 브레이크 사용 시 발생하는 운동에너지(Kinetic energy)를 플라이휠에 보전하여 발진 시에 활용할 수 있도록 하는 하이브리드 엔진 시스템 개발('13년)
- (주력기업) 영국 기반의 GKN HybridPower이 대표 기업으로 Gyrodrive 출시
- (강점) 기존 엔진 사용의 25% 절감 가능, 배터리 대비 넓은 온도 폭에서 사용 가능, 최소한의 재공정으로 기존 기관에 장착 가능, 상대적으로 긴 사이클의 방전 심도(Depth of discharge)를 보유 등
- (적용되는 시장) 에너지 효율이 중요한 공공이동 수단(예: 버스)에 주로 적용



영국 기반의 GKN HybridPower이 대표 기업으로 Gyrodrive 출시

●● (대규모 에너지 저장을 위한 저비용 플라이휠) 섬유 소재를 활용하여 경제적인 제조 원가로 에너지 저장 용도의 대형 플라이휠 생산

- 이 기술은 전통적 플라이휠 기술의 두 가지 한계점을 극복

1) 높은 제조 단가를 절감

2) 회전 시 발생하는 마찰과 움직임을 최소화

※ 자이로스코프의 고리(gimbal) 구조를 적용, 마찰을 줄이기 위한 자석을 통해 질화규소 볼 베어링(silicon nitride ball bearings)이 공중 부양하도록 함

- (주력기업) 美 Velkess : 유리섬유(E-glass fiberglass) 소재의 플라이휠 생산

- (강점) 금속이나 탄소섬유 대비 제조원가가 90%이상 저렴, 단기적으로 고에너지를 생산하는 기존 엔진과는 달리, 방전에 오랜 시간이 걸리는 배터리와 유사하게 활용 가능, 수평 축을 기준으로 플라이휠을 추가하면 대규모 출력 가능, 지진 등과 같은 상황에서도 안전성 확보 가능

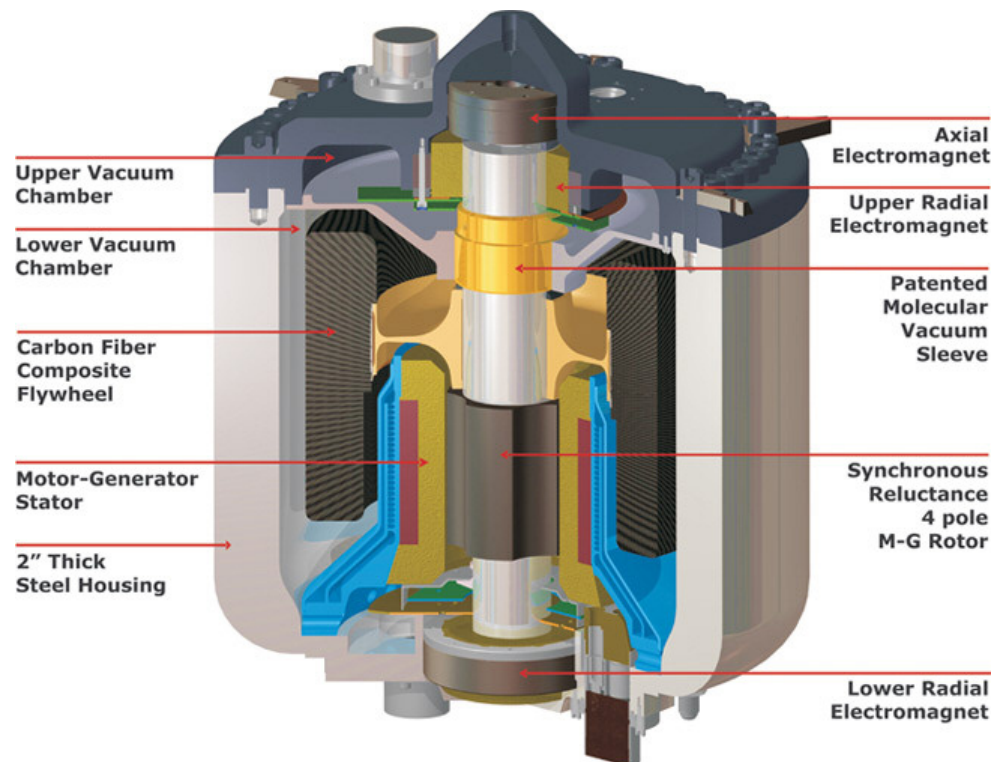
- (적용되는 시장) 그리드 규모의 에너지 저장 시장이 타겟으로 2017년 48V, 2019년 240V, 2022년 600V 수준의 에너지(태양광 등) 유틸리티 시장 창출을 목표로 함



기존 컴퓨팅 방식과 두뇌 모방형 컴퓨팅의 개념 비교

❖ (고속 플라이휠) 탄소섬유 기술을 기반으로 제작, 자석을 활용하여 완전한 공중 부양 상태에서 사용 가능한 플라이휠 제작(1분에 56,000번 회전 가능)

- (주력기업) 美 PowerThru, 탄소섬유를 활용한 초고속 플라이휠 개발
 - ※ 2010년 Phillips Service Industries (PSI)는 Pentadyne Corporation의 플라이휠 제조사업부를 인수하여 Powerthru를 설립
- (강점) 기존 금속 플라이휠이 무겁고 자석이 열에 민감한 문제를 해결, 자석을 활용한 공중 부양으로 베어링 사용이 불필요하기 때문에 마찰과 에너지 소모 없음
 - ※ 진공 슬리브 디자인을 통해 용기 내의 공기를 99% 이상 제거 가능
 - ※ 에너지 소모율을 88% 절감, 열에 의한 에너지 낭비 93.75% 절감
- (적용되는 시장) 대규모 에너지 저장 시설 또는 군대병원 등의 긴급 에너지 활용 시스템에 적용 가능



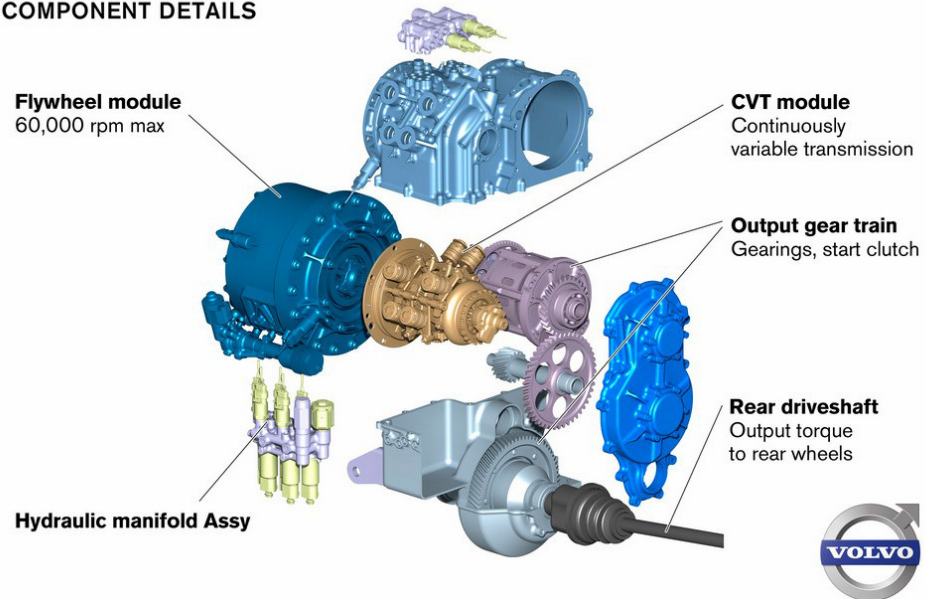
PowerThru 플라이휠 기술 개요 (출처: power-thru.com)

❖ (연료 절감을 위한 플라이휠 기술) 자동차 제동(Braking) 시 발생하는 에너지를 저장하여 발전시 추진 동력으로 재활용하도록 하는 기술

- (주력기업) 볼보 (Volvo, 英) — 승용차에 적용 가능한 연료 절감용 플라이휠 제작
 - ※ Volvo는 Torotrak 그룹의 계열사인 Flybrid와 스웨덴 정부와 함께 R&D를 수행
 - ※ 1분 동안 최대 60,000번 회전, 기계적 방식의 무단변속기(CVT)를 사용하여 후방 차축에서 자유롭게 탈부착이 가능
- (강점) 연료 효율성 25% 개선, 기존 엔진 대비 80마력 증가, 변속기 무게가 기존의 5분의 1에 불과, 8초의 제동으로 150와트의 전력이 생산(25개의 아이폰 충전 가능), 20cm의 길이 6kg의 무게, 정지 상태에서 시속 62mph까지 걸리는 시간은 1.5초
- (적용되는 시장) 주행과 정지를 반복하는 도시형 승용차 모델에 적합, 볼보의 S60 T5 모델에 파일럿 테스트를 실시 중으로 2017년 본격 출시를 목표로 함

FLYWHEEL KERS

COMPONENT DETAILS



Volvo-Flybrid 플라이휠 적용 엔진 구조 (출처: gaadi.com)

시장예측 및 전략

❖ 두 축의 플라이휠 시장이 성장할 것으로 기대되며 활발한 인수합병과 특허의 지속적 증가 추세로 시장 전망은 밝음

- 1) 자동차, 트럭, 건설기기 등을 위한 이동형 시스템과 2) 대형 철도 시스템 또는 전력망(Power grid)을 지원하기 위한 고정형 시스템으로 양분
- 안정성과 구조적 이점으로 인해 아직까지는 금속 플라이휠이 주류를 이루고 있으나 무게 절감이나 제조 원가 이슈 등으로 향후 시장 변동이 예상됨
- (인수합병) 활발한 인수합병을 통해 주요 플레이어들의 시장 진출 가속화
 - ※ GKN PLC의 William Hybrid Power 인수(GKN PowerHybrid), PSIs의 Pentadyne Corporation 인수(PowerThru), Rockland Capital의 Beacon Power Corp 인수(Beacon Power LLC) 등
- (특허) 플라이휠을 활용한 에너지 저장 시스템 관련 특허 출원은 최근 몇 년 사이 급격하게 증가 중으로 향후 다양한 어플리케이션이 개발됨에 따라 그 수는 더 증가할 것으로 보임
 - ※ 2013년 최대 특허가 출원되었으며 이중 미국이 45%를 차지

❖ 정부 지원 등 정책적 환경은 우호적인 것으로 판단

- 美 정부는 플라이휠을 활용한 에너지 저장 기술 개발을 지원하기 위한 펀딩 프로그램을 런칭
 - ※ Advanced Research Projects Agency-Energy (에너지첨단연구프로젝트, ARPA-E)
- 英 정부도 Department of Energy & Climate Change의 Energy Entrepreneurs Fund를 통해 관련 R&D 지원 중

❖ 활성화 요인을 적극적으로 활용하고 제한 요인을 보완하기 위한 전략 필요

- (활성화 요인) 상대적으로 긴 사이클의 방전 심도, 유지보수 부담이 적음, 환경적 영향이 적음, 정책적 지원으로 새로운 기업들의 진입 장벽이 낮음
- (제한 요인) 낮은 에너지 효율성, 높은 투자 비용(특히, 자석 관련 설비)으로 단기 자본 회수가 어려움, 회전자(rotor)의 빠른 속도로 인한 안정성 이슈